

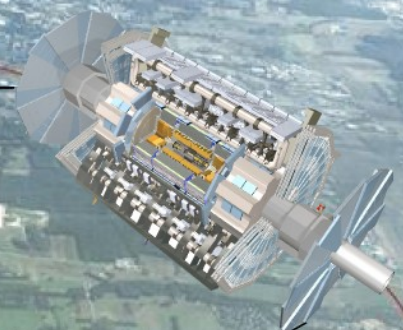
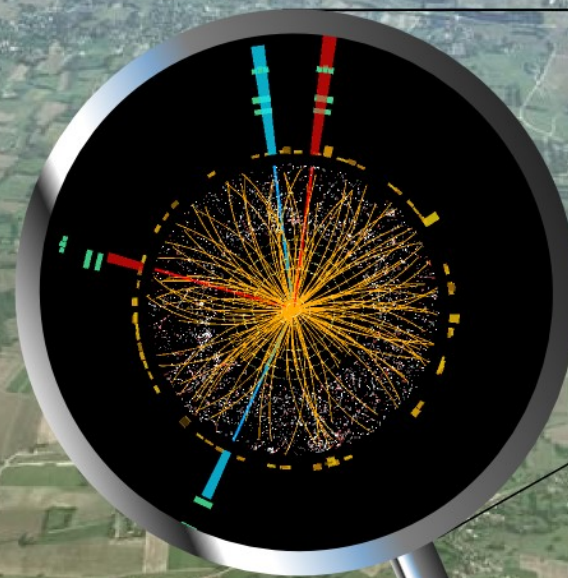
Détecter des particules « pour de vrai » avec ATLAS

INTERNATIONAL
MASTERCLASSES

hands on particle physics

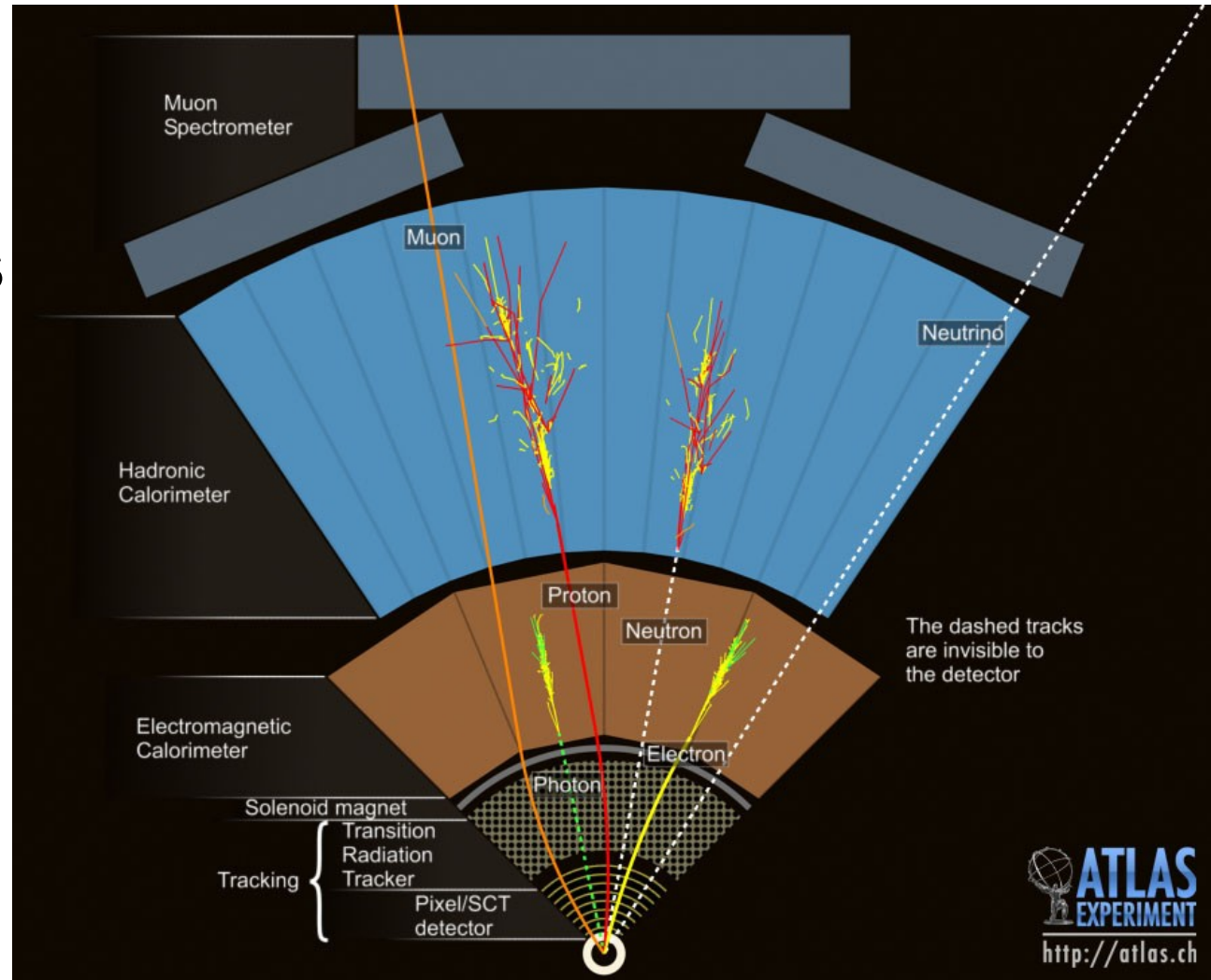
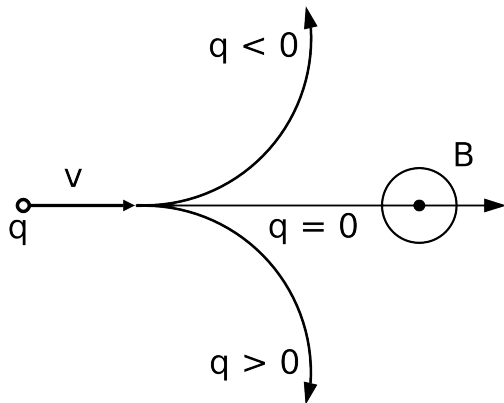
Centre de physique des
particules de Marseille

Mars-avril 2015

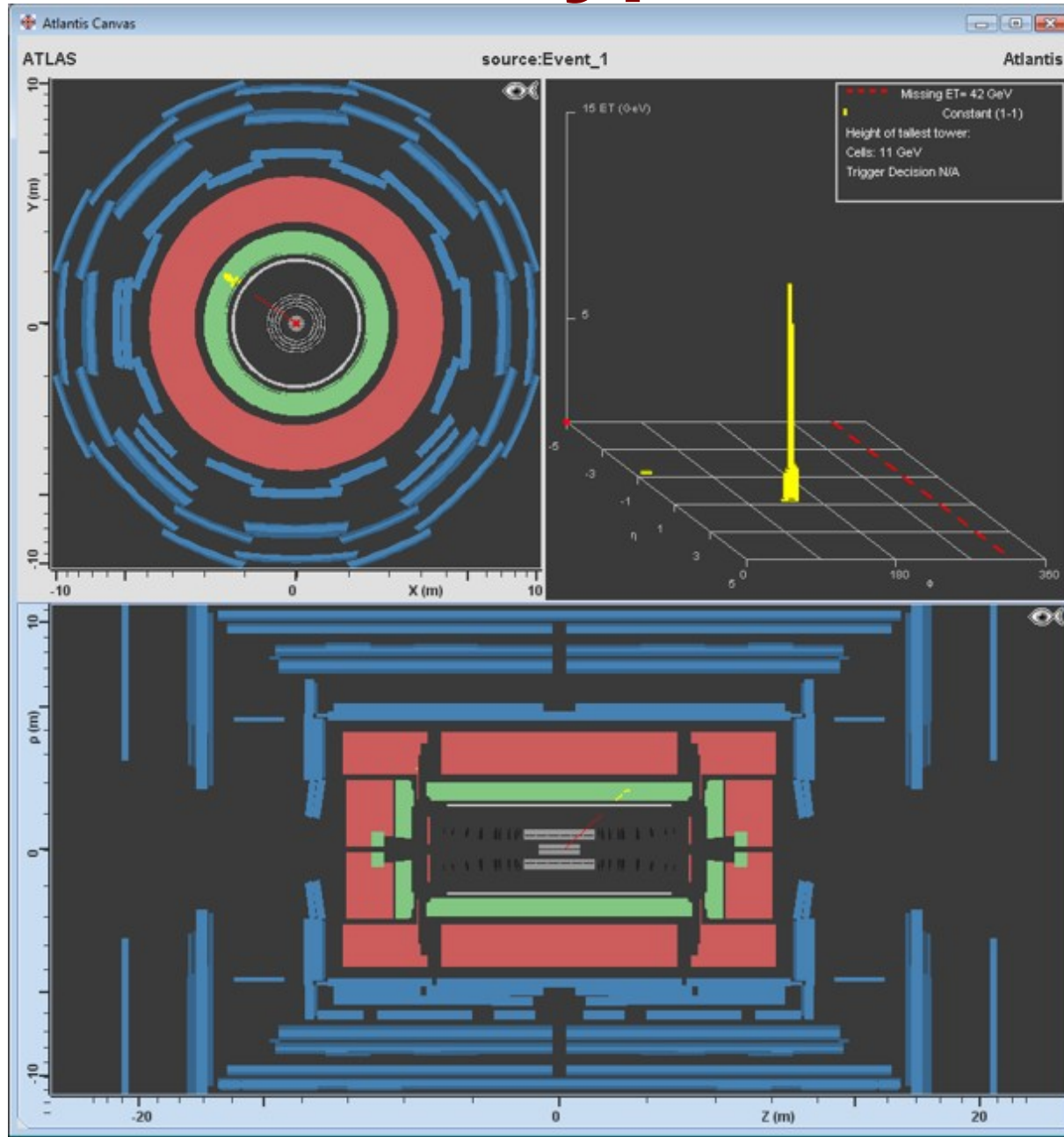


Identifier les électrons/positrons et photons

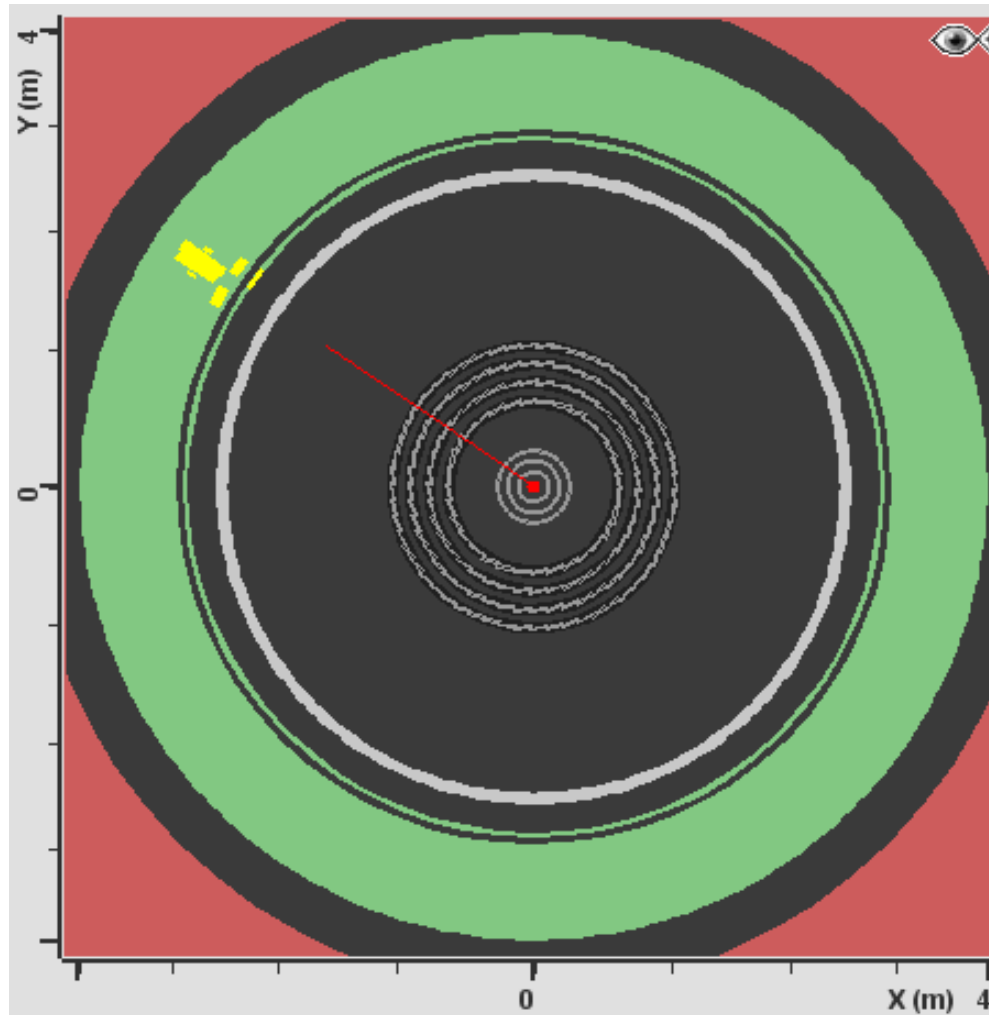
- Gerbe dans le calorimètre EM
- e^+/e^- : particule chargée, trace dans le trajectographe
- Courbure de la trace \rightarrow signe de la charge électrique



Identifier les électrons/positrons avec Hypatia

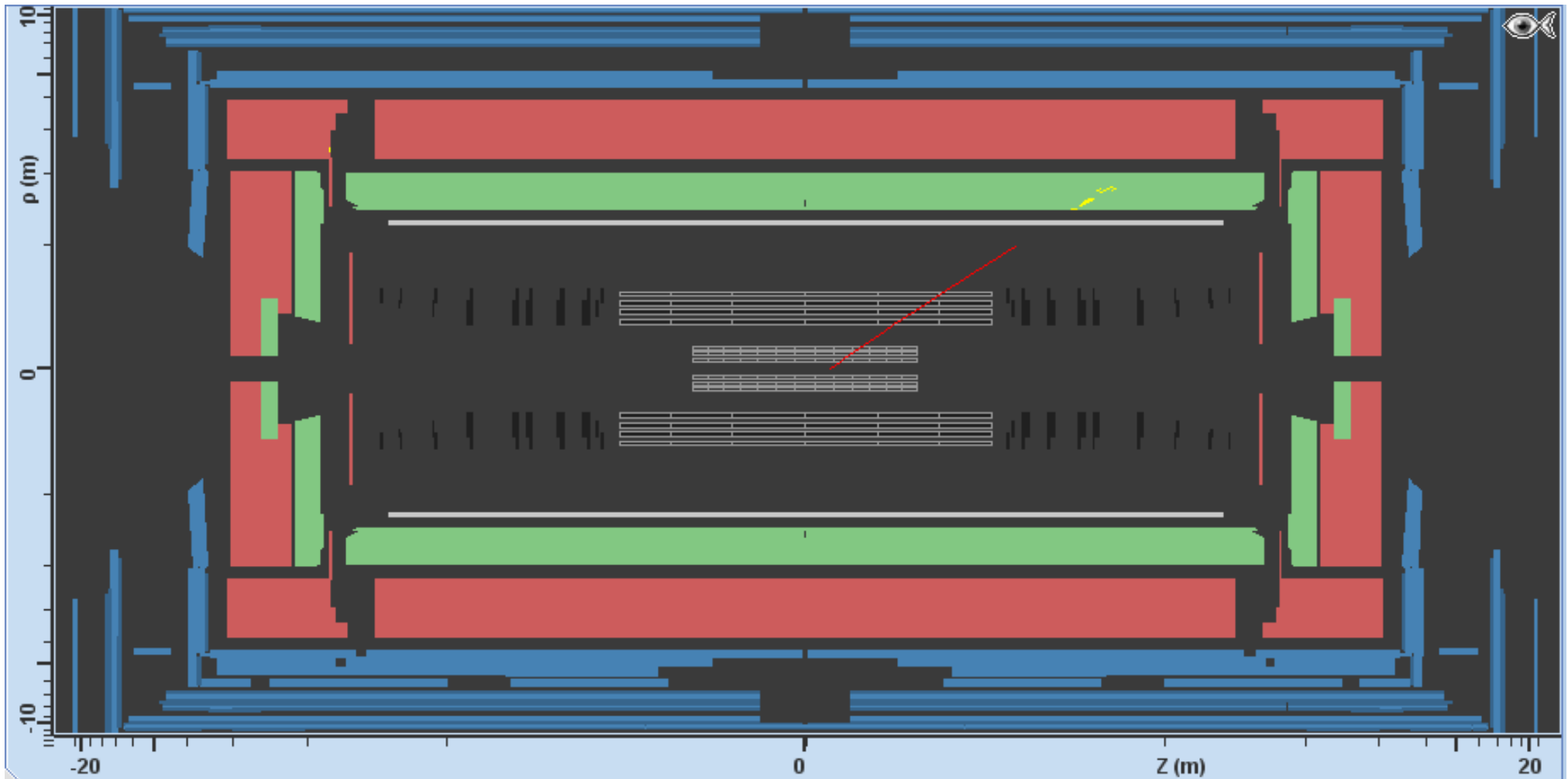


Identifier les électrons/positrons avec Hypatia



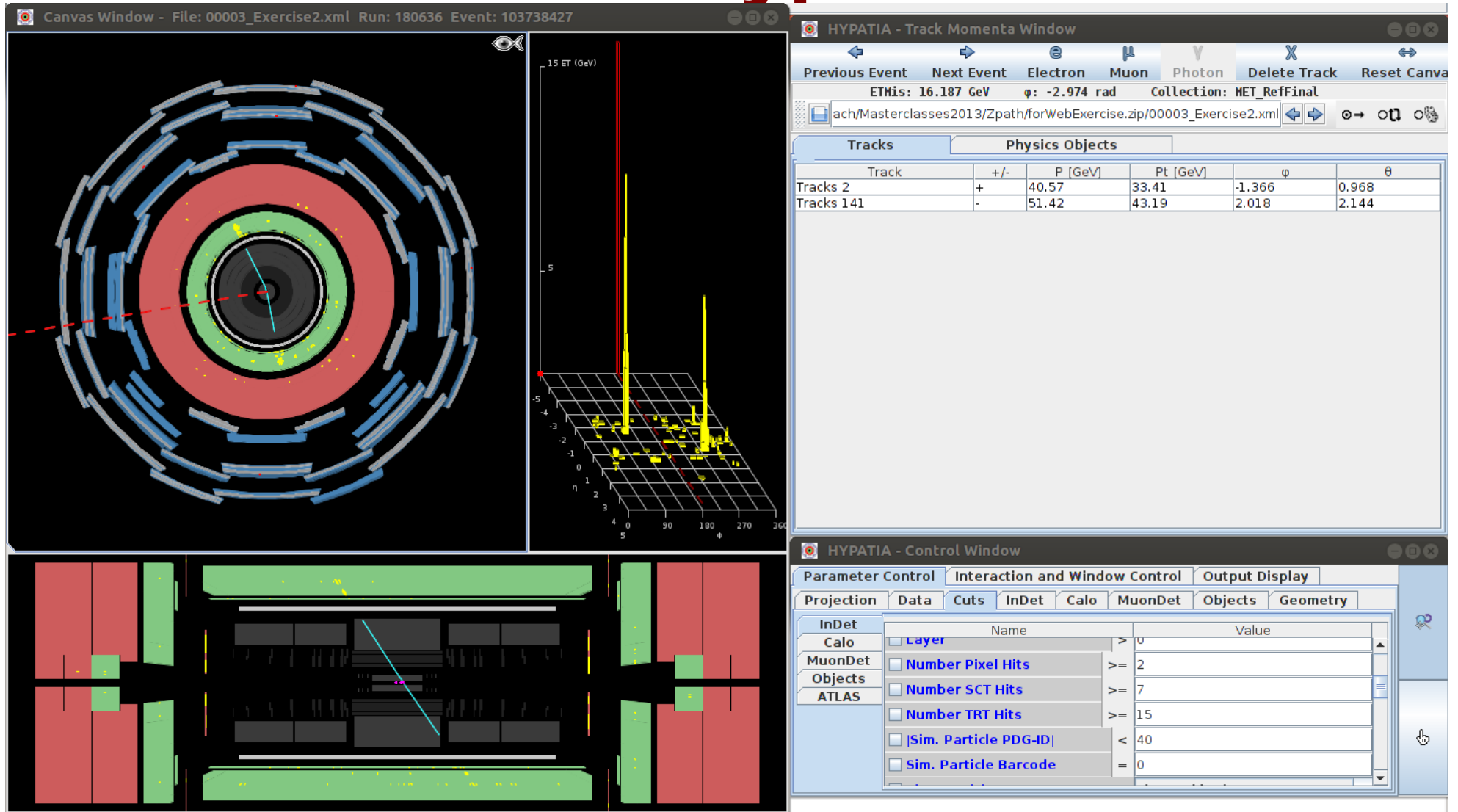
- Trace dans le trajectographe
- Énergie dans le calorimètre

Identifier les électrons/positrons avec Hypatia



- Trace dans le trajectographe
- Énergie dans le calorimètre

Identifier les électrons/positrons avec Hypatia



- Choisir la main et cliquer sur la trace
- La ligne correspondante est surlignée en haut à droite₆

Identifier les électrons/positrons avec Hypatia

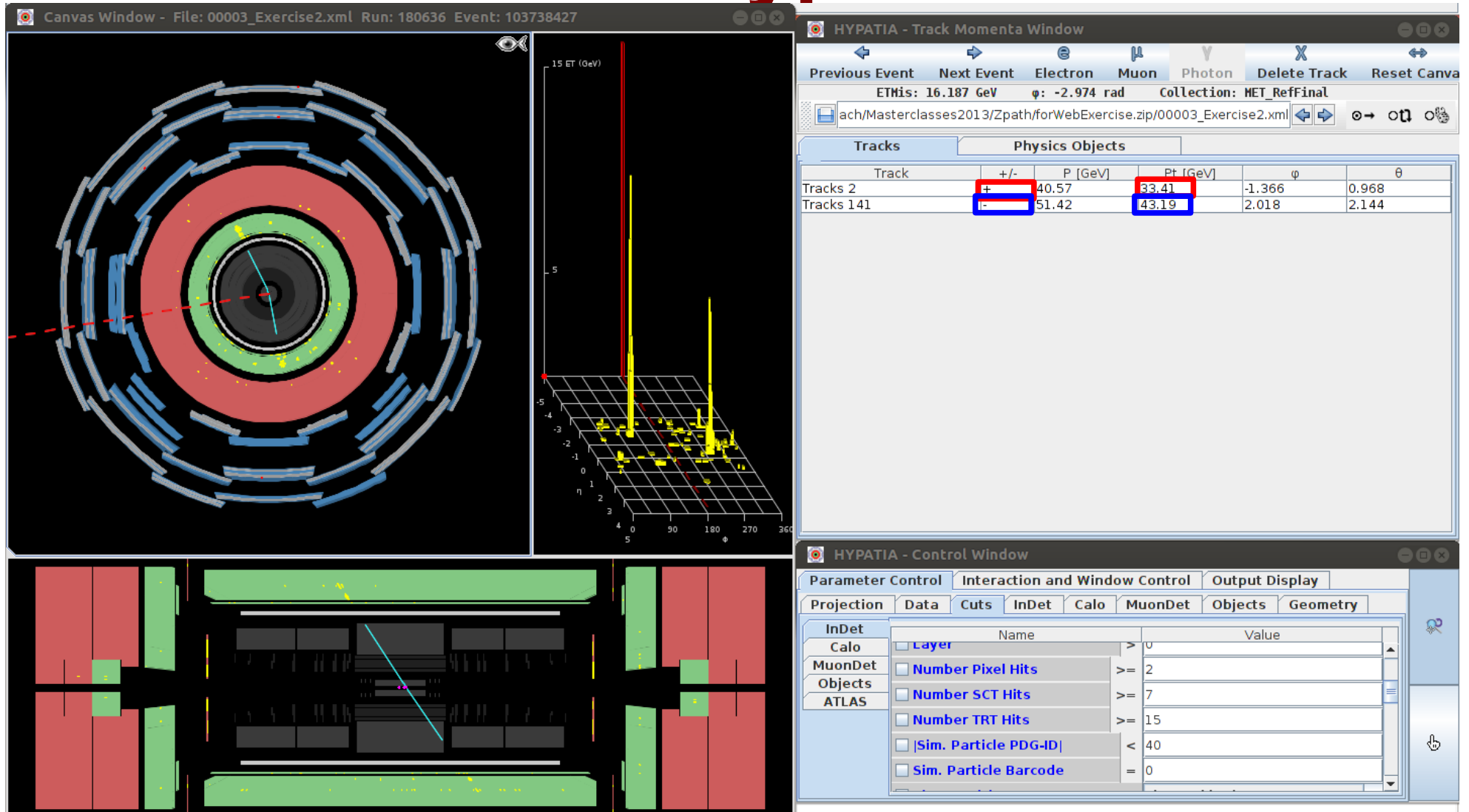
The screenshot displays the Hypatia software interface, which is used for particle physics data analysis. It consists of several windows:

- Canvas Window:** Shows a top-down view of the ATLAS detector with particle tracks overlaid. A red dashed line indicates a track passing through the detector.
- HYPATIA - Track Momenta Window:** Displays a table of track parameters. The table is as follows:

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 2	+	40.57	33.41	-1.366	0.968
Tracks 141	-	51.42	43.19	2.018	2.144
- HYPATIA - Control Window:** Contains various control panels. The 'InDet' panel is active, showing a table of detector parameters. A red circle highlights a mouse cursor icon in the bottom right corner of this window.

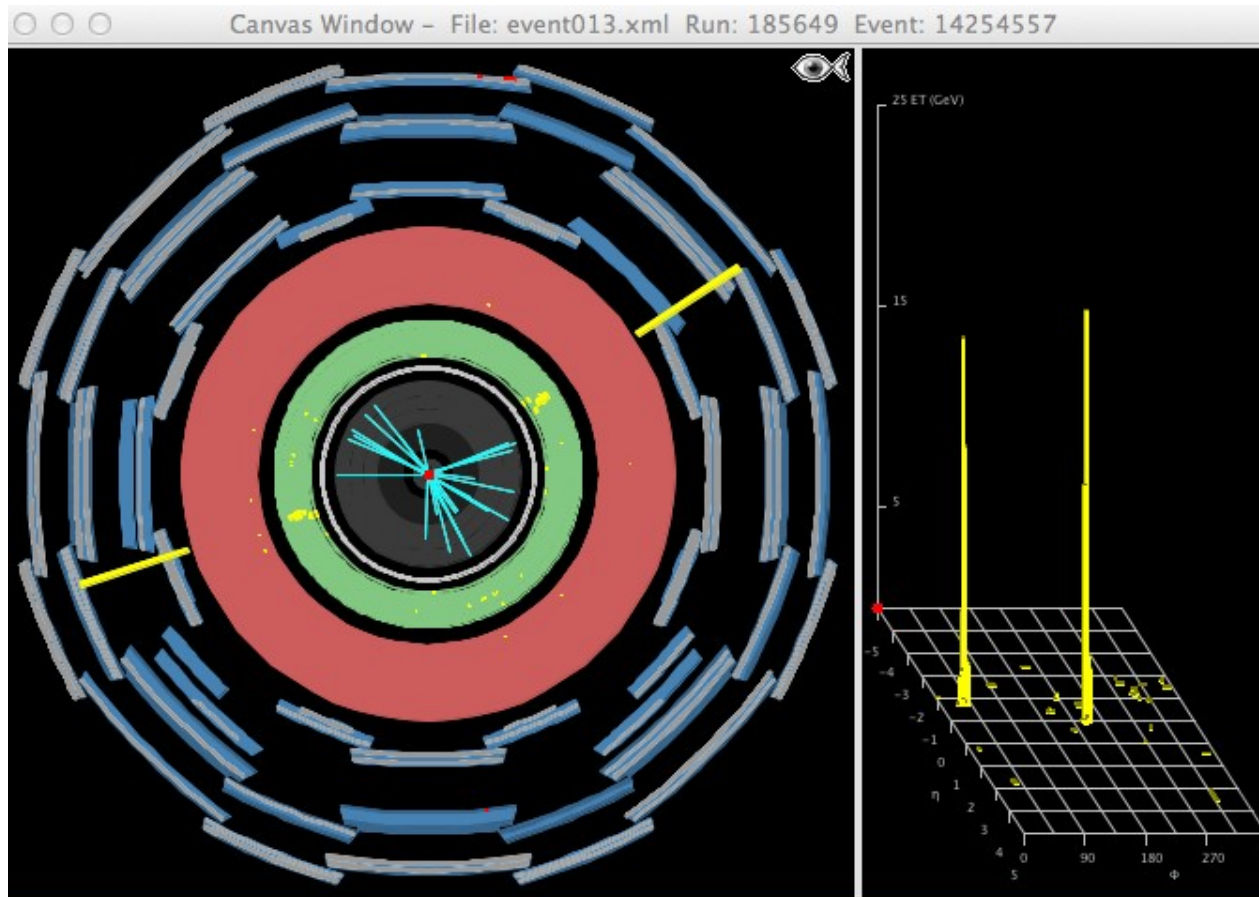
- Choisir la main et cliquer sur la trace
- La ligne correspondante est surlignée en haut à droite,

Identifier les électrons/positrons avec Hypatia

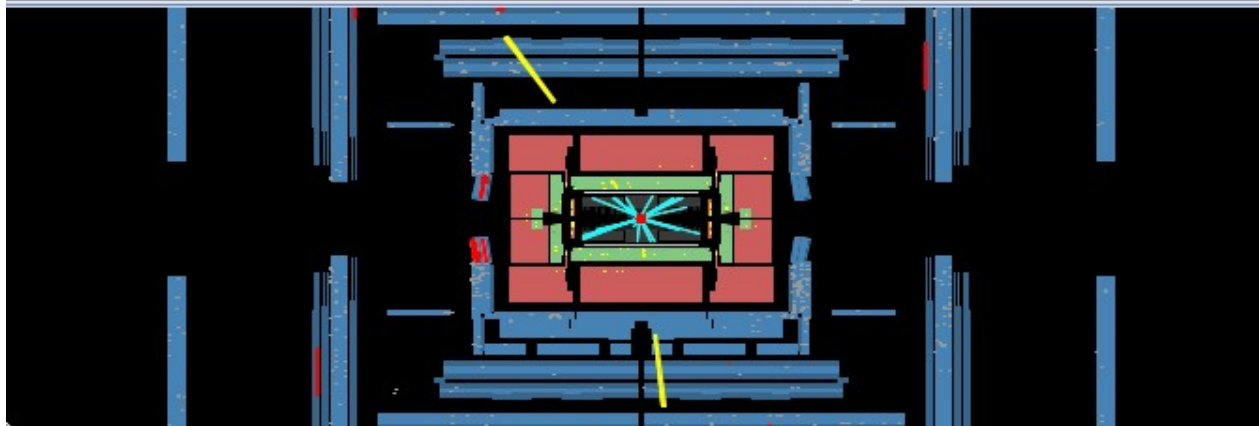


- Pt = impulsion transverse
- Ici charge **négative** → électron, **positive** → positron

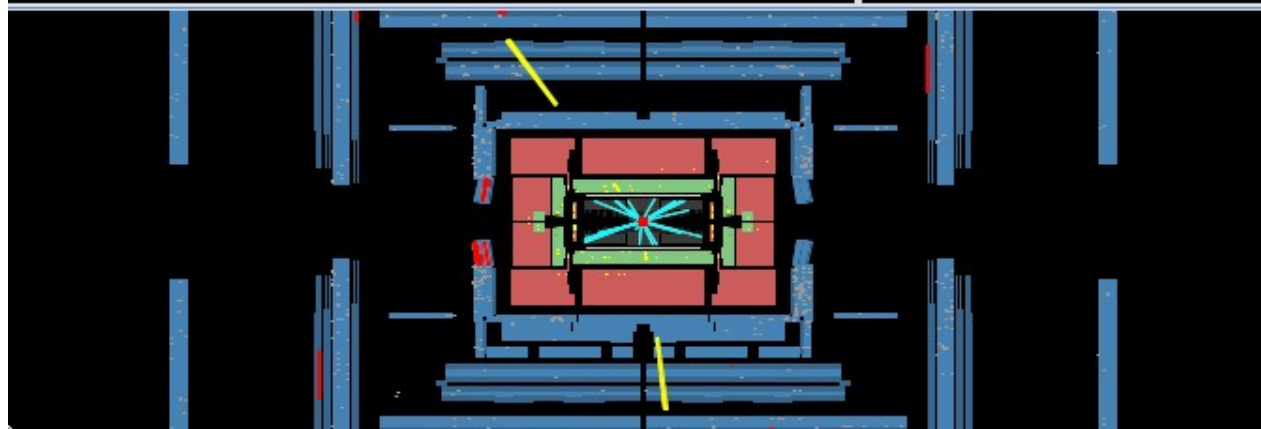
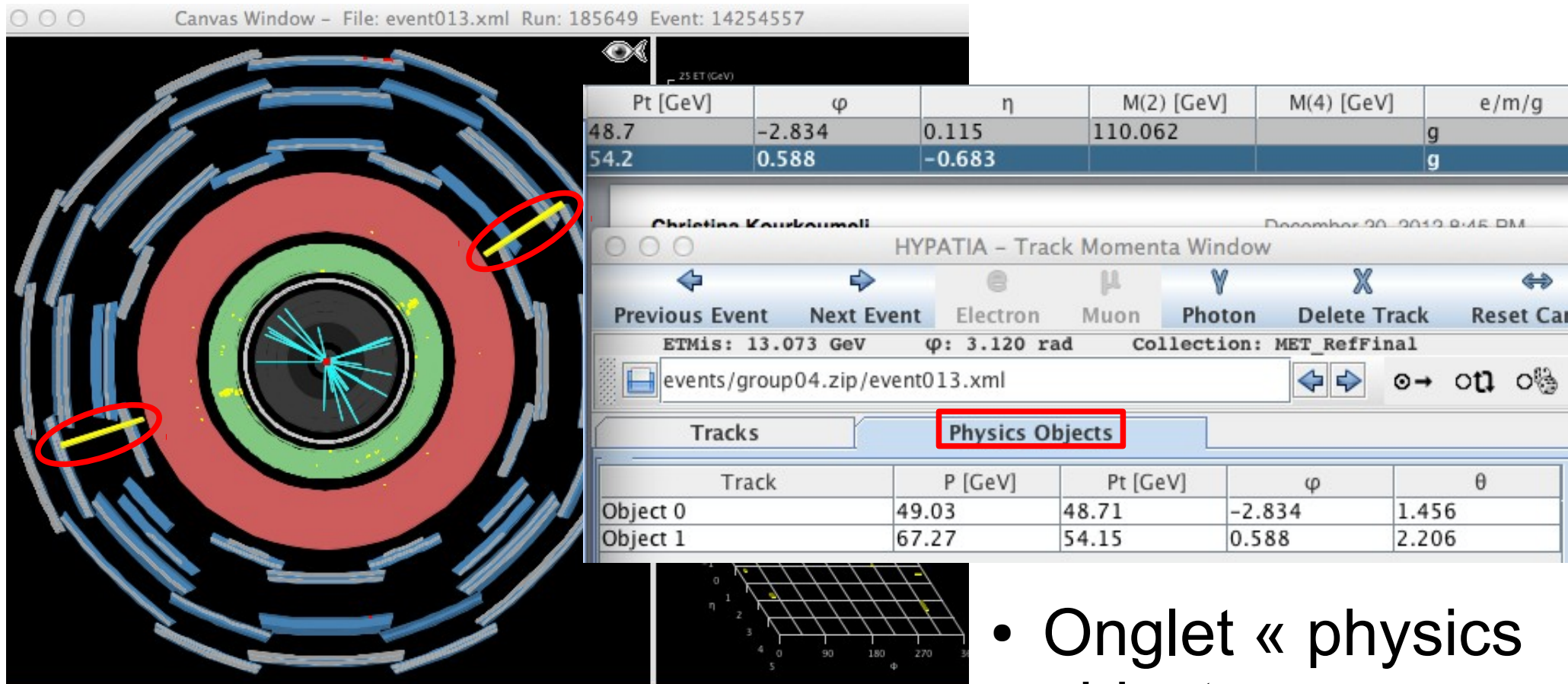
Identifier les photons avec Hypatia



- Ressemble à un électron
- Pas de trace dans le trajectographe
- Énergie dans le calorimètre

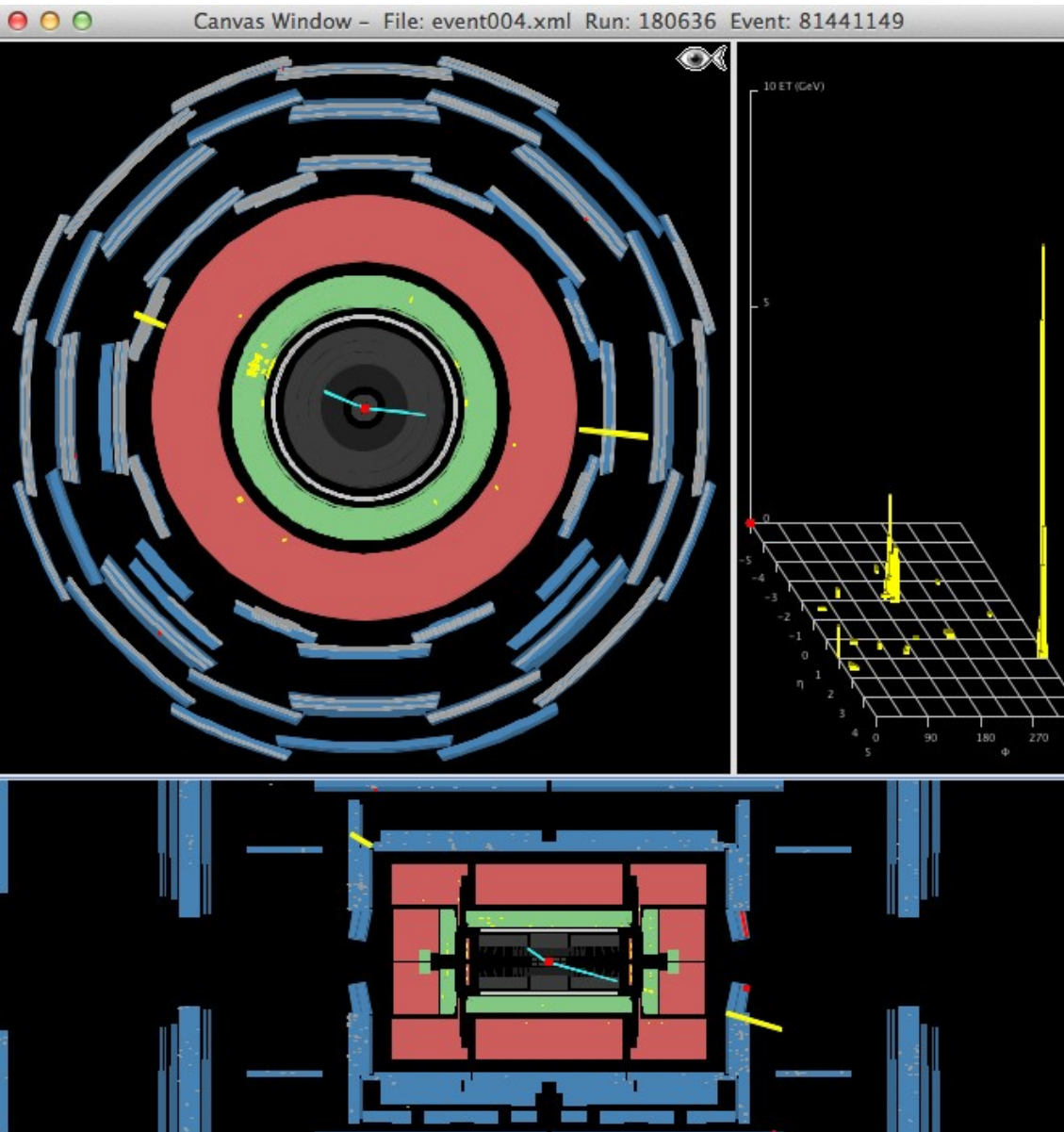


Identifier les photons avec Hypatia



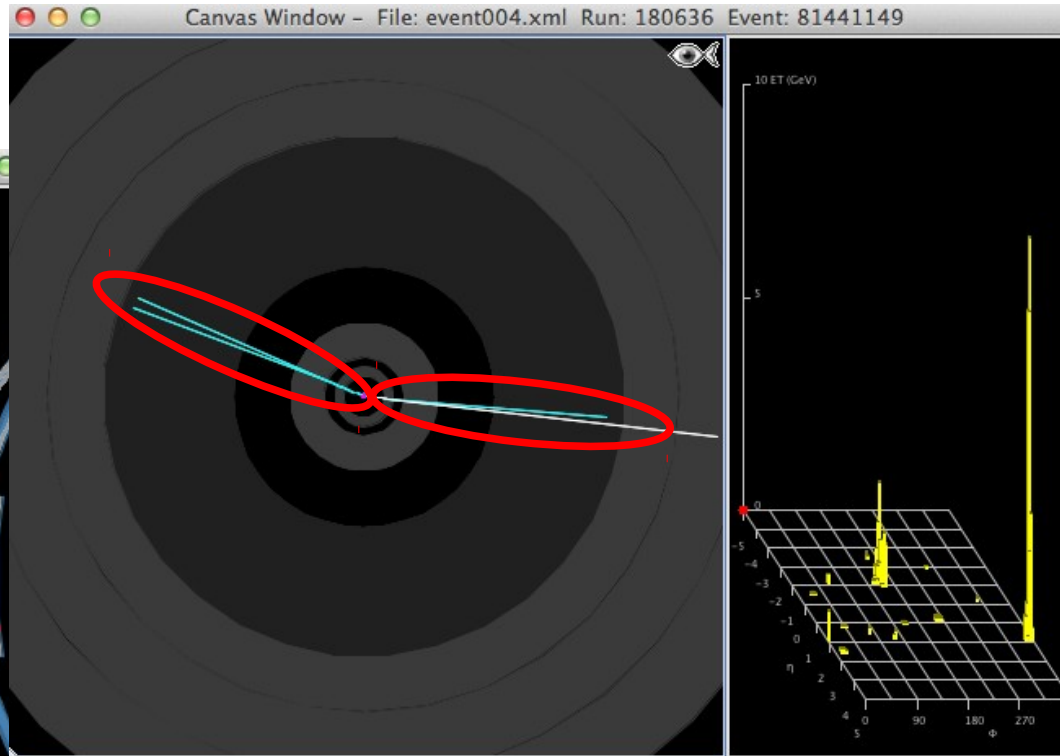
- Onglet « physics objects »
- Énergie dans le calorimètre
- Facile...

Identifier les photons avec Hypatia



- Le piège : les photons peuvent être « convertis » :
 $\gamma \rightarrow e^+e^-$
- Présence de traces...
- Il faut zoomer pour comprendre

Identifier les photons avec Hypatia



Pt [GeV]	ϕ	η	M(2) [GeV]	M(4) [GeV]	e/m/g
31.5	-0.097	1.941	0.087	134.282	e
8.1	-0.103	1.941			e
5.3	2.762	-1.210	0.097		e
12.7	2.750	-1.209			e

HYPATIA - Track Momenta Window

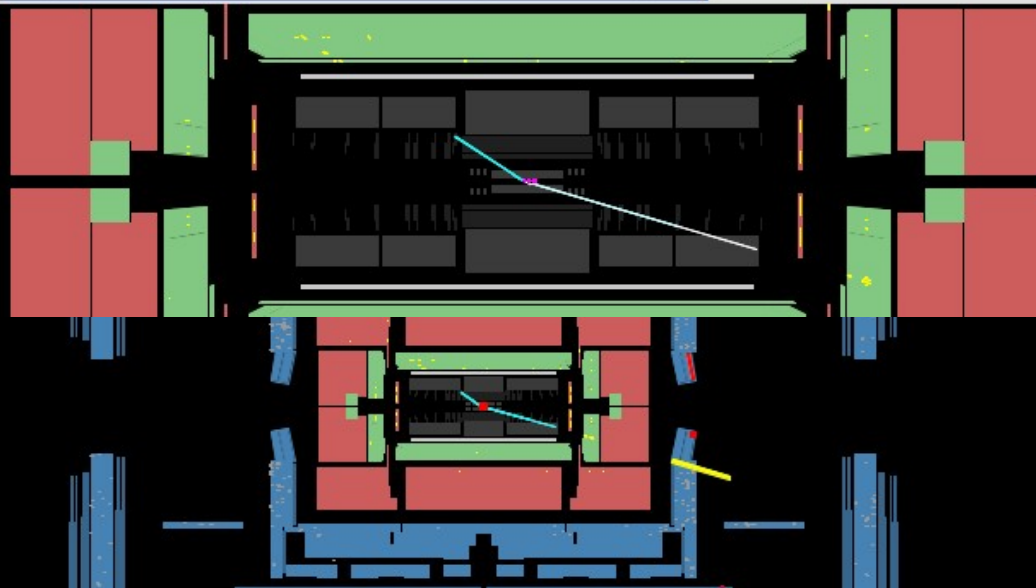
Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Can

ETMis: 13.100 GeV ϕ : 2.678 rad Collection: MET_Reffinal

events/group04.zip/event004.xml

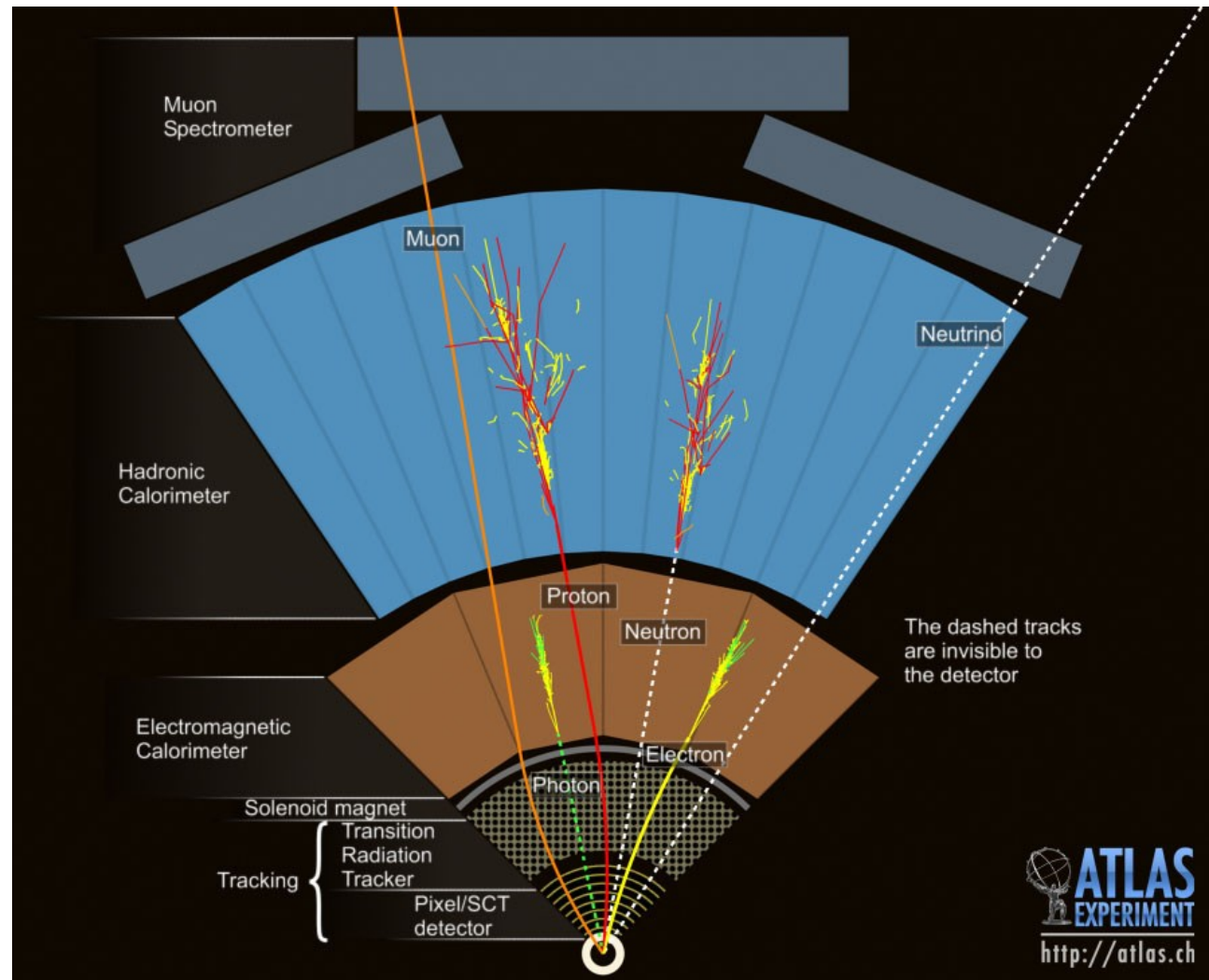
Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 0	+	111.98	31.51	-0.097	0.285
Tracks 1	-	28.94	8.14	-0.103	0.285
Tracks 36	+	9.59	5.25	2.762	2.562
Tracks 38	-	23.21	12.72	2.750	2.562

- En fait 2 traces très proches, de charges opposées
- Masse des traces proche de 0 = masse du photon

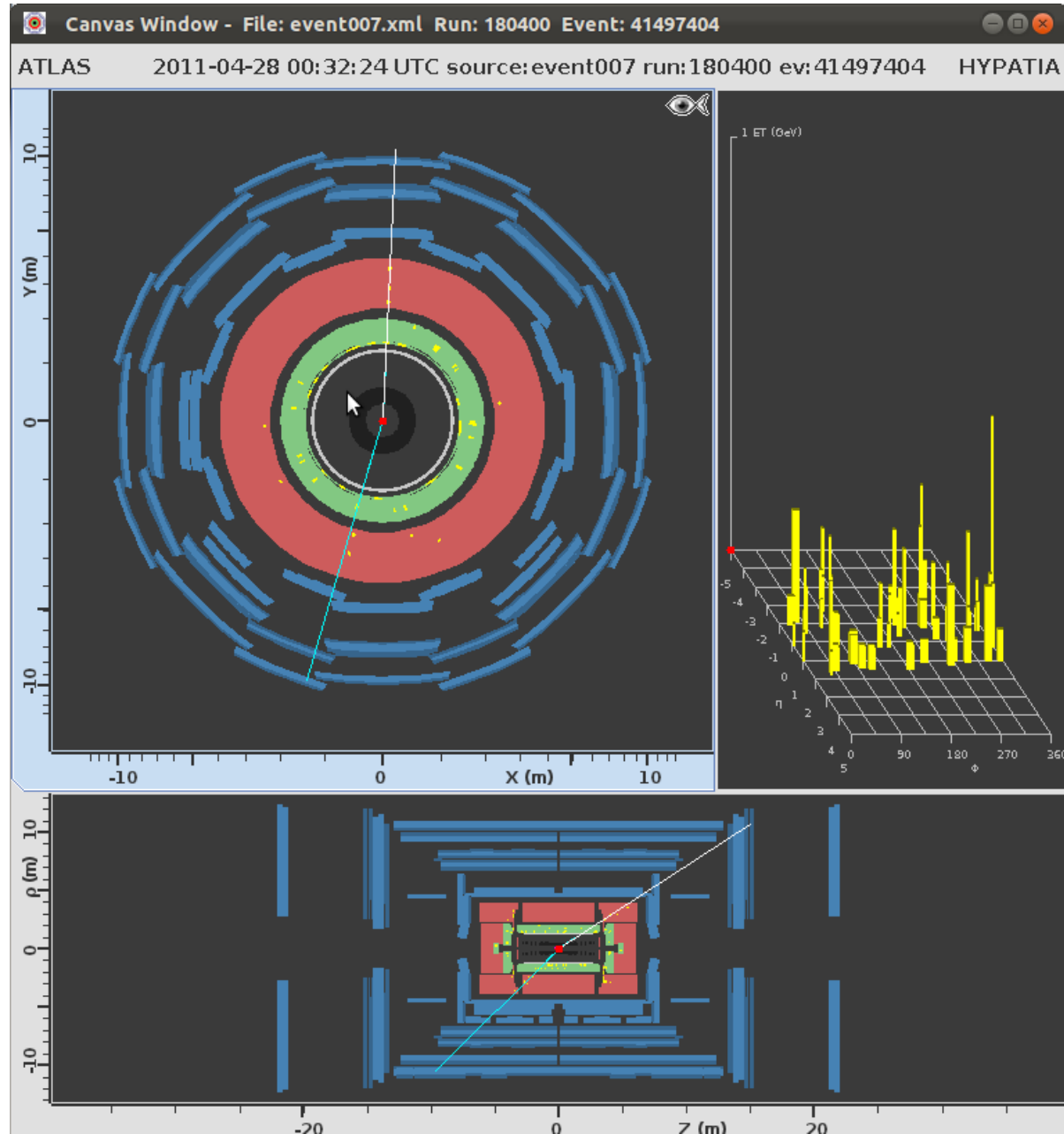


Identifier les muons et antimuons

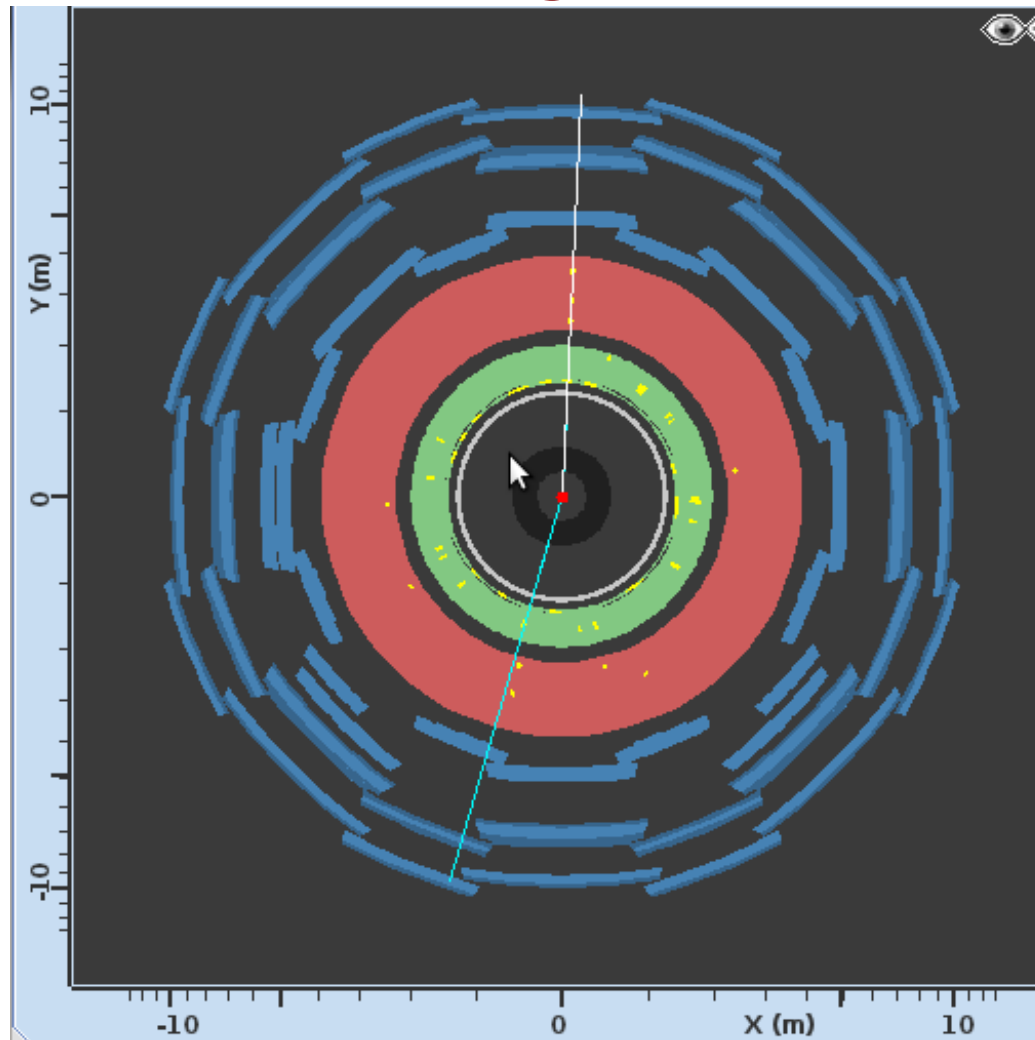
- Particule chargée, trace dans le trajectographe
- Un peu d'énergie dans le calorimètre
- Trace dans le détecteur à muons
- Courbure de la trace → signe de la charge électrique
- Continue sa course à l'extérieur d'ATLAS



Identifier les muons/antimuons avec Hypatia

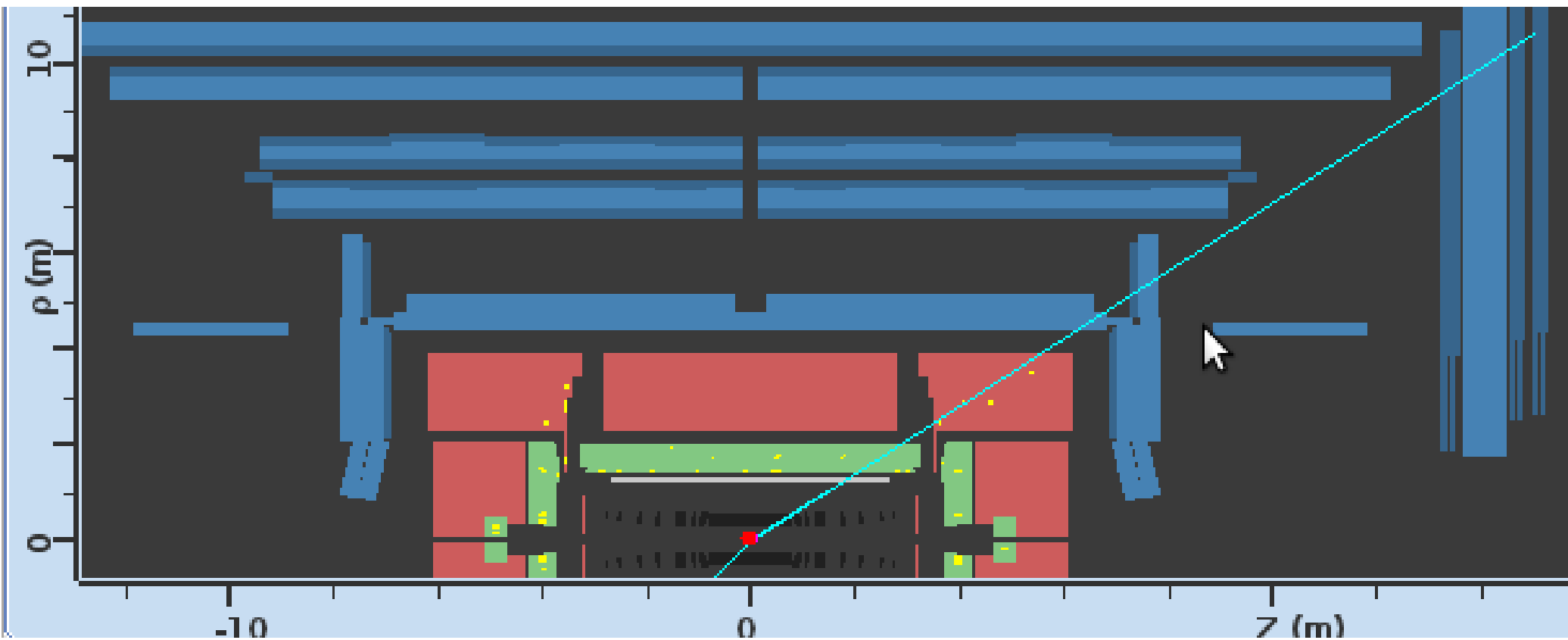


Identifier les muons/antimuons avec Hypatia



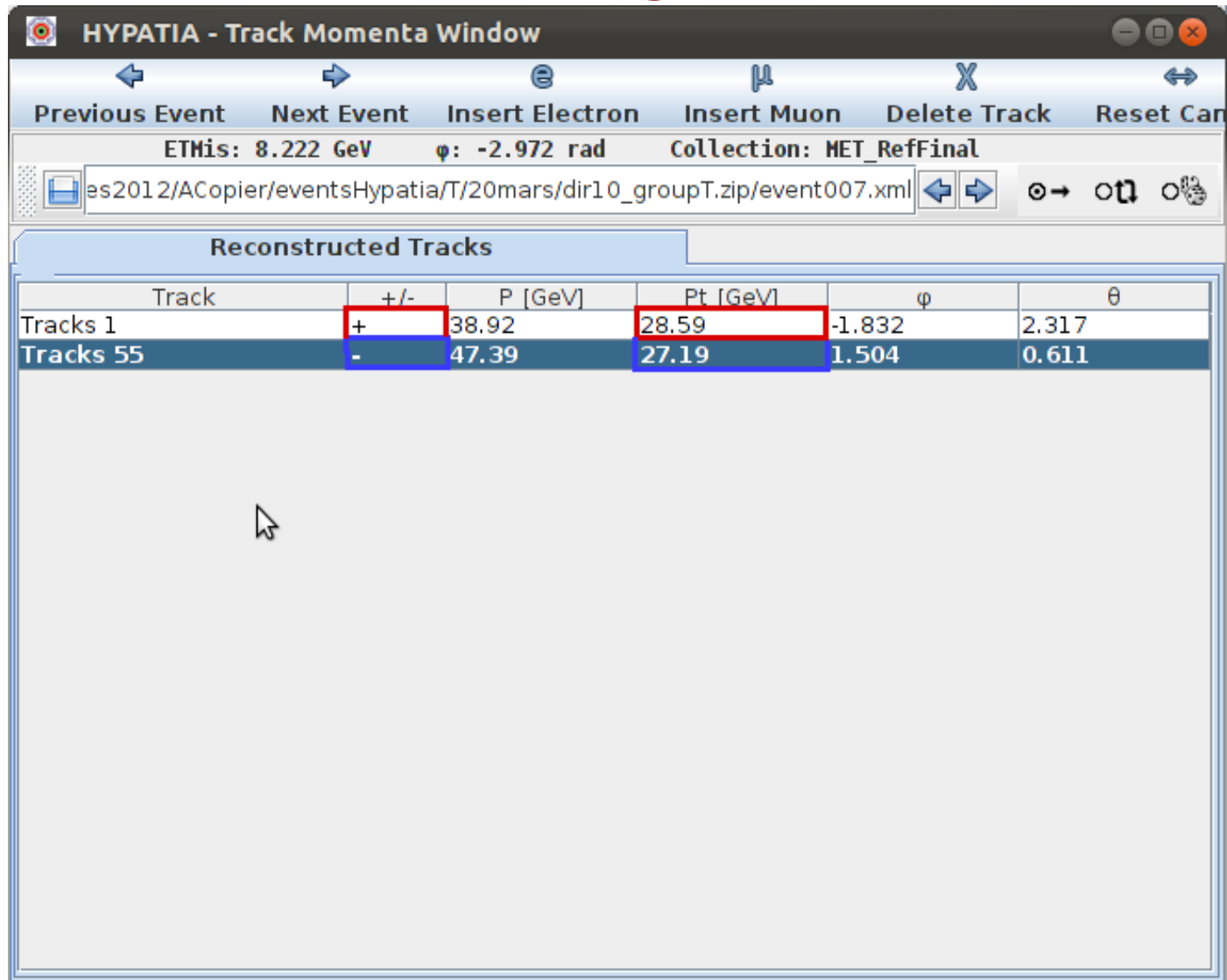
- Trace dans le trajectographe et le système des muons
- Parfois un peu d'énergie dans les calorimètres

Identifier les muons/antimuons avec Hypatia



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

Identifier les muons/antimuons avec Hypatia



HYPATIA - Track Momenta Window

Previous Event Next Event Insert Electron Insert Muon Delete Track Reset Car

ETHis: 8.222 GeV ψ : -2.972 rad Collection: MET_RefFinal

es2012/ACopier/eventsHypatia/T/20mars/dir10_groupT.zip/event007.xml

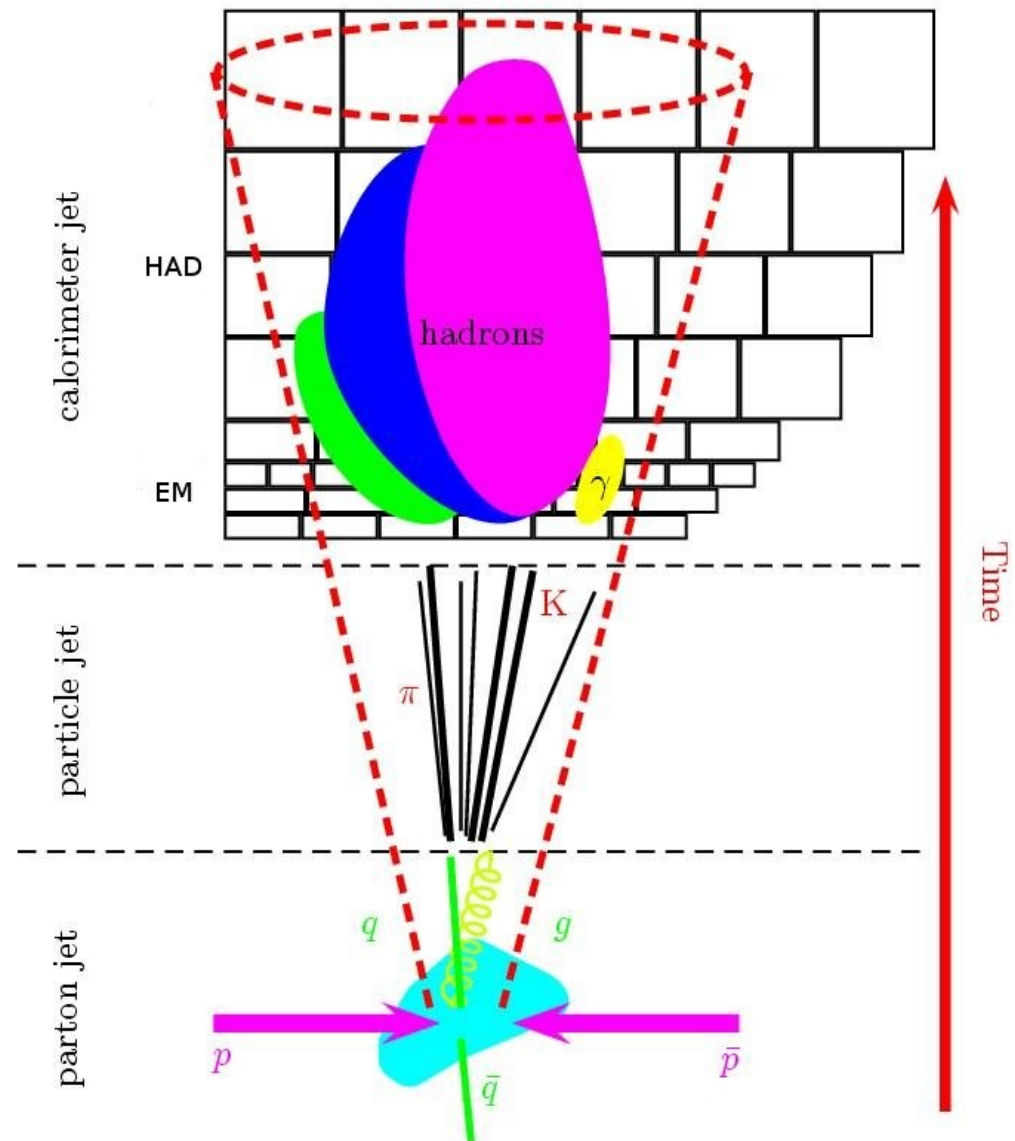
Reconstructed Tracks

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 1	+	38.92	28.59	-1.832	2.317
Tracks 55	-	47.39	27.19	1.504	0.611

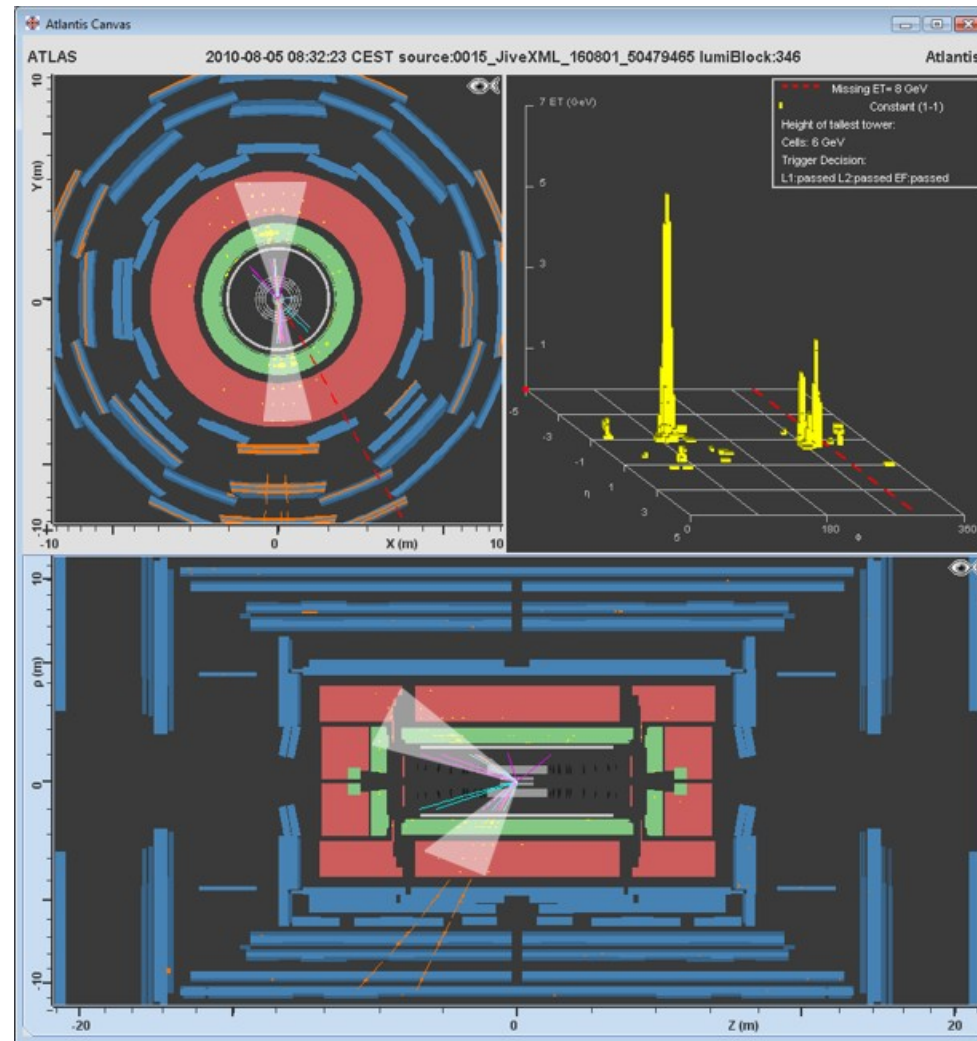
- charge **négative** → muon, **positive** → antimuon

Identifier les quarks/antiquarks et gluons

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

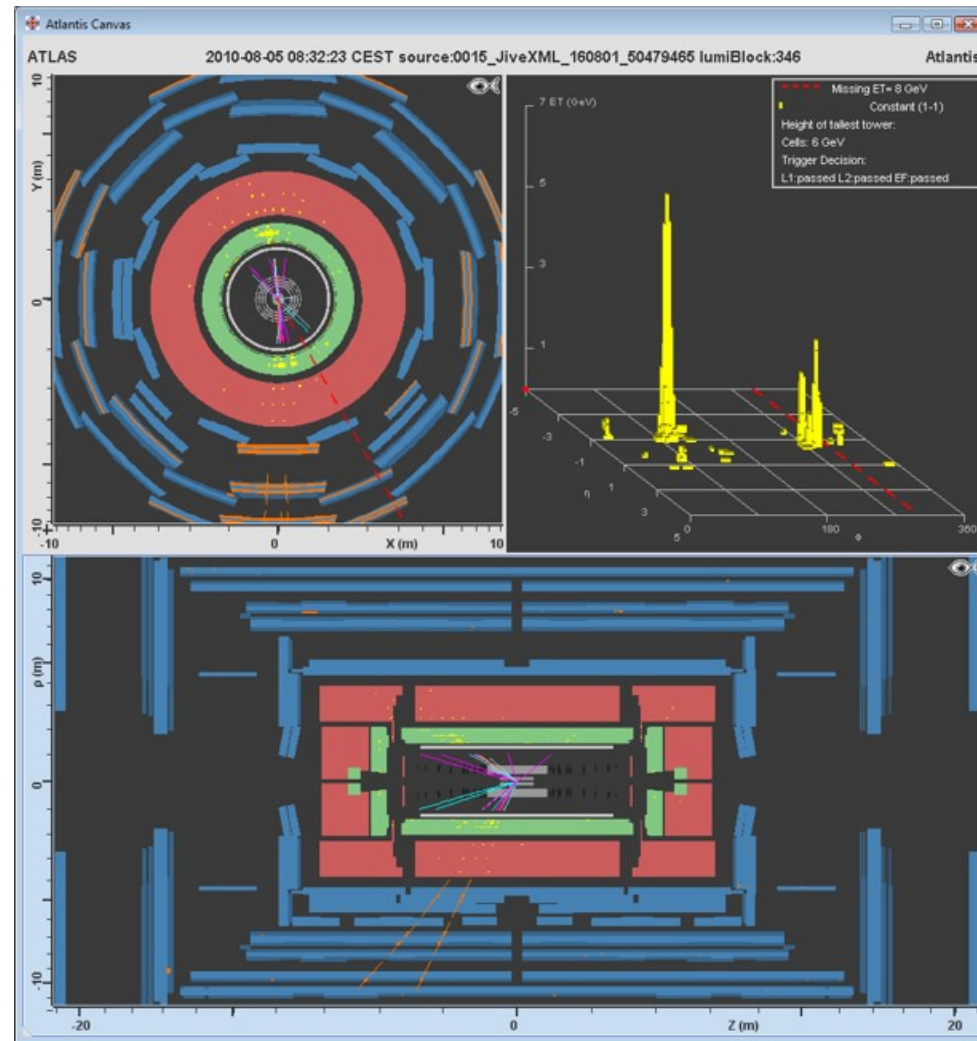


Identifier les jets avec Hypatia



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

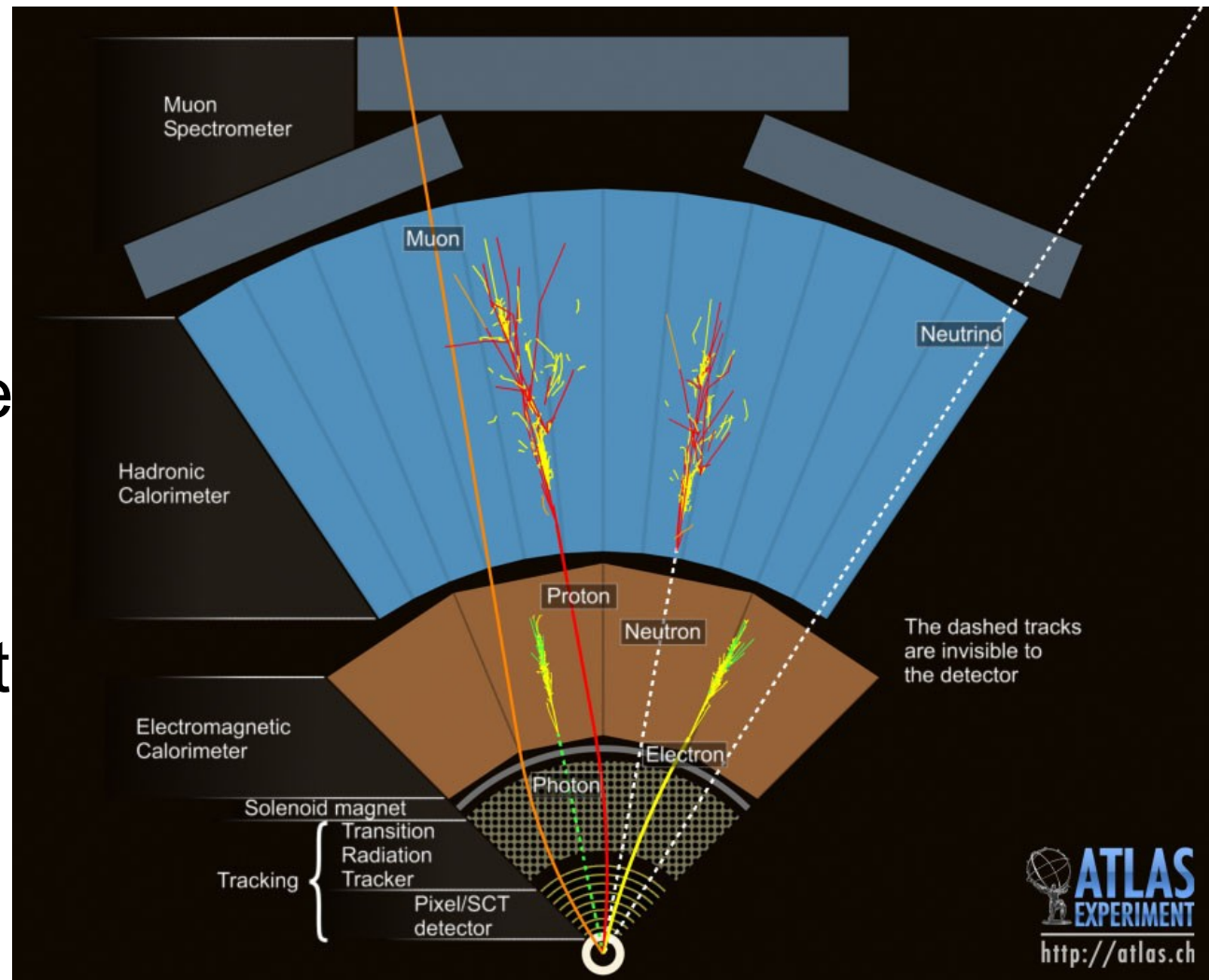
Identifier les jets avec Hypatia



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

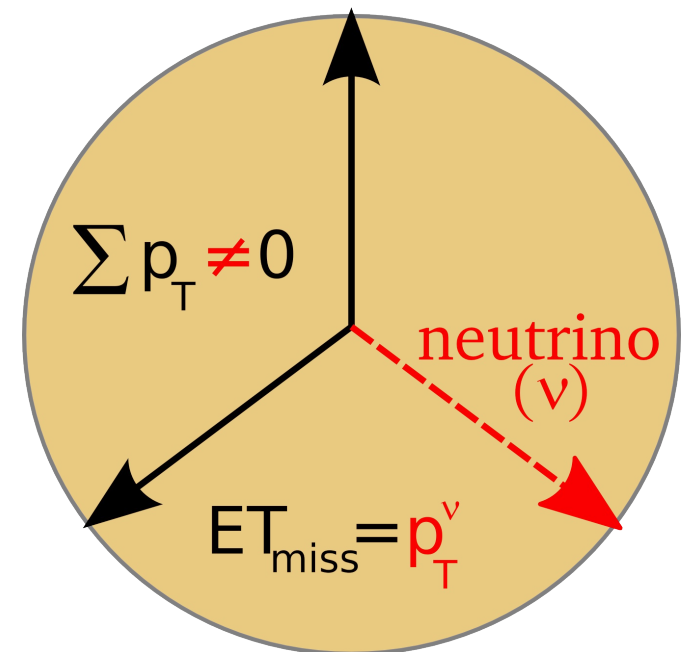
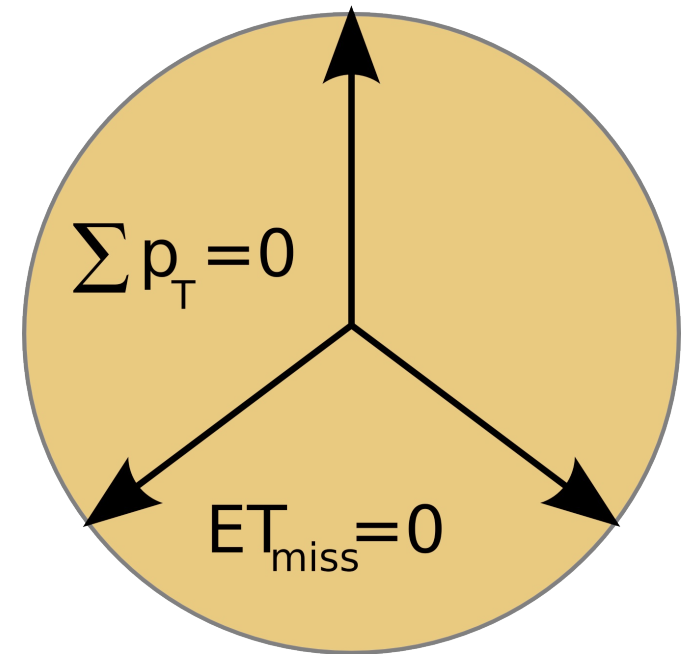
Identifier les neutrinos

- 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

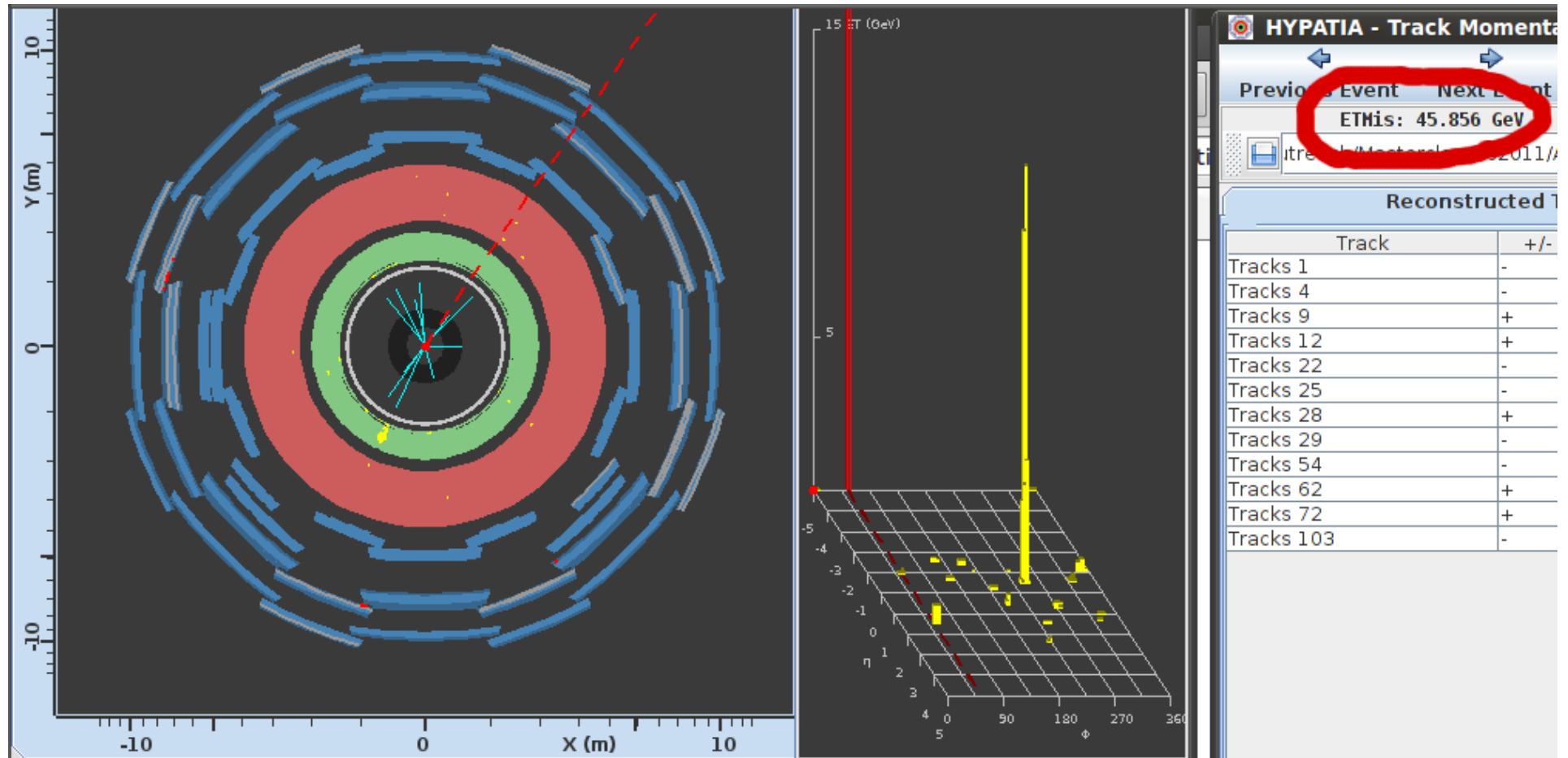


Energie transverse manquante

- 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^{miss} , associée au neutrino



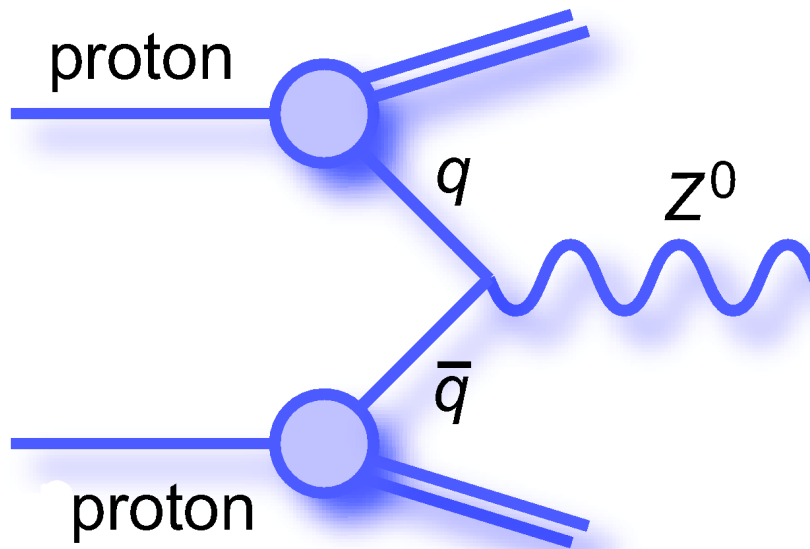
Identifier un neutrino avec Hypatia



- Par conservation, somme des impulsions dans le plan transverse = 0
- Sinon, « énergie transverse manquante (ETMis) » : particules indétectables (ex : neutrinos), non détectées ou mal mesurées
- Représenté par une ligne rouge pointillée, valeur en haut à droite

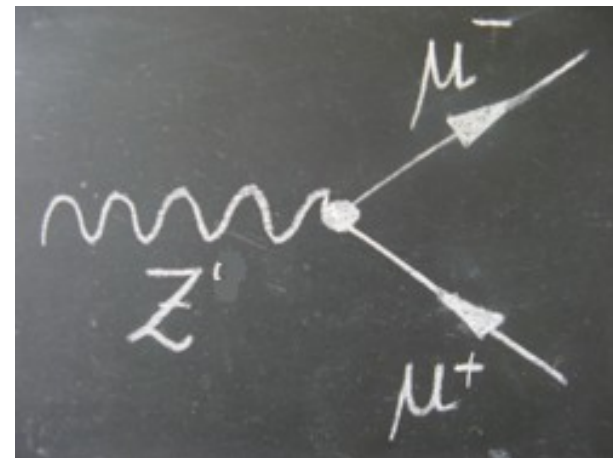
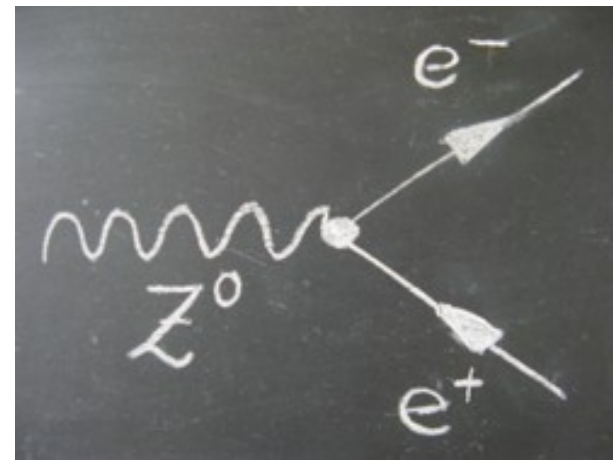
Analyse : observer des résonances, comme des bosons Z

Production



- Fusion d'un quark et d'un antiquark
- Antiquark dans la « soupe » à l'intérieur du proton

Désintégration



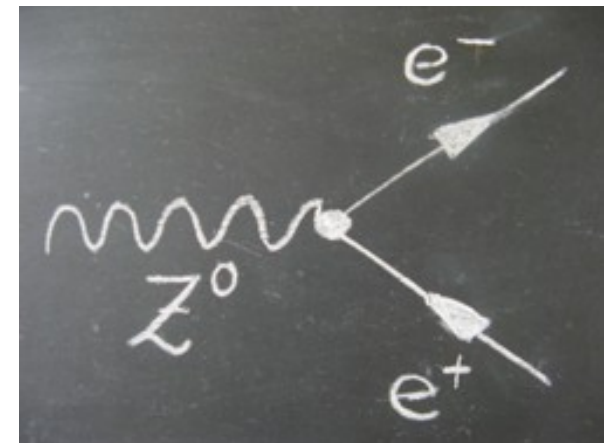
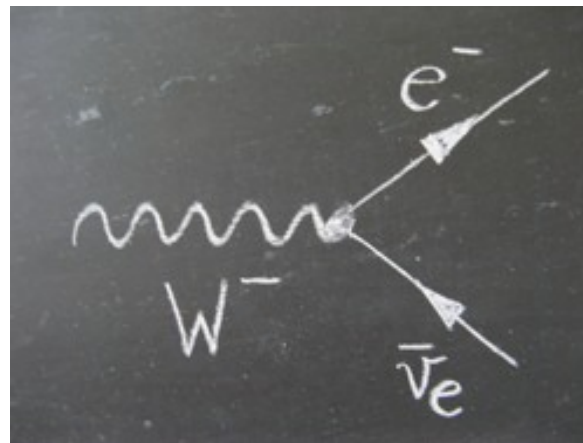
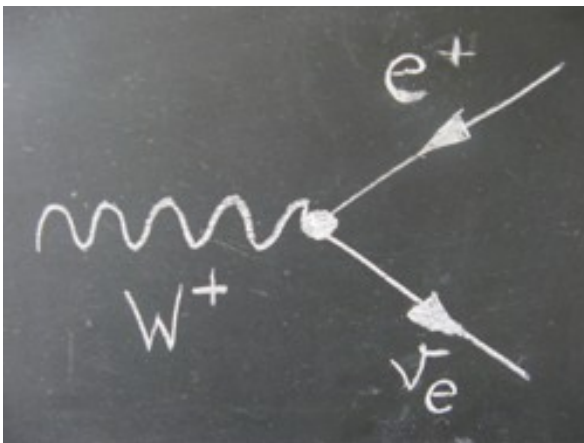
Difficulté : le bruit de fond

- 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

- Bruit de fond : désintégration de bosons $W \rightarrow e\nu$
- Si un jet supplémentaire est pris pour un électron, cela peut ressembler à un Z

- Signal : $Z \rightarrow ee$



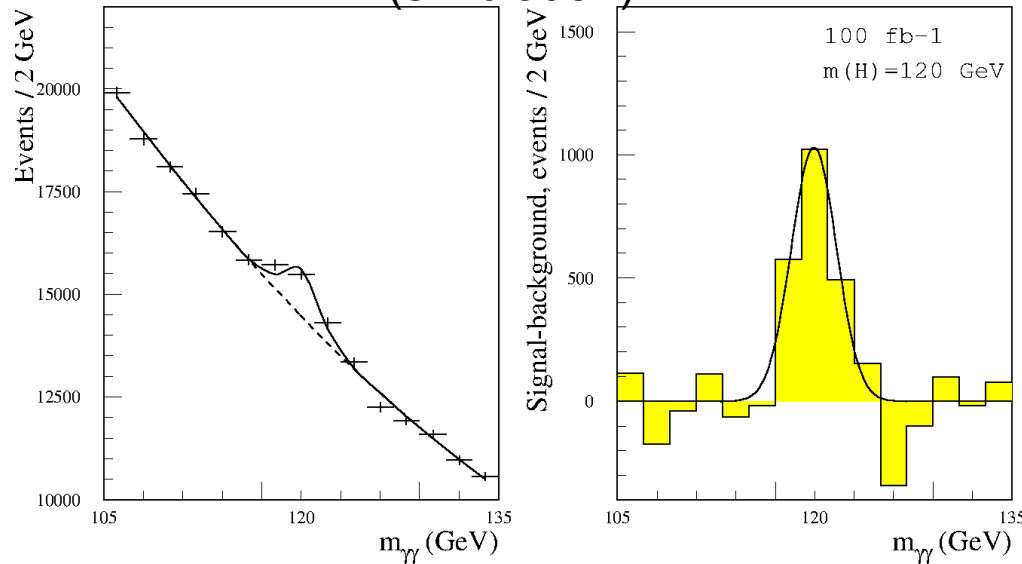
- Si on cherche des événements W , alors les Z peuvent être un bruit de fond !

Et vous ?

- Recherche de bosons Z
 - et d'autres résonances se désintégrant en deux leptons
- Recherche du boson de Higgs
 - $H \rightarrow ZZ \rightarrow e^+e^-e^+e^- / e^+e^-\mu^+\mu^- / \mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$
 - $H \rightarrow \gamma\gamma$
- Mesure de la masse des « Z » et « H » à partir des particules mesurées dans le détecteur (électrons, muons, photons)

Observer des bosons de Higgs

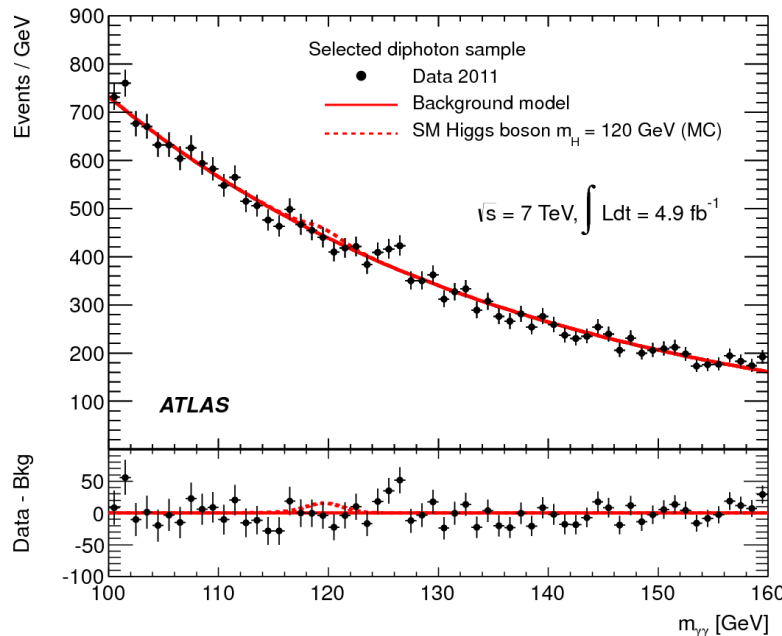
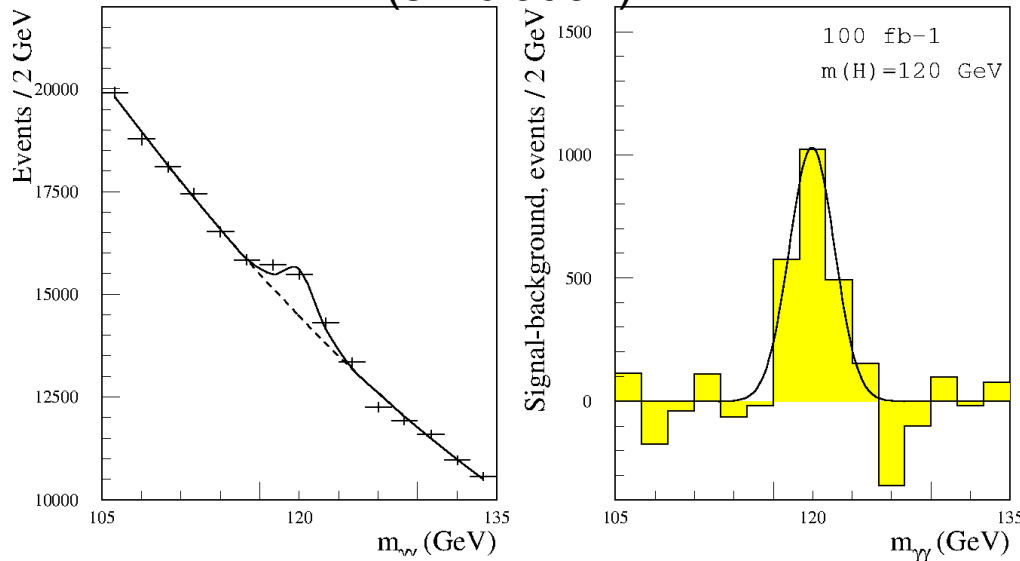
Masse invariante $\gamma\gamma$ avec beaucoup de données
(simulation)



- Si les deux photons (γ) proviennent de la désintégration d'une particule, on obtient la masse de cette particule
- Les mesures ne sont pas parfaites
 - petites variations autour d'une moyenne
- Ici : boson de Higgs de masse 120 GeV
- Le continuum sous le pic est dû au bruit de fond, où les deux particules combinées ne sont pas des paires $\gamma\gamma$ ou ne proviennent pas de la même désintégration

Observer des bosons de Higgs

Masse invariante $\gamma\gamma$ avec beaucoup de données (simulation)



$m_{\gamma\gamma}$ avec 20 fois moins de données (ATLAS, mars 2012)

- Si les deux photons (γ) proviennent de la désintégration d'une particule, on obtient la masse de cette particule
- Les mesures ne sont pas parfaites
 - petites variations autour d'une moyenne
- Ici : boson de Higgs de masse 120 GeV
- Le continuum sous le pic est dû au bruit de fond, où les deux particules combinées ne sont pas des paires $\gamma\gamma$ ou ne proviennent pas de la même désintégration

Liens

Nos présentations

Les Masterclasses

ATLAS grand public

ATLAS en direct

ATLAS sur



ATLAS sur



ATLAS sur



ATLAS sur



Site français du



Le CPPM



Le CERN



Le CERN sur



www.cppm.in2p3.fr/Masterclasses

physicsmasterclasses.org

atlas.ch

atlas-live.cern.ch

twitter.com/ATLASexperiment

www.facebook.com/ATLASexperiment

www.google.com/+ATLASexperiment

www.youtube.com/theATLASExperiment

www.lhc-france.fr

www.cppm.in2p3.fr

cern.ch

twitter.com/cern

Twitter :

#IntMC

@IN2P3_CNRS