

## A. Présentation

### 1. But

Recherche de particules se désintégrant en

- 2 leptons chargés (ex :  $Z \rightarrow l^+ l^-$ , où  $l^+ = e^+ e^-$  ou  $\mu^+ \mu^-$ )
- 2 photons (ex :  $H \rightarrow \gamma\gamma$ )
- 4 leptons chargés (ex :  $H \rightarrow l^+ l^- l^+ l^-$ , où  $l^+ l^- l^+ l^- = e^+ e^- e^+ e^-$ ,  $e^+ e^- \mu^+ \mu^-$  ou  $\mu^+ \mu^- \mu^+ \mu^-$ )

### 2. Comment

Analyse d'un échantillon de 50 événements

(1 événement = 1 croisement de faisceaux avec au moins une collision proton-proton).

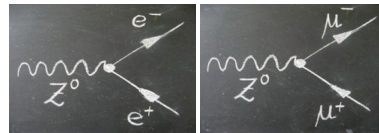
► pour chaque événement :

- 1) rejet du bruit de fond – sélection des trois types de signaux :
  - 1 paire de leptons de charges opposées,
  - 1 paire de photons, ou bien
  - 2 paires de leptons de charges opposées

- 2) mesure de la masse invariante du système formant le signal

► sur l'ensemble de données analysées :

formation des *spectres en masse invariante* de chacun des 3 types de signaux



**RAPPEL : la masse invariante**

Une particule de masse  $M$  se désintègre et donne deux particules que l'on détecte.

Notre détecteur permet :

- 1) d'identifier leur nature (photon, électron, muon) et donc de connaître leur masse ( $m$ )
- 2) de mesurer leur impulsion ( $p_{1,2}$ ) (grâce au trajectographe pour les particules chargées ou grâce au calorimètre pour les photons).

On peut donc en déduire la masse ( $M$ ) de la particule qui s'est désintégrée :

$$M^2 = [\sqrt{(m^2 + p_1^2)} + \sqrt{(m^2 + p_2^2)}]^2 - [p_1 + p_2]^2$$

NB : Si les particules considérées ne constituent pas l'ensemble des produits d'une particule « mère », la masse  $M$  reconstruite ne correspondra à rien et ne prendra pas de valeur particulière

## B. Démarrage

### 1. Lancer le logiciel

Masterclasses-XX \ Z-path \ Hypatia\_7.4\_Masterclass.jar  
En haut : Raccourcis / Dossier personnel → double cliquer → Click bouton droit → ouvrir avec "OpenJDK Java 6 Runtime"

### 2. Chargement (Track Momenta Window)

- 1 cliquer pour ouvrir
- 2 cliquer pour afficher le bureau
- 3 ouvrir le fichier :

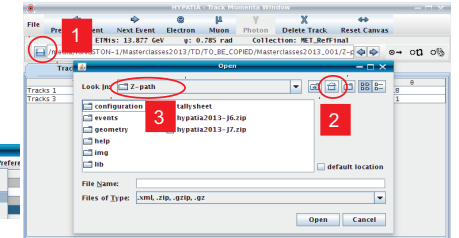
a) Fichier test à regarder tous ensemble :  
 $Z\text{-path}\backslash\text{events}\backslash\text{exercice2\_Z.zip}$

Avant de passer à la suite, attendre les instructions.

Effacer les résultats du test !! (Invariant Mass Window : File/Clear Hypatia Project)

b) Fichier à analyser en binôme :  
 $Z\text{-path}\backslash\text{events}\backslash\text{dir0X\_groupY.zip}$

### 3. Coupures & contrôles (Control Window)



Username: lt-master-00 password: wsY7GeNG

DATASET  $\text{dir05\_groupA}$

**Coupures** (conditions de visualisation)

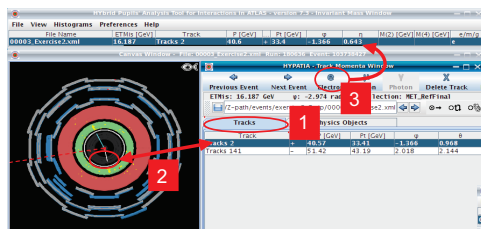
- 1 sélectionner l'onglet "Parameter Control"
- 2 sélectionner le sous-onglet "Cuts"
- 3 modifier la valeur de la coupure sur le Pt (5 ou 10 GeV)
- 4 (dé-)sélectionner les coupures :
  - Number Pixel Hits
  - Number SCT Hits

**Contrôle** : sélectionner l'outil de

- 5 zoom/rotation ou
- 6 sélection

## C. Sélection

### 1. Sélection des particules



**Leptons chargés :  $e, \mu$**

- 1 sélectionner l'onglet « Tracks » pour visualiser les traces
- 2 sélectionner la trace correspondant au lepton
- 3 cliquer sur «  $e^-$  » ou «  $\mu^-$  » pour ajouter le lepton dans le tableau de calcul de masse

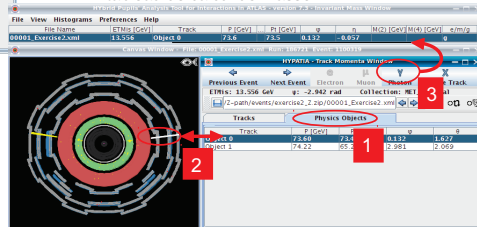
### 2. Mesure de la masse

File	View	Histograms	Preferences	Help
File Name	12.211	Tracks 6	Track	
00008.Exercice2.xml	10.1	Tracks 41	10.1	
	84.2	Tracks 2	84.2	
	53.1	Tracks 43	53.1	

- 2 leptons :  $e^+e^-$ ,  $\mu^+\mu^-$
- 2 photons :  $\gamma\gamma$
- 4 leptons :  $e^+e^-e^+e^-$ ,  $e^+e^-\mu^+\mu^-$ ,  $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$

**Photons** (attention aux conversions)

- 1 sélectionner l'onglet « Physics Objects » pour visualiser les amas d'énergie
- 2 sélectionner l'amas correspondant au photon
- 3 cliquer sur «  $\gamma$  » pour ajouter le photon dans le tableau de calcul de masse



$M(2 \text{ corps}) \rightarrow M(4 \text{ corps})$

## D. Chargement des résultats

### 1. Sauvegarde de la table des masses invariantes (Track Momenta Window)

File / Export Invariant Masses

enregistrer le fichier dans :

Masterclasses-XX/local/DateDuJour

### 2. Téléchargement des résultats :

- ouvrir un navigateur internet (en haut : Applications/Applications incontournables/firefox)
- aller sur : <http://cernmasterclass.uio.no/>
- cliquer sur oPlot
- cliquer sur Students (menu horizontal)
- renseigner :
  - 1) login: ippog ; passwd: mc13
- choisir :
  - 1) année / mois / jour / Marseille
- choisir le groupe (X) qui correspond au lot que vous avez analysé (Y) :  $\text{dir0X\_groupY.zip}$
- charger le fichier que vous aviez sauvé à l'étape précédente

Username: lt-master-00 password: wsY7GeNG

DATASET  $\text{dir05\_groupA}$

selon votre groupe

Tout à droite de l'écran :

Upload your file:  
Browse... No file selected.  
Submit

### 3. Réfléchir à l'interprétation des résultats (voir feuille « Z-path : préparation de la visio-conférence »)

# Z-path : préparation de la visio-conférence

Lors de la visio-conférence qui va suivre, nous allons (en anglais):

- 1) présenter nos résultats aux autres participants du jour et les discuter avec eux,
- 2) poser quelques questions aux deux physiciens présents au CERN ; ces questions peuvent porter sur le CERN, le LHC, la physique des particules, le métier de chercheur, les technologies, ... Le spectre est très large !

Afin de préparer cette séance au mieux, rédiger :

- 1) un petit compte-rendu du TP en vous aidant des questions ci-dessous,
- 2) deux ou trois questions que vous aimeriez voir poser.

Une fois ce travail effectué par chaque binôme, nous chercherons à en faire une synthèse collective.

## 1) Compte rendu du TP

En quoi consistait l'exercice ? Qu'a-t-on analysé ? Combien d'événements a-t-on traité ?

---

---

---

Quelles difficultés avez-vous rencontrées ?

---

---

---

Quel était le but de la mesure ?

- 1) Pour les désintégrations en deux leptons

---

---

- 2) Pour les désintégrations en deux photons ou quatre leptons

---

---

Résultats (collectifs) : Qu'a-t-on obtenu ? Est-ce conforme à ce qu'on attendait ?

- 1) Pour les désintégrations en deux leptons,
  - a-t-on trouvé autant d'électrons que de muons ?
  - observe-t-on des structures dans le spectre en masse ? A quoi correspondent les pics ?

---

---

---

---

---

---

- 2) Pour les événements en deux photons et en quatre leptons
  - qu'observe-t-on ? Y a-t-il des structures dans les spectres de masse ? Pourquoi ?

---

---

---

---

---

---

## 2) Questions

---

---

---

---

---

---