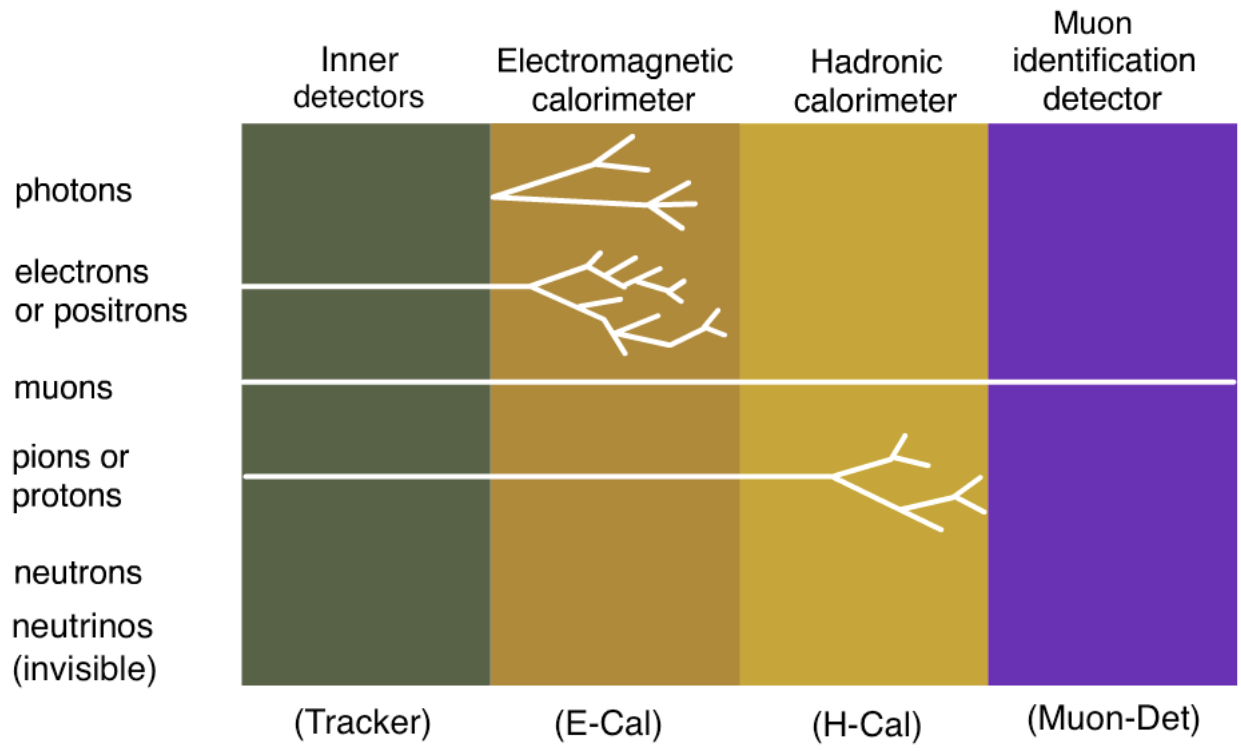


Electrons et photons:

- Déposent de l'énergie dans l'ECAL
- S'arretent dans l'ECAL

Electrons:

- Laissent une trace dans le Tracker

Photons:

- Ne laissent **aucune** trace dans le Tracker

Protons et neutrons:

- Déposent de l'énergie dans H-Cal (et peut etre un peu aussi dans l'ECAL
- S'arretent dans l'H-Cal

Protons:

- Laisse une trace dans le Traker

Neutrons:

- **Ne** laissent pas de traces dans le Tracker

Muons:

- Laissent une trace dans le Tracker
- Atteignent les détecteurs à MuonDet
- Déposent un peu d'énergie dans l'ECAL et le H-Cal (hadronique)

Jets (non montrés ici):

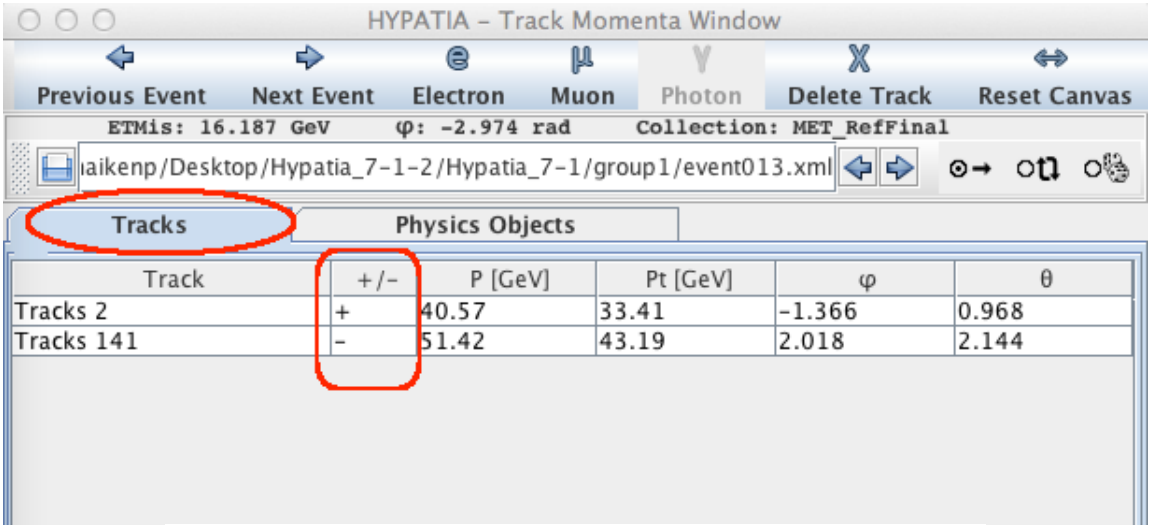
- Sont des gerbes de particules, par exemple gerbes de neutrons, protons et autres hadrons
- Laissent beaucoup de traces dans le Tracker
- Deposent de l'énergie dans l'H-Cal (et surement aussi un peu dans l'ECAL)
- S'arretent dans l'H-Cal

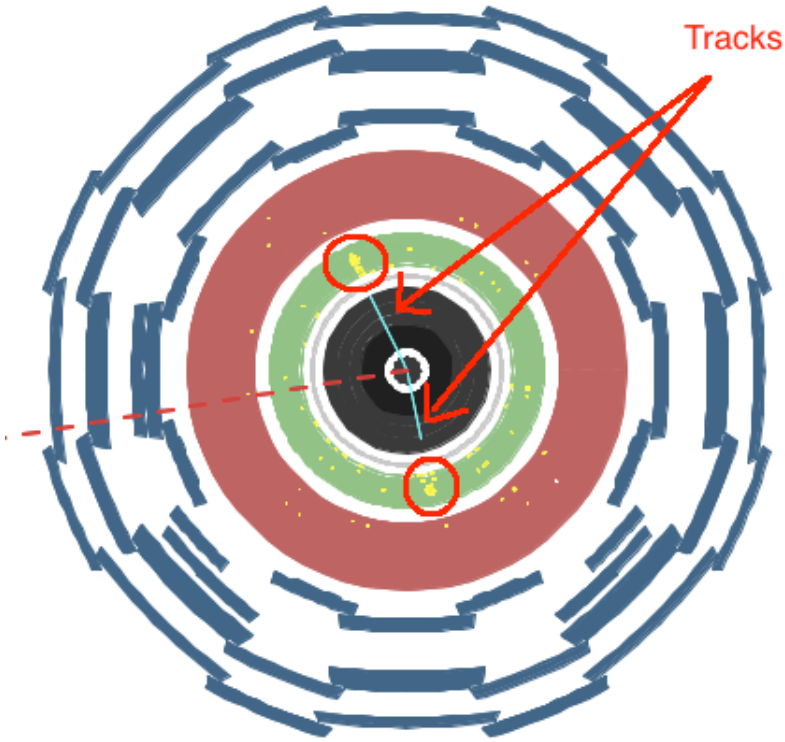
Neutrinos:

- Ne laissent pas de trace, dans aucun détecteurs
- Ne peuvent etre vu qu'en estimant l'énergie manquante (ETMis) en faisant le bilan énergétique de la collisions
- Sont indiqués par des lignes rouges pointillées dans HYPATIA

Evènement TYPIQUE electron-positron

- Dépôt d'énergie dans le calorimètre électromagneique (ECAL), entouré en rouge
- La trace s'arrete dans le ECAL
- Une particule de charge positive, l'autre de charge négative
- NB! Souvenez vous de toujours regarder dans les deux vues, pas seulement dans la vue transverse montrée ci dessous !





Evenement typique muon-antimuon

- Traces traversent tout le détecteur, y compris les chambres à muons.
- Une particule de charge positive, l'autre de charge négative
- NB! Souvenez vous de toujours regarder dans les deux vues, pas seulement dans la vue transverse montrée ci dessous !

HYPATIA – Track Momenta Window

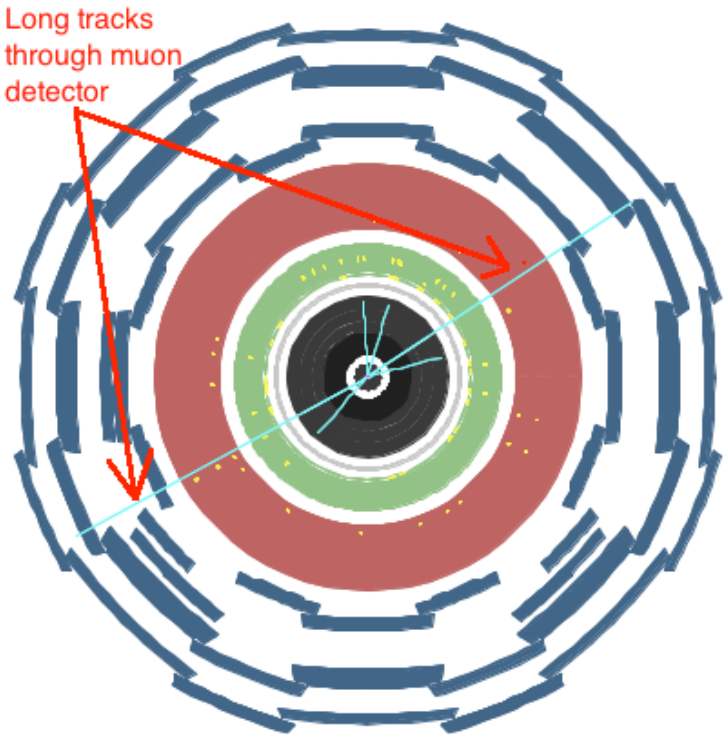
Previous Event | Next Event | Electron | Muon | Photon | Delete Track | Reset Canvas

ETMis: 7.369 GeV φ: 2.796 rad Collection: MET_RefFinal

aikenp/Desktop/Hypatia_7-1-2/Hypatia_7-1/group1/event011.xml

Tracks | Physics Objects

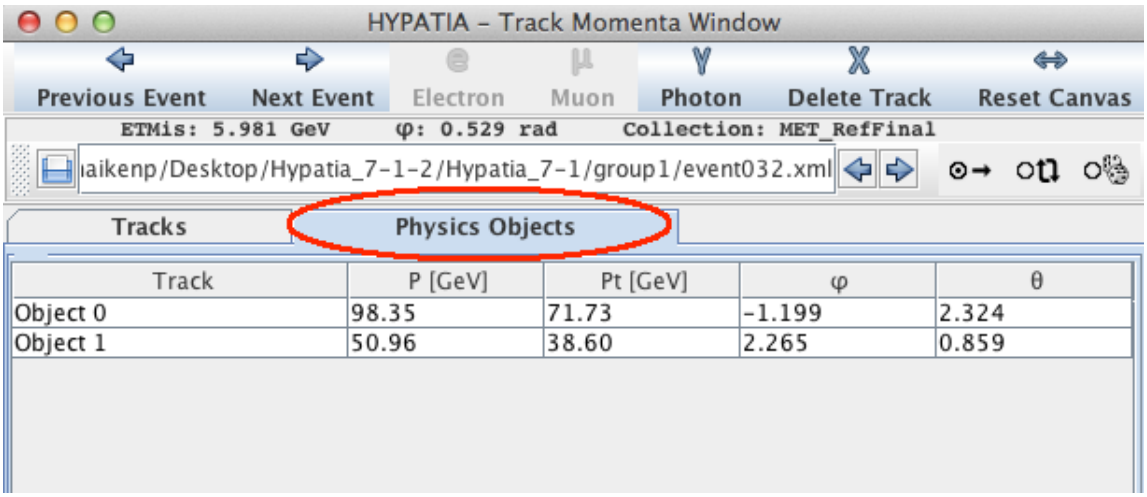
Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Tracks 22	-	139.51	47.69	0.576	0.349
Tracks 139	+	73.73	37.69	-2.627	0.537
Tracks 198	+	11.60	7.60	1.318	2.427
Tracks 238	+	19.76	10.90	0.291	0.584
Tracks 239	-	105.93	54.03	1.630	0.535
Tracks 242	-	19.90	8.98	-2.321	0.468



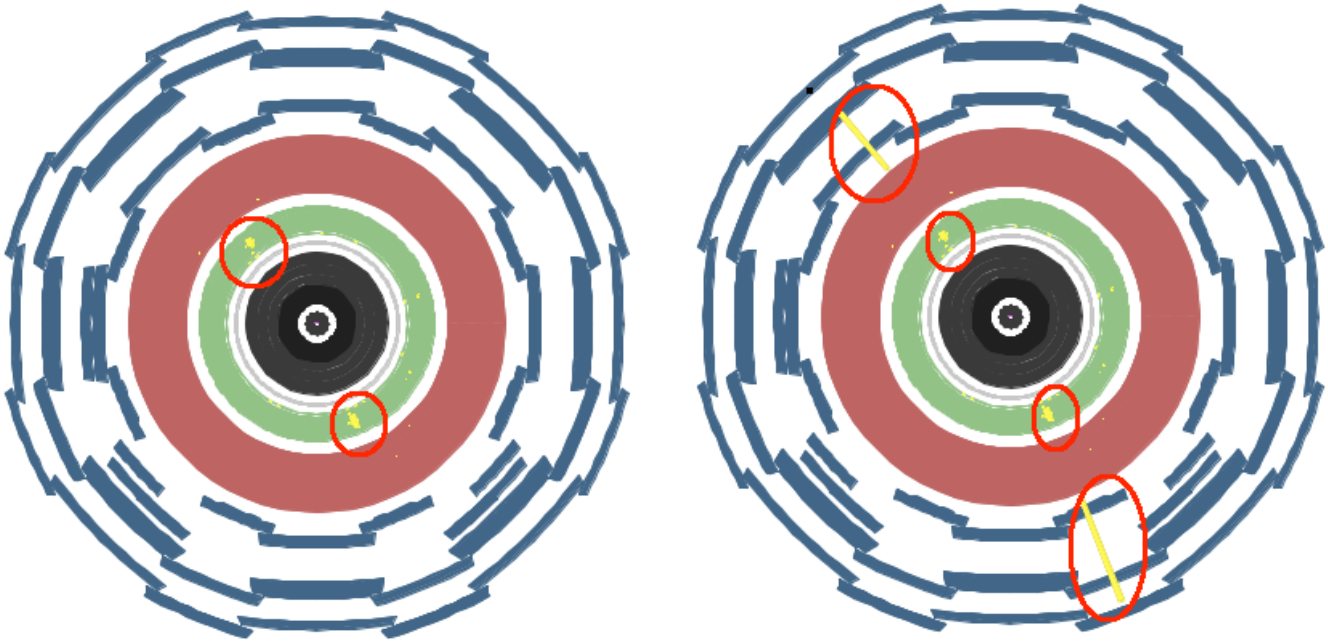
EXAMPLE d'un évenement diphoton non converti

- Dépôt d'énergie dans le calorimètre électromagnetique (cercles rouges)
- Objets dans le onglet « Objects » , et des tours jaunes (ellipse rouge sur la figure) qui apparaissent si « Physics Objects » choisi.
- Pas de traces dans le détecteur interne
- NB! Souvenez vous de toujours regarder dans les deux vues, pas seulement dans la vue transverse montrée ci dessous !

NB! Les photons peuvent aussi etre convertis, et il y aura alors des traces dans le détecteur interne. Cela nécessise une annalyse plus approfondie de votre part.

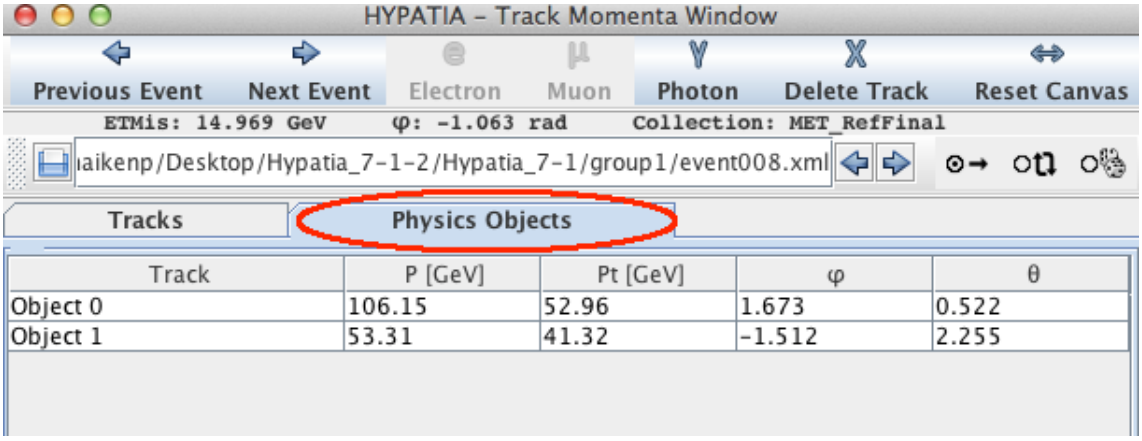


Track	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Object 0	98.35	71.73	-1.199	2.324
Object 1	50.96	38.60	2.265	0.859

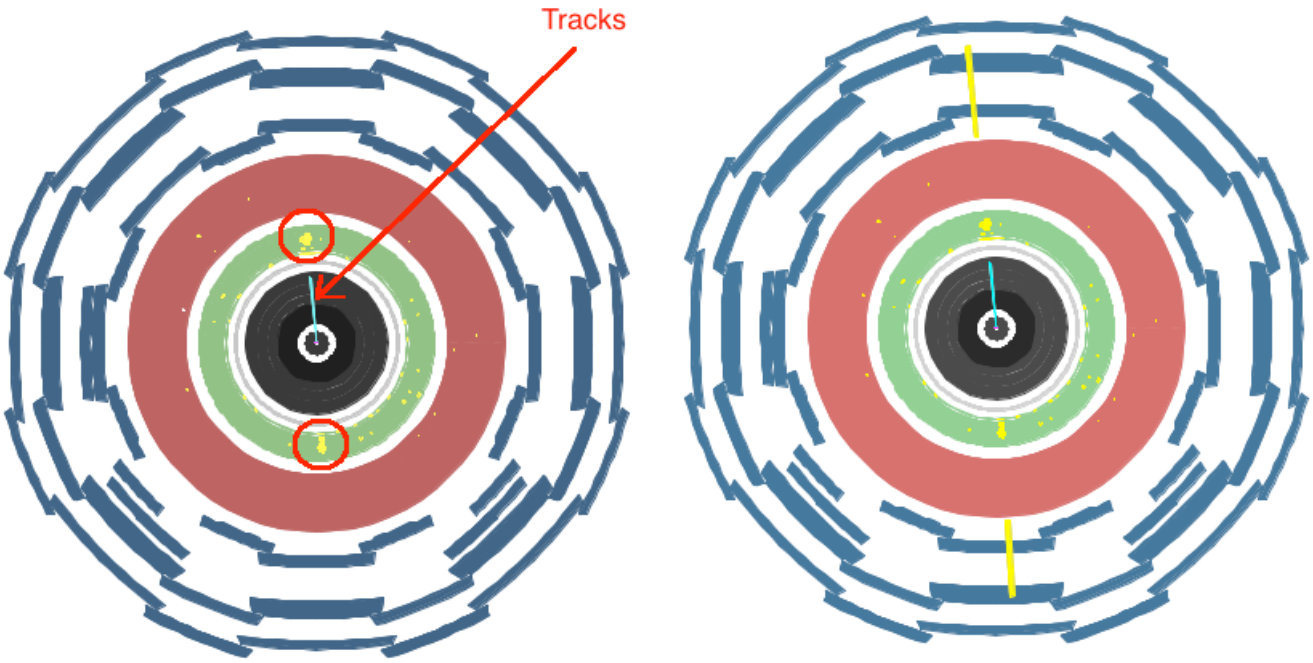


EXAMPLE d'un évenement diphoton converti

- Dépôt d'énergie dans le calorimètre électromagnetique (cercles rouges)
- Objets dans le onglet « Objects » , et des tours jaunes (ellipse rouge sur la figure)
- Des traces dans le détecteur interne
- NB! Souvenez vous de toujours regarder dans les deux vues, pas seulement dans la vue transverse montrée ci dessous !



Track	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Object 0	106.15	52.96	1.673	0.522
Object 1	53.31	41.32	-1.512	2.255



Aide pour le TD Mesure des bosons Z0 et Higgs

Avec HYPATIA et OPloT

Vous allez maintenant analyser jusqu'à 50 collisions de particules (évènements) en utilisant l'application de visualisation HYPATIA. A partir de ces collisions, vous allez chercher à trouver les empreintes laissées par des particules neutres lourdes, par exemple le boson Z, ou le boson Higgs.

I. Objectif

Votre travail consiste à mesurer les masses de particules comme le boson Z0 et à chercher le boson de Higgs. Vos observations vous serviront à créer des histogrammes qui seront à la fin de l'exercice combinés avec ceux faits par les autres groupes participant à cette Masterclasse.

Les images de collisions (en anglais « event displays ») qui vous sont proposées dans l'exercice contiennent un mélange d'événements où un boson Z (ou d'autres particules) se désintègrent en **une paire électron-positron** ou **muon-antimuon**, candidats pour une désintégration du boson de Higgs en **deux photons**, ou en **quatre leptons**, ainsi que des produits de collision complètement différents **(bruit de fond)**, comme des quarks, des gluons, et des bosons W.

Vous devrez utiliser ce que vous savez sur l'identification des particules et l'outil de calcul de masse invariante (masse au repos) fourni par HYPATIA pour **déterminer si un boson Z a été ou non produit.**

II. Procedure du travail

1. Dans HYPATHIA, pour chaque collision, essayez de trouver les indices de l'existence de particules comme
    a. **un boson Z0, en cherchant une paire électron-positron (e^+e) ou muon-antimuon ($\mu^+\mu^-$)**
    b. **un boson de Higgs, en cherchant une paire de photons**
    c. **un boson de Higgs là encore, en cherchant deux paires de leptons ($e^+e^-e^+e^-$, $e^+e^-\mu^+\mu^-$, $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$)**

    Si vous ne trouvez pas de telles paires, l'événement pourrait être un événement dit de **" bruit de fond"**. Utilisez les outils de pointage et l'information sur les particules de HYPATHIA pour prendre votre décision.
2. Si vous pensez avoir trouvé les produits de désintégration d'une de ces particules, choisissez les traces ou les objets correspondants et **insérez-les dans le tableau d'HYPATHIA servant au calcul des masses invariantes.**
    a. Si vous avez trouvé une paire de traces chargées de type « électron » ou « muon », vous avez peut-être observé un boson Z0 ou une particule J/ψ ou encore un Upsilon (Y) – des particules bien plus légères.
    b. Si vous avez la chance d'avoir trouvé deux paires de leptons dans le même événement, **insérez les toutes les deux dans le tableau de calcul de la masse invariante** : il s'agit peut-être d'un candidat boson de Higgs qui se serait désintégré en quatre leptons !
    c. Si vous pensez avoir vu un candidat boson de Higgs qui se serait désintégré en une paire de photons, **sélectionnez ces deux particules et ajoutez-les dans le tableau de calcul des masses invariantes** d'HYPATHIA.
3. Si vous pensez que la collision étudiée n'est que du bruit de fond (pas de paire de leptons avec des charges de signes opposées, ni de paire de photons), **ignorez cet événement et passez au suivant**.
4. Une fois tous les événements analysés, exportez la table de masses invariantes du logiciel HYPATIA en choisissant "File" puis "Export Invariant Masses". Le fichier s'appellera **Invariant_Masses.txt**. Déposez le fichier sur le bureau de votre ordinateur pour que vous puissiez facilement le retrouver plus tard.
5. Allez sur la page web de soumission des résultats et chargez-y le fichier de masses invariantes que vous venez de créer.

Recommendation pour mener à bien le travail de detective sous HYPATIA

Résumé:

1. Choisir une coupure sur l'impulsion transverse **de 5 GeV** pour s'assurer d'avoir des particules énergétiques.
2. Étudier les traces restantes et/ou les objets physiques et les classer dans les catégories muon, électron ou photon.
3. **Regarder/Zoomer sur les 2 vues** pour vérifier si il s'agit d'une ou de deux traces.
4. Vérifier si la masse invariante d'une trace double est compatible avec un photon de conversion.
5. Si besoin, ajouter la condition d'au moins **2 hits dans les pixels** pour s'assurer que la ou les traces proviennent bien du vertex primaire et **"Number of SCT hits" >=7** pour s'assurer que la trace est suffisamment longue. Penser à enlever ces coupures avant de passer à l'évènement suivant.
6. Vérifier que vos traces proviennent d'un même vertex en zoomant sur la vue du bas.

En détail:

- **Choisir une coupure en p_T pour les traces dans la fenêtre de contrôle d'HYPATIA ("control window" : cuts, InDet):** typiquement >5 GeV/c
  - Un coupure plus haute (à 10 GeV) peut être parfois utile, mais elle risque de vous faire perdre des évènements à 4 leptons.
- **S'il y a des coups dans le détecteur interne de traces ("Inner Detector (ID) tracker") et dans les détecteurs à muons (MS),**
  - Entrez les particules comme des muons si elles ont des charges électriques de signe opposé.
  - Si il n'y a pas d'autres paires de leptons, continuer au prochain évènement. Si une paire additionnelle de leptons est trouvé (muons ou électrons – voir l'identification d'électron ci dessous) l'événement contient peut être 4 leptons et devra être catégorise comme tel.
- **Pour trouver les électrons ou photons, partir des traces dans l'onglet "Tracks" ou objets physique dans l'onglet "Physics Objects" (fenêtre HYPATIA – track momenta window)**
  - **A partir de l'onglet "Tracks"**
    - Si il y a des coups dans le ID et pas dans le MS, vérifier qu'il y a au moins 2 dépôts d'énergie importants dans le calorimètre électromagnétique (ECAL)
    - **Bien regarder dans les 2 vues**, avant de conclure si la trace point ou pas vers un dépôt.
    - Si 2 traces simples de signe opposé sont trouvées et qu'elles pointent clairement vers un dépôt d'énergie dans le ECAL, **enregistrez chaque trace comme un électron**.
    - Si vous avez 2 dépôt d'énergie dans le ECAL, sans traces qui pointent vers eux, aller vers **"Physics Objects"** et rentre les objets comme **photons.**
  - **A partir de l'onglet "Physics Objects"**
    - Si au moins 2 objets correspondant à un dépôt d'énergie dans l'ECAL sont trouvés, ils proviennent probablement d'électrons ou photons.
    - Vérifier les traces – **zoomez pour voir si les traces sont simples ou doubles (traces très proches)** – une trace peut avoir l'air de pointer vers un dépôt d'énergie sur la vue de coté, mais pas sur la vue de face (ou vice-versa), et donc **il est important de vérifier les 2 vues avant de classifier les particules comme électron ou**:
      - Si 2 traces simples de charge opposée pointe vers un dépôt d'énergie chacune de l'ECAL, **entrez chacune comme un électron** (cas idéal comme lorsque l'on commence par l'onglet "Tracks" ci-dessus)
      - Si aucune trace ne pointe vers 2 dépôts d'énergie de l'ECAL, retournez à l'onglet "Physics Objects" et renseigner ces traces comme **des photons.**
  - **Les photons de conversion laissent des traces proches et de charges ayant une masse invariante très petite (compatible avec la masse du photon de 0)**
    - 2 traces très proches pointant vers un dépôt d'énergie de l'ECAL peuvent venir d'un photon de ($\gamma \rightarrow e^+e^-$). Pour vérifier cela, entrez les 2 traces comme des électrons et lisez la masse invariante résultante.
      - Dans la majeur partie des cas, M(ee) sera très proche de 0, et donc vous pourrez retourner à "Physics Object" et renseigner l'objet comme un

photon. Quelques fois, les traces disparaissent lorsque 2 coups dans le détecteur à pixel sont demandés, voir ci dessous, et alors il ne reste plus que 2 photons isolés dans l'évènement.

- **Une coupure sur le nombre de coup dans le détecteur à pixel supérieur à 2, "Number of Pixel Hits" >=2** peut aider à enlever des traces simples ou doubles (d'un photon de conversion) qui ne proviennent pas du vertex primaire (point d'interaction principal).
- **Une coupure sur le nombre de coup dans le SCT "Number of SCT hits" >=7** peut aider à avoir une bonne trace de longueur suffisante.
- En zoomant sur la fenêtre en z, cherchez à savoir si vos traces proviennent d'un même vertex (d'un même point dans l'espace). Si cela n'est pas le cas, les 2 traces ne peuvent pas provenir d'une seule particule lourde, et ne sont pas les traces que vous cherchez.