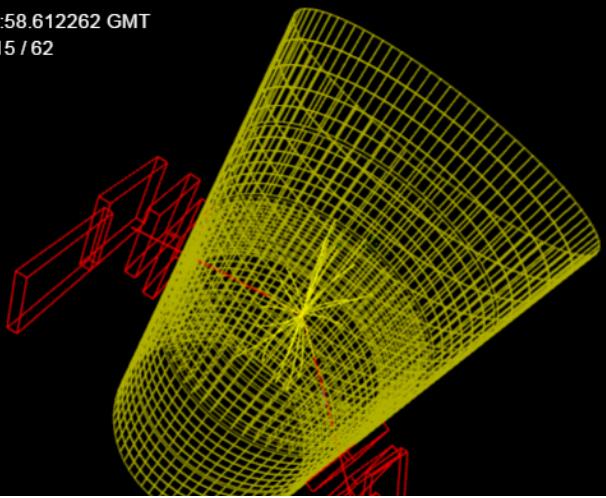


- Barrel Rec. Hits
- Endcap Rec. Hits
- ▼ HCAL
- Barrel Rec. Hits
- Forward Rec. Hits
- ▼ Muon
- Matching muon chambers
- ▼ Physics
- Vertices (Reco)
- Stand-alone Muons (Reco)
- Global Muons (Reco)
- Jets (Reco)
- iSpy WebGL



CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2011-May-24 21:42:58.612262 GMT
Run / Event / LS: 165617 / 75779415 / 62



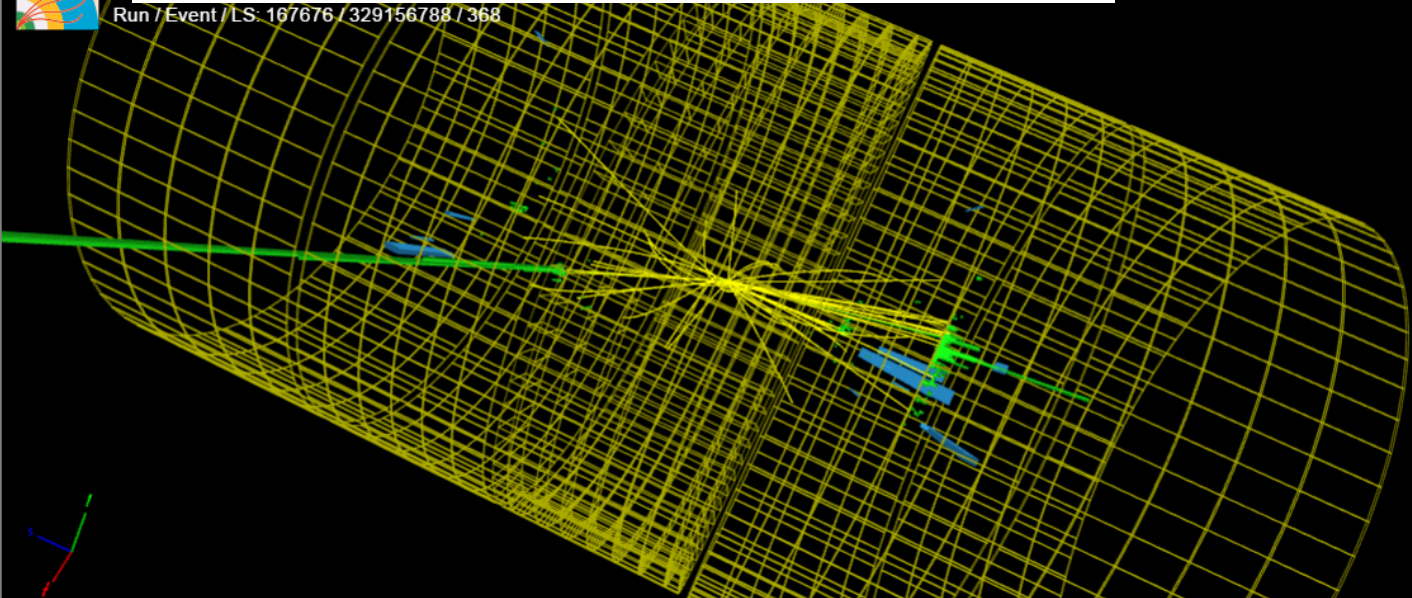
Présentation des Exercices



- Barrel Rec. Hits
- Preshower Rec. Hits
- Endcap Rec. Hits
- ▼ HCAL
- Barrel Rec. Hits
- Endcap Rec. Hits
- ▼ Muon
- ▼ Physics
- Vertices (Reco)
- Electron Tracks (GSF)
- Photons (Reco)
- Jets (Reco)
- Missing Et (PF)

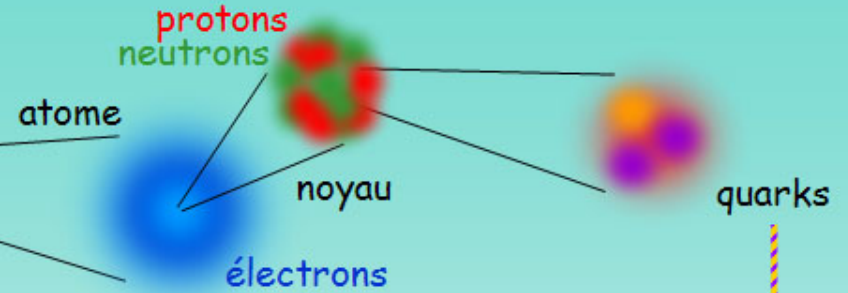
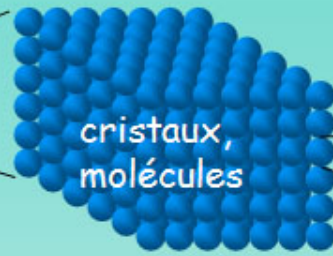


CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2011-May-24 21:42:58.612262 GMT
Run / Event / LS: 167676 / 329156788 / 368

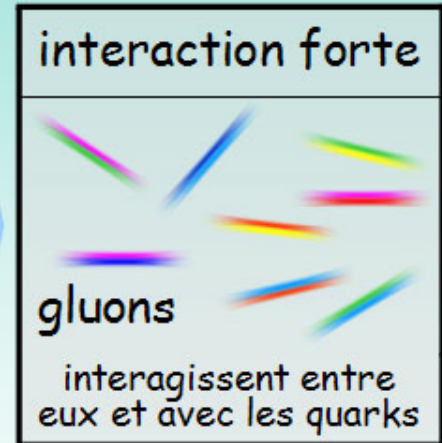




Les particules du « modèle standard »















matière = fermions	leptons		quarks	
1 ^{ère} famille	e^-	ν_e	u	d
2 ^{ème} famille	μ^-	ν_μ	c	s
3 ^{ème} famille	τ^-	ν_τ	t	b
charge électrique	-1	0	+ 2/3	- 1/3















interaction électrofaible	photon	interaction électromagnétique entre particules chargées	
	Z^0	W^+	W^-
gravitation	graviton		

interactions = bosons

Le nouveau « tableau de Mendeleïev »

matière = fermions	leptons		quarks	
1 ^{ère} famille	e^- 	ν_e 	u 	d 
2 ^{ème} famille	μ^- 	ν_μ 	c 	s 
3 ^{ème} famille	τ^- 	ν_τ 	t 	b 
charge électrique	- 1	0	+ 2/3	- 1/3

antimatière	antileptons		antiquarks	
1 ^{ère} famille	e^+ 	$\bar{\nu}_e$ 	\bar{u} 	\bar{d} 
2 ^{ème} famille	μ^+ 	$\bar{\nu}_\mu$ 	\bar{c} 	\bar{s} 
3 ^{ème} famille	τ^+ 	$\bar{\nu}_\tau$ 	\bar{t} 	\bar{b} 
charge électrique	+ 1	0	- 2/3	+ 1/3

interaction forte

Gluons



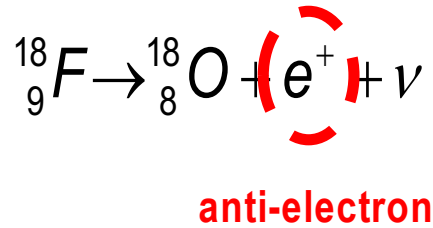
interagissent entre eux et avec les quarks

interaction électrofaible	photon 	interaction électromagnétique entre particules chargées	
	Z^0 	W^+ 	W^- 
gravitation	graviton ? 		

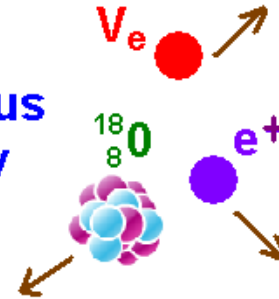
interactions = bosons

L'anti-matière... pas de la Science-Fiction !

➤ Radioactivité "beta +":

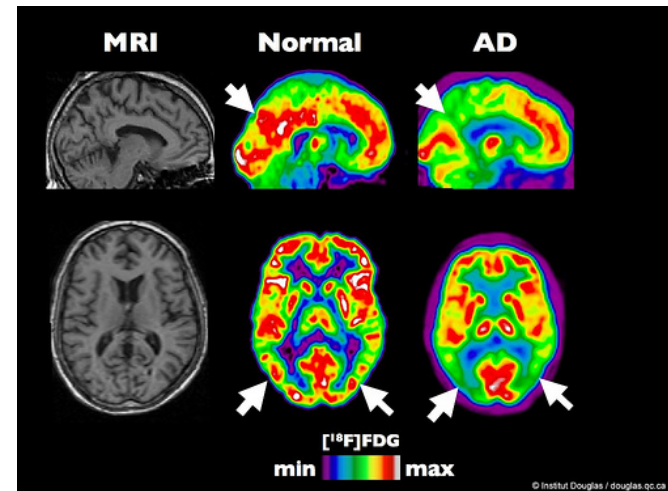
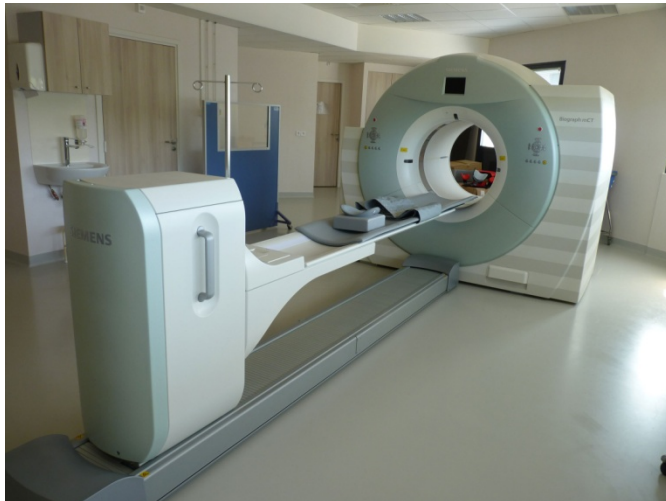


Beta Plus
Decay



phénomène naturel !!!

➤ Imagerie médicale: "Tomographie à émission de positrons"

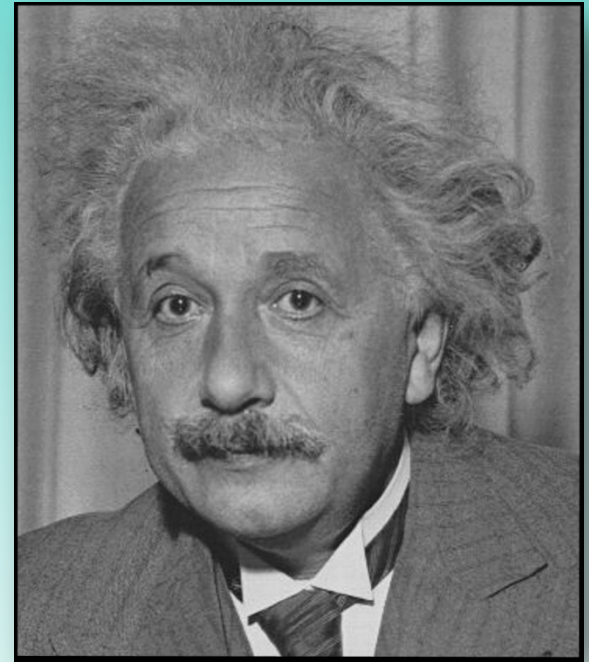


Pour étudier les particules fondamentales : il faut les créer avec de l'énergie :

Accélérateurs de particules

- La masse (donc aussi la matière) est une forme d'énergie !

$$E = m c^2$$



Énergie



Égale



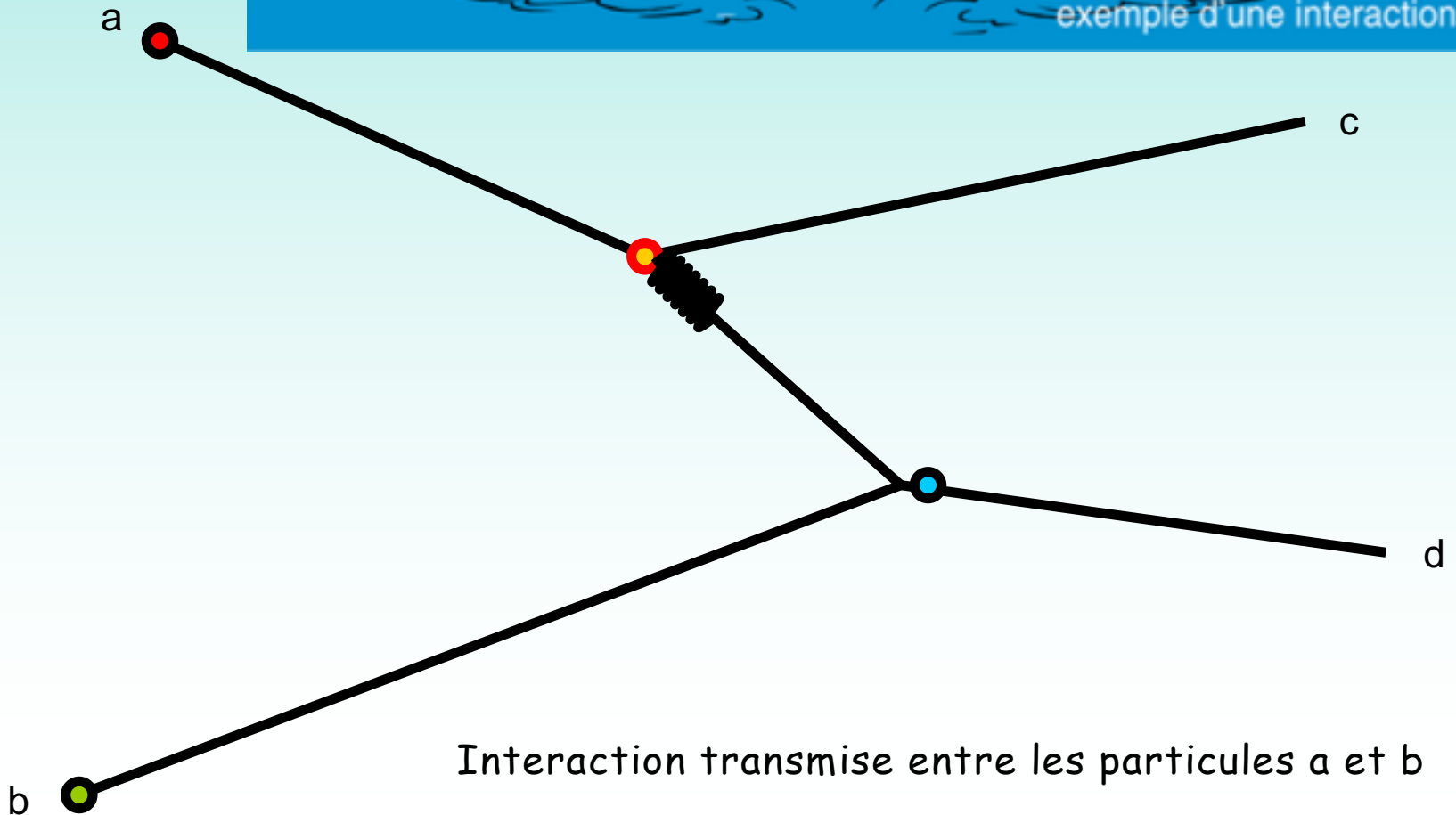
Masse

$$E = mc^2$$

Ou « comment créer des particules dans des chocs »

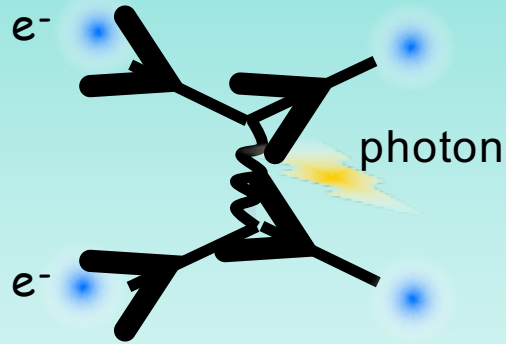


Les « diagrammes de Feynman »

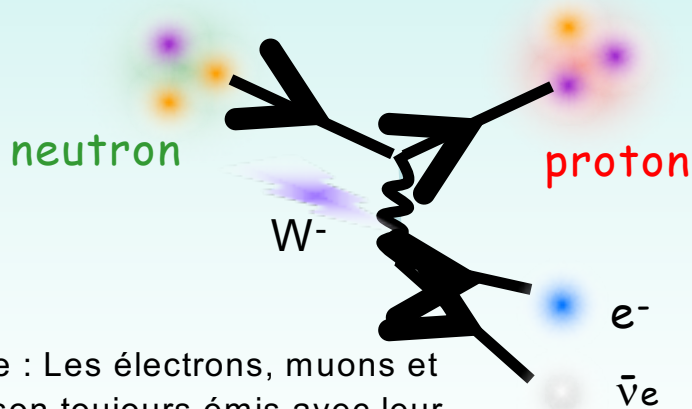


Quelques exemples d'interactions

Force=Interaction=Echange



1\ Deux électrons se repoussent : ils échangent un photon, c'est une interaction **électromagnétique**.



2\ Le neutron se désintègre en proton : c'est la radioactivité bêta.

Neutron \rightarrow proton + electron + antineutrino

En fait, un quark **d** devient **u** en émettant un boson W^- chargé négativement, qui se retransforme en électron+neutrino.

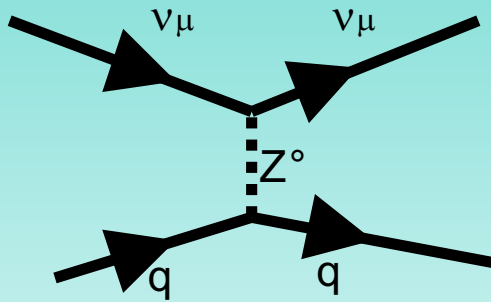


c'est une interaction **faible**.

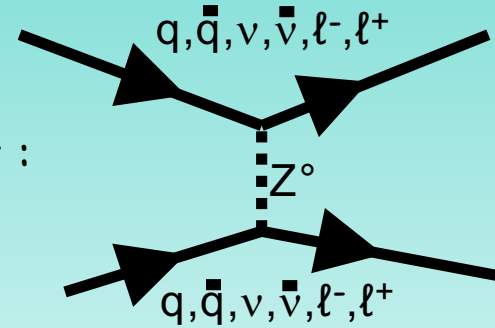
Note : Les électrons, muons et tau sont toujours émis avec leur antineutrino correspondant

On appelle ce type de représentation des interactions des **diagrammes de Feynman**

Le boson Z^0



Plus généralement :



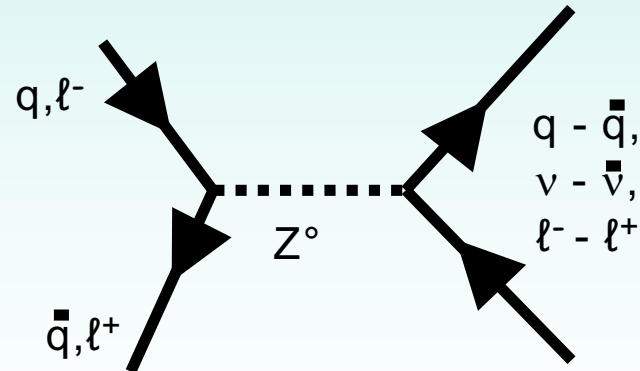
Le Z^0 peut être créé dans une collision particule-antiparticule, par exemple électron-antiélectron, ou quark-antiquark

À condition que l'énergie de la collision soit suffisante pour créer cette particule massive

$(m = 91.2 \text{ GeV}/c^2)$

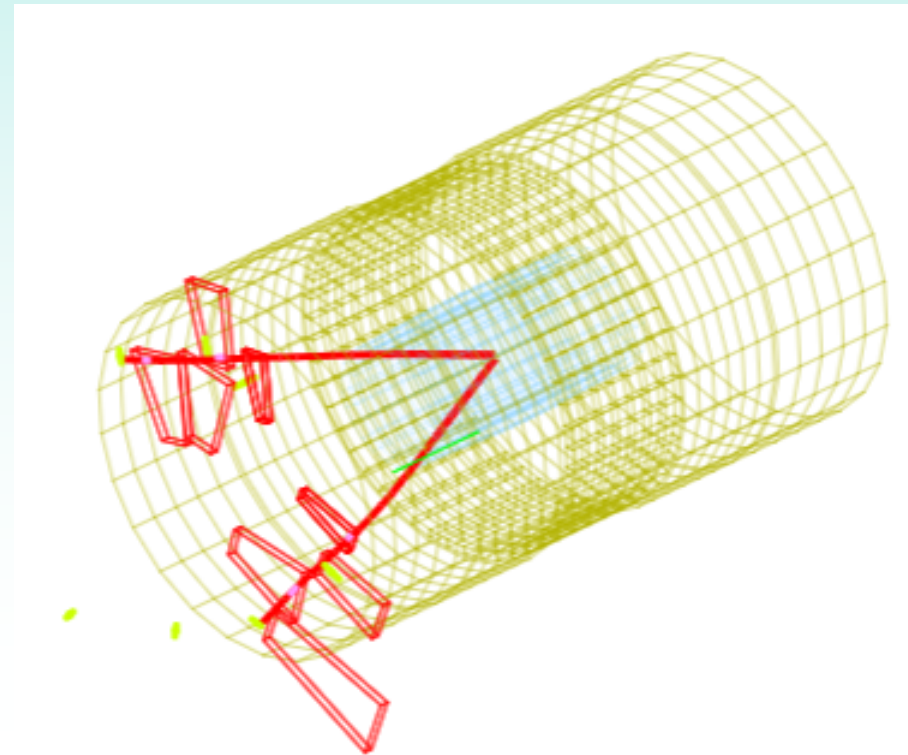
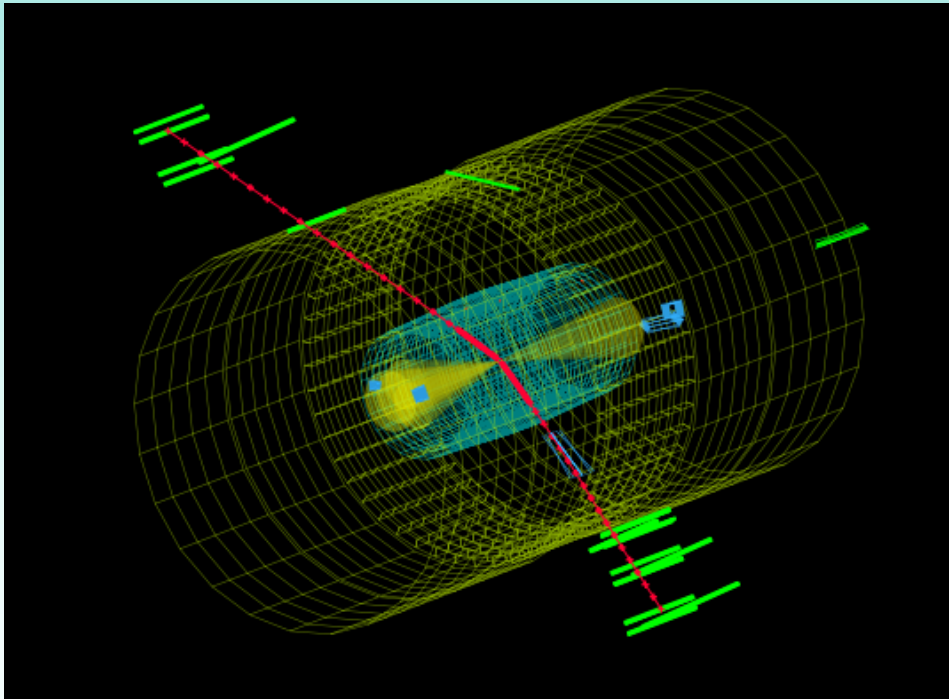
$E = m c^2$

Il peut alors se désintégrer en une paire quark-antiquark (u,d,s,c,b), ou lepton-antilepton (electrons, muons, taus ou neutrinos)



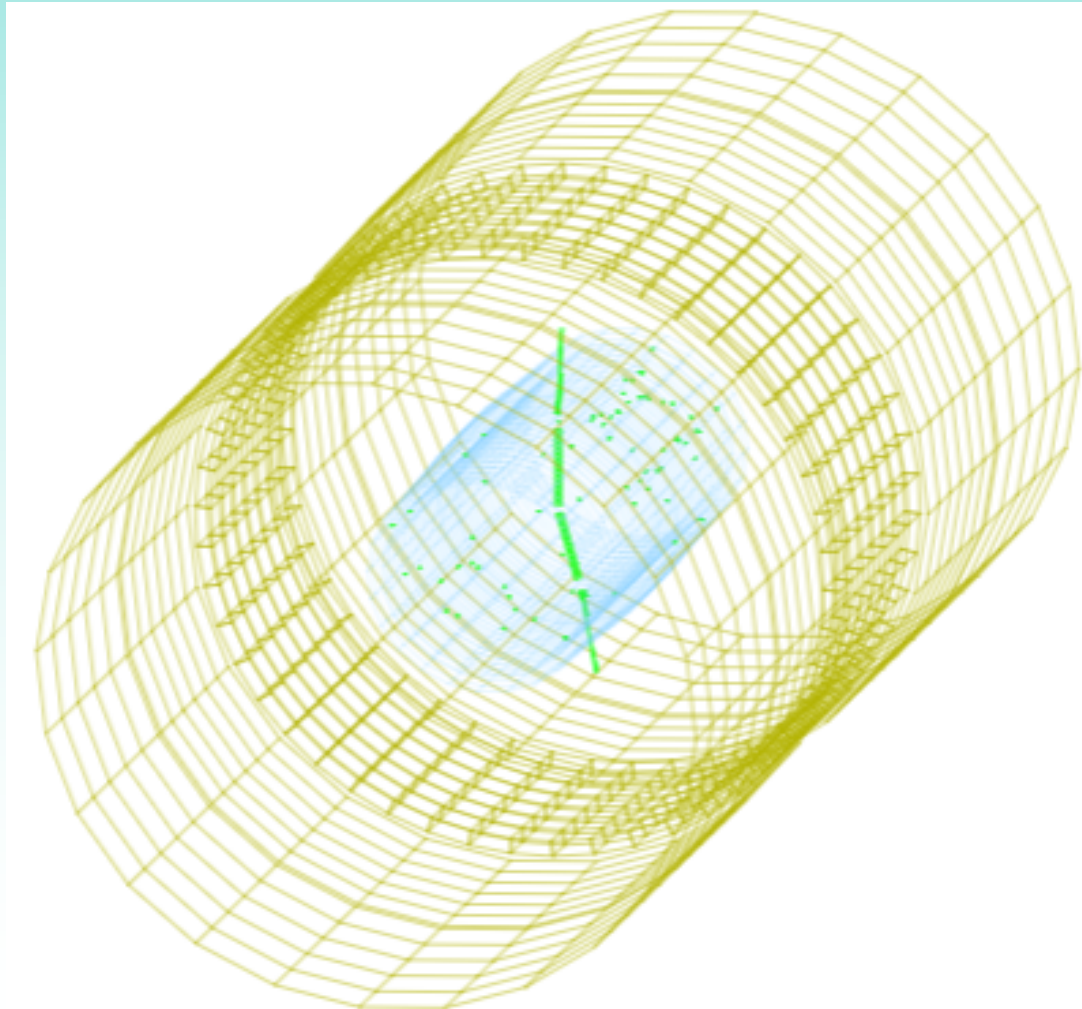
Étude du $Z^0 \rightarrow e^+e^-$ ou $\mu^+\mu^-$ dans CMS

Deux leptons chargés de signes opposés : ici muons

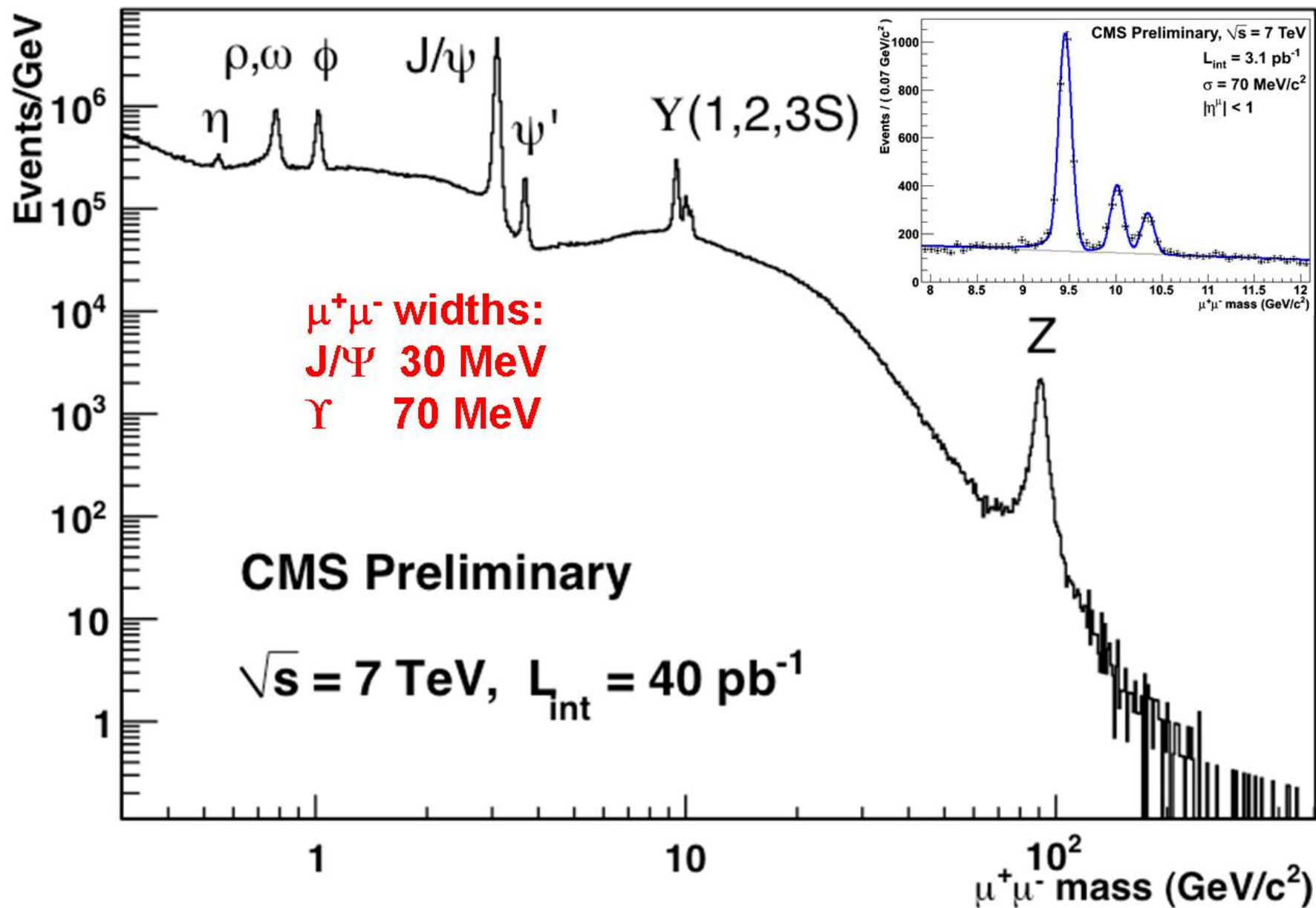


Étude du $Z^0 \rightarrow e^+e^-$ ou $\mu^+\mu^-$ dans CMS

Deux leptons chargés de signes opposés : ici électrons

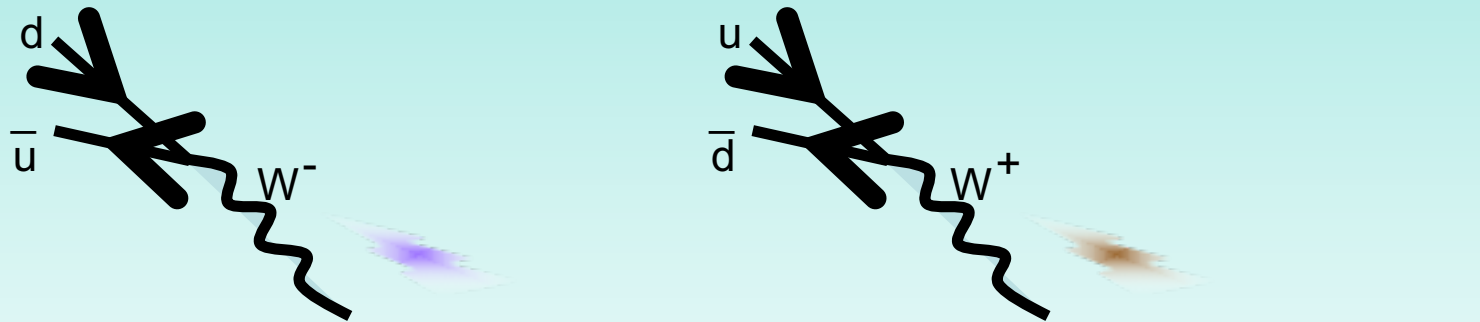


Pas seulement des Z's...



Le boson W^\pm

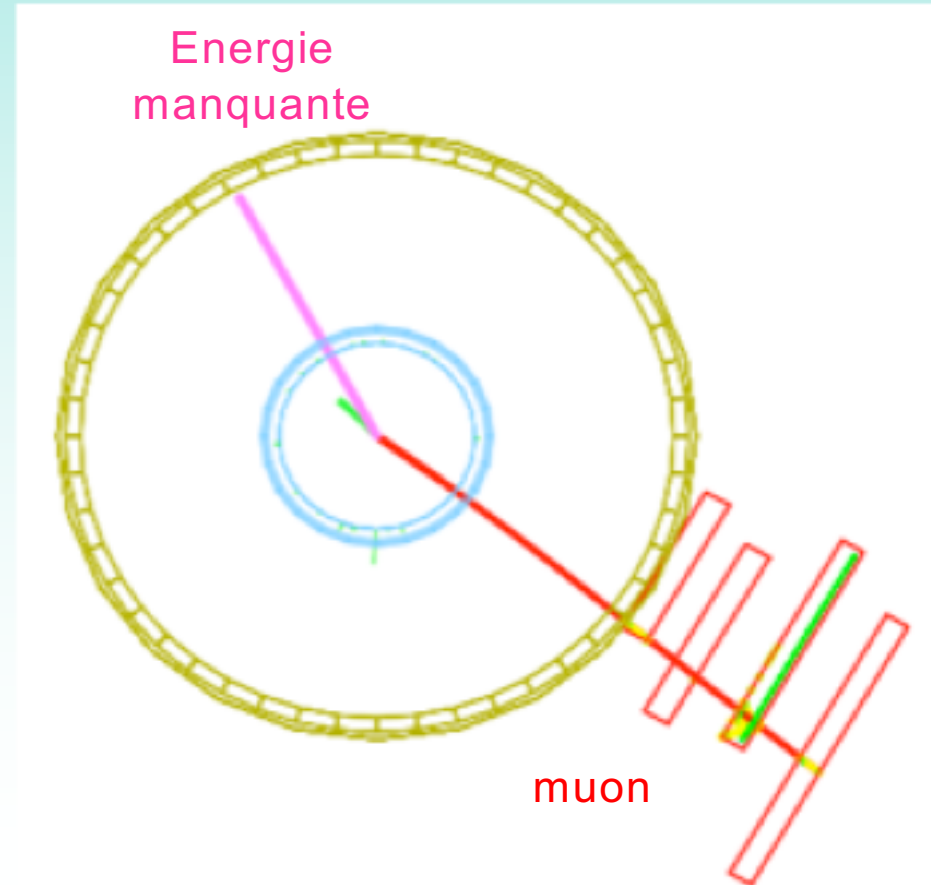
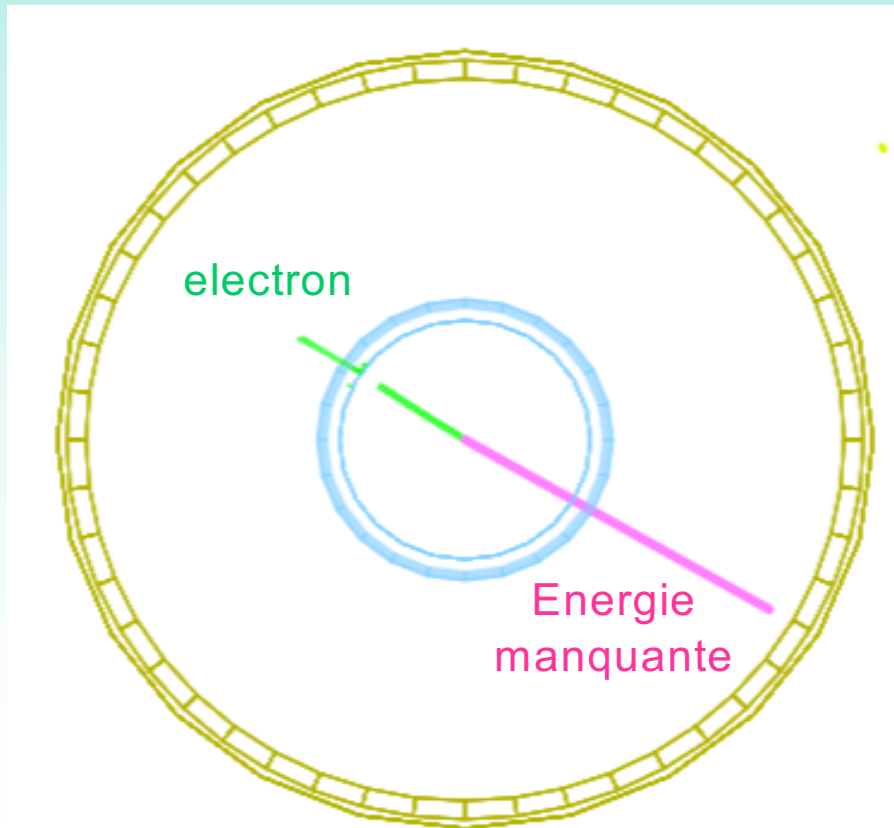
Note : Les électrons, muons et tau son toujours émis avec leur antineutrino correspondant



- ❑ Quand le W est créé, il se désintègre en lepton chargé + neutrino
- ❑ Le lepton chargé (par exemple électron ou muon) est détecté, mais pas le neutrino
- ❑ Impulsion transverse / énergie transverse **MANQUANTE**
- ❑ Même nombre de W^+ que de W^- ? A vous de mesurer !

Étude du $W^\pm \rightarrow \ell^\pm + \nu$ dans CMS

- Grâce à l'impulsion transverse MANQUANTE
- Un seul lepton chargé (électron ou muon)



Récapitulatif pour les exercices

Candidats « neutres » (NP) dans CMS

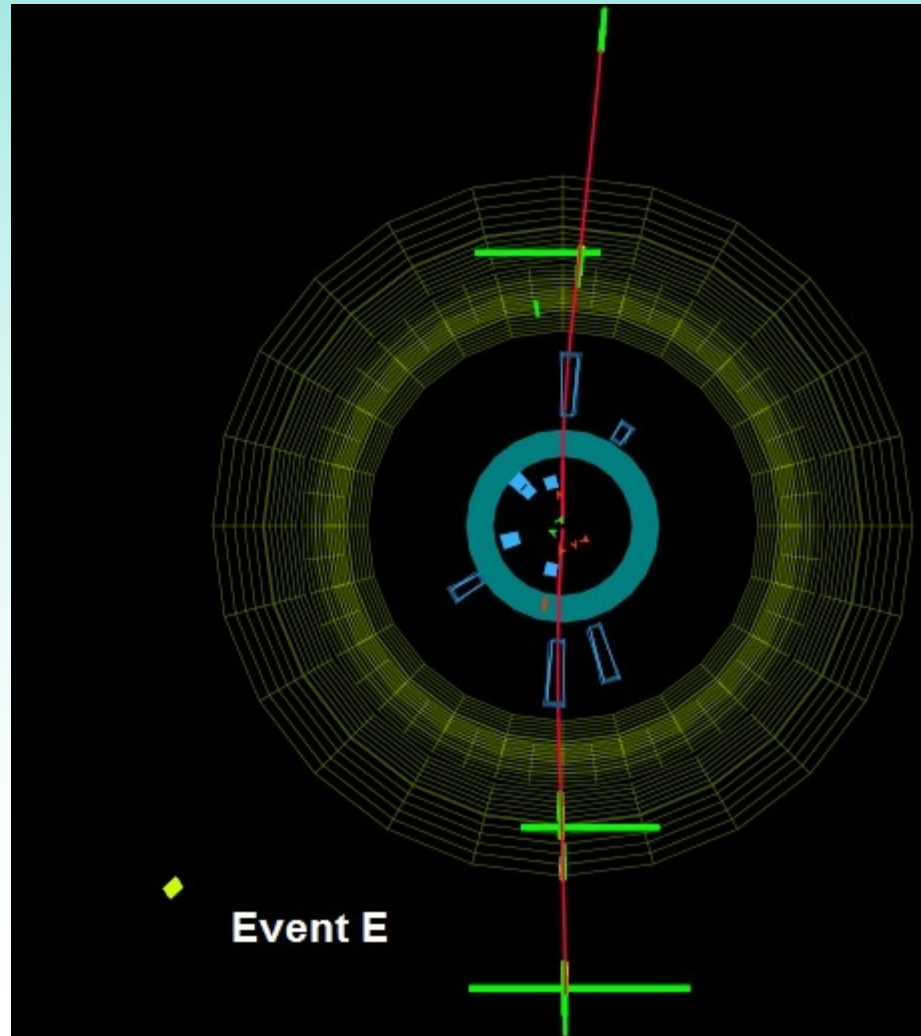
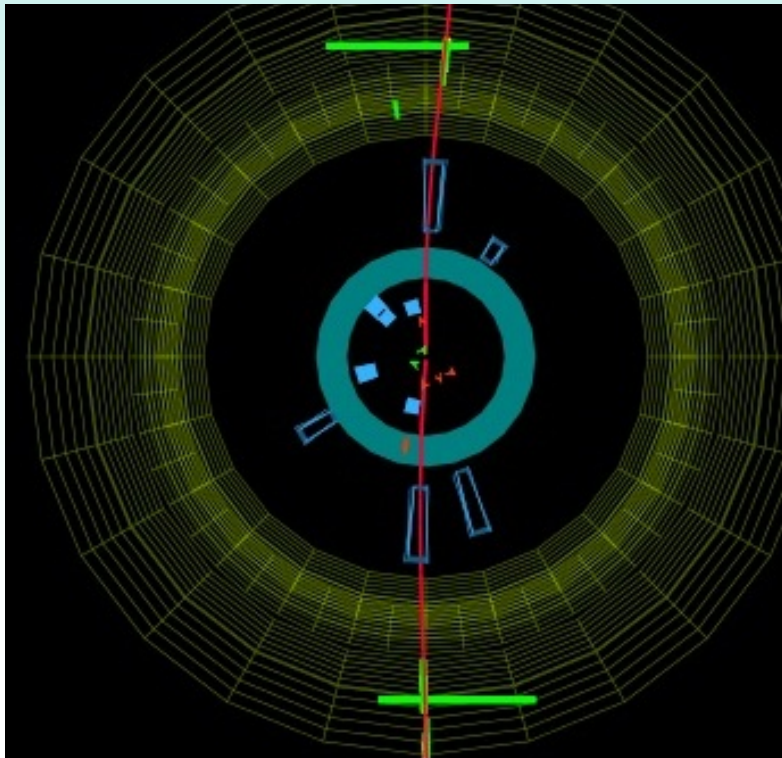
Peu d'impulsion transverse MANQUANTE

Signe des 2 leptons :

Ici : muons

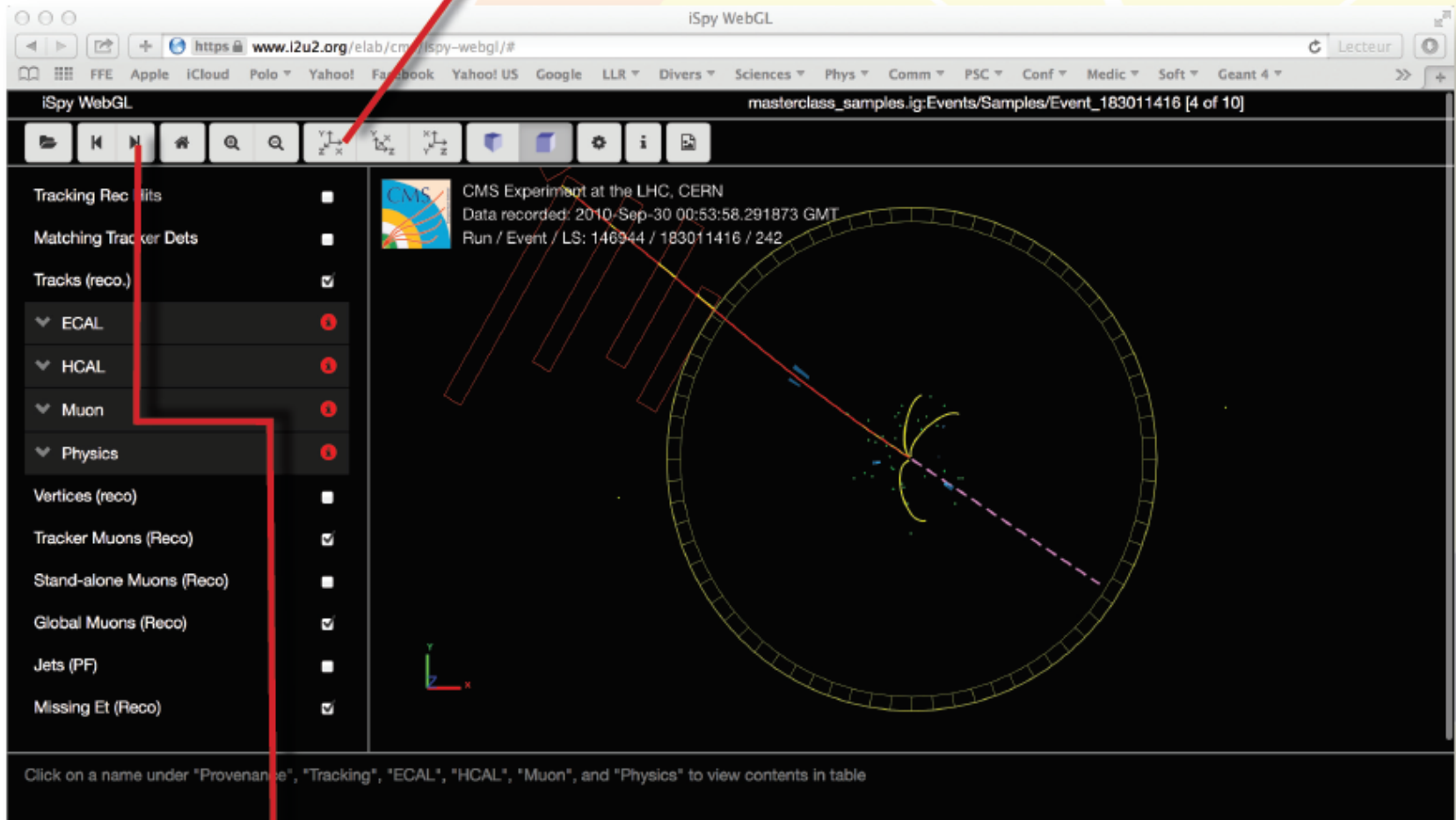
+ sens horaire

- sens antihoraire



Mesurer la charge

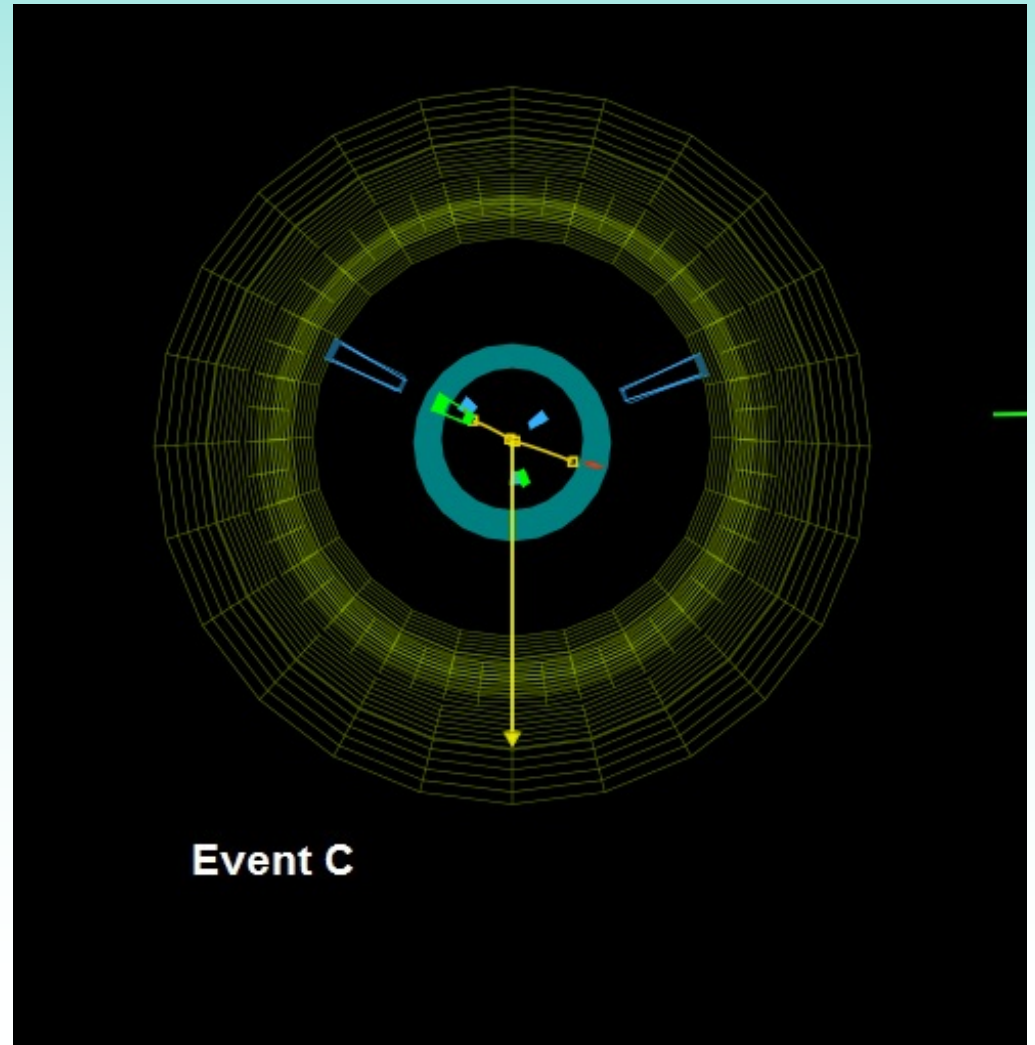
Vue transverse (XY): pour déterminer les charges



Analyse de l'événement terminée, histogramme rempli :
on passe à l'événement suivant !

Candidats « neutres » (NP) dans CMS

- Un peu d'impulsion transverse MANQUANTE qd même !
- Signe des 2 leptons :
 - Ici : électrons
 - + sens horaire
 - sens antihoraire



Candidats W dans CMS

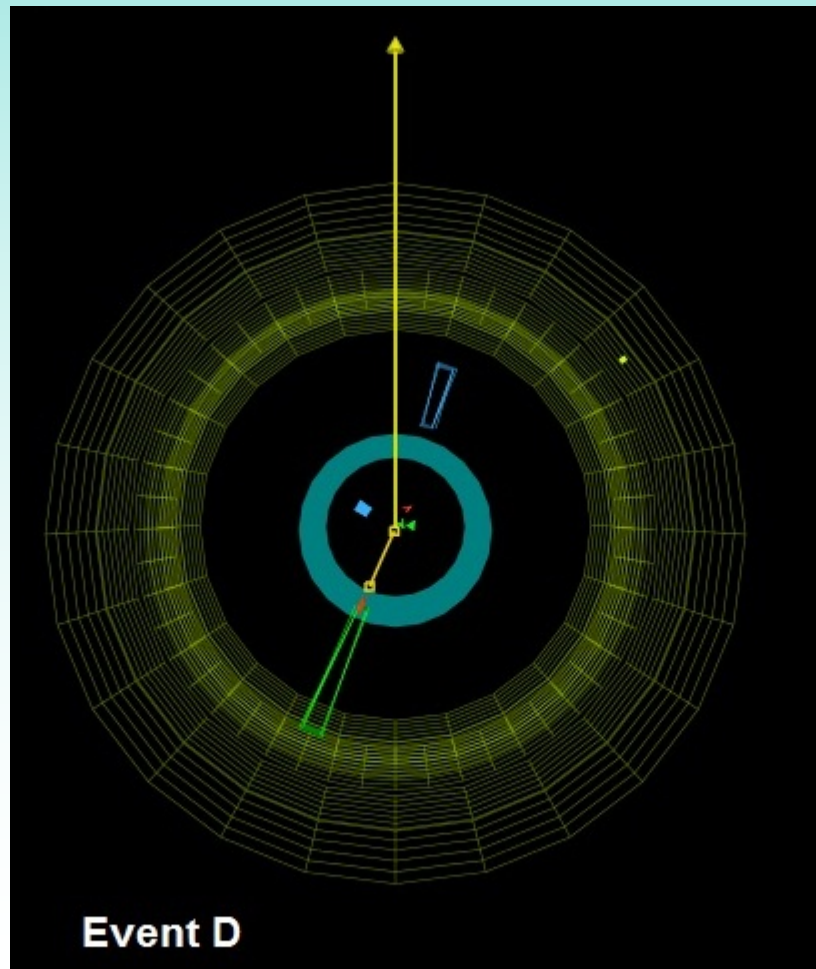
GRANDE Impulsion transverse MANQUANTE

UN SEUL lepton chargé

Ici électron

+ sens horaire

- sens antihoraire



Vue de départ (utile après plusieurs clics...)

Vue à privilégier

iSpy WebGL

masterclass_samples.ig:Events/Samples/Event_174990175 [3 of 10]

Matching Tracker Dets

Tracks (reco)

- ECAL
- HCAL
- Muon
- Physics

Vertices (reco)

Tracker Muons (Reco)

Stand-alone Muons (Reco)

Global Muons (Reco)

Jets (PF)

Jets (Reco)

Missing Et (Reco)

CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2010-Sep-30 00:51:50.958217 GMT
Run / Event / LS: 146944 / 174990175 / 237

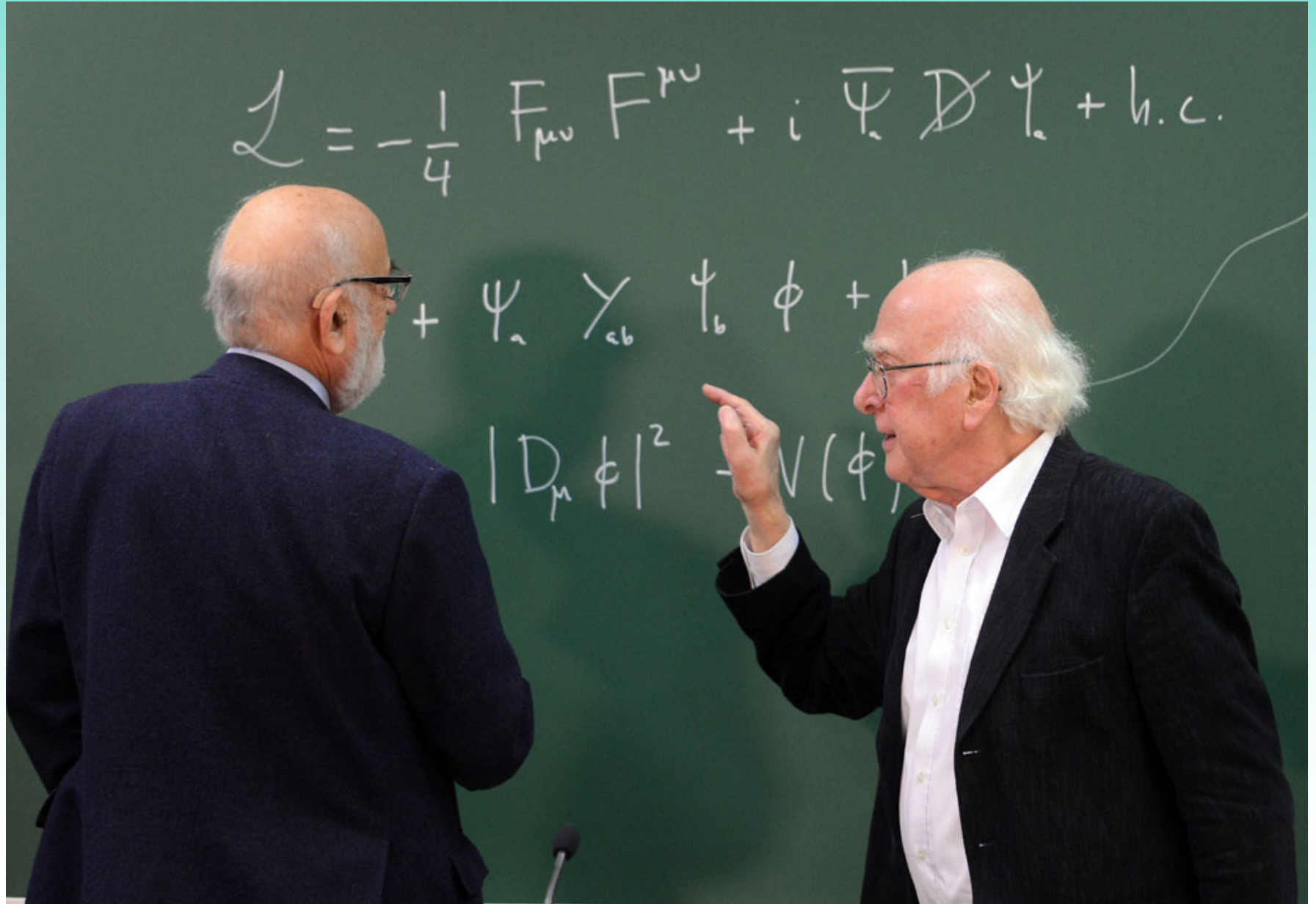
Click on a name under "Provenance", "Tracking", "ECAL", "HCAL", "Muon", and "Physics" to view contents in table

(ce qui donne la trace rose en pointillés)

Energie transverse manquante: toujours sélectionner !

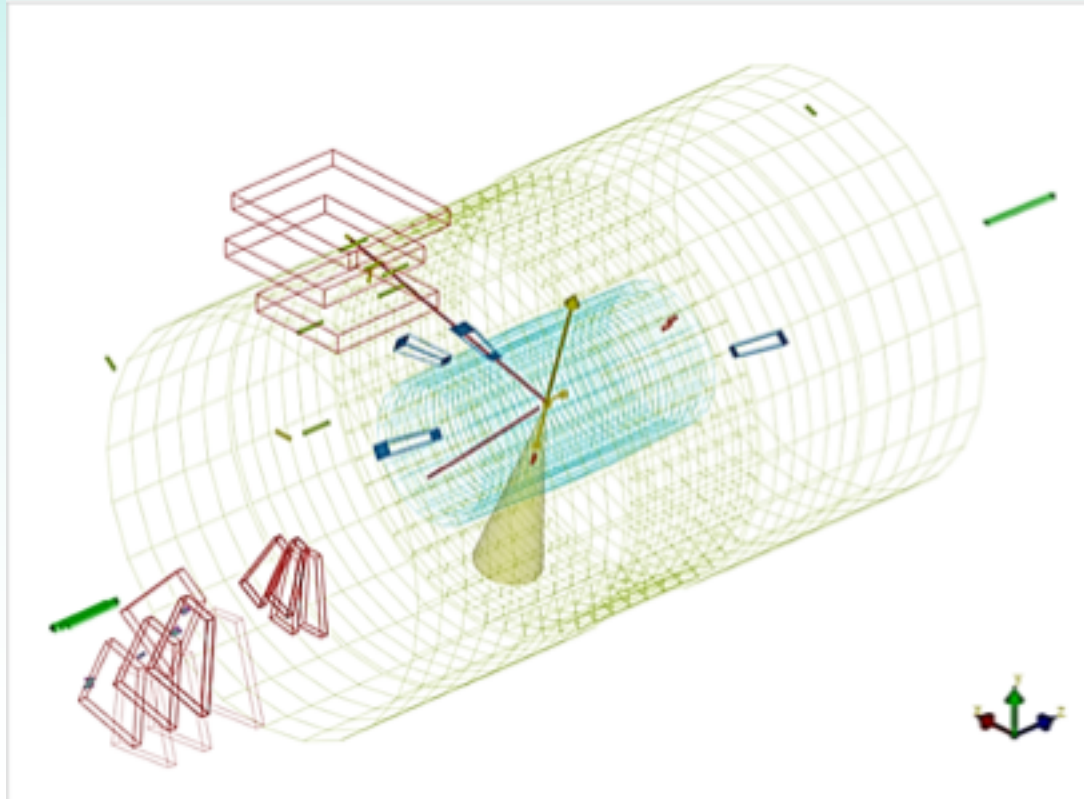
(case à cocher tout en bas du menu)

Et le Higgs ?



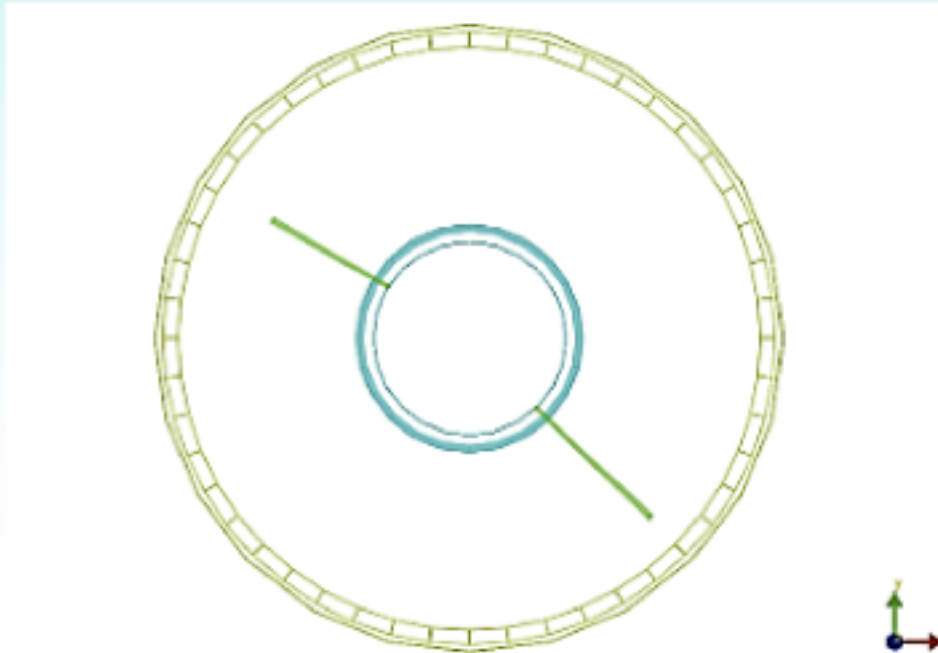
Candidats Higgs -> ZZ

- ☐ Certains événements peuvent contenir 4 leptons
 - ☐ 4 électrons $e^+ e^- e^+ e^-$
 - ☐ 4 muons $\mu^+ \mu^- \mu^+ \mu^-$
 - ☐ 2 électrons et 2 muons $e^+ e^- \mu^+ \mu^-$
- ☐ On les appelle « candidats Higgs en ZZ »
- ☐ Peuvent provenir d'un **boson de Higgs**



Candidats Higgs $\rightarrow \gamma\gamma$

- ☐ Certains événements peuvent contenir
2 photons de grande énergie
 - ☐ 2 dépôts d'énergie dans le E-Cal
 - ☐ pas de trace en regard dans le tracker
- ☐ On les appelle « candidats Higgs en $\gamma\gamma$ »
- ☐ Peuvent provenir d'un **boson de Higgs**



Interface « CIMA »

CIMA

CIMA

CIMA

CMS Instrument for Masterclass Analysis

Choose your Masterclass

Imn/ik
 Roma-09Feb2017
 Mayaguez-25Feb2017
 Orientations2017
 CERN-04Mar2017
 CERN-08Mar2017
 CERN-10Mar2017
 CERN-14Mar2017
CERN-16Mar2017
 CERN-20Mar2017
 CERN-24Mar2017
 CERN-29Mar2017
 CERN-31Mar2017
 CERN-06Apr2017
 CERN-11Apr2017
 CERN-03Apr2017
 Sandbox2017
 FNAL-11Mar2017
 FNAL-16Mar2017
 FNAL-17Mar2017
 CERN-17Mar2017
 Budapest-30Mar2017
 FNAL-18Mar2017

Choose your location

FirenzeA2017
 LyonC2017
 Padova2017
PalaiseauB2017
 Podgorica
 ViennaHEPHY2017


Choose your group

1
 2
 3
4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23



Reportez les données dans la grille

 Analyser les collisions

 Dans le cas d'une particule neutre $N \rightarrow e^+e^-$ ou $N \rightarrow \mu^+\mu^-$, reporter la masse dans « NP Mass » (voir slide suivant pour trouver la masse)

Back Events Table (Group 63) Mass Histogram (PalaiseauA2017) Results (PalaiseauA2017) [➔ Event Display](#)

Masterclass: CERN-10Mar2017

location: PalaiseauA2017

Group: 63

Instructions (also available as [screencast](#)):

- For each event, identify the final state and select a primary state candidate.
 - For Higgs or Zoo candidate, no final state is chosen
 - If you cannot decide between W^+ and W^- , choose W instead
- If you think the final state is a neutral particle (like a Z), but you don't know its exact type, select NP for "neutral particle." Find its mass from the Event Display and enter it.
- Once you have selected everything, click "Submit".

In case of an error, double clicking the data line will reload it; you can then try it again.

Select Event Event index: <input type="text" value="1"/> ▾ Event number: 63-1	final state <input type="checkbox"/> Electron <input type="checkbox"/> Muon (μ)	primary state candidate <input type="checkbox"/> W^- <input type="checkbox"/> NP <input type="checkbox"/> W^+ <input type="checkbox"/> W <input type="checkbox"/> Higgs <input type="checkbox"/> Zoo	NP Mass: <input type="text"/> GeV/c ² <input type="button" value="Submit"/>
--	--	---	---

Event index

Event number

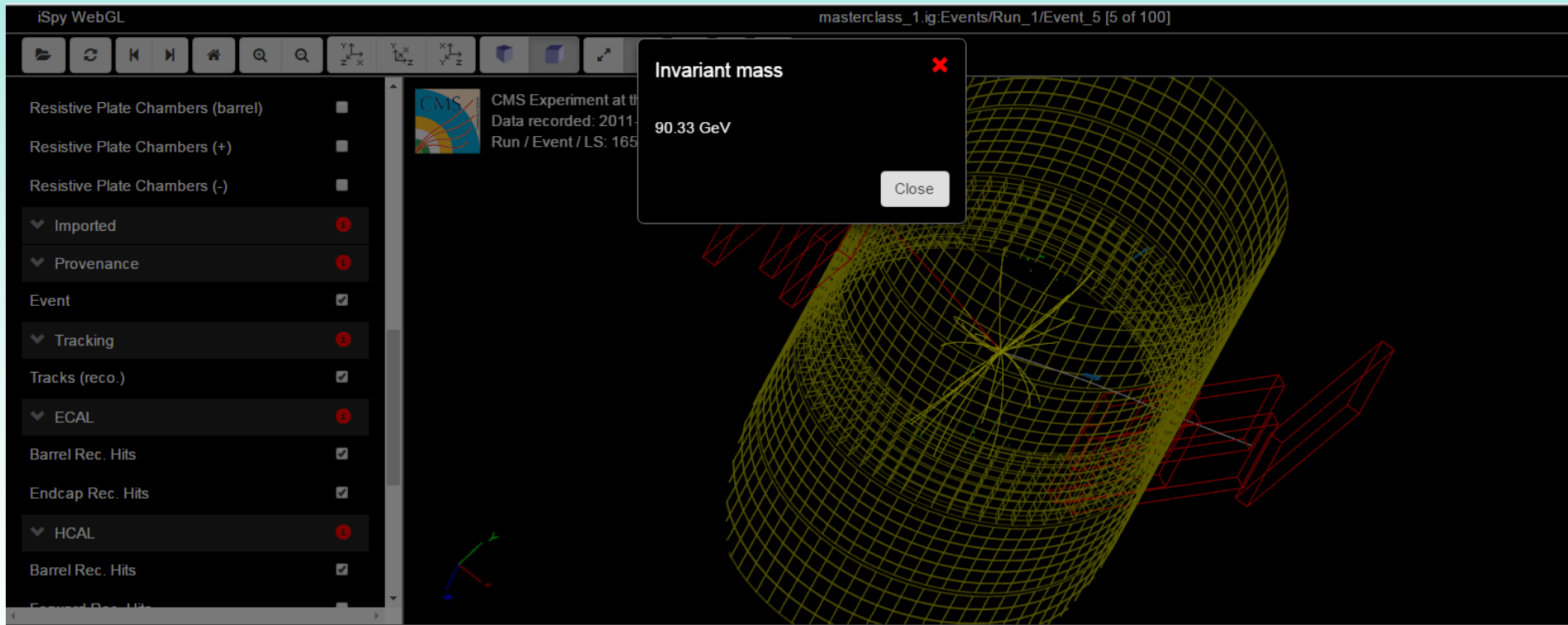
Chosen Values

Mass



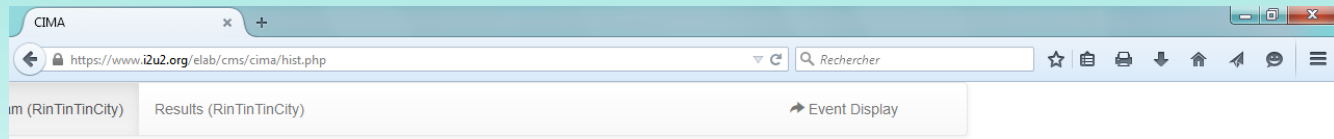
Trouver la masse d'une particule neutre ("NP")

- 1) Passer le curseur sur la **première trace**, elle devient grise. **Shift+click**
 - 2) Passer le curseur sur la **deuxième trace**, elle devient grise. **Shift+click**.
- => **La valeur de la masse de la particule apparaît !**

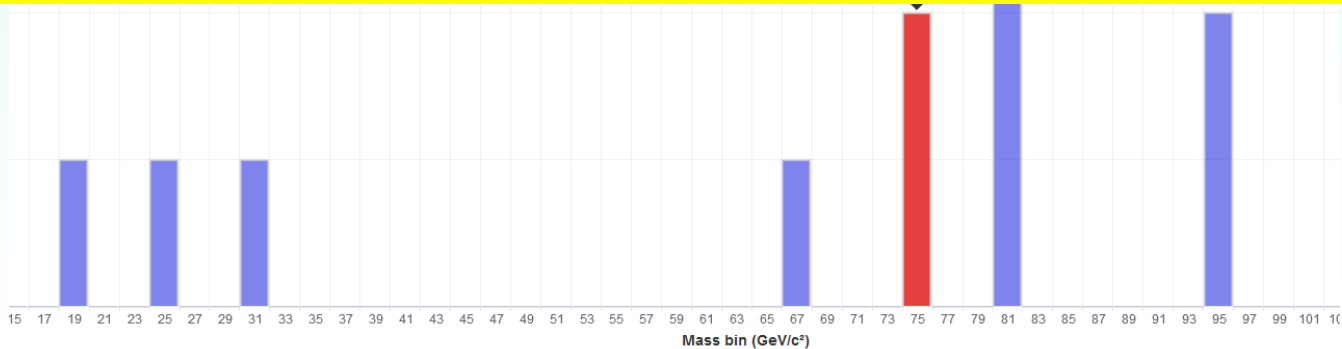


Construisez l'histogramme

- 🖱️ Cliquez sur la colonne au nombre IMPAIR LE PLUS PROCHE
- 🖱️ CTRL-click pour effacer



Remplir l'histogramme pour:
NP
Higgs



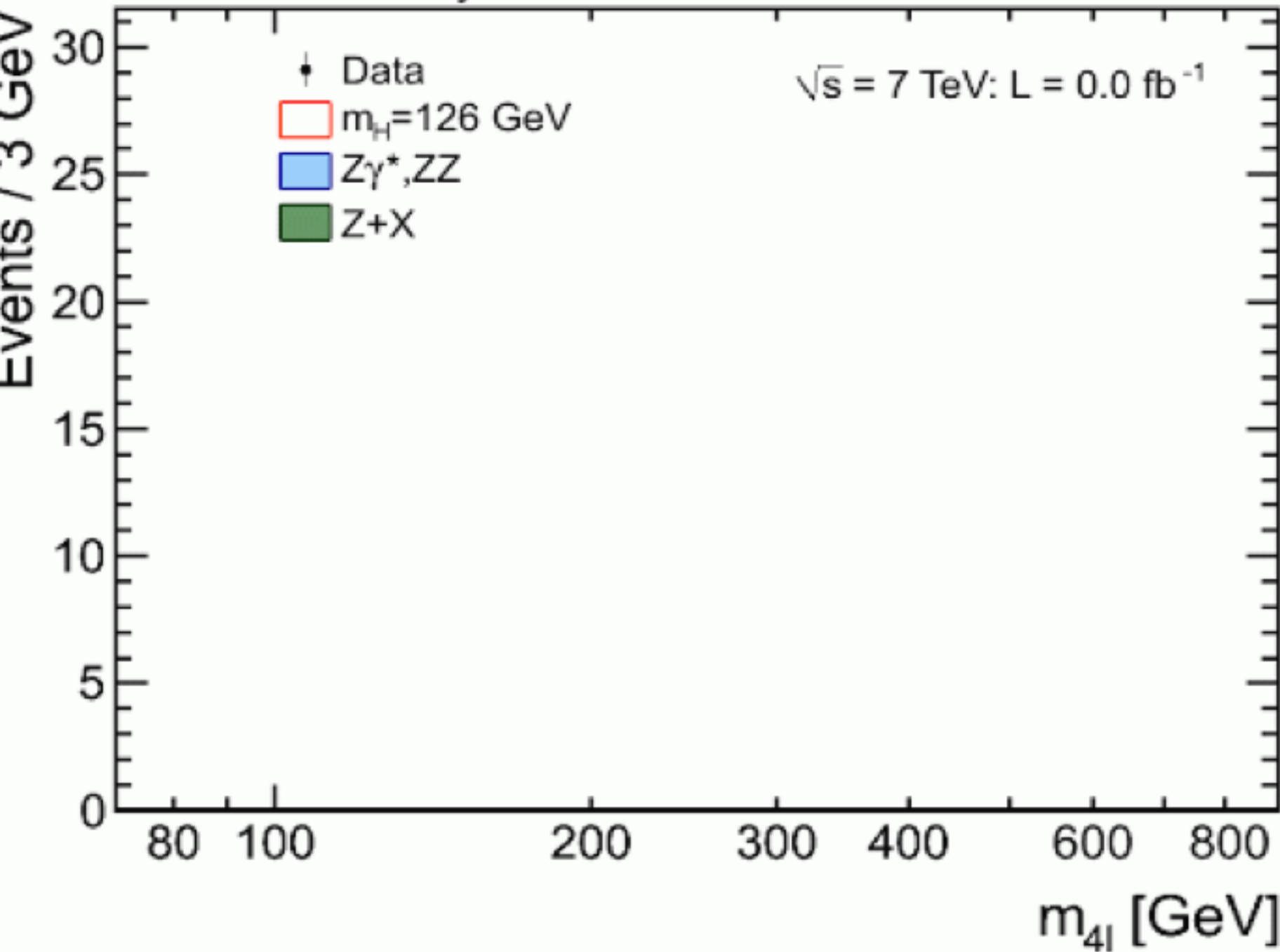
n by holding the ctrl key
mac users)

91	48	41	9	24	41	15	11	0	100
92	48	47	6	25	41	23	3	2	100
93	45	46	14	22	30	25	2	7	100
94	45	45	11	24	35	20	2	8	100
95	48	48	11	23	41	21	2	2	100
96	49	49	29	16	28	25	1	1	100
97	30	38	16	23	28	1	15	17	100
98	44	44	5	28	32	23	1	11	100
99	47	42	28	16	26	19	1	10	100
100	18	21	8	11	13	7	2	0	41

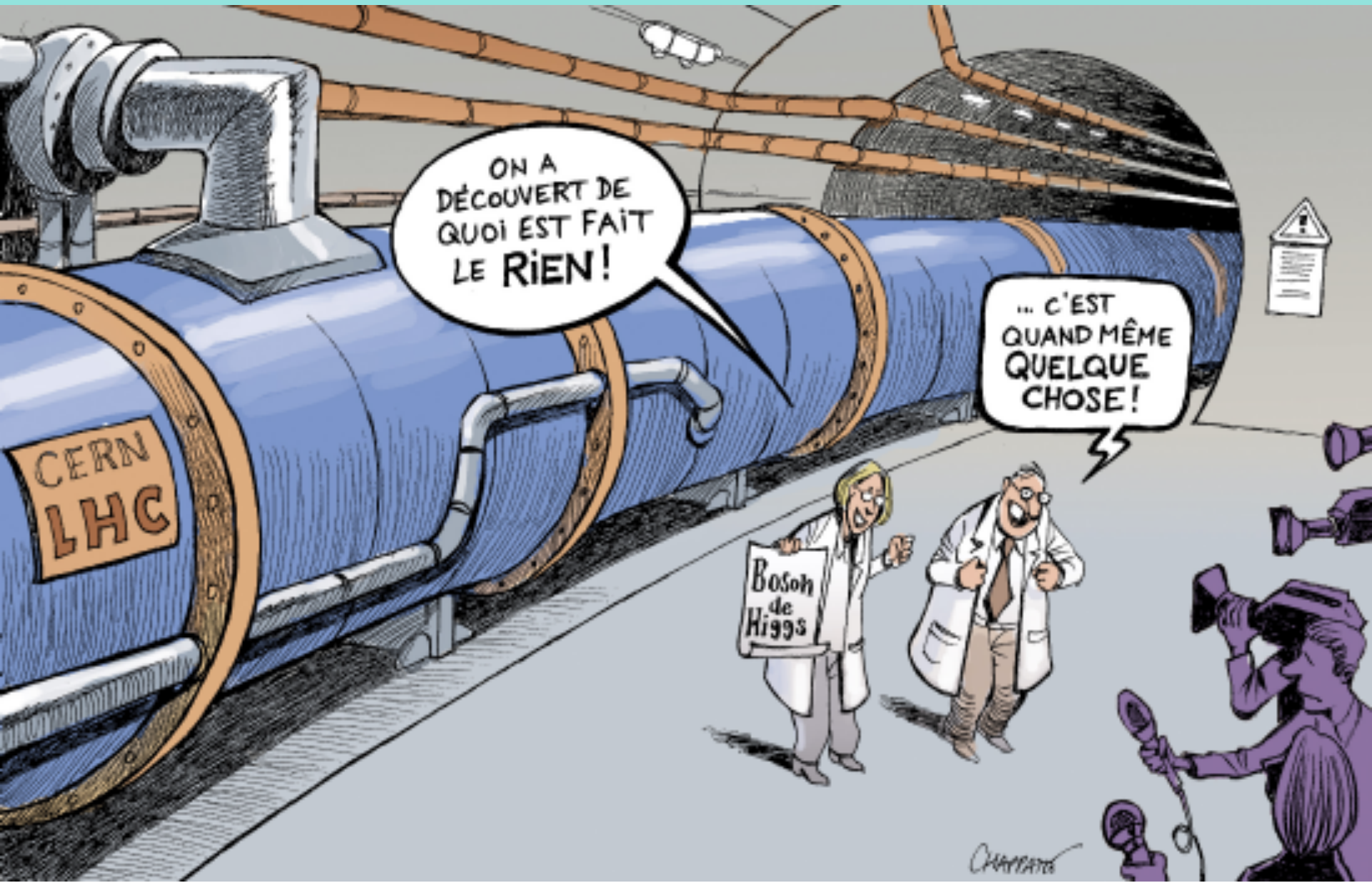
Total:

Muon	Electron	W	W-	W+	NP	Higgs	Zoo	Sum	e/mu	W+/W-
951	874	307	451	655	405	58	228	2104	0.92	1.45

CMS Preliminary



Exercices à 13h30



ON A DÉCOUVERT DE QUOI EST FAIT LE RIEN!

... C'EST QUAND MÊME QUELQUE CHOSE!

Boson de Higgs

CERN LHC

CHAPPATTO

Particule mère

Particules filles

A partir des débris:
nous remontons au boson de Higgs
et petites filles



Ceci n'est pas un cours formel !

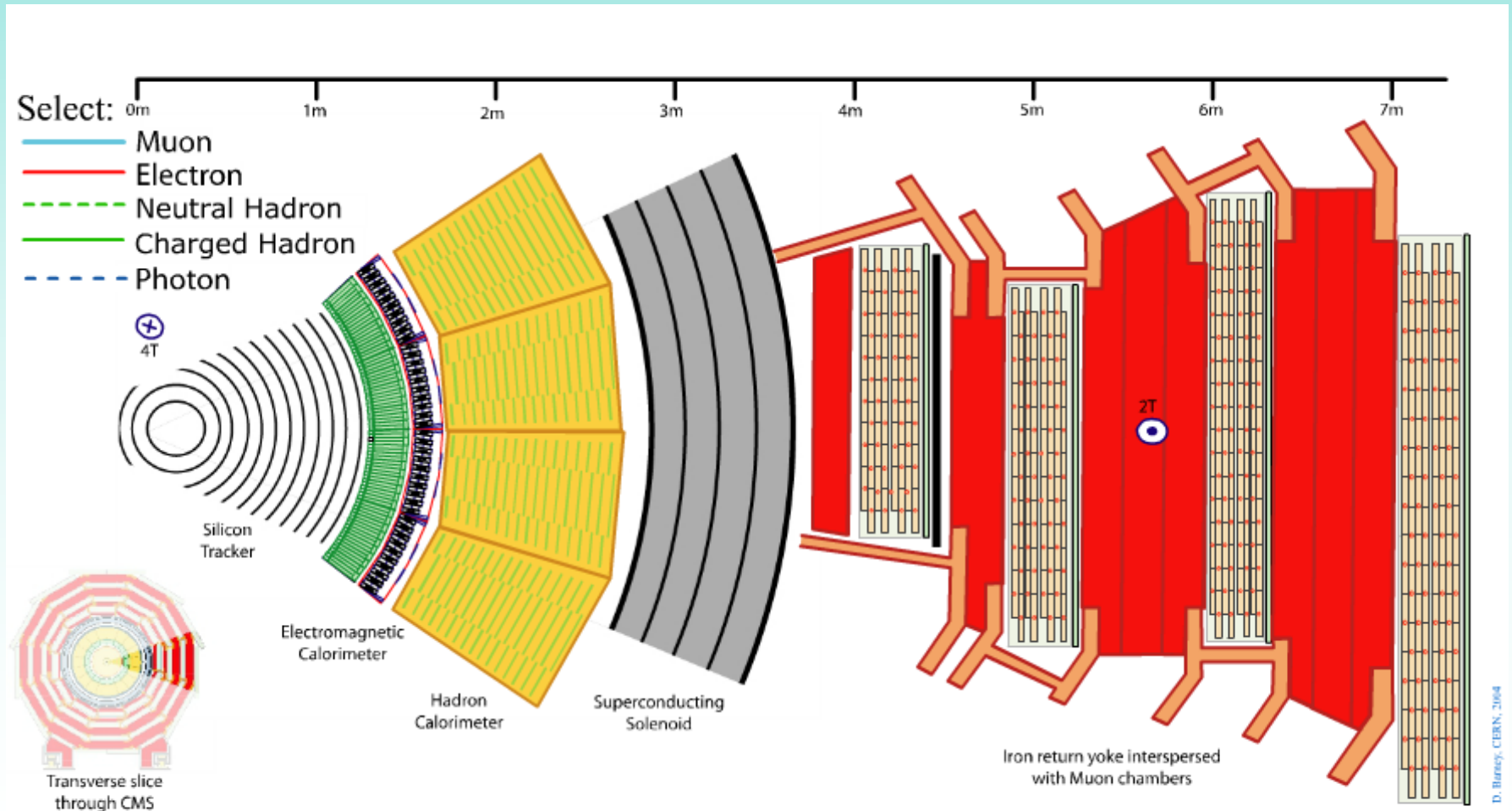
Nous sommes là pour répondre à
toutes vos questions ...

... du moins à celles dont nous connaissons la réponse !

<http://www.physicsmasterclasses.org/>

Vue Transverse d'une "tranche" du détecteur CMS

Cliquez sur une particule pour voir les signaux qu'elle laisse dans CMS
Appuyez sur "escape" pour sortir



Exercices à 17h

Pause repas à 18h30


Prenez un ticket

1 entrée, 1 plat (légumes à volonté),
1 fromage, 1 dessert, 1 boisson, 1 pain

Retour à 19h15 dernier délai

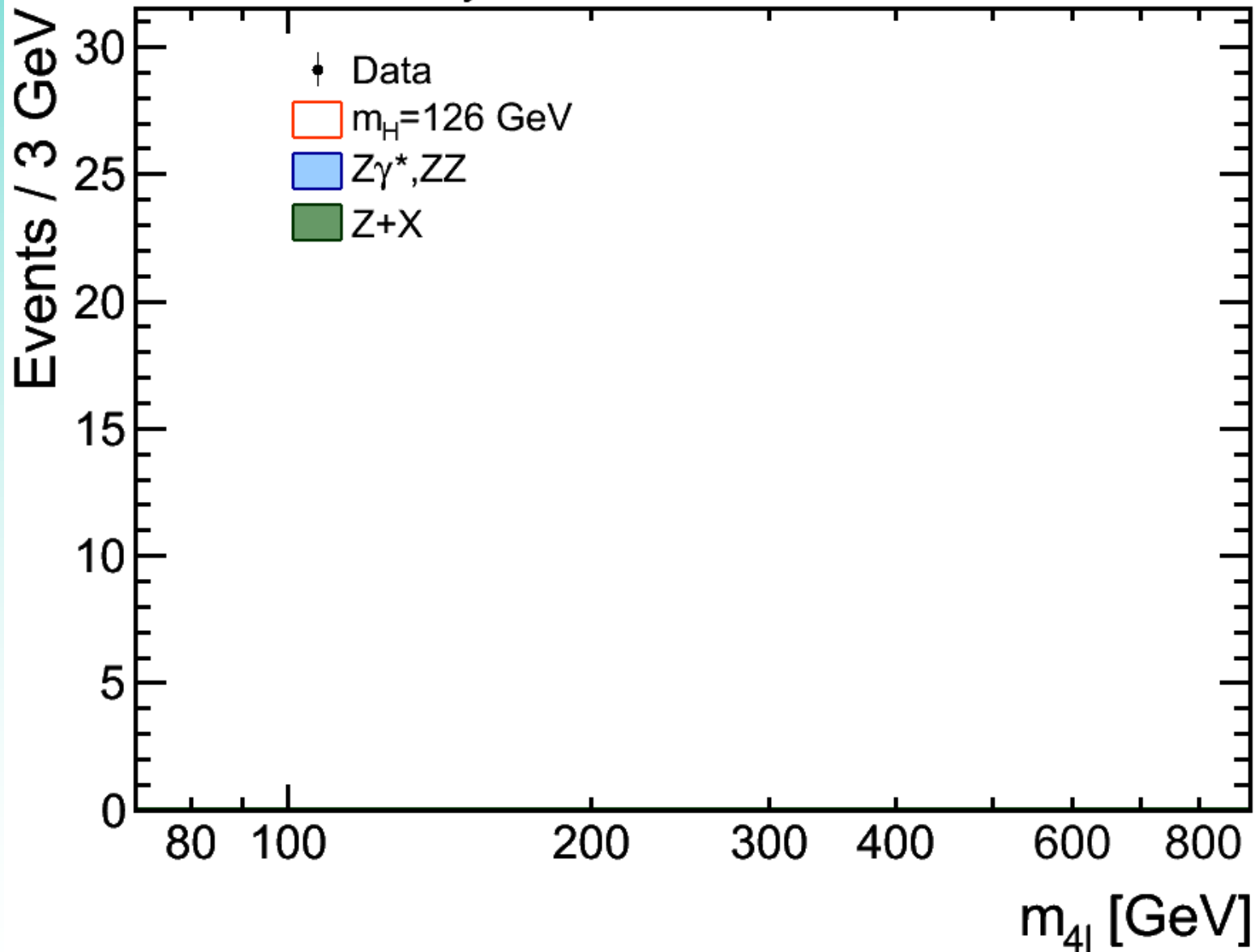
ici (amphi CARNOT)

Questions du jour

 Danger du LHC ?

 Consommation électrique du CERN ?

CMS Preliminary



CMS Preliminary

