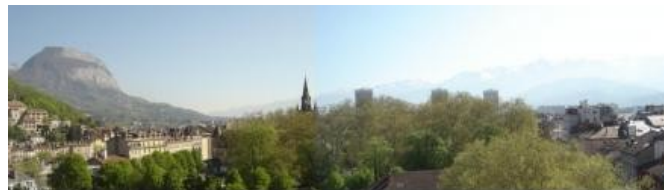


Enregistrer et analyser pour découvrir

Catherine Biscarat

Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie
Grenoble, France



Rencontres de physique de l'infiniment grand à l'infiniment petit,
le lundi 25 juillet 2011

Petite intro sur l'oratrice

- Auparavant : expérimentaliste en physique des particules, sur collisionneur



Détecteur aux EU, à Chicago, collisionneur ppbar Tevatron à $\sqrt{s} = 2$ TeV
- calorimétrie, production d'événements simulés, recherche SUSY

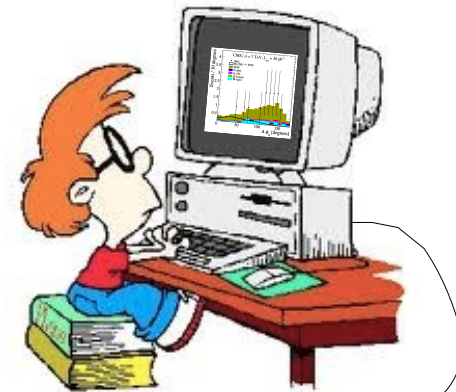
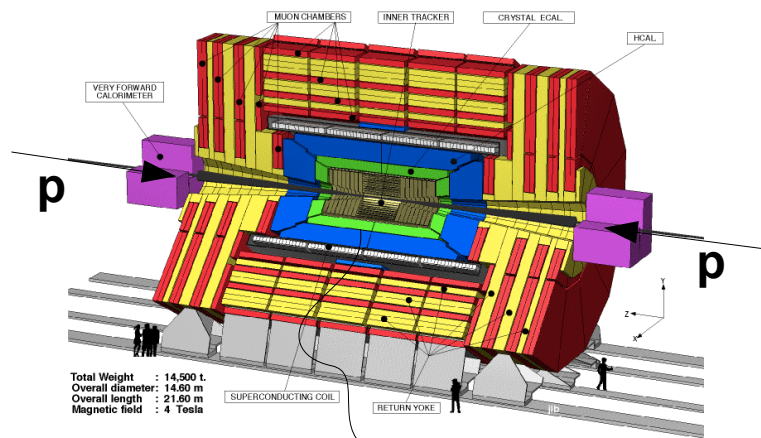


Détecteur au CERN, à Genève, collisionneur pp LHC à $\sqrt{s} = 14$ TeV
- calorimétrie, recherche de nouvelles particules
- responsable des activités de calcul ATLAS dans un centre de calcul majeur

- Ingénieure en informatique à l'IN2P3/CNRS
Grilles de calcul (WLCG et grille légère grenobloise CIGRI)

Ensemble, aujourd'hui

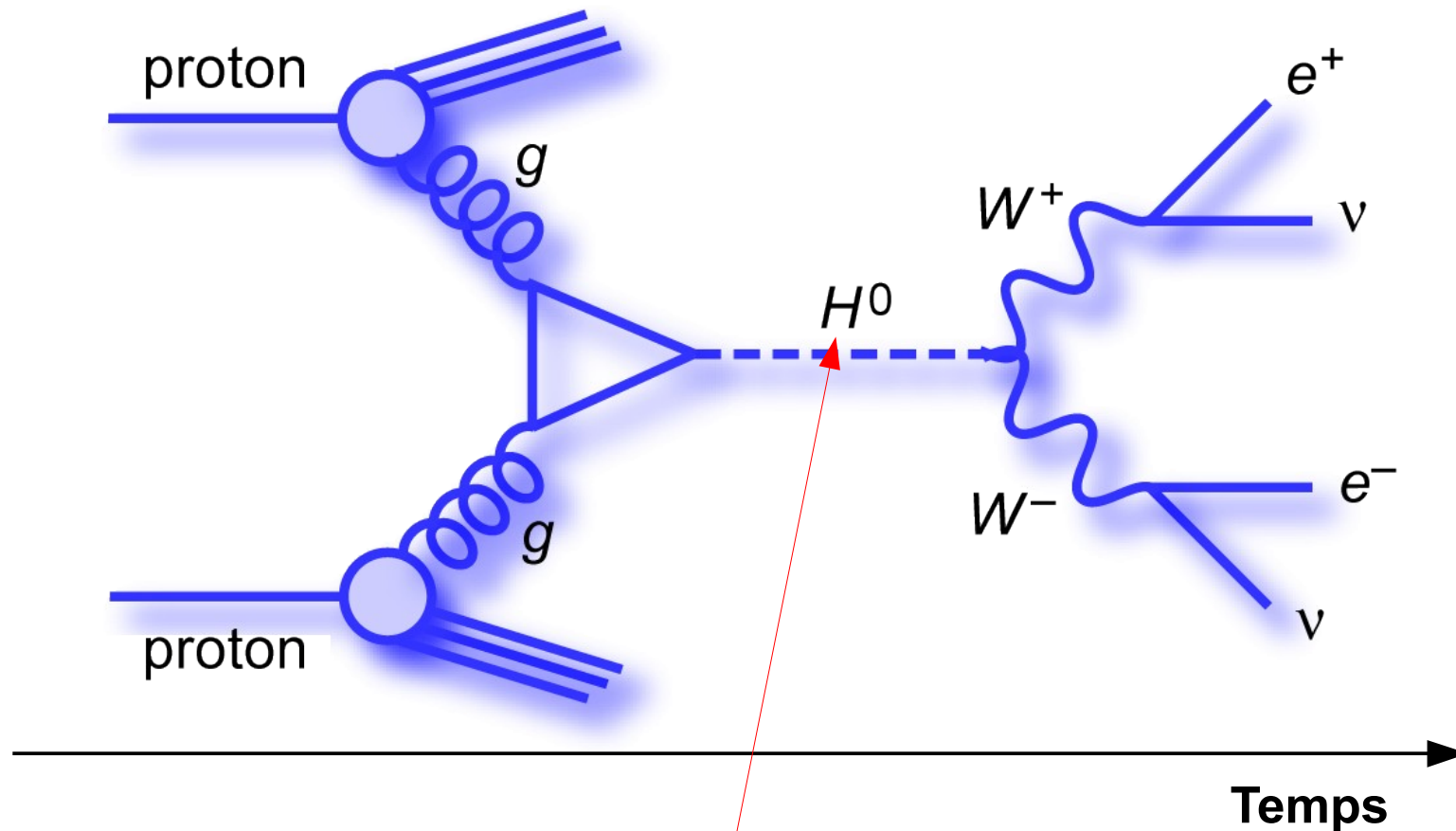
- Cadre de la physique des particules
- Problématiques liées à la prise de données
 - Traitement des données (computing)
 - Choix/tri des événements
 - Acheminement des données au physicien (analyse)
 - La grille de calcul



- Peu de temps
- Interactivité, “Interrompez-moi !”

Comment chercher le Higgs ?

Si le boson de Higgs existe, alors il peut être produit dans une collision de deux protons de grande énergie :



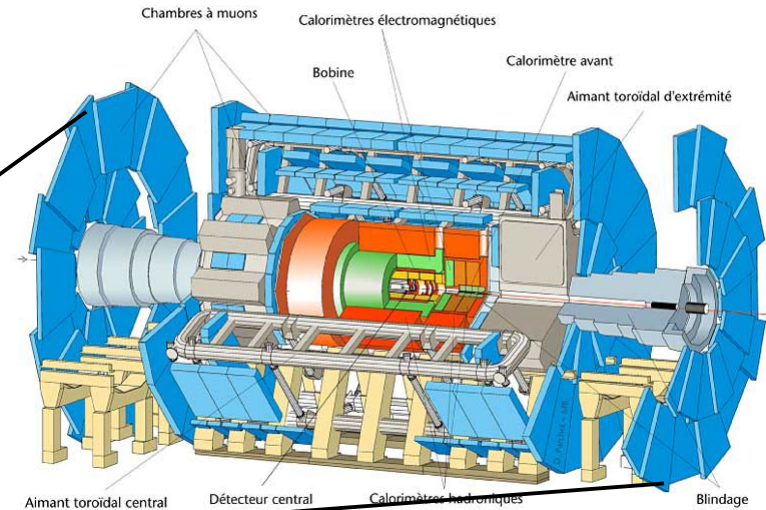
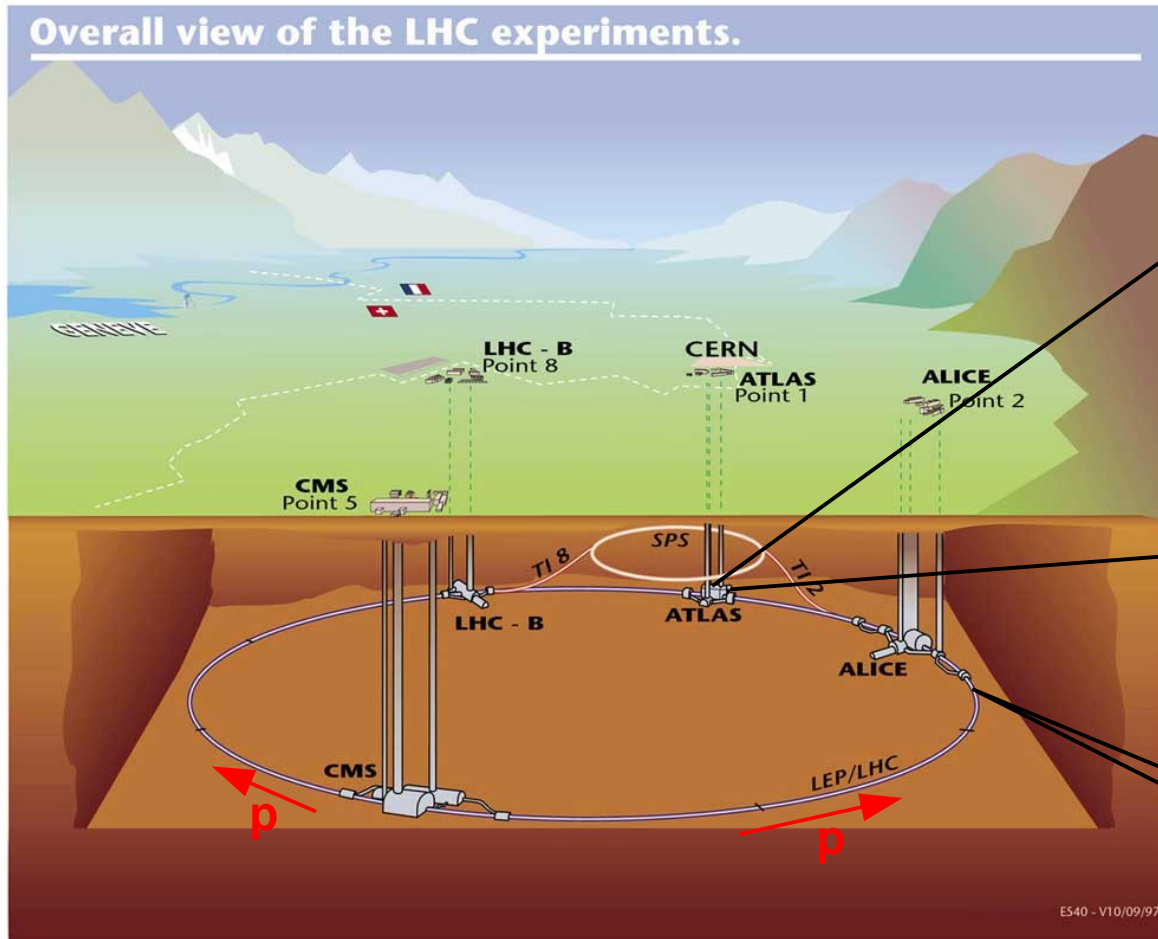
deux protons entrent en collision

deux gluons (constituants des protons) "fusionnent" pour créer un boson de Higgs

le Higgs se désintègre immédiatement en une paire de bosons W (qui se désintègrent immédiatement à leur tour)

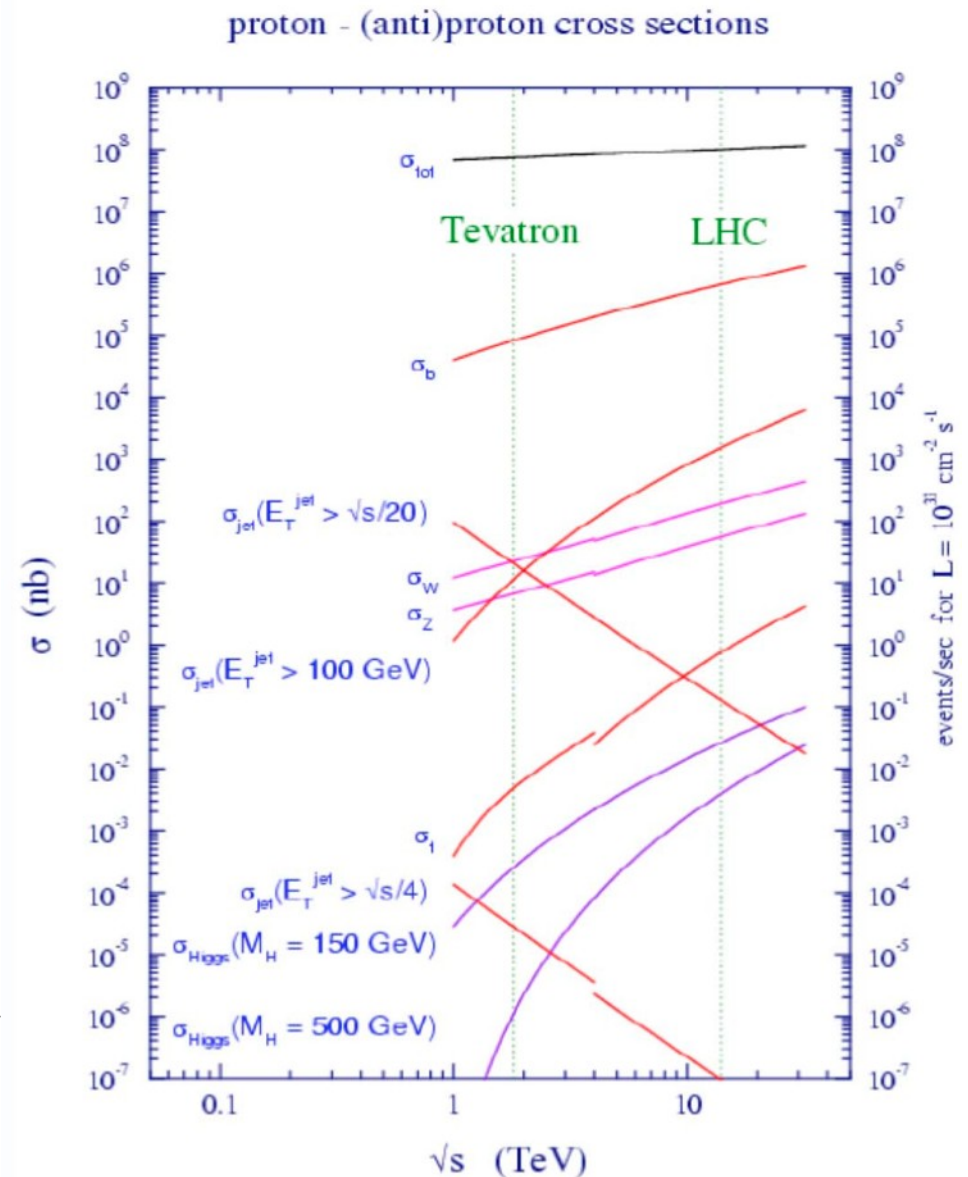
les particules stables dans l'état final (ici e, ν) atteignent le détecteur

L'appareillage en pratique



Taux de production des événements

- LHC:
 - croisement de faisceaux : 40 MHz
 - Taille d'un événement : 1,6 MB
- {
- **Difficile** à transmettre
 - **Cher** à stocker
 - **Long** à analyser
- }
- Mais tous les événements ne nous intéressent pas de la même façon
 - Il faut ne pas louper les événements rares (type Higgs)
Sinon : perte **définitive**
 - Il faut collecter une part d'événement bien "connus" par ailleurs
Vérification des mesures



Quelques ordres de grandeur



- Les données accessibles (produites): les **Chutes du Niagara** (1.5 million gpm).
- 40 millions de croisements de paquets de protons par seconde
 - Qui correspondraient à 100 000 CDs écrits par seconde (4 x terre-lune/an)

Quelques ordres de grandeur



- Ce que nous pouvons nous permettre d'écrire (bande) : **lance à incendie** (100 gpm).
- nous choisissons et stockons ~200 événements par seconde,
 - soit 27 CDs écrits par minute (1 expérience).

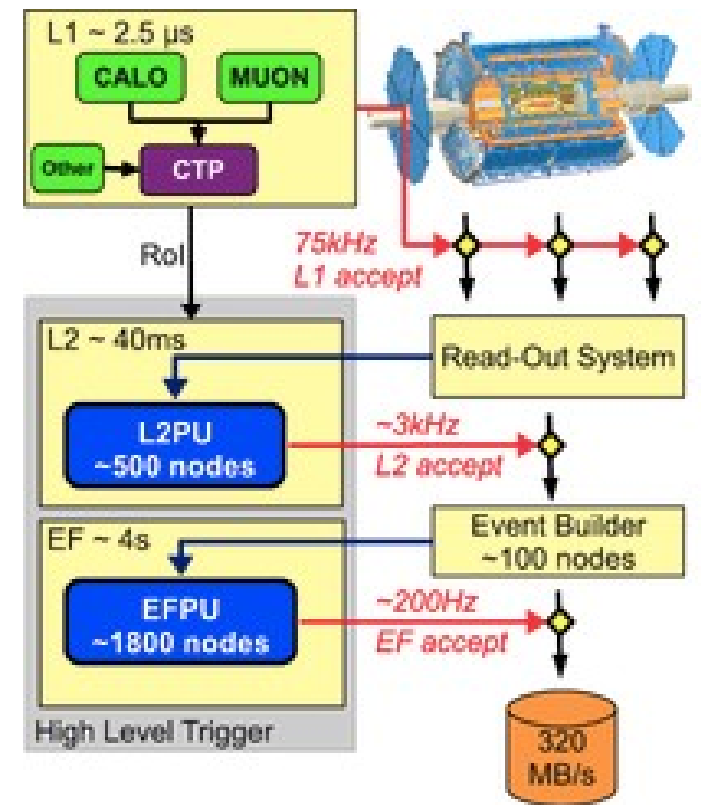
Quelques ordres de grandeur



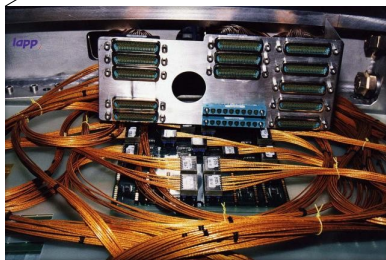
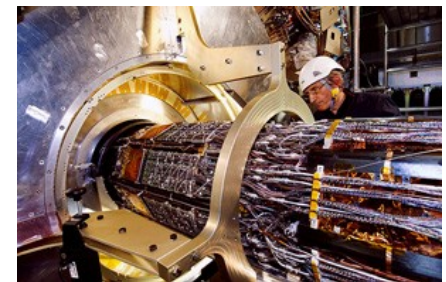
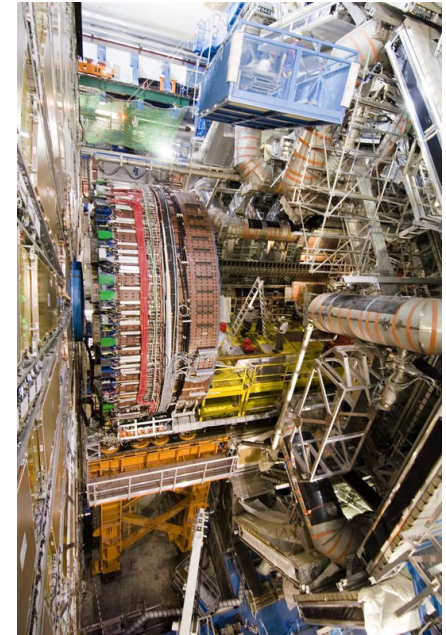
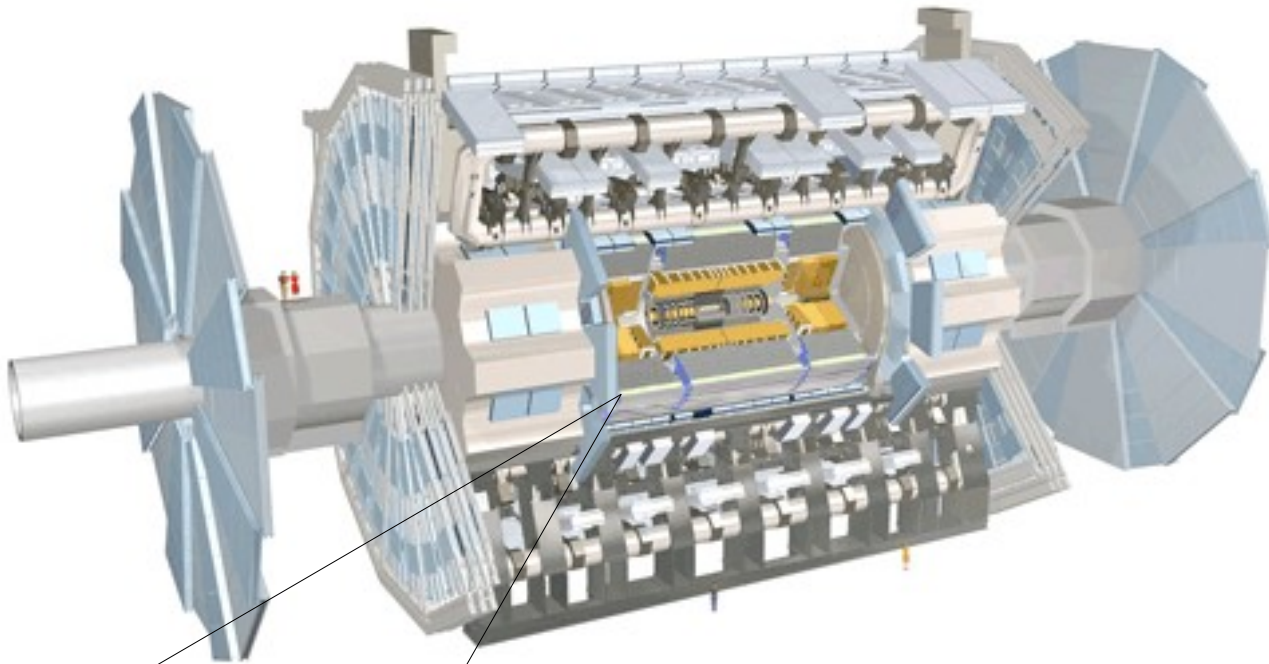
- Ce que nous publions : **quelques gouttes** !
- Soit, quelques poignées d'événements.

Tri en ligne des événements

- Trois niveaux de **déclenchement**
 - **Temps de décision** de plus en plus grand
 - Événement de plus en plus **complet**
- Niveau 1
 - Circuits électroniques dédiés (FPGA)
 - Calorimètres et détecteurs de muons (une partie seulement de l'information)
- Niveau 2
 - Événement complet dans régions d'intérêts identifiés au niveau 1
 - Algorithmes spécialement rapides
- Niveau 3
 - Événement complet
 - Algorithmes raffinés, de type “analyse”



Les données brutes (RAW)



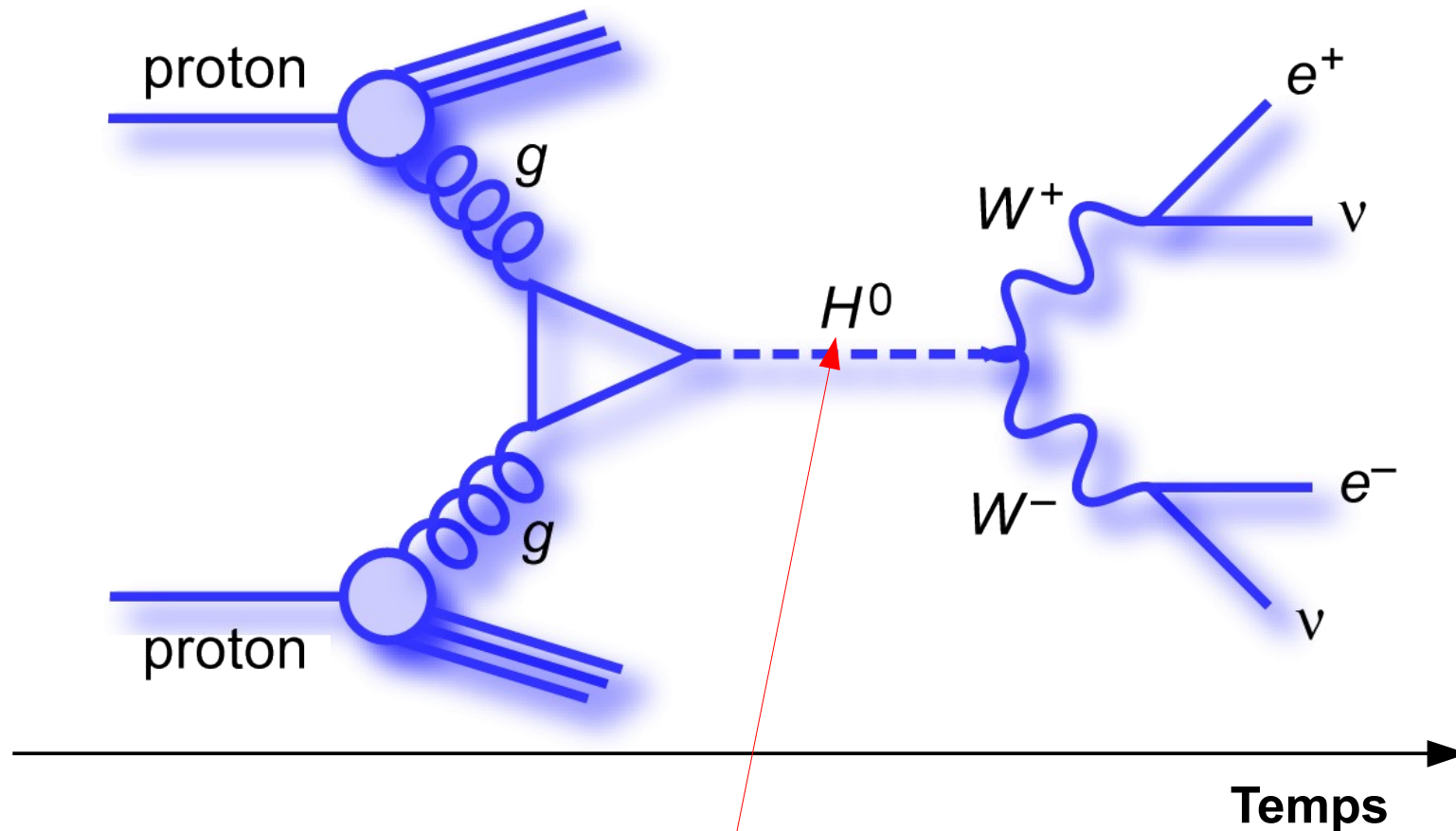
```
101100 101011 010001  
110111 001011 001100  
100001 111100 100110  
110101 110011 100101  
001010 101000 001010  
111001 100101 000011  
010111 001001 010100  
100010 010100 101111  
100100 101001 001010  
000010 100101 111001
```



Stockées sur bandes
magnétiques au CERN

Comment chercher le Higgs ?

Si le boson de Higgs existe, alors il peut être produit dans une collision de deux protons de grande énergie :



deux protons entrent en collision

deux gluons (constituants des protons) "fusionnent" pour créer un boson de Higgs

le Higgs se désintègre immédiatement en une paire de bosons W (qui se désintègrent immédiatement à leur tour)

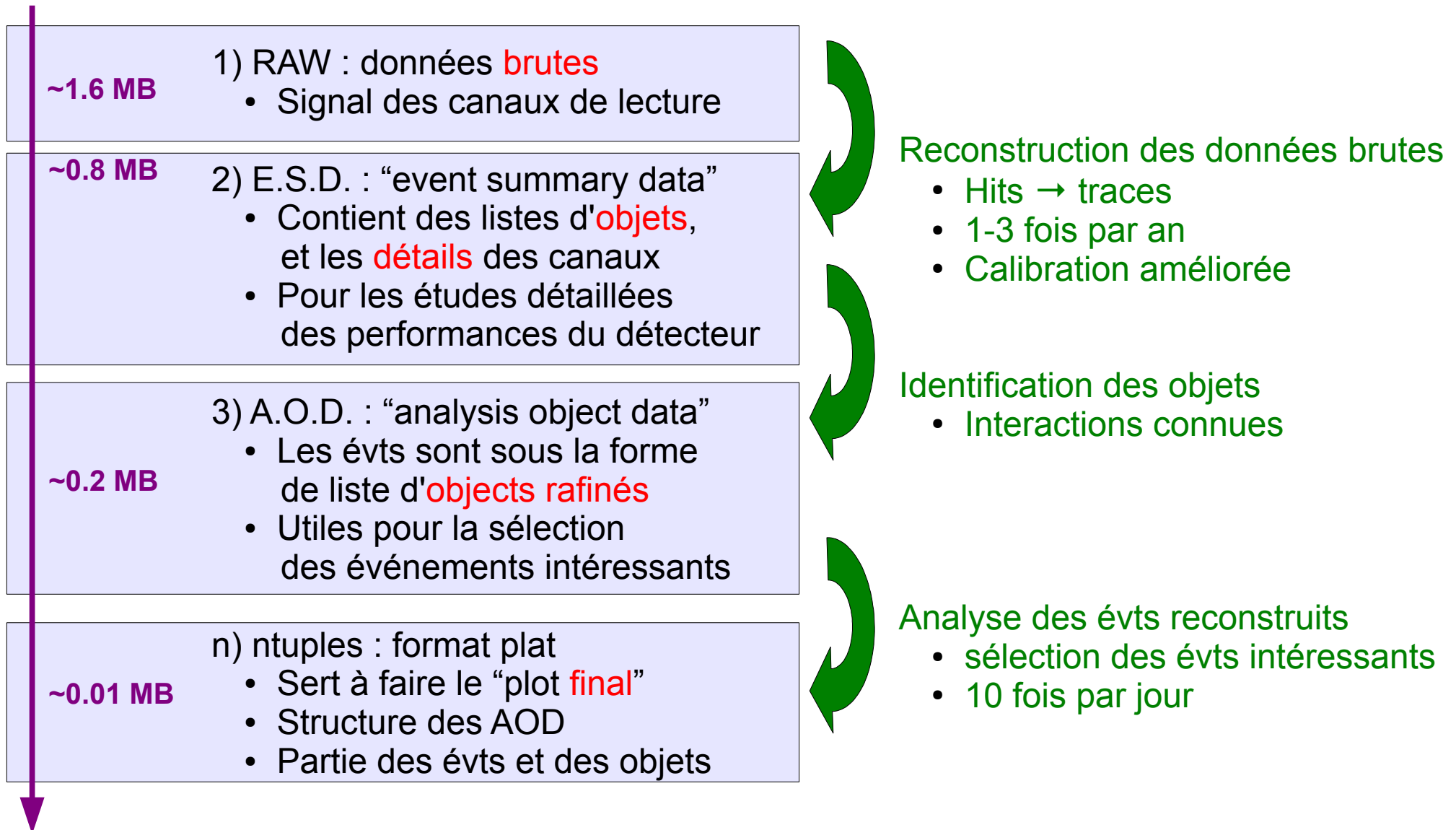
les particules stables dans l'état final (ici e, ν) atteignent le détecteur

Vers l'analyse des données

Taille/évt

Format de données

Type de traitement



Vers l'analyse des données

Taille/évt

Format de données

Type de calcul

~1.6 MB

- 1) RAW : données brutes
 - Signal des canaux de lecture

~0.8 MB

- 2) E.S.D. : "event summary data"

Reconstruction des données brutes

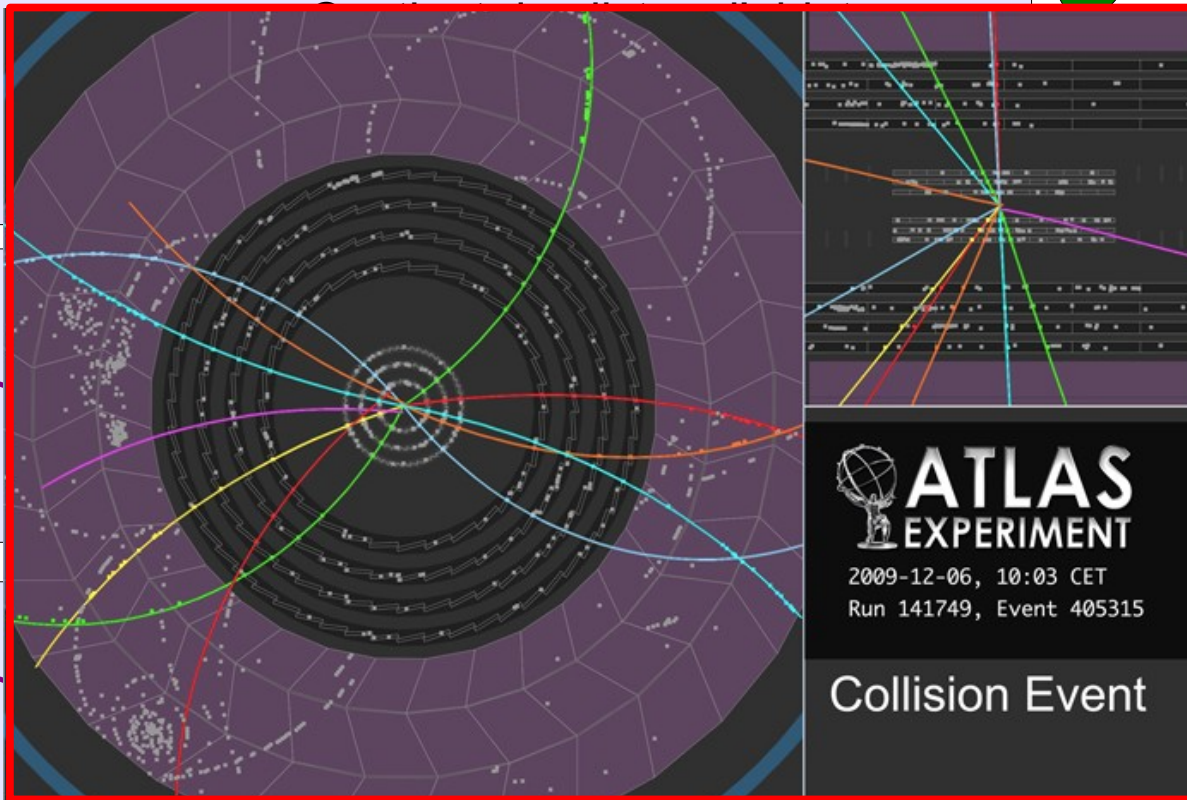
- Hits → traces

Identification des objets

- Interactions connues

Analyse des évt reconstruits

- sélection des évt intéressants



<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

Vers l'analyse des données

Taille/évt

Format de données

Type de calcul

~1.6 MB

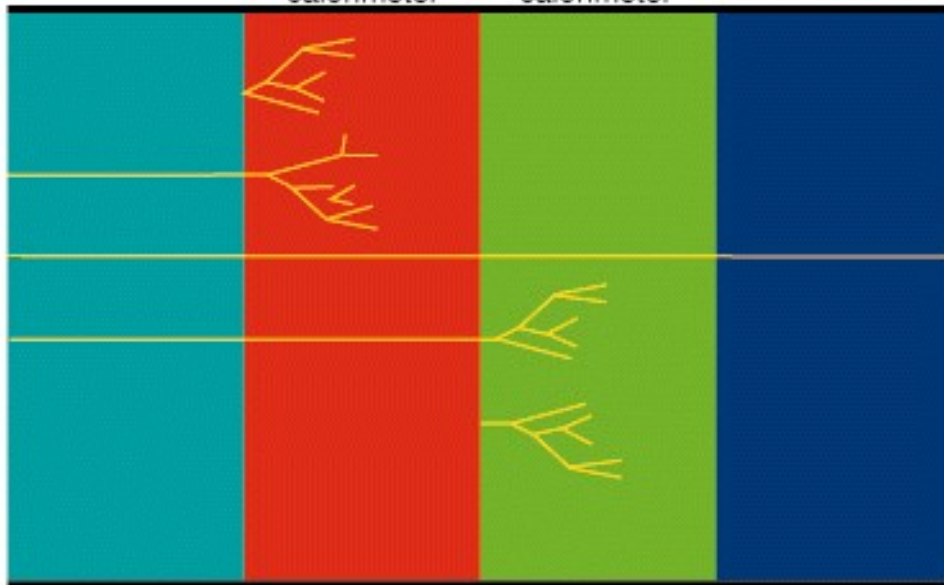
- 1) RAW : données brutes
 - Signal des canaux de lecture

~0.8 MB

- 2) E.S.D. : "event summary data"
 - Contient des listes d'objets

Tracking Electromagnetic calorimeter Hadronic calorimeter Muon detector

Photons
Electrons
Positrons
Muons
Charged hadrons
Neutral hadrons
Neutrinos



Innermost layer → Outermost layer

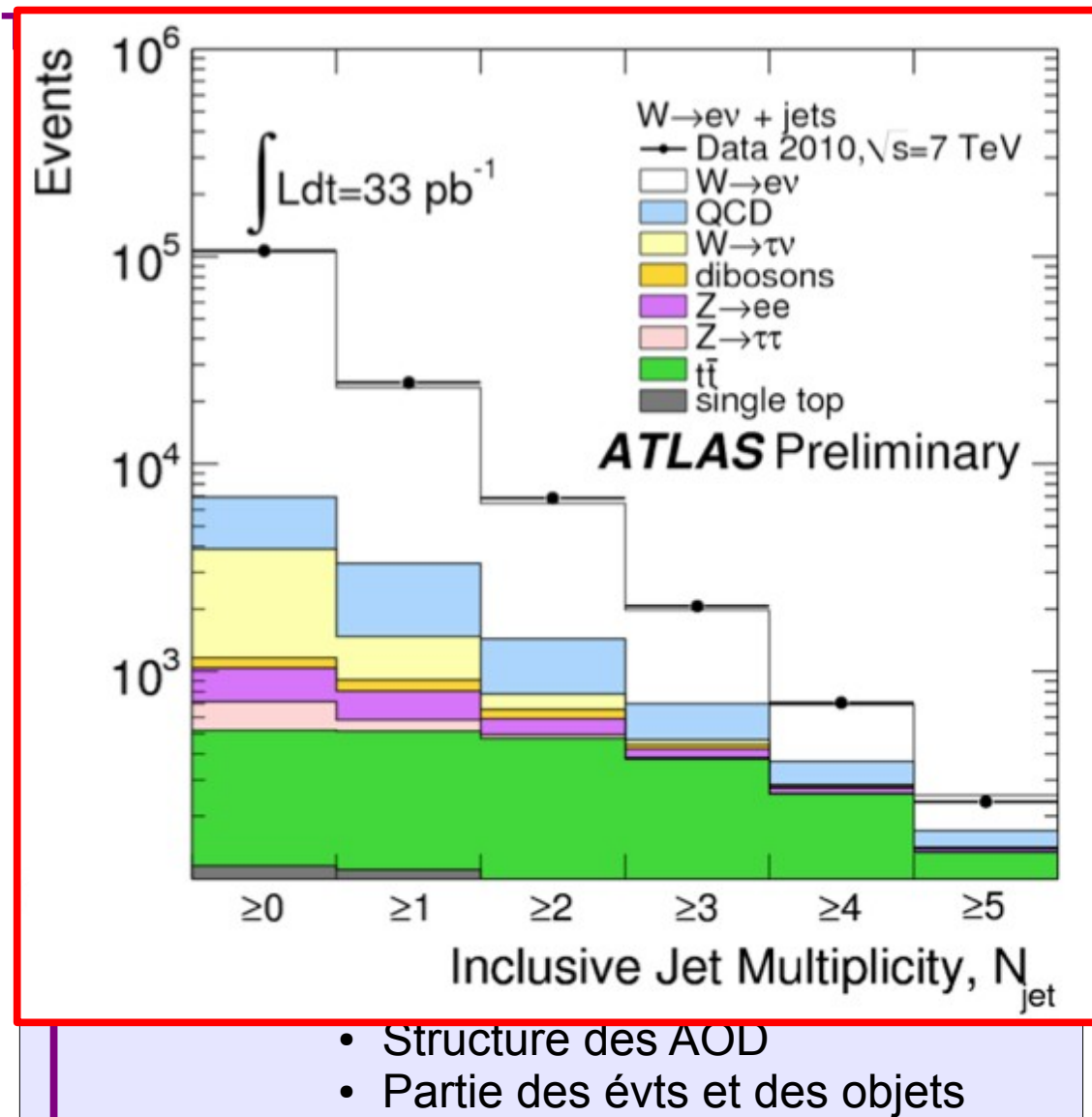
- Partie des évts et des objets

- Reconstruction des données brutes
- Hits → traces

- Identification des objets
- Interactions connues

- Analyse des évts reconstruits
- sélection des évts intéressants

Vers l'analyse des données



Type de calcul

Reconstruction des données brutes

- Hits → traces

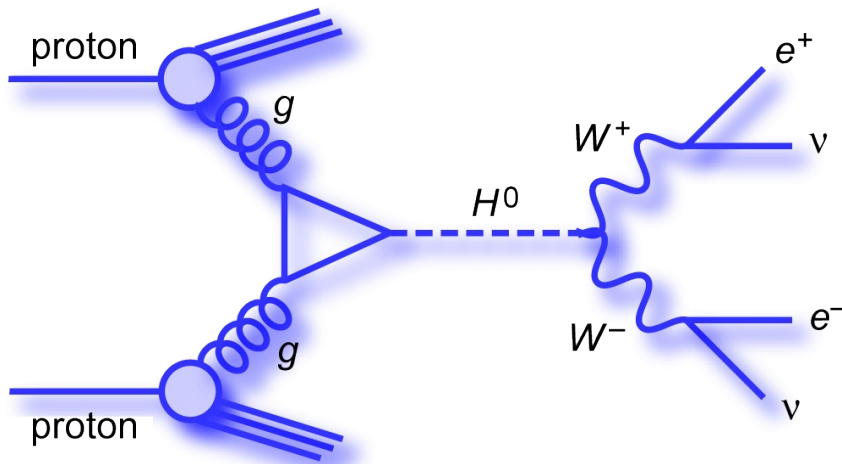
Identification des objets

- Interactions connues

Analyse des évts reconstruits

- sélection des évts intéressants

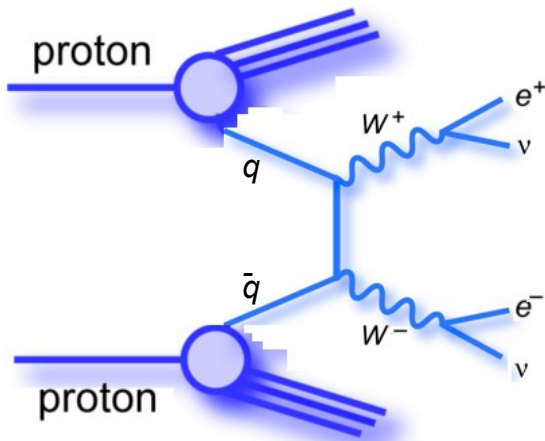
“Signal” et “bruit de fond”



Nous avons déjà discuté cette chaîne de réaction.

Pour la recherche du Higgs elle constitue “le signal”.

Rappelons-nous que seuls les particules stables de l'état final atteignent le détecteur.



Malheureusement il existent d'autres chaînes qui donnent le même état final – et qui sont possibles même si le Higgs n'existe pas !!

Pour la recherche du Higgs elles constituent “un bruit de fond”.

Pour rendre les choses encore pire : ce type de réaction est beaucoup plus abondant que le signal.

Temps →

Trouver une nouvelle bestiole

Le chien



L'écureuil



Le renard

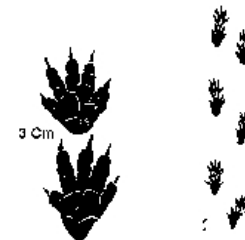


Hey ! Regarde, il y a 3 doigts !
C'est une nouvelle bestiole ?



© AGSE - Droits réservés - www.scoutorama.org

Le hérisson



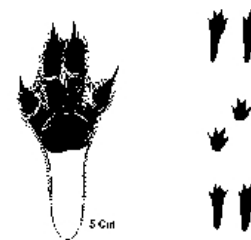
Le sanglier



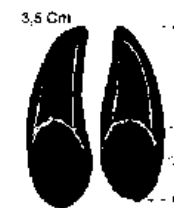
1. Vieux mâle, au pas rapide.
2. Laie en marche lente.



Le lièvre



Le chevreuil



La simulation

Simuler quoi au juste ? Les données **brutes** !

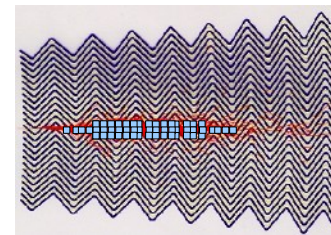
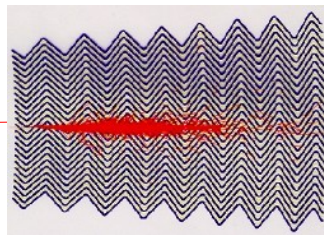
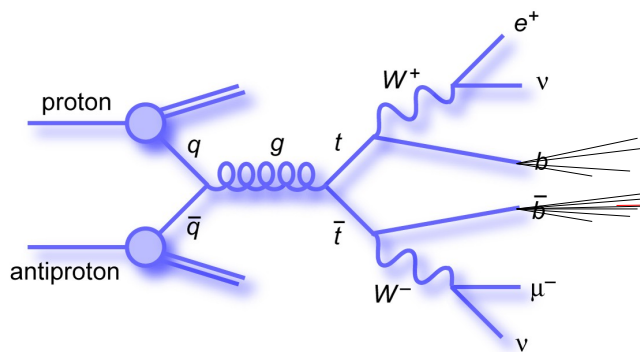
Confrontation des résultats à notre modèle :

- **Redécouvrir** les phénomènes déjà connus (compréhension du détecteur)
- Trouver des **déviations** par rapport à notre modèle (découverte)

Exploitation d'une expérience : impossible sans simulation !!

Trois ingrédients :

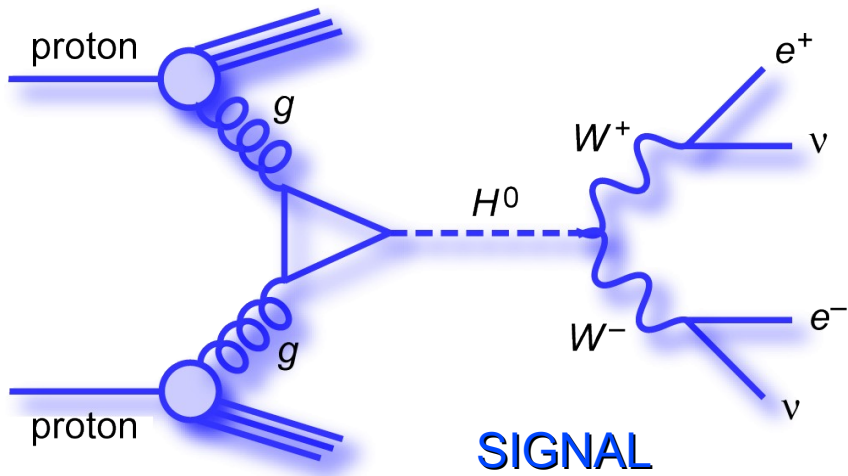
- Modéliser la **“physique”** (collisions, processus)
- Modéliser **l'interaction des particules dans le détecteur**
- Modéliser **les signaux transmis par le détecteur**



RAW !

```
101100 101011 010001
110111 001011 001100
100001 111100 100110
110101 110011 100101
001010 101000 001010
111001 100101 000011
010111 001001 010100
100010 010100 101111
100100 101001 001010
000010 100101 111001
```

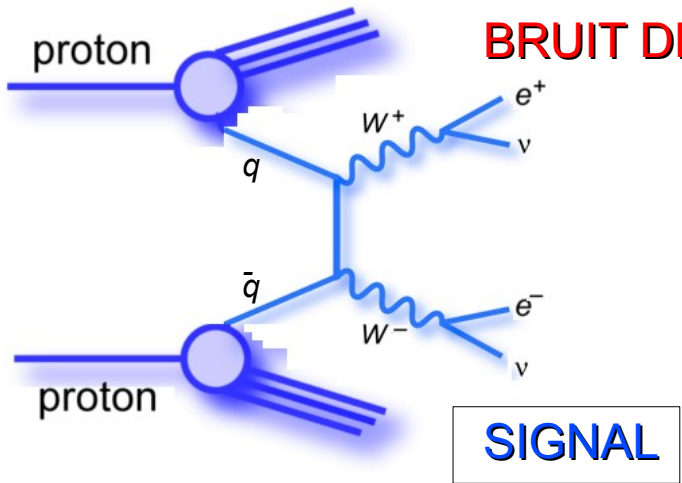
“Signal” et “bruit de fond”



SIGNAL



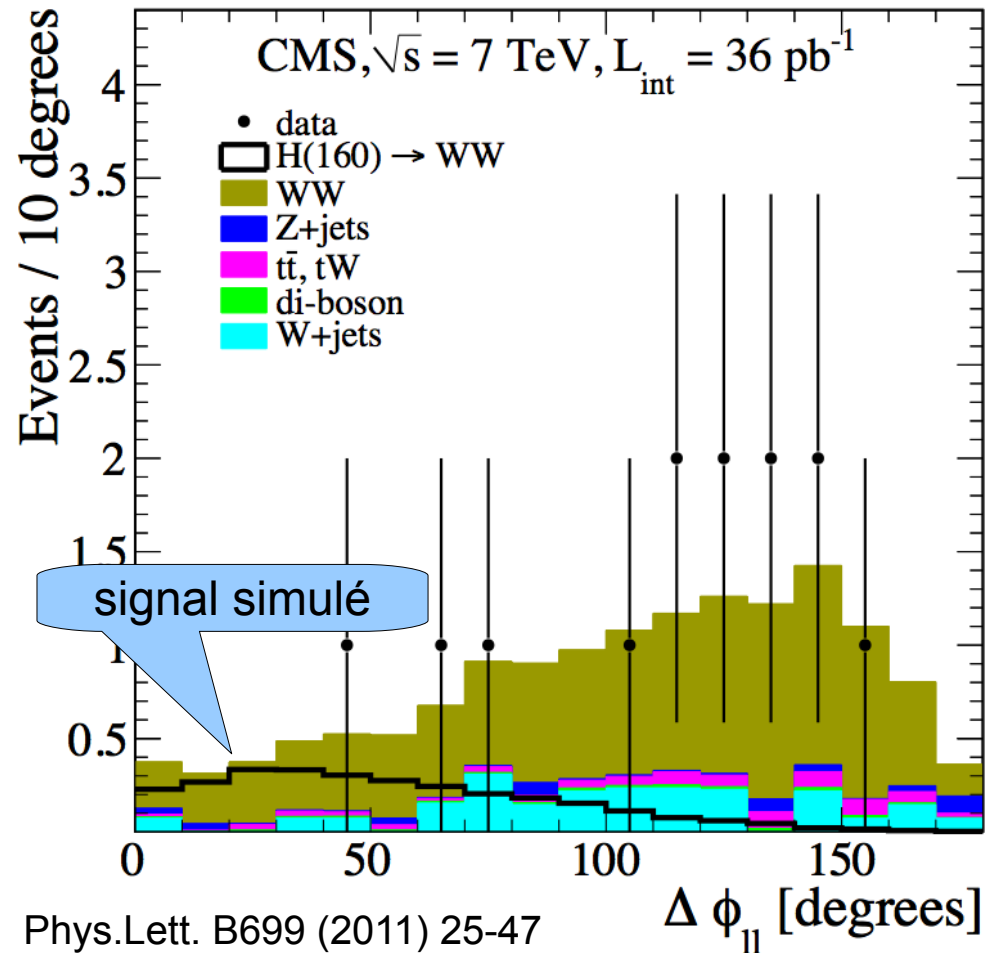
BRUIT DE FOND



SIGNAL

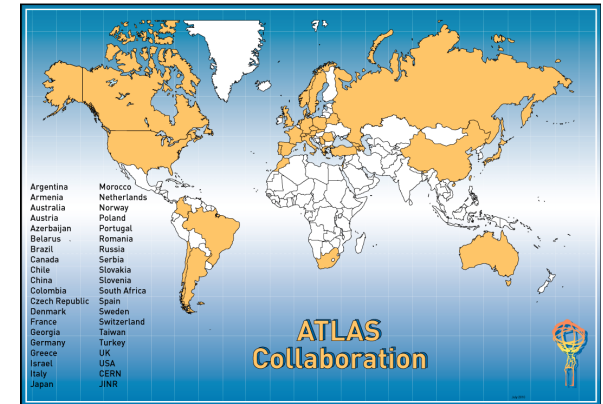
Temps

Ce lot de données réelles (la réalité) est-elle **plus compatible** avec l'hypothèse FOND SEUL ou bien avec FOND+SIGNAL ?



Innovation : la grille de calcul

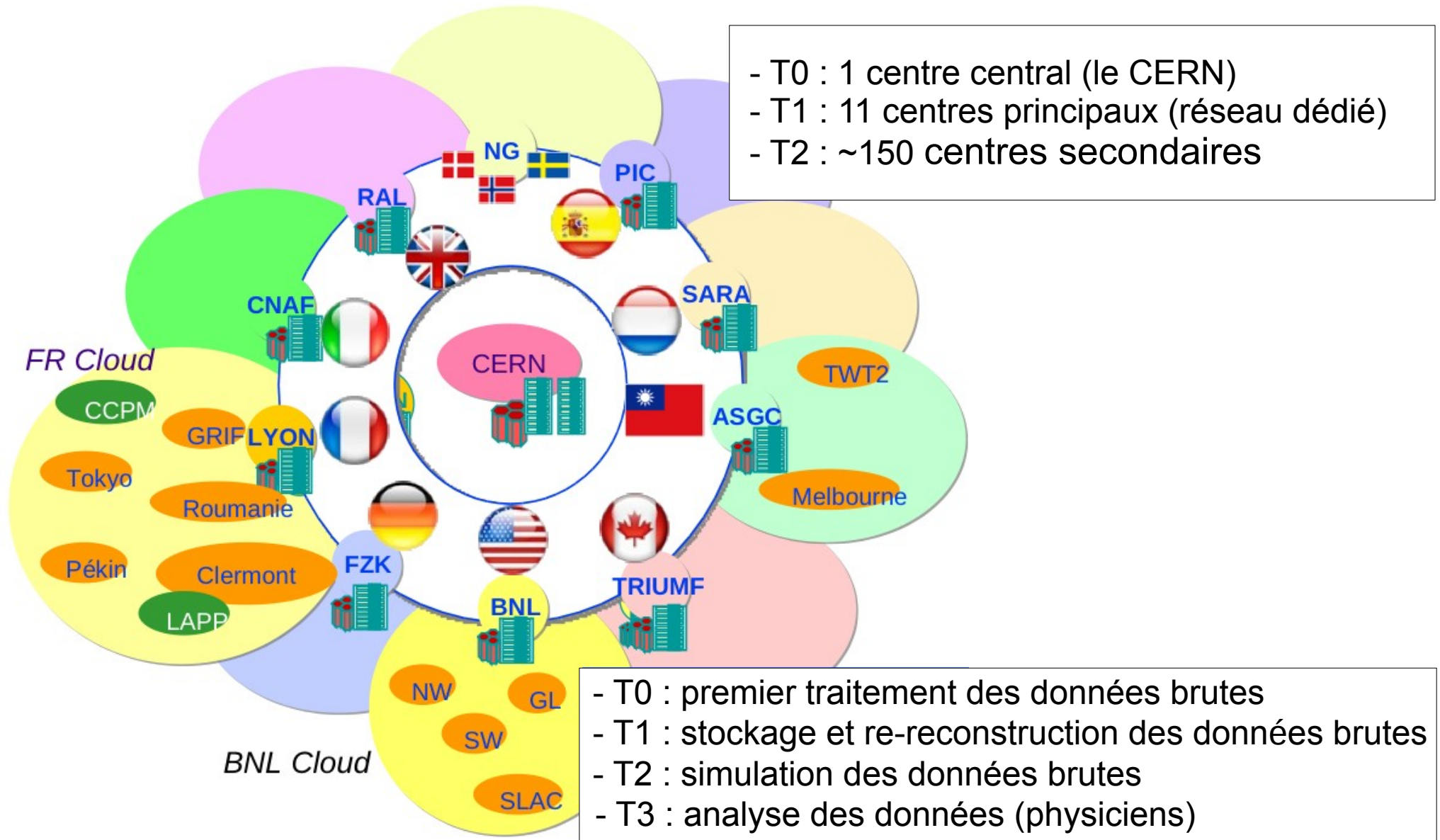
- Enorme **quantité de données** à traiter et stocker
- Utilisateurs **distribués partout** dans le monde
- Nécessité d'introduire la **grille de calcul**
 - Mutualisation de ressources de calcul de plusieurs unités pour un but commun
 - Terme provenant du réseau électrique (*electric power grid*) où un appareil électrique est alimenté quelquesoit où il est branché.
- **Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)**
 - 140 centres de calculs
 - 35 pays
 - 4 expériences LHC
 - Réseau privé (LHCOPN)
- Première mondiale



"I think there is a world market for maybe five computers."
– **Thomas Watson, chairman of IBM, 1943.**

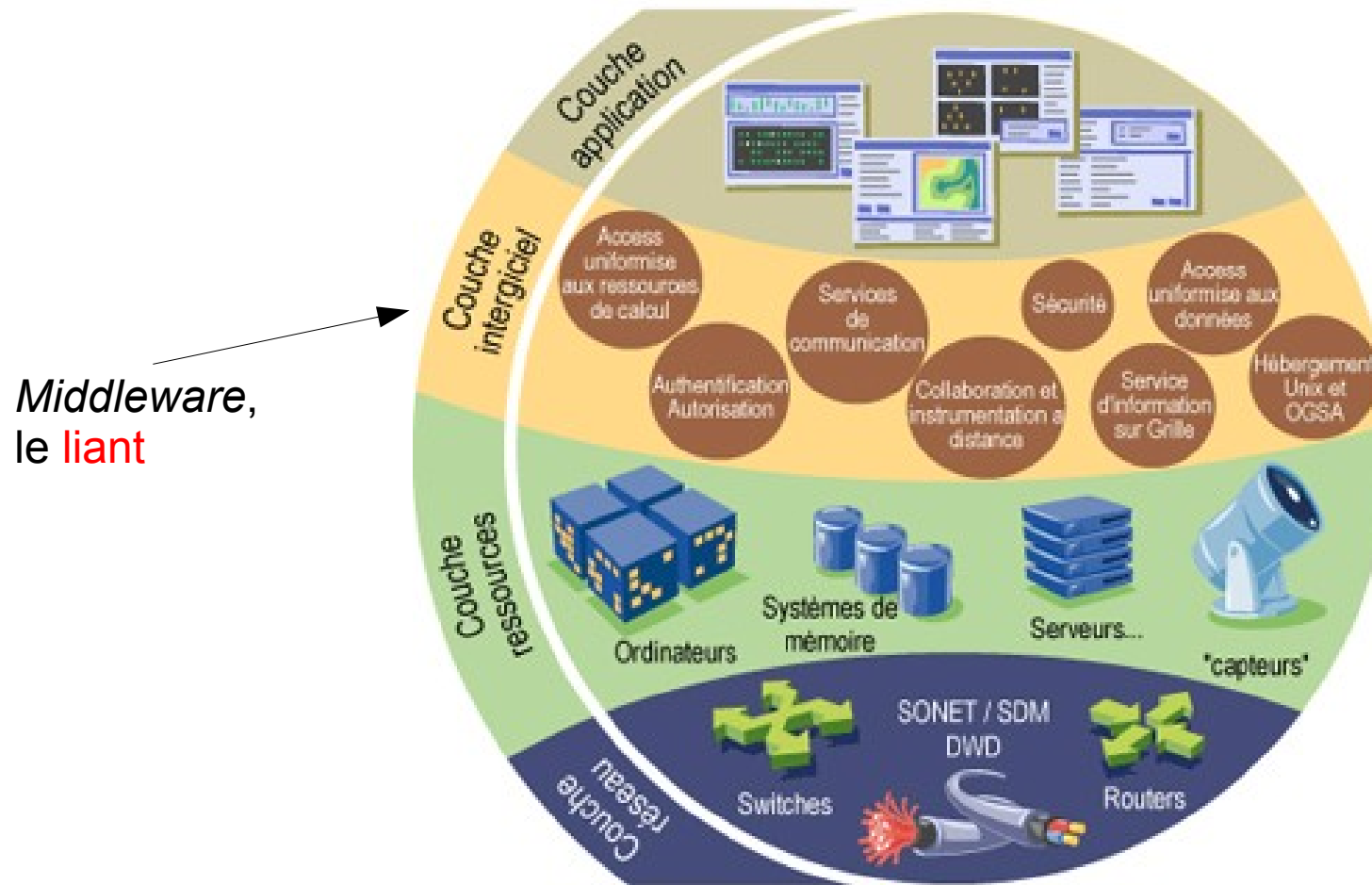
"There is no reason anyone would want a computer in their home."
-- **Ken Olson, president, chairman and founder of Digital Equipment Corp., 1977.**

Hiérarchie de centres de calcul



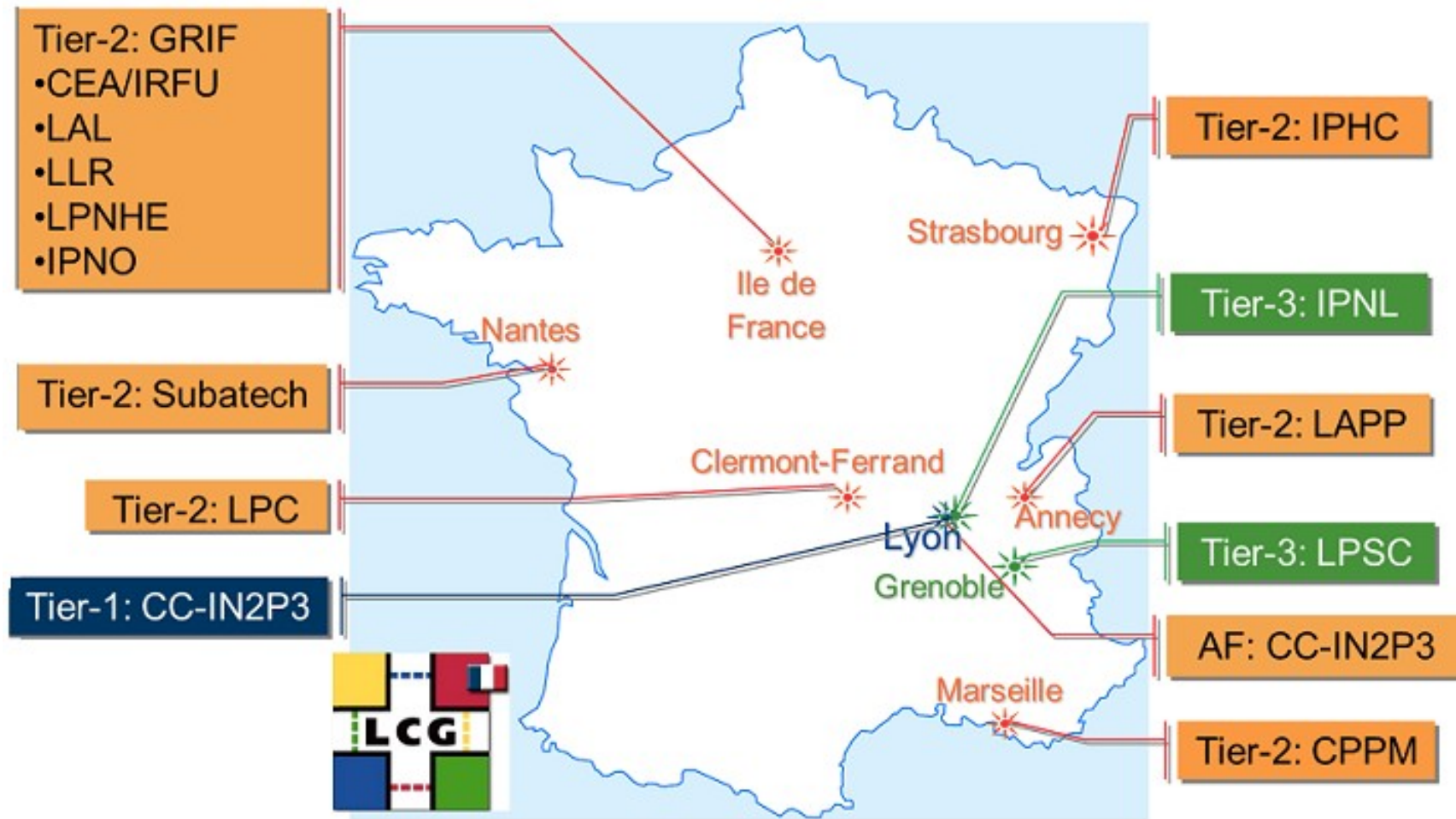
Architecture de la grille

Architecture complexe



Ref : gridCafe

Centres de calcul WLCG en France



Le Tier-1 français

- Centre de Calcul de l'IN2P3, à Lyon
- ~100 ingénieurs
- Site majeur des expériences LHC (4 fois T1 et T2)
- Seul site WLCG si complet dans le monde



GRILLE

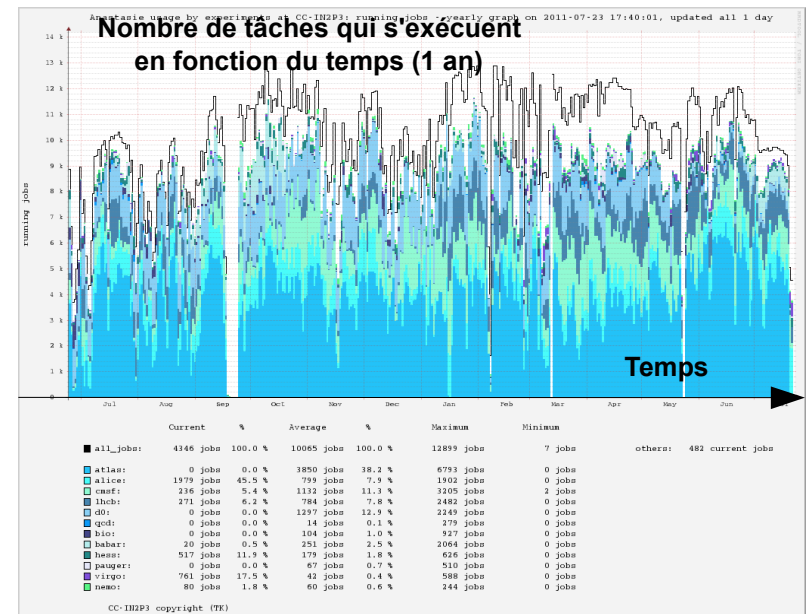
- Site grille complet, leader en FR (services centralisés)

CPU

- 13 000 tâches de calcul simultanées
- Flot de plus de 100 000 tâches / jour
- LHC (et D0) = 66% (80%) du centre.

RYTHME

- 24/7
- Réactivité très demandeuse



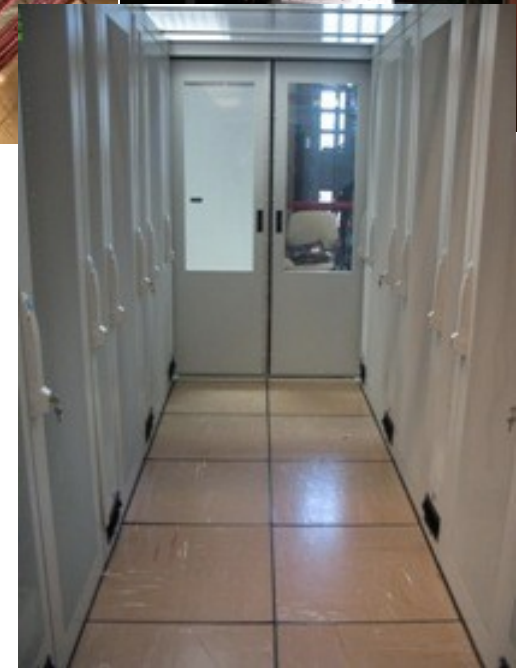
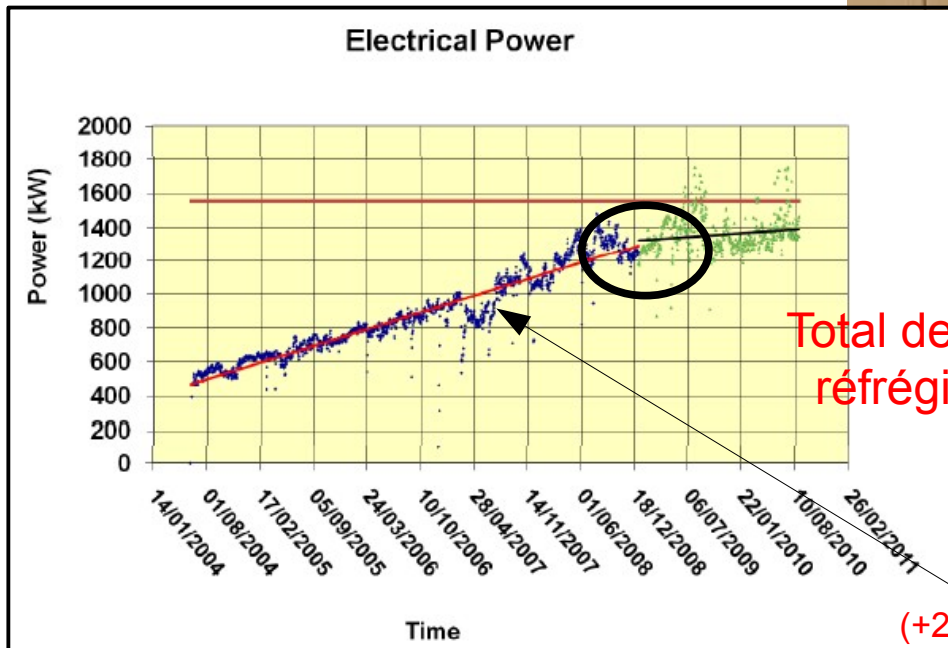
Le Tier-1 français

STOCKAGE

- Diverses technologies (dcache, xrootd)
- ~ 8 PB de disk !
- ~ 10 PB de bande !

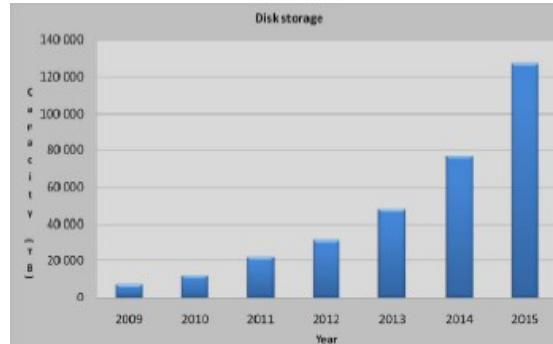
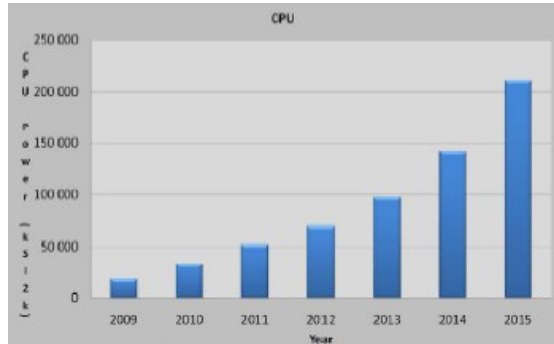
PUISSANCE ELECTRIQUE

- **Difficulté majeure** dans les centres de calcul



Le Tier-1 français

PROJECTIONS



NOUVELLE SALLE MACHINE

- 2011: 600 kW (ancienne salle = 1MW)
- 2015: 1,5 MW
- 2019: 3,2 MW



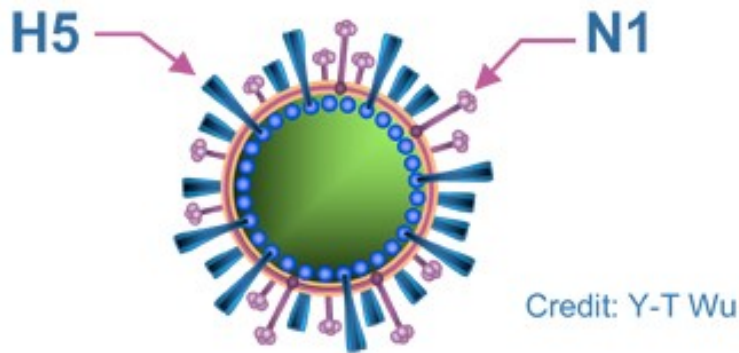
Le Tier-1 français

OUVERTURE

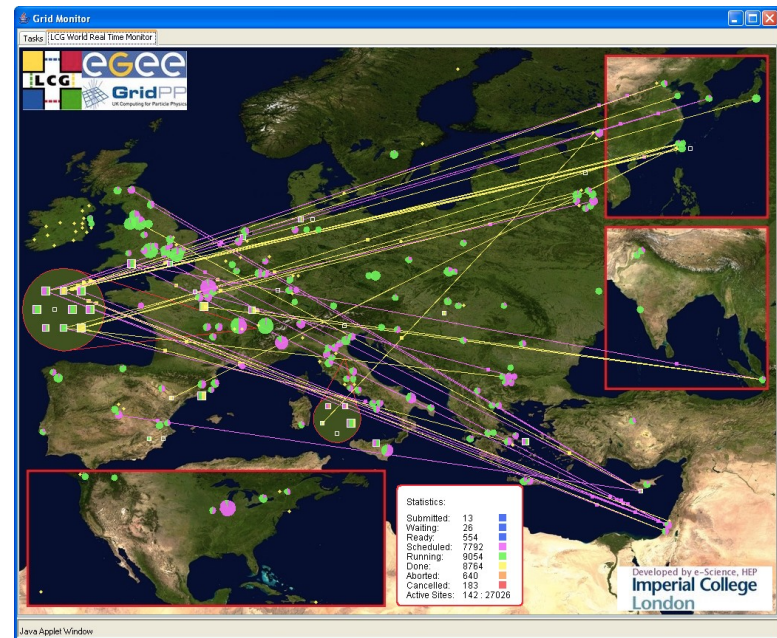
- Autres autres communautés scientifiques
- Sciences humaines et sociales (une infrastructure numérique d'accès aux données et documents des sciences humaines et sociales)
- Sciences de la vie (neurologie, biologie) → grille

Grippe aviaire

- Calculs de probabilité d'accrochage sur les sites actifs du virus pour le bloquer
- Accélération avec utilisation de la Grille de calcul Européenne EGEE (EGI)
- Avril 2005 :
 - 300 000 calculs de probabilités
 - **100 années** de calcul sur un ordinateur



Sites
participants

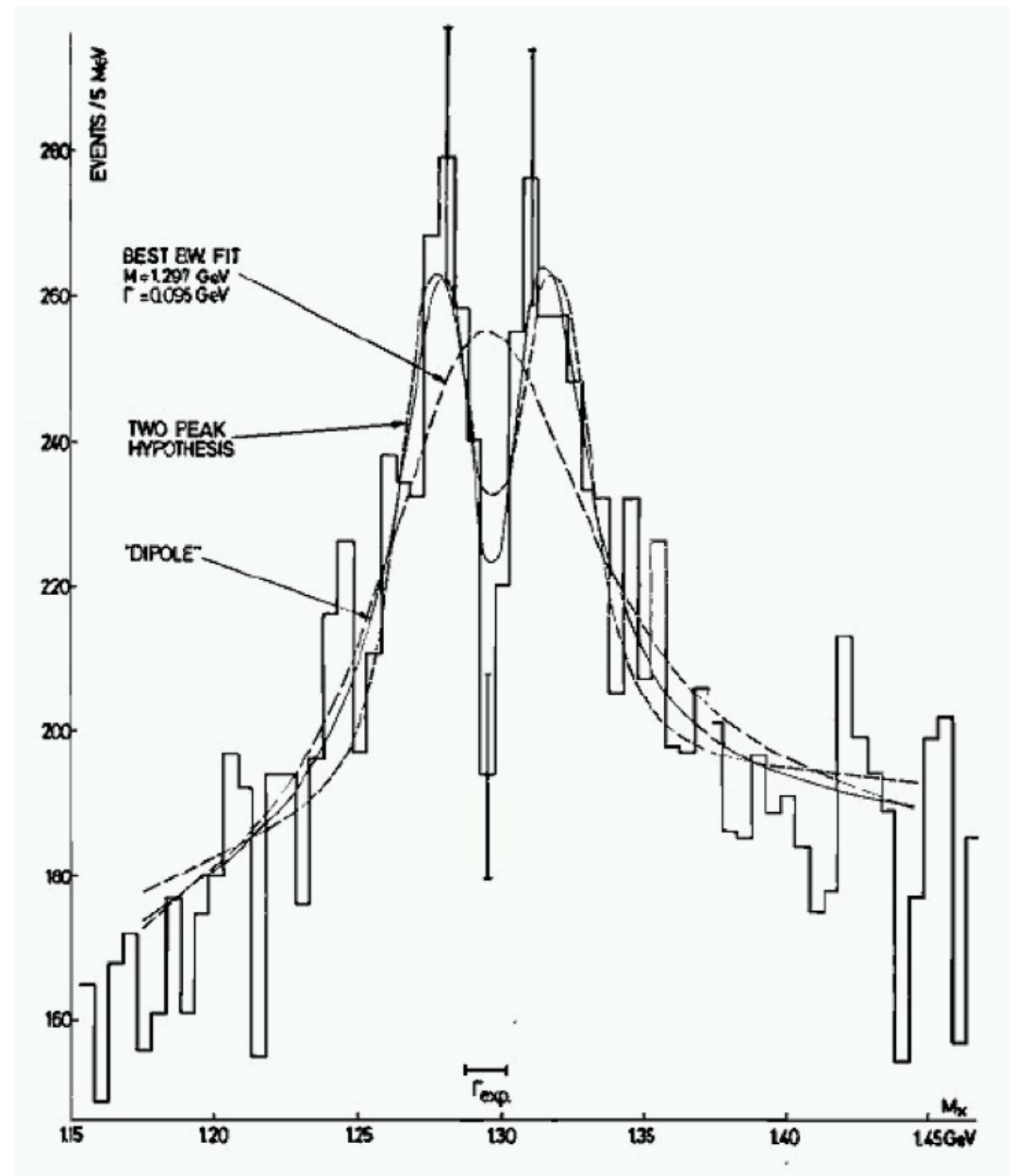


“Accidents de parcours”

En 1968, deux expériences au CERN ont « découvert » le *splitting* (séparation en deux) de la particule a_2 (l'une des nombreuses particules du modèle standard) . Une « découverte » majeure.

Après des années d'excitation, il était clair que cette découverte était fautive - la particule a_2 donne un seul pic, comme toutes les autres particules.

J'ai entendu plusieurs rumeurs sur l'origine du double pic dans la publication initiale, dont une qui dit que les auteurs auraient accidentellement mélangé deux versions de leurs fichiers avec des calibrations différentes (et deux positions différentes pour le même pic) ...



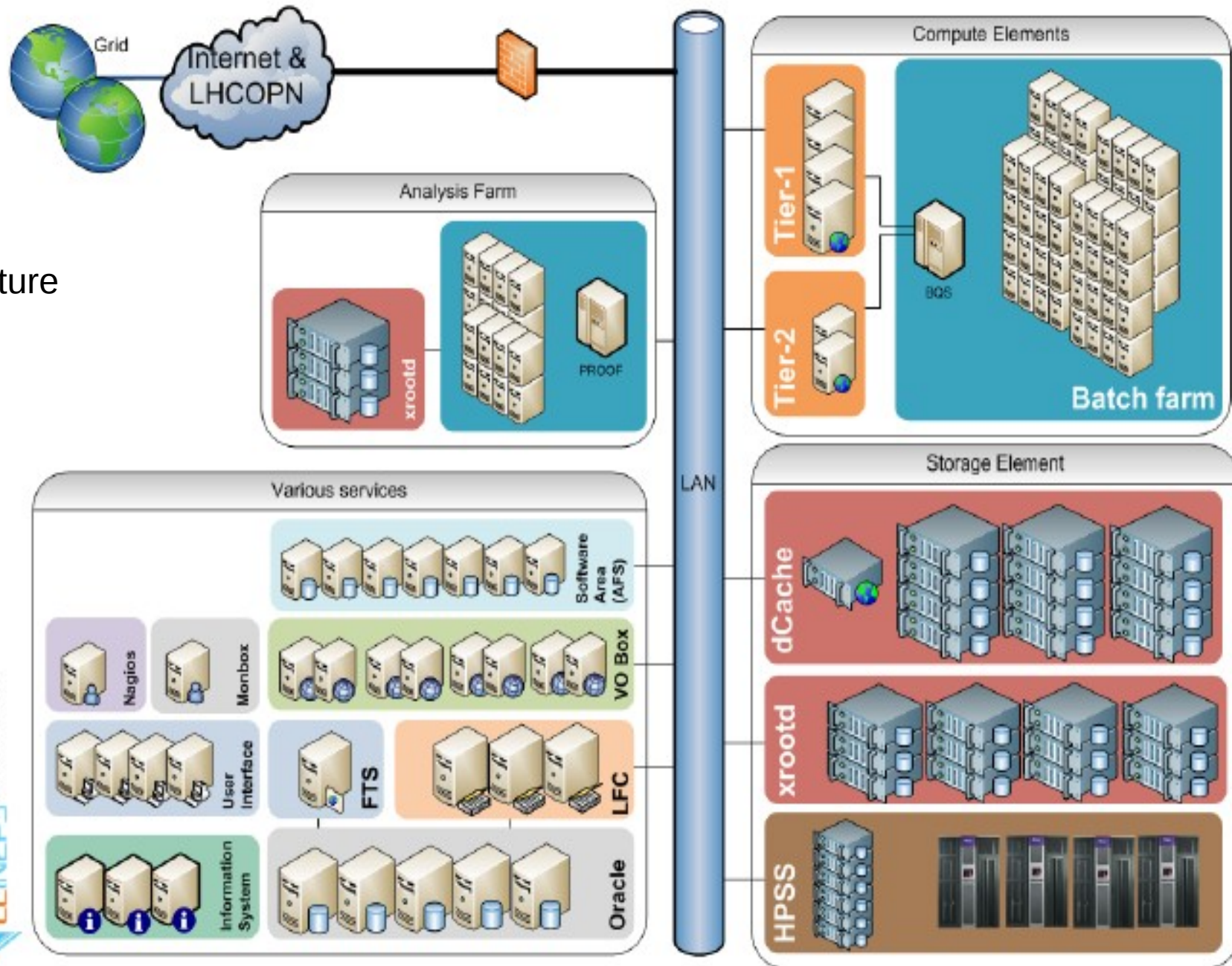
Conclusion

- Recherche de processus très **rare**s avec des détecteurs très **précis**
 - Enorme besoin en informatique (stockage, calcul, transfert, logistique)
- Développement de la grille de calcul pour le LHC
 - Pionnière, mondiale
 - Structure hiérarchique
- Efficacité suffisante de la grille
 - Encore beaucoup à améliorer
 - Résultats avec les dernières données présentés à EPS-HEP 2011 cette semaine

Merci de votre attention !

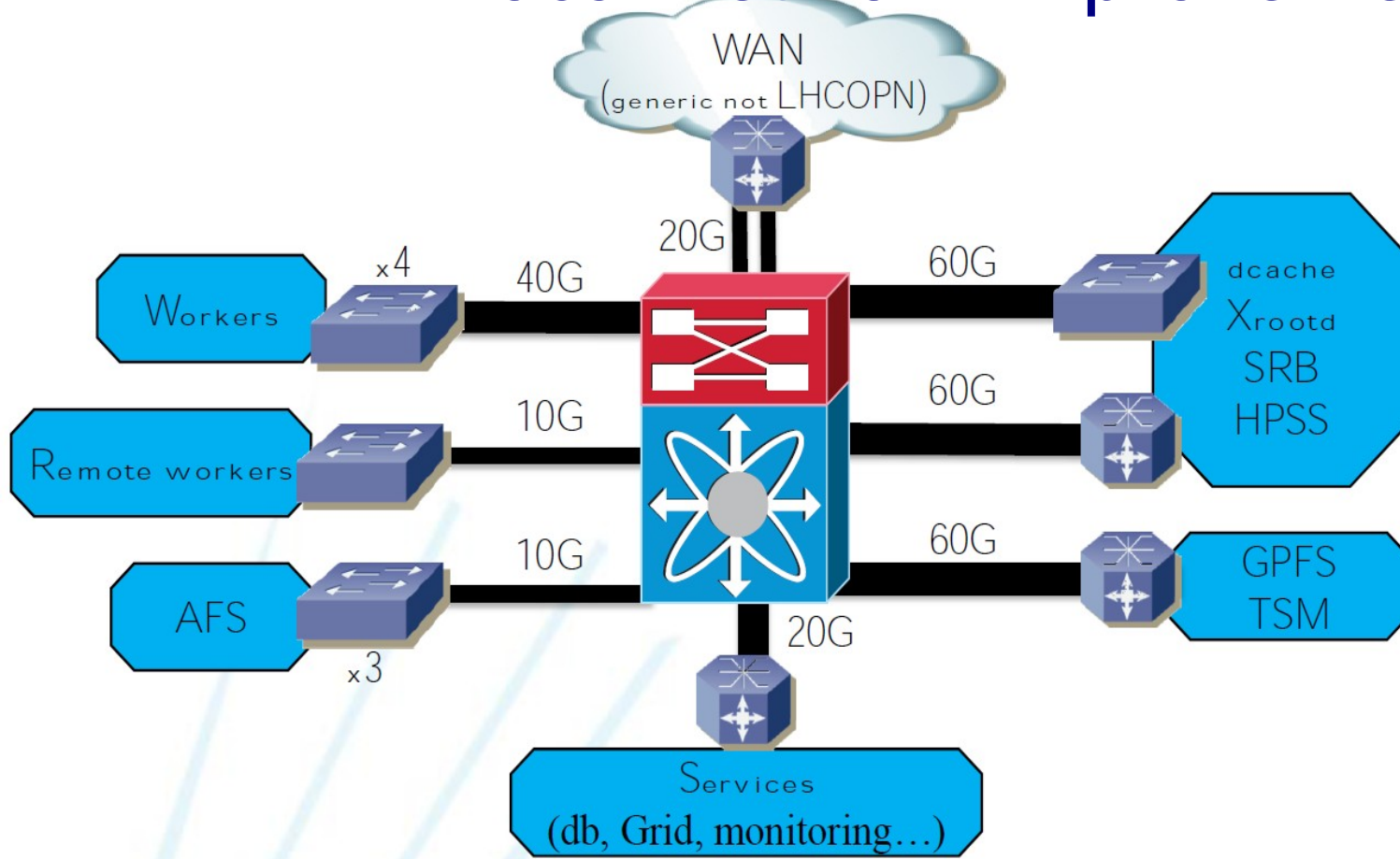
Back-up

CC-IN2P3 site overview



- Shared architecture

Local network improvement



- Increased core capacity
- Isolate services
- Remove bottlenecks
- Shortened paths

Area	Old bandwidth	New bandwidth
AFS	30G <i>shared</i>	30G
GPFS TSM	40G <i>shared</i>	60G
Dcache Xrootd srb HPSS	40G <i>shared</i>	120G
Workers	40G <i>shared</i>	170G
WAN	10G	20G

Operations at CC-IN2P3

- MOU requirements for T1 centres:

Memorandum of Understanding between CERN and the institutions participating in WLCG

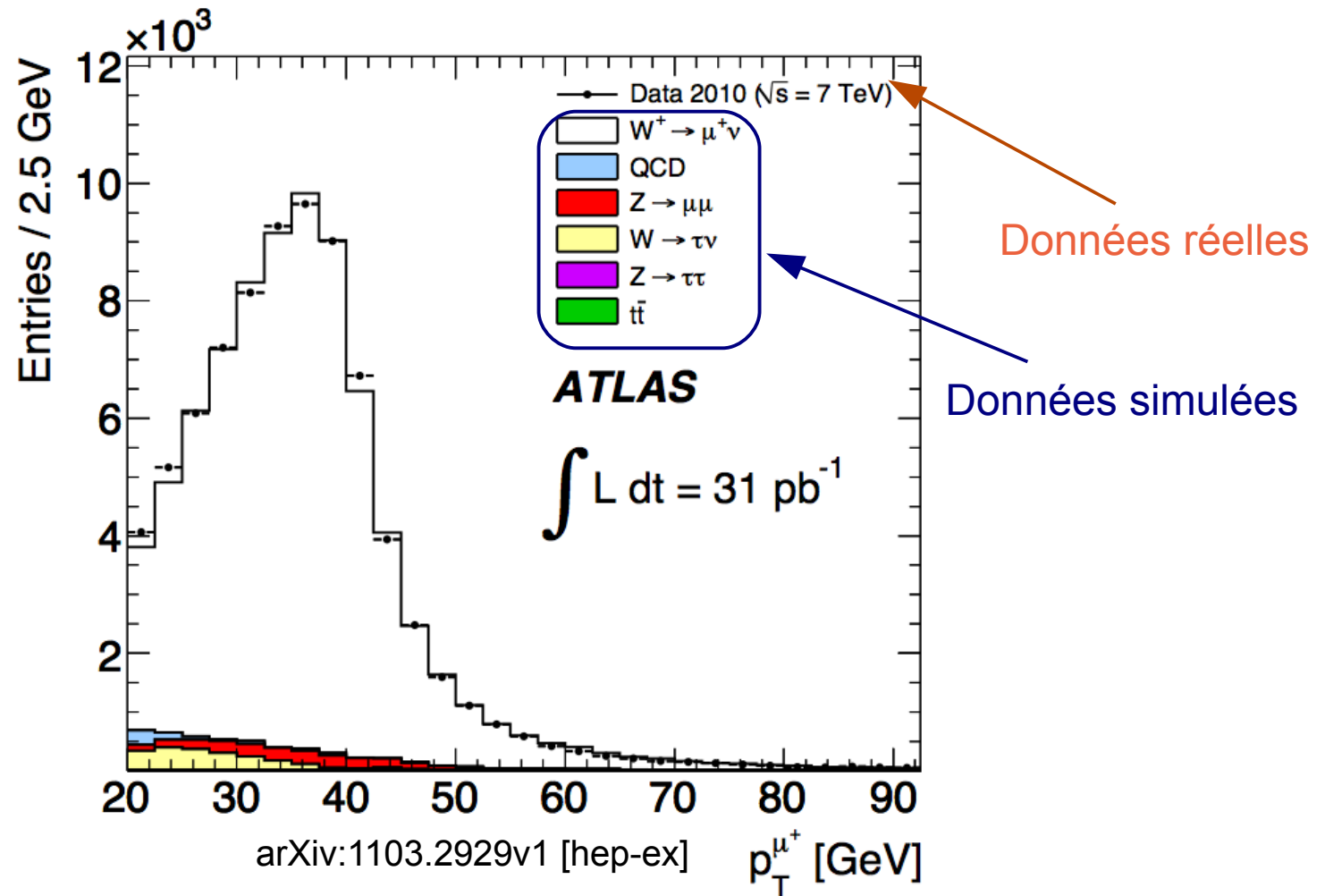
(CERN-C-RRB-2005-1/
Rev. April 2009)

<i>Service</i>	<i>Maximum delay in responding to operational problems</i>			<i>Average availability⁵ measured on an annual basis</i>	
	<i>Service interruption</i>	<i>Degradation of the capacity of the service by more than 50%</i>	<i>Degradation of the capacity of the service by more than 20%</i>	<i>During accelerator operation</i>	<i>At all other times</i>
Acceptance of data from the Tier-0 Centre during accelerator operation	12 hours	12 hours	24 hours	99%	n/a
Networking service to the Tier-0 Centre during accelerator operation	12 hours	24 hours	48 hours	98%	n/a
Data-intensive analysis services, including networking to Tier-0, Tier-1 Centres outwith accelerator operation	24 hours	48 hours	48 hours	n/a	98%
All other services ⁶ – prime service hours ⁹	2 hour	2 hour	4 hours	98%	98%
All other services ⁶ – outwith prime service hours ⁹	24 hours	48 hours	48 hours	97%	97%

The response times in the above table refer only to the maximum delay before action is taken to repair the problem. The mean time to repair is also a very important factor that is only covered in this table indirectly through the availability targets. All of these parameters will require an adequate level of staffing of the services, including on-call coverage outside of prime shift.

Les chandelles standards

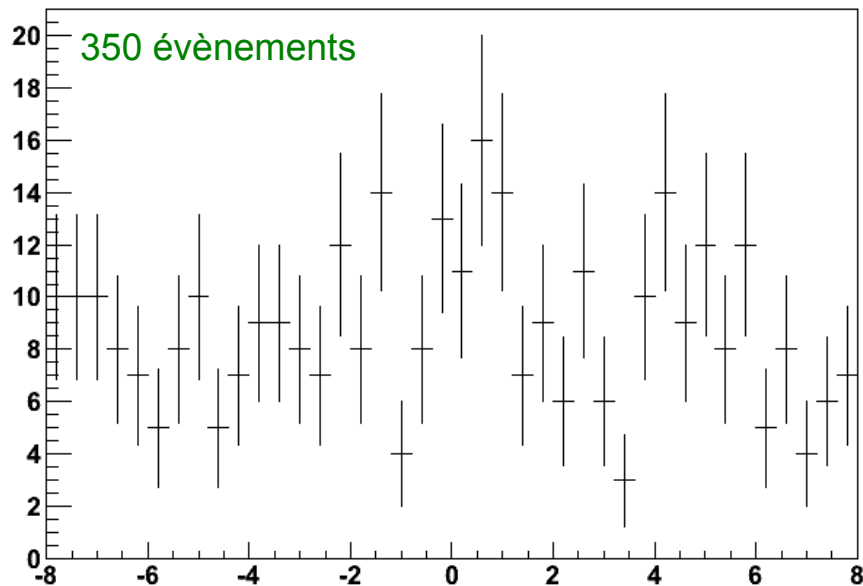
Sélection d'événements "W" dans les données 2010 de ATLAS.



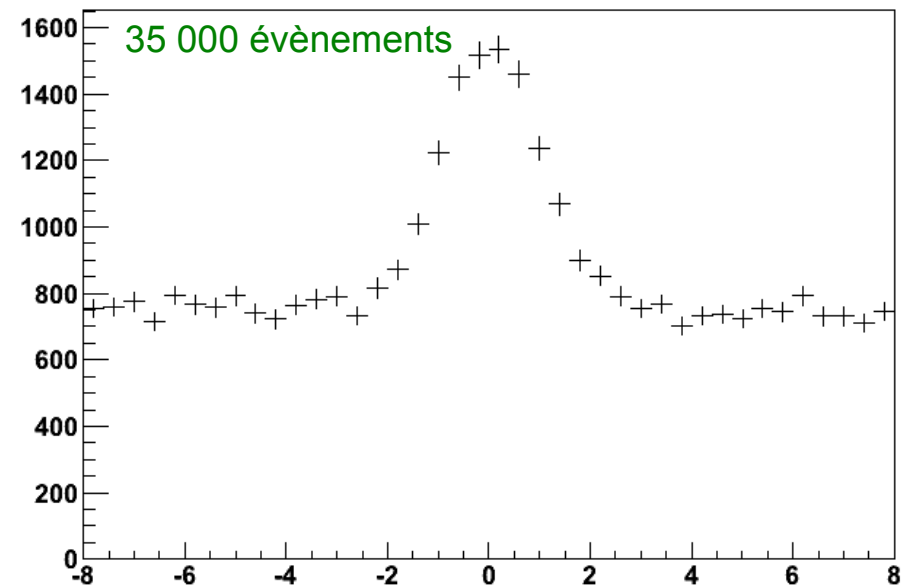
Interlude sur la statistique

Les deux graphes en bas montrent la même distribution, à gauche avec peu de données, à droite avec 100 fois plus de données :

histogram



histogram



Avec peu de données la situation est bien moins claire :

- est-ce tout simplement un spectre plat ?
- ou est-ce qu'il y a un pic quelque part ?

Avec beaucoup de données nous voyons clairement la structure : un spectre plat (dû au bruit de fond), plus un pic (dû au Higgs).