

# Le trajectographe de CMS : Procédure de mise en service et première physique

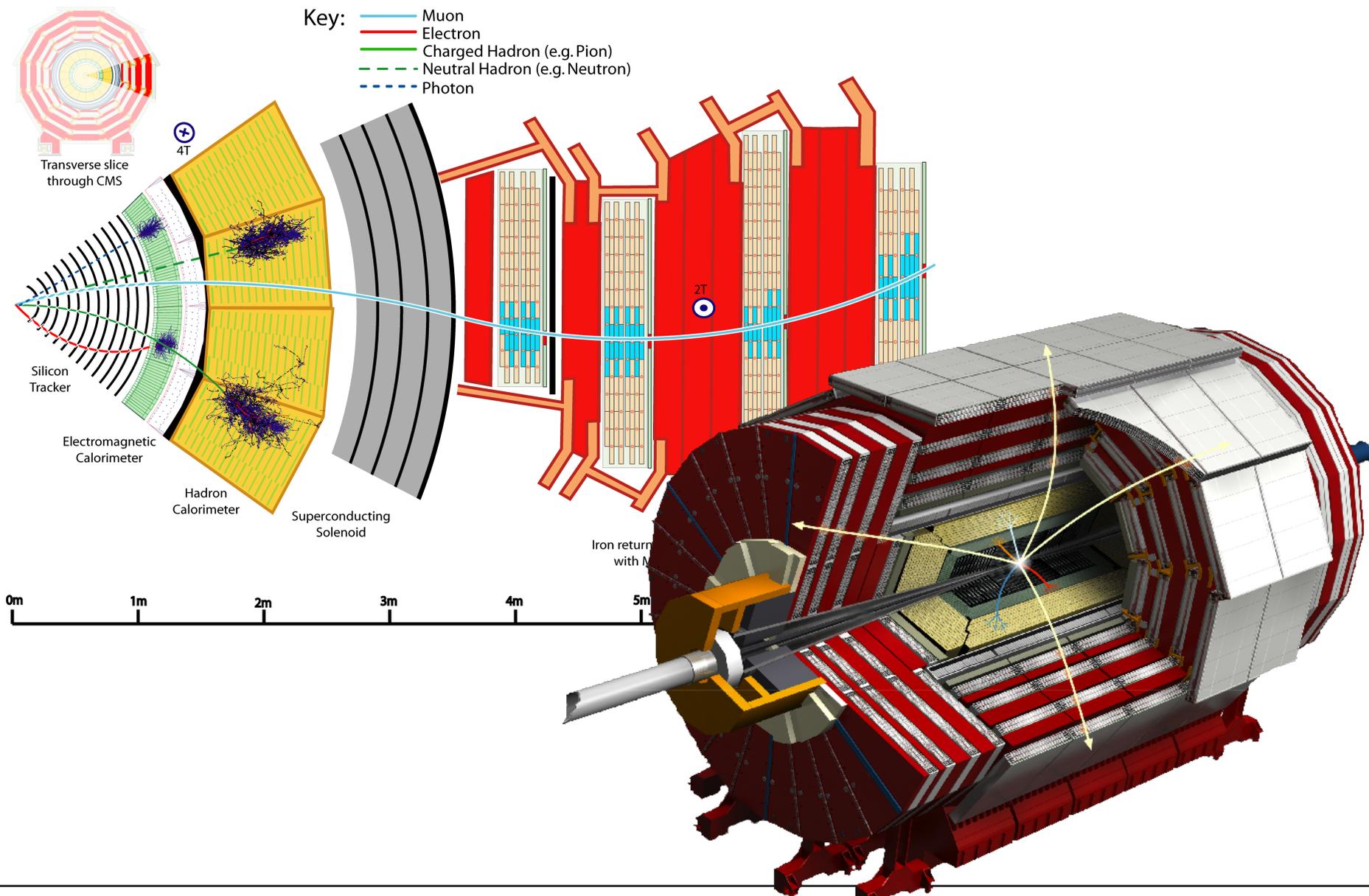
28 Mars 2008

Institut pluridisciplinaire Hubert Curien - Strasbourg

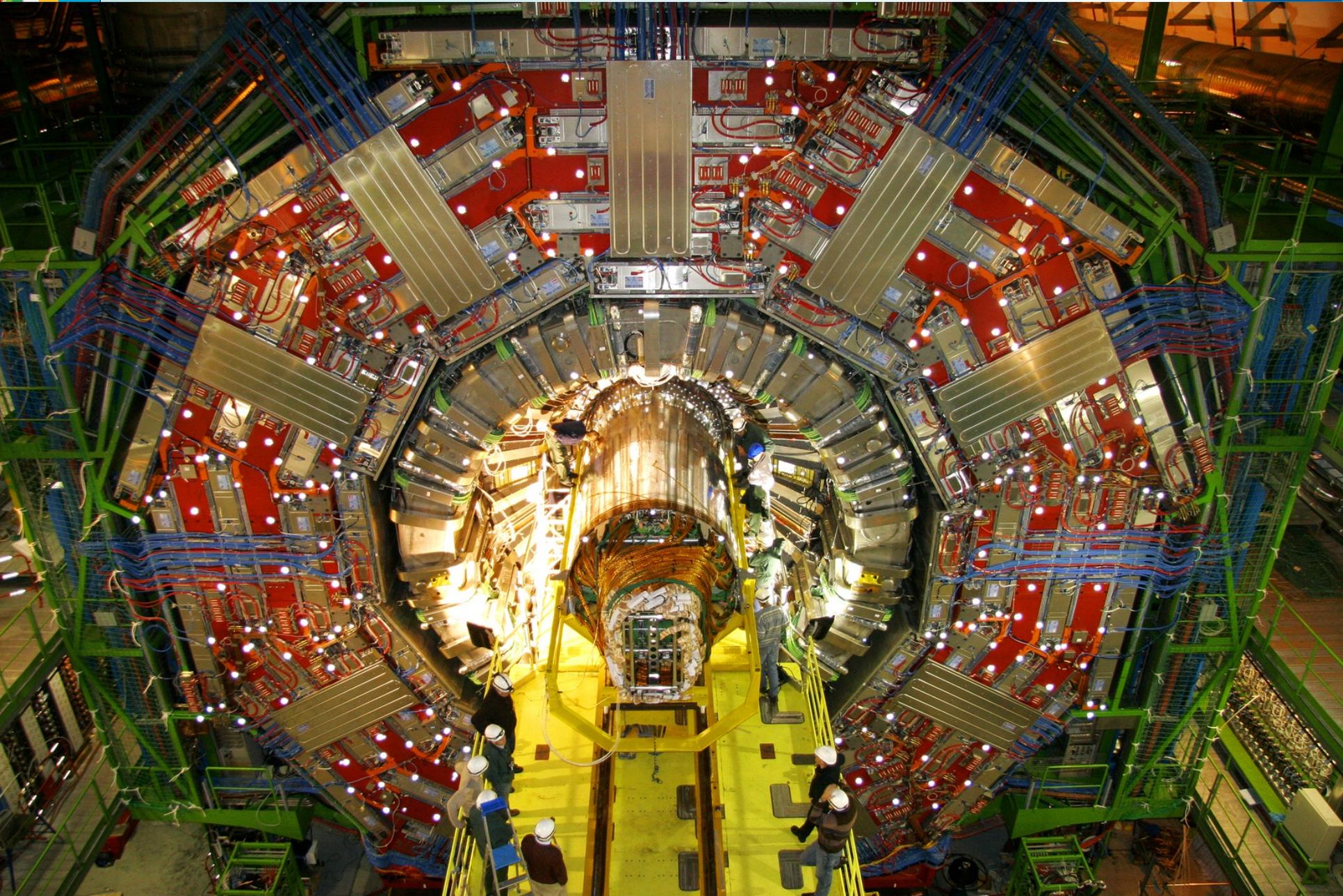
Christophe Delaere · CERN

- Introduction
  - CMS
  - État d'avancement et agenda pour 2008
  - Le trajectographe
- Procédure de mise en service (commissioning)
  - Configuration
  - Alignement
- Impact sur la physique du démarrage
  - Première mesures
  - Physique du Modèle Standard
  - Premières recherches de nouvelle physique

# Compact Muon Solenoid

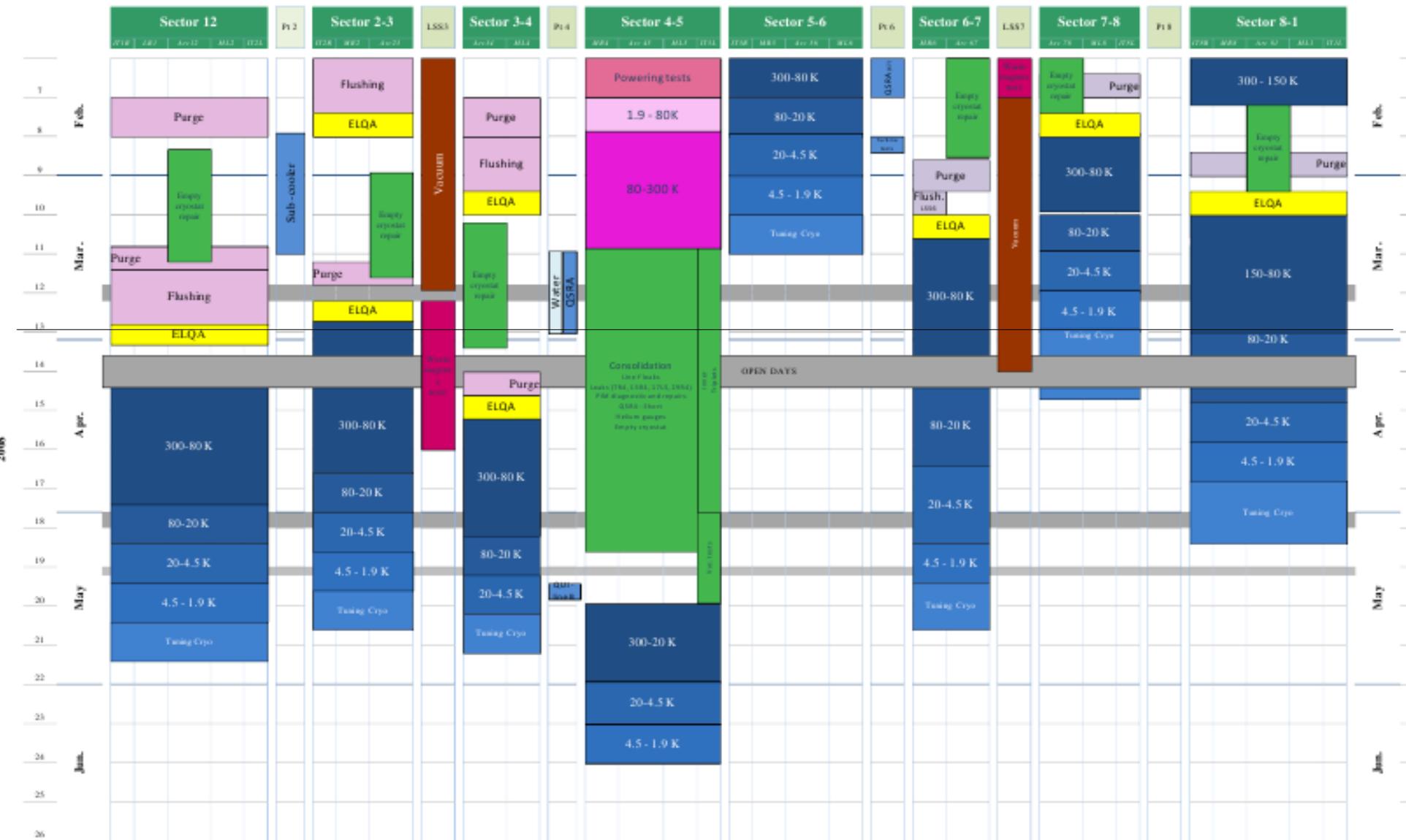


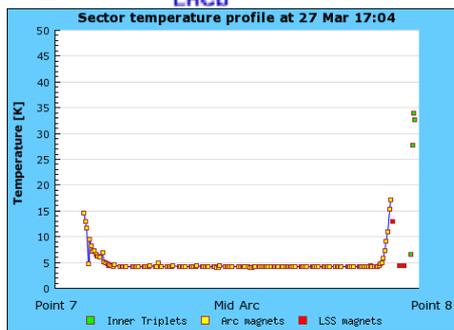
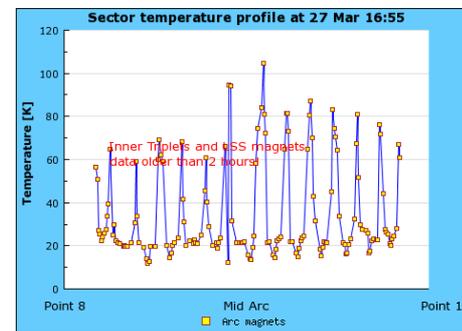
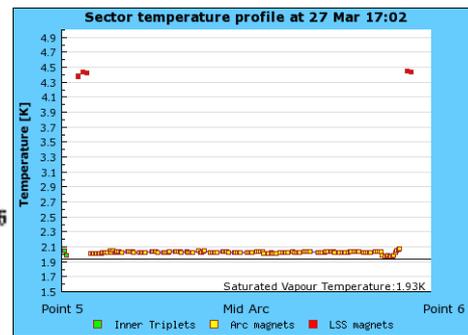
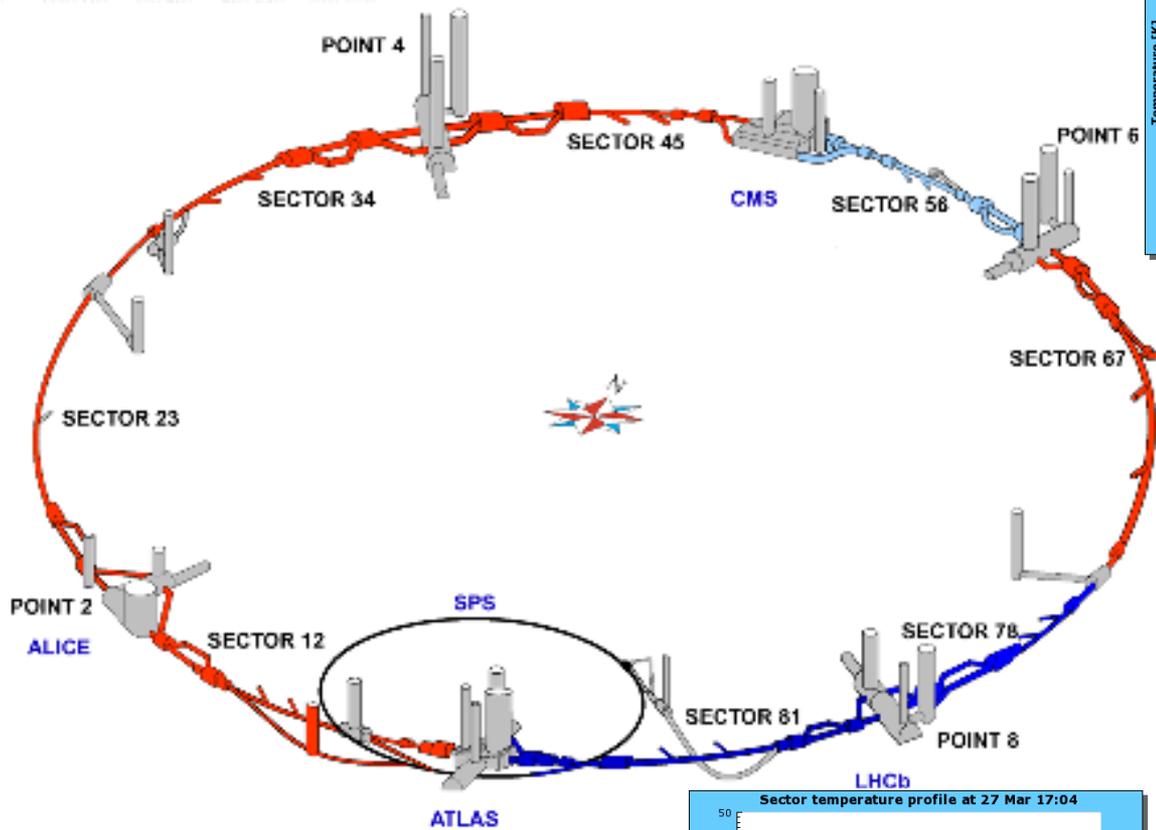
- Février 2007: descente du YB0
- Mars: installation du HCAL
- Mai-Juillet: installation du ECAL
- Janvier – Août: test du trajectographe (12.5%) au « TIF »
- Juillet – Décembre: câblage des calorimètres
- Décembre 2007: **transport et insertion du trajectographe**
- Janvier 2008: descente des dernier éléments lourds
- Février-Mars: câblage ( principalement du trajectographe)
- Mars-Avril: test du trajectographe, installation du beam-pipe
- Mai/Juin: fermeture de CMS, runs cosmiques (« CRAFT »)





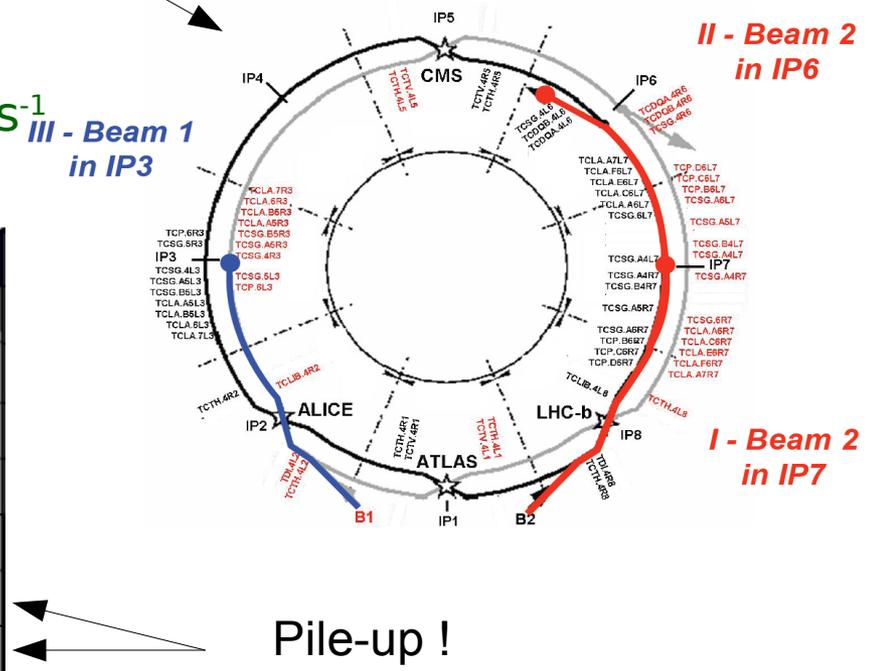
# 2008 *devrait* ressembler à...



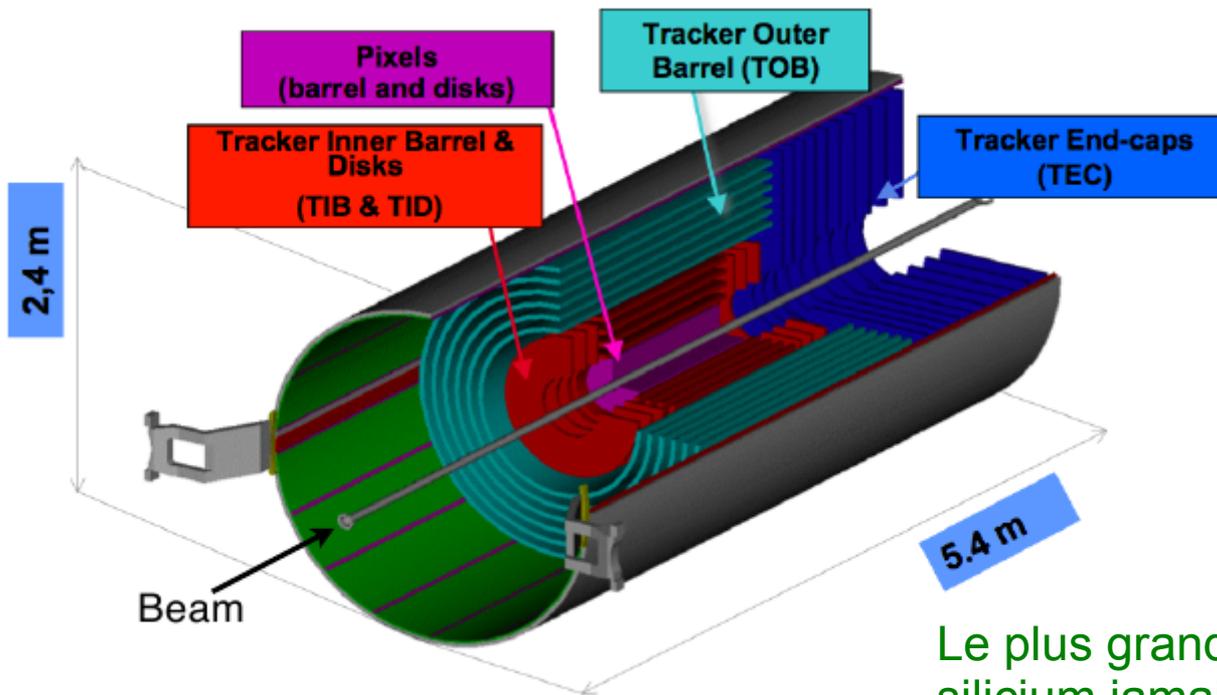


# 2008 *pourrait* ressembler à...

- Juin 2008 : fin du refroidissement
- Juillet-Août 2008:
  - « Commissioning with beam »
    - ❑ Test d'un arc avec un faisceau
    - ❑ Montée progressive à 5 TeV
- Septembre - Décembre: Runs pilotes
  - ❑ Durée: ~2 mois effectifs
  - ❑ Luminosité croissante ->  $10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
  - ❑ Luminosité intégrée:  $\sim 100 \text{ pb}^{-1}$



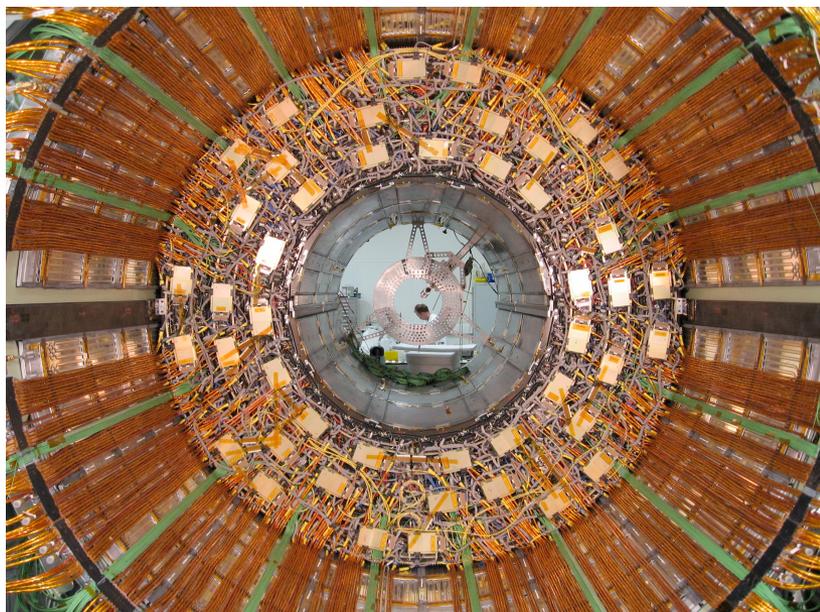
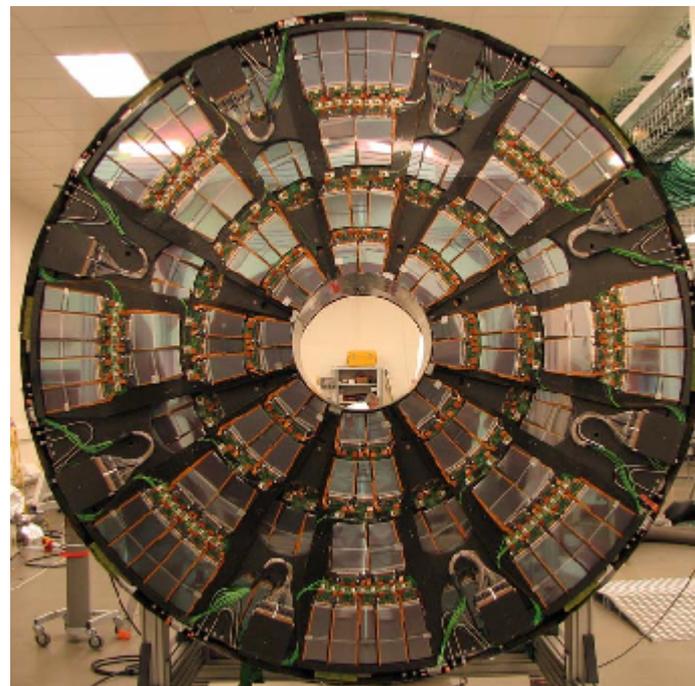
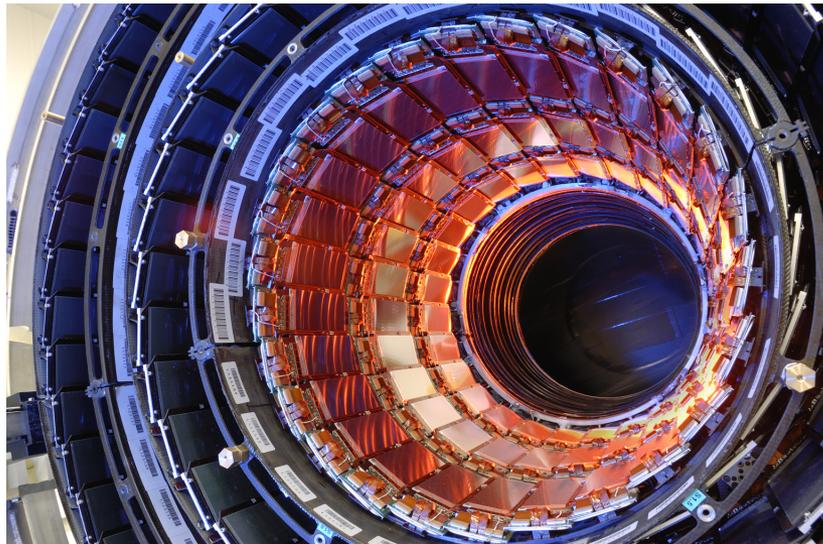
Bunches	$\beta^*$	$I_b$	Luminosity	Pileup
1 x 1	18	$10^{10}$	$10^{27}$	Low
43 x 43	18	$3 \times 10^{10}$	$3.8 \times 10^{29}$	0.05
43 x 43	4	$3 \times 10^{10}$	$1.7 \times 10^{30}$	0.21
43 x 43	2	$4 \times 10^{10}$	$6.1 \times 10^{30}$	0.76
156 x 156	4	$4 \times 10^{10}$	$1.1 \times 10^{31}$	0.38
156 x 156	4	$9 \times 10^{10}$	$5.6 \times 10^{31}$	1.9
156 x 156	2	$9 \times 10^{10}$	$1.1 \times 10^{32}$	3.9



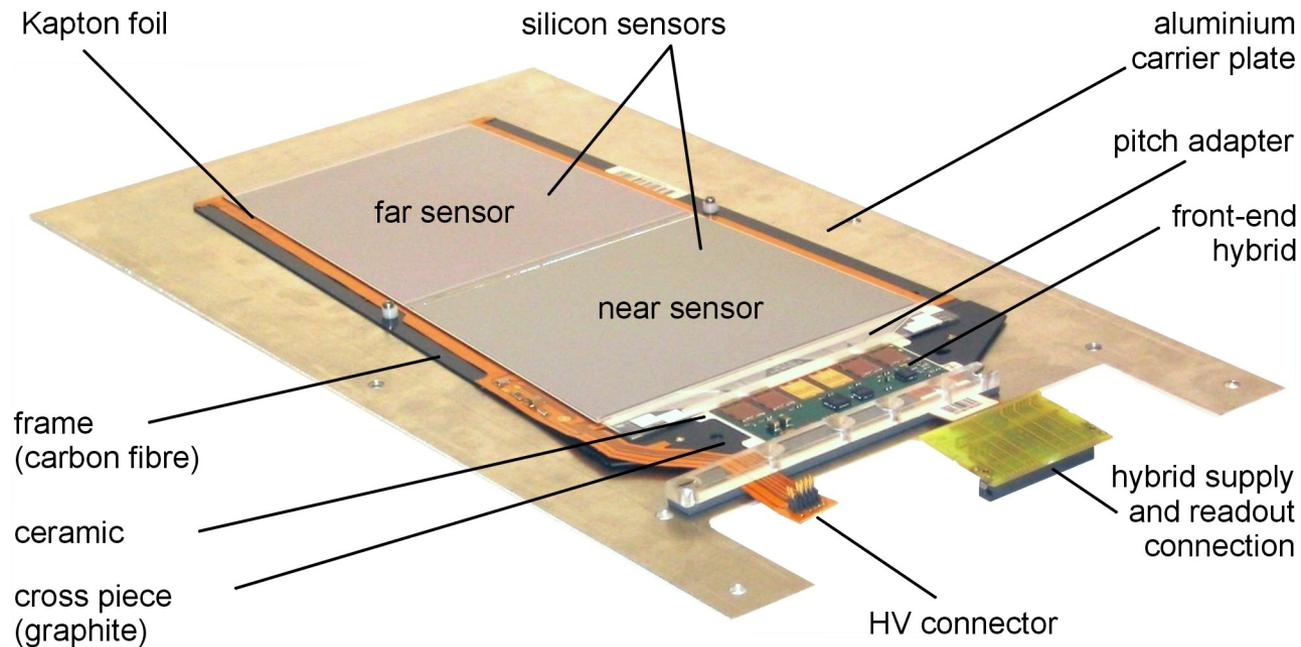
Le plus grand trajectographe silicium jamais construit !

En ne parlant que du détecteur à micro-pistes:

- 200 m<sup>2</sup> de silicium
- 24244 senseurs (15148 modules)
- 11'059'200 canaux d'acquisition
- 4 sous-détecteurs, couvrant les pseudorapidités  $|\eta| < 2.5$

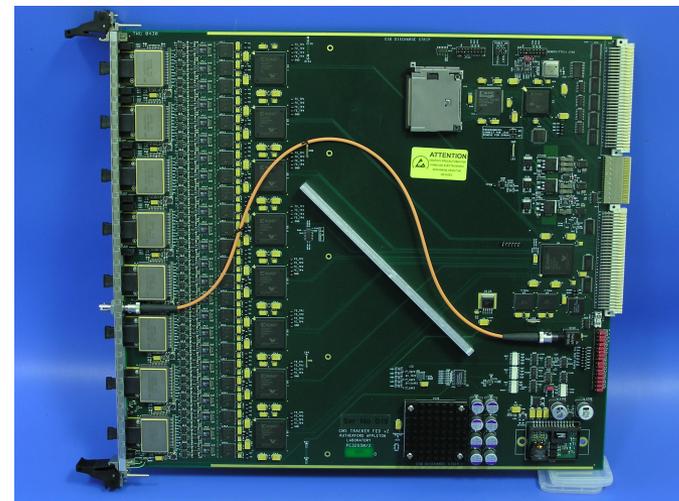
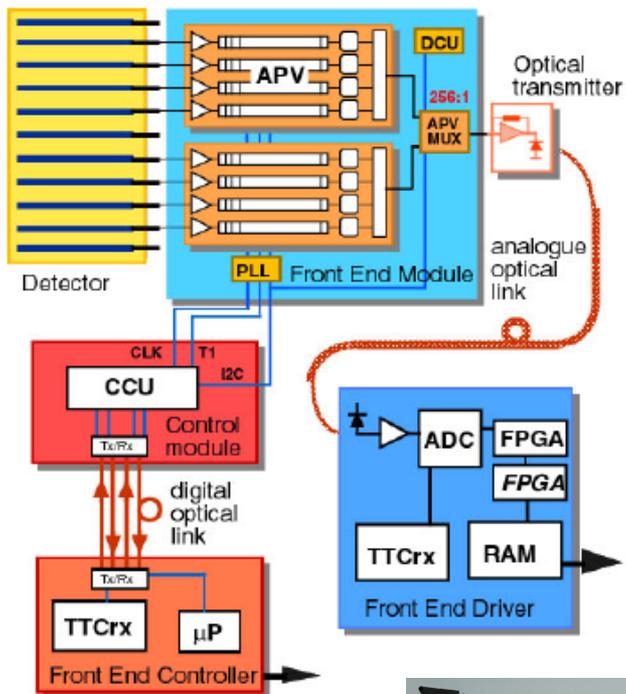


Un module TEC sur la plaque de transport:



- Le module est l'élément de base pour la mise en route
  - Contient un ou deux senseurs
  - Contient l'électronique d'acquisition (APV25, PLL, ...)
  - Connections basse tension
  - Connections haute tension

- L'acquisition du trajectographe de CMS consiste de:
  - ❑ Le « front-end » qui lit la charge déposée, fait la mise en forme du signal et transmet un signal analogique optique.
  - ❑ Le **FED** qui contient les ADCs.
  - ❑ Le **FEC** pour la distribution de l'horloge et des signaux de déclenchement, ainsi que pour le contrôle du front-end.



- L'APV25 échantillonne le signal toutes des 25ns et le stocke dans une pile capacitive de 192 cellules.
- L'APV25 peut fonctionner dans deux mode:

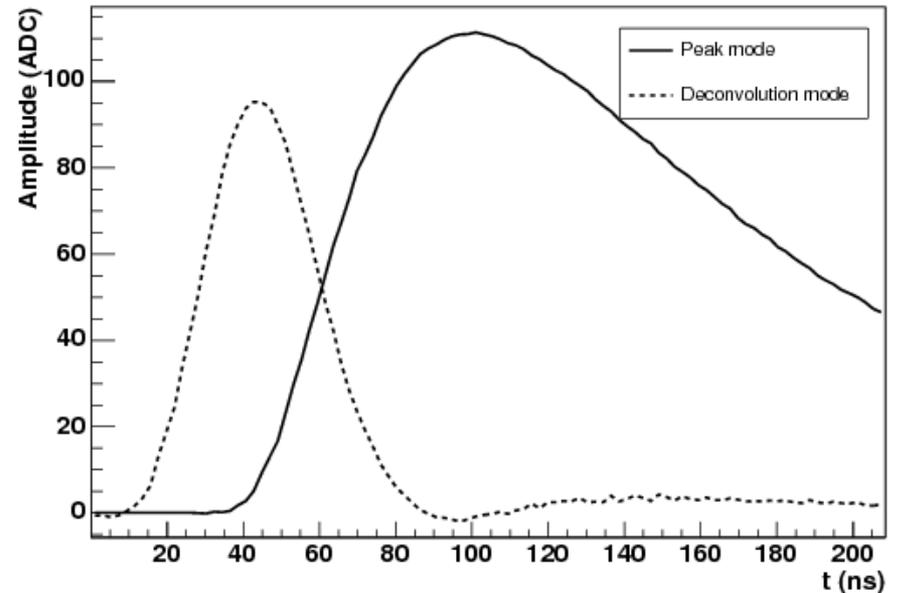
## □ « peak mode »

- « signal brut » au sortir du pré-amplificateur
- Le signal est une RC-CR dont le temps propre est 50ns
- Couvre ~250 ns

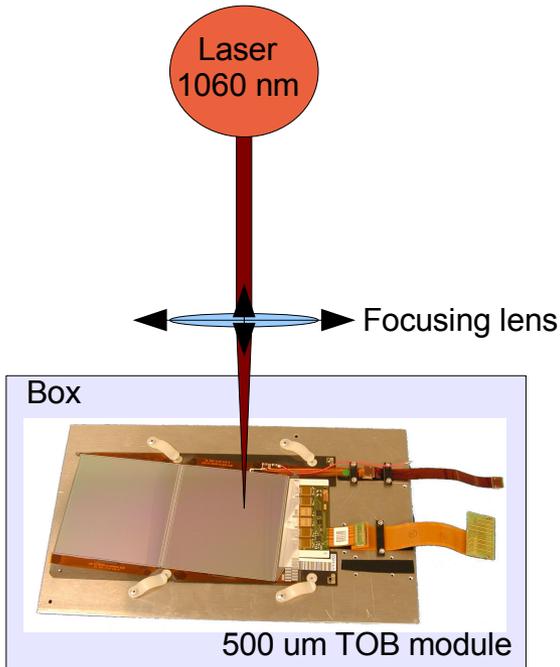
$$S_{\text{peak}}(t) \propto \frac{t}{\tau} e^{-t/\tau}$$

## □ « deconvolution mode »

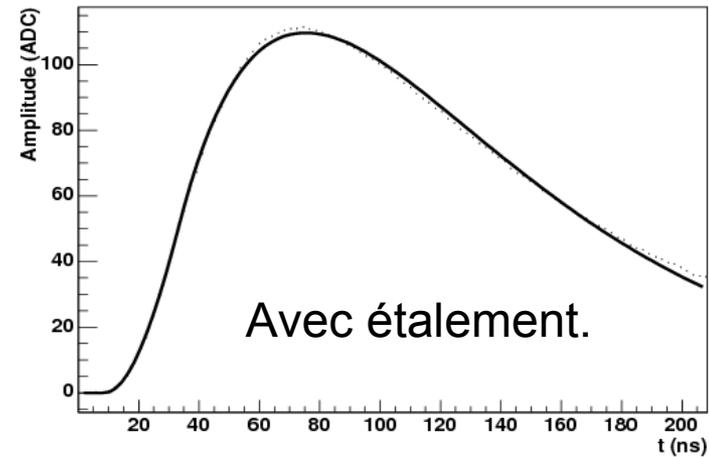
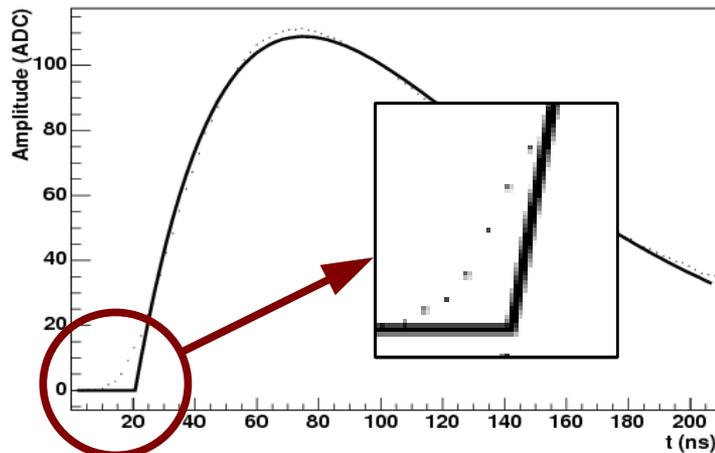
- Signal déconvolué obtenu en effectuant la somme pondérée de 3 cellules
- Réduit la largeur du signal
- FWHH: 25ns



$$S_{\text{deconv}}(t) = 1.2131S_{\text{peak}}(t - 25\text{ns}) - 1.4715S_{\text{peak}}(t) + 0.4463S_{\text{peak}}(t + 25\text{ns}).$$

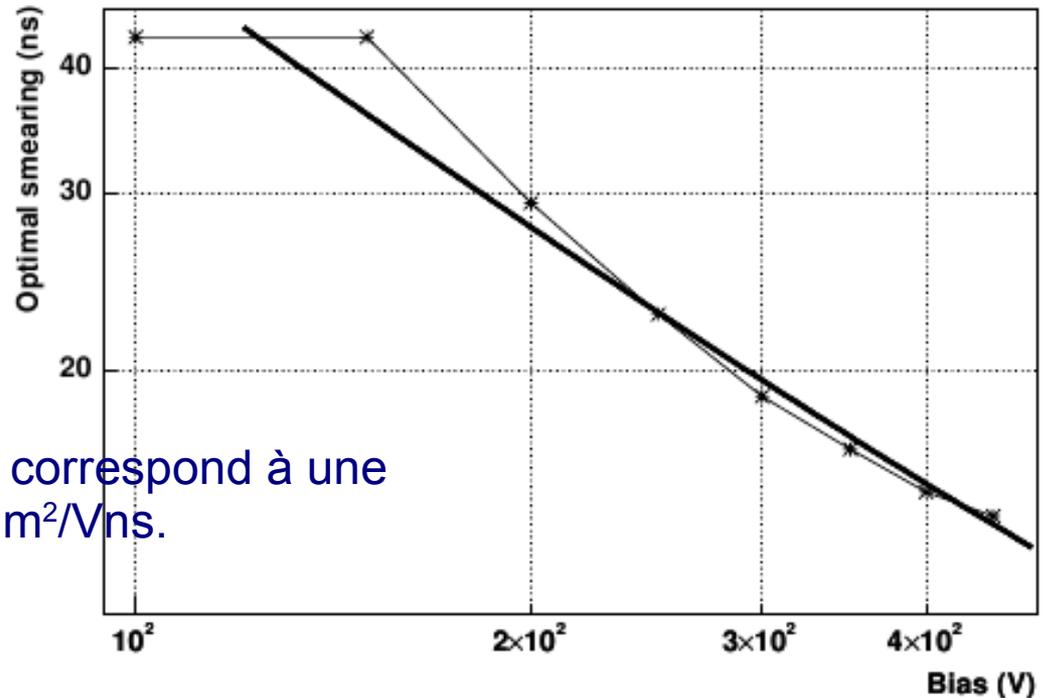


- La description du signal par une fonction RC-CR n'est pas suffisante.
  - ❑ Mauvaise description du flanc montant
- Le signal a été étudié en détail en laboratoire.
  - ❑ Module illuminé par un laser
  - ❑ Environnement contrôlé.
- La signal peut être reproduit en introduisant un étalement  $O(30\text{ns})$ 
  - ❑ convolution avec une fonction rectangulaire



L'étalement introduit reflète le **temps de dérive des trous dans le silicium.**

La pente obtenue correspond à une mobilité de  $45.7 \text{ um}^2/\text{Vns}$ .



Temps de dérive:

$$t = \frac{H^2}{\mu_h V}$$

Mobilité des trous:

$$\mu_h = 54.3 \left(\frac{T}{300}\right)^{0.57} + \frac{1.35 \cdot 10^8 T^{2.23}}{1 + \frac{N}{2.35 \cdot 10^{17} \left(\frac{T}{300}\right)^{2.4}} 0.88 \left(\frac{T}{300}\right)^{0.146}}$$

$45.7 \text{ um}^2/\text{Vns}$  à température ambiante pour un dopage faible.

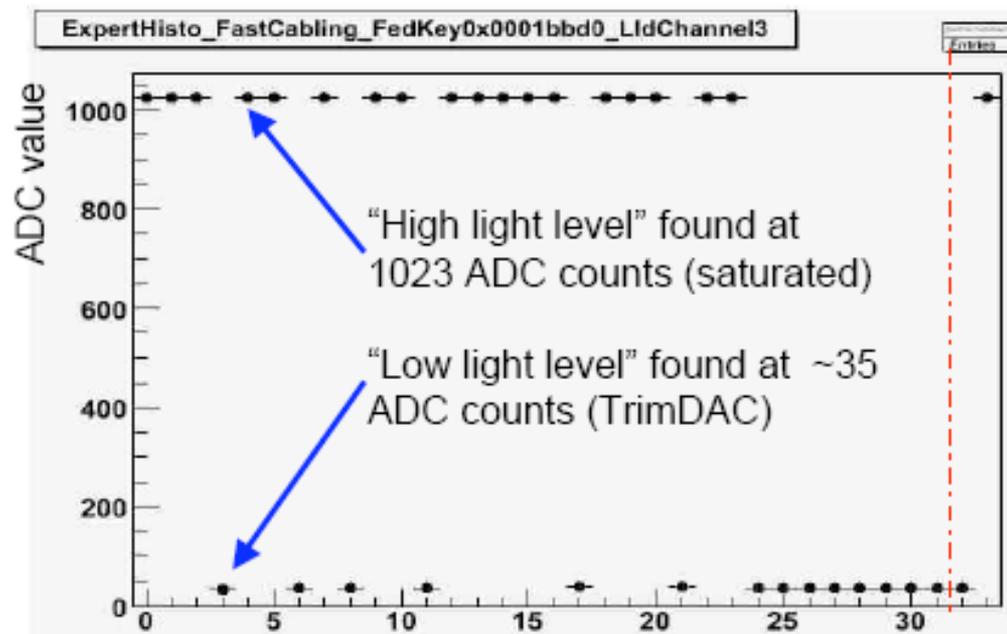


# Commissioning

- Le commissioning du trajectographe se fait en plusieurs étapes indépendantes.
  - ❑ Contrôle du câblage électrique.
  - ❑ Contrôle du câblage optique
  - ❑ Synchronisation interne
  - ❑ Gain optique (amplitude du signal reçu)
  - ❑ Ajustement de la ligne de base analogique
  - ❑ Ajustement de la forme du signal
  - ❑ Mesure du Piédestal et du Bruit
  - ❑ Détermination du bon croisement de faisceau (25ns)
  - ❑ Réglage fin de l'échantillonnage du signal

- Objectif: Identifier quelle fibre (quelle entrée FED) correspond à quel élément du détecteur (quelle paire d'APVs)
- Chaque paire d'APV est identifiée de façon unique par:
  - ❑ le DCU ID: ID unique (32 bits) encodé dans le DCU de chaque module
  - ❑ Le numéro de paire (0, 1, 2)
- Cela forme un identifiant de 34 bits, qui peut être sérialisé par chaque laser en 34 évènements, quel que soit la taille du système (de 1 module au tracker entier)
  - ❑ Évènement par évènement, le laser est mis on ou off selon la valeur du bit considéré
  - ❑ Les canaux non connectés reçoivent toujours « 0 »
- L'information recueillie est:
  - ❑ Valeur de saturation de chaque laser/ADC
  - ❑ Seuil « 0 » de chaque ADC
  - ❑ Liste des canaux actifs
  - ❑ Adresse du composant connecté à chaque ADC
- **Le câblage est totalement dynamique !**

## Expert-level histogram example

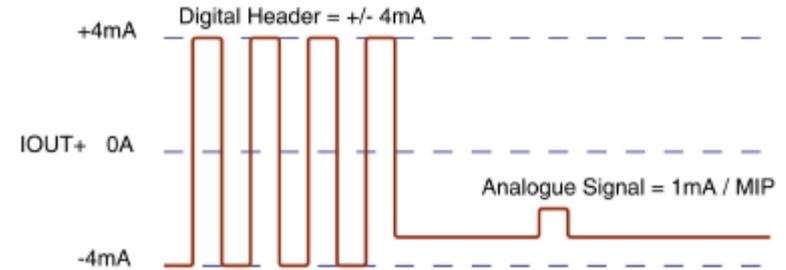
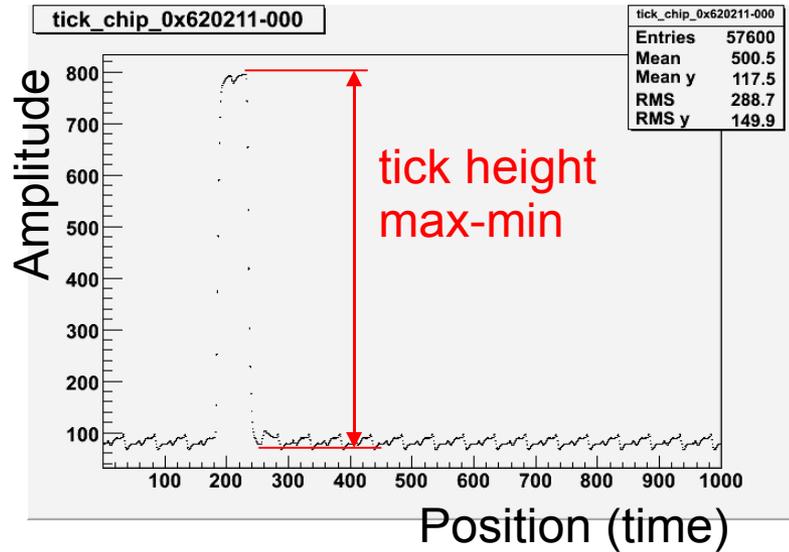


Identifiant  
de module

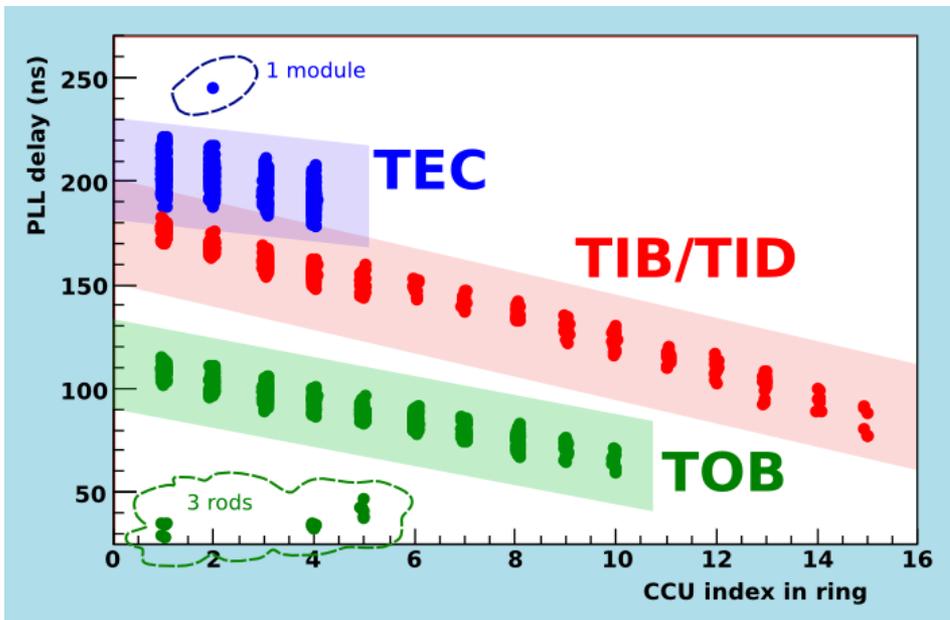
→ **0x00ddf6B7 = 0000 0000 1101 1101 1111 0110 1011 0111**

Laser  
(1, 2 ou 3)

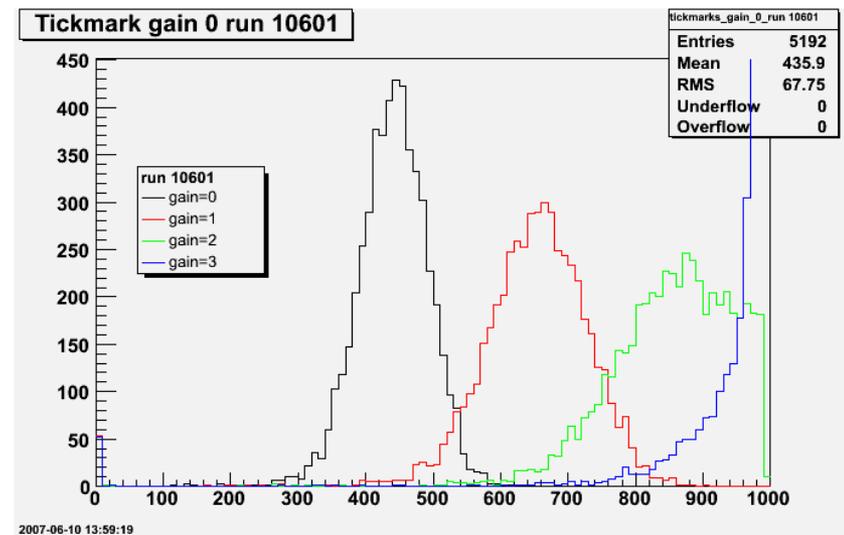
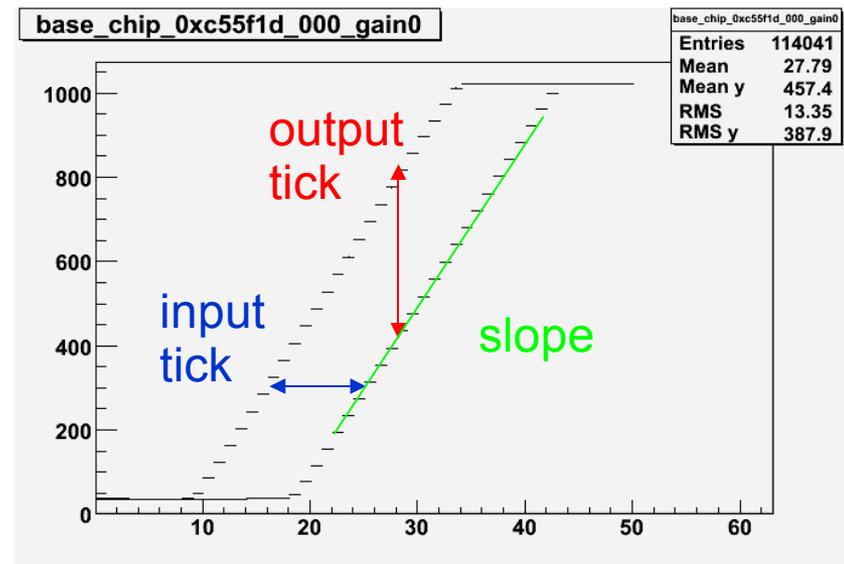
→ **LLD channel = 3**

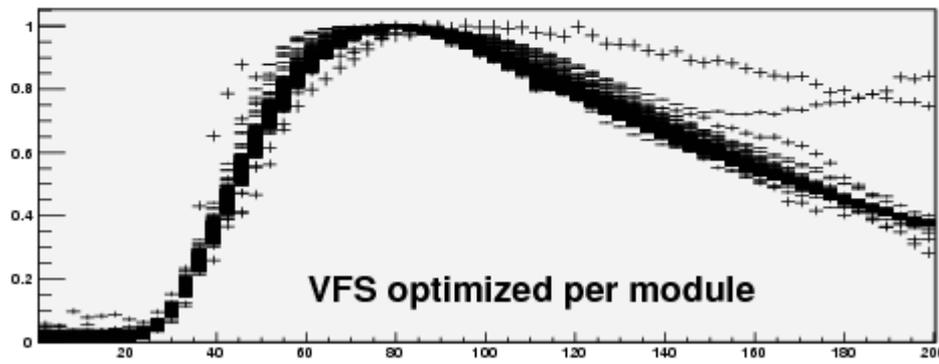
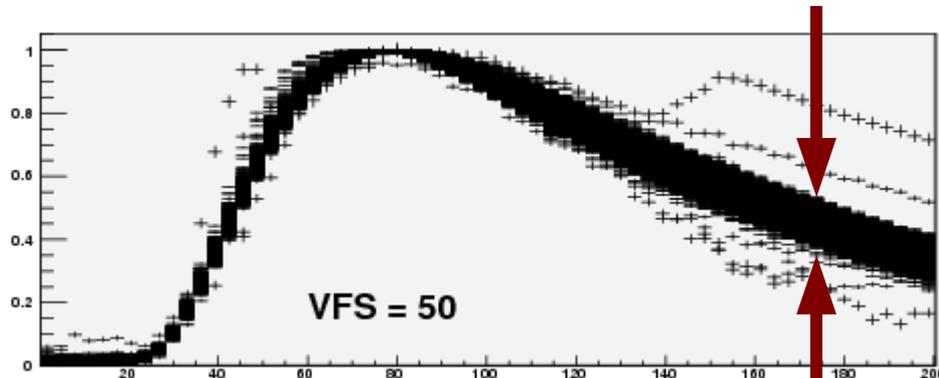


- Première étape exploitant les signaux de fonctionnement de l'APV
  - ❑ Programmation de la PLL ("phase-locked loop") présente sur chaque module.
  - ❑ Compense les différentes longueurs de fibre / cheminement électrique du signal.
- Qualité et amplitude du signal digital
- Position du signal



- Recherche des paramètres idéaux des lasers de l'AOH (analog opto-hybrid):
  - ❑ Biais du laser
  - ❑ Gain du laser (échelle d'entrée)
- Quantités mesurées:
  - ❑ Hauteur du signal de sortie,
  - ❑ “pente”,
  - ❑ Estimation du signal en entrée (input tick).
- Les paramètres optimaux sont automatiquement déterminés pour chaque AOH:
  - ❑ Dépend de la température,
  - ❑ Dépend du flux intégré.



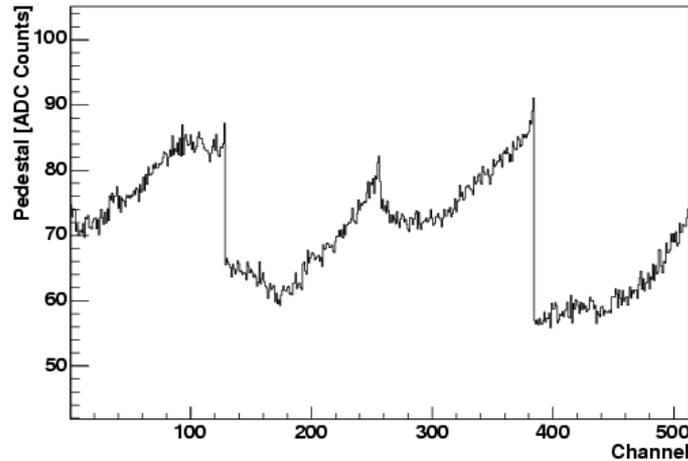


- La forme du signal de chaque APV doit être ajustée:
  - Homogénéité de la réponse du trajectographe
  - Stabilité des performances au cours du temps
  - Reproductibilité (simulation)
  - Réduction des systématiques pour les études  $dE/dx$
  - Réduction des systématiques pour les études de la réponse pour les particules hors-temps.
- Exemple: “VFS tune” (tension de rétroaction du circuit de mise en forme).

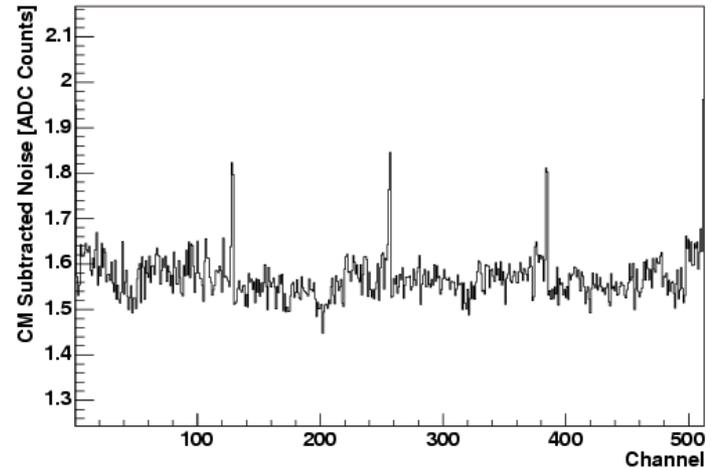
# Mesure du bruit et du piédestal

- Le bruit est mesuré individuellement pour chaque piste (11 millions de canaux).
- Le bruit est stable au cours du temps, et serait mesuré quotidiennement lors de runs dédiés.
- L'information est alors utilisée directement par les FEDs pour l'algorithme de zéro-suppression.

Pedestal vs. Channel

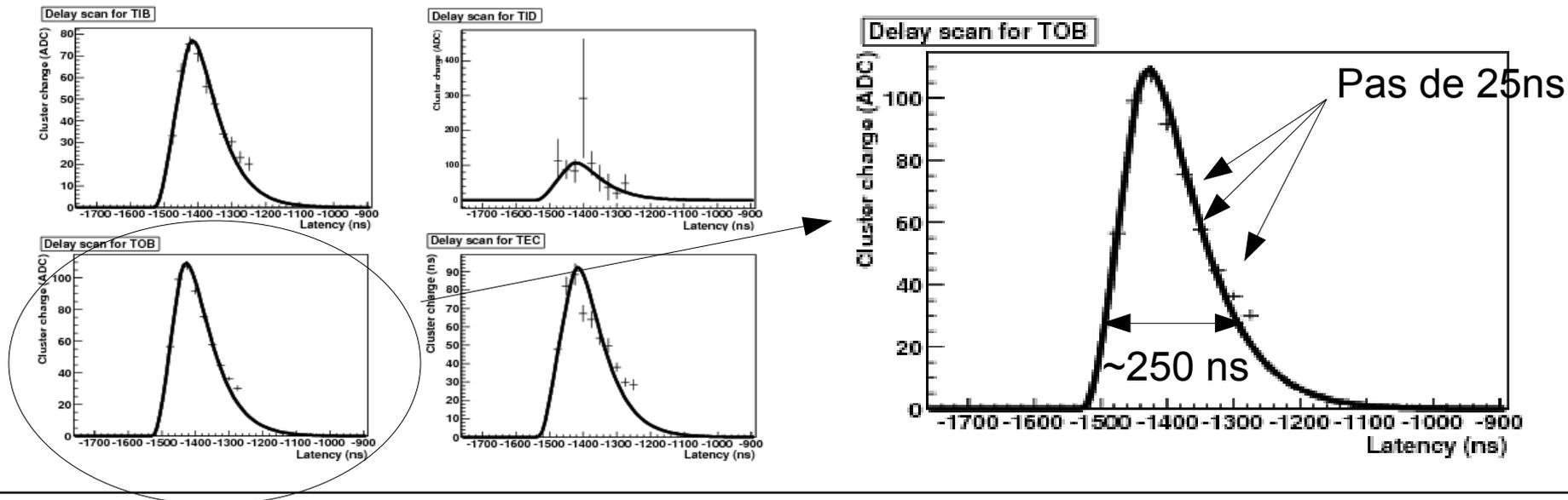


CM Subtracted Noise vs. Channel



- Le bruit est:
  - ❑ Faible ( $\sim 1000$  électrons).
  - ❑ Dépendant de la température comme attendu.
  - ❑ Dépendant de la longueur des pistes comme attendu.

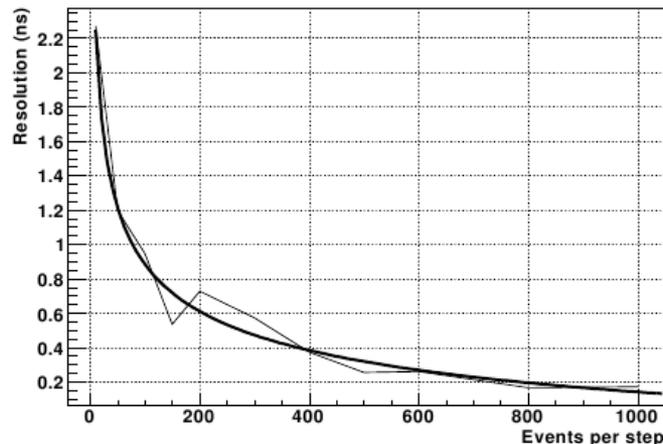
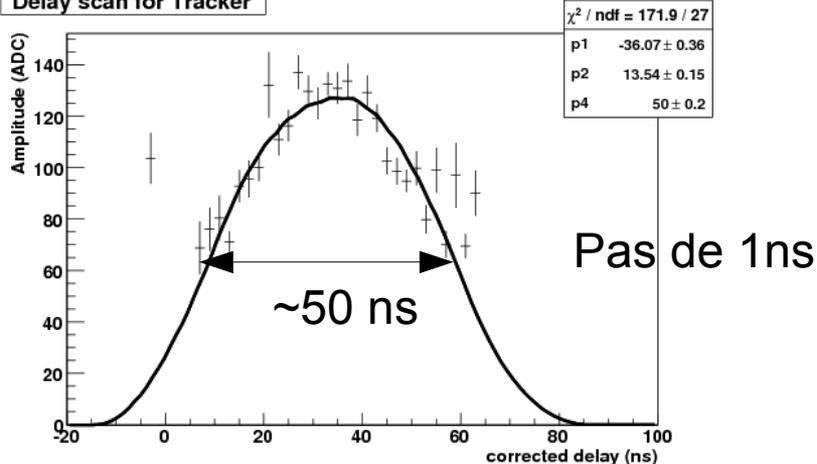
- Objectif: synchronisation avec le signal de déclenchement externe.
  - Recherche de la bonne cellule dans la pile de l'APV
    - <=> recherche du bon croisement de faisceau.
- Les valeurs de latence sont parcourues par pas de 25ns.
- La latence optimale est obtenue en reconstruisant le développement temporel du signal et en choisissant le point correspondant au maximum du signal.



# Réglage fin de l'échantillonnage

- L'incertitude qui subsiste sur le rapport S/N après le run de latence est de l'ordre de 3%.
- Un réglage fin est néanmoins indispensable pour contrôler **l'occupation** du détecteur.
- Une précision de 1ns sur la synchronisation est obtenue:
  - ❑ En faisant fonctionner une couche en mode déconvolution, le reste comme un télescope en mode peak
  - ❑ En parcourant les valeurs de délai de chaque module (PLL)
  - ❑ En utilisant le signal de traces reconstruites
- Il faut tenir compte des effets de temps de vol, de la longueur des fibres de lecture, etc.

Delay scan for Tracker

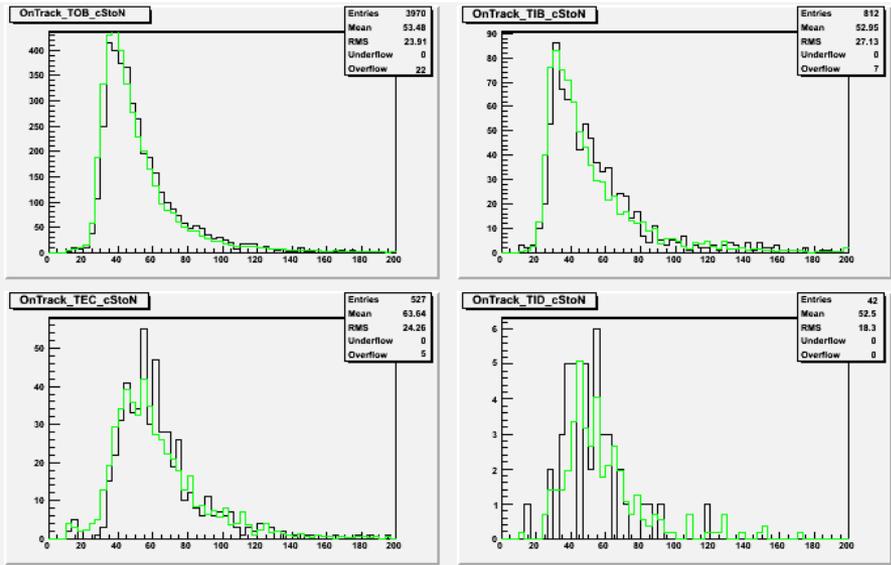


type de run	Durée	Fréquence	Conditions
Connectivité	30 minutes	Shut Down	pas de faisceau HV off
Synchronisation interne	15 minutes	quotidien	pas de faisceau HV off
gain optique	1 heure	quotidien	pas de faisceau HV off
ajustement de la forme du signal	4 heures	Shut Down	pas de faisceau HV on
APV Calibration (Gain 10%)	1 heure	hebdomadaire	pas de faisceau HV on
Piédestal et bruit	30 minutes	quotidien	pas de faisceau HV on
Latence	10 minutes	Shut Down	faisceau, HV
Réglage fin de l'échantillonnage	45 minutes	Shut Down	faisceau, HV

- Runs Quotidiens
  - ~2 heures
- Runs Hebdomadaires
  - ~3 heures
- Lors d'un shutdown
  - ~2 jours

➔ Également en continu pendant la prise de données !

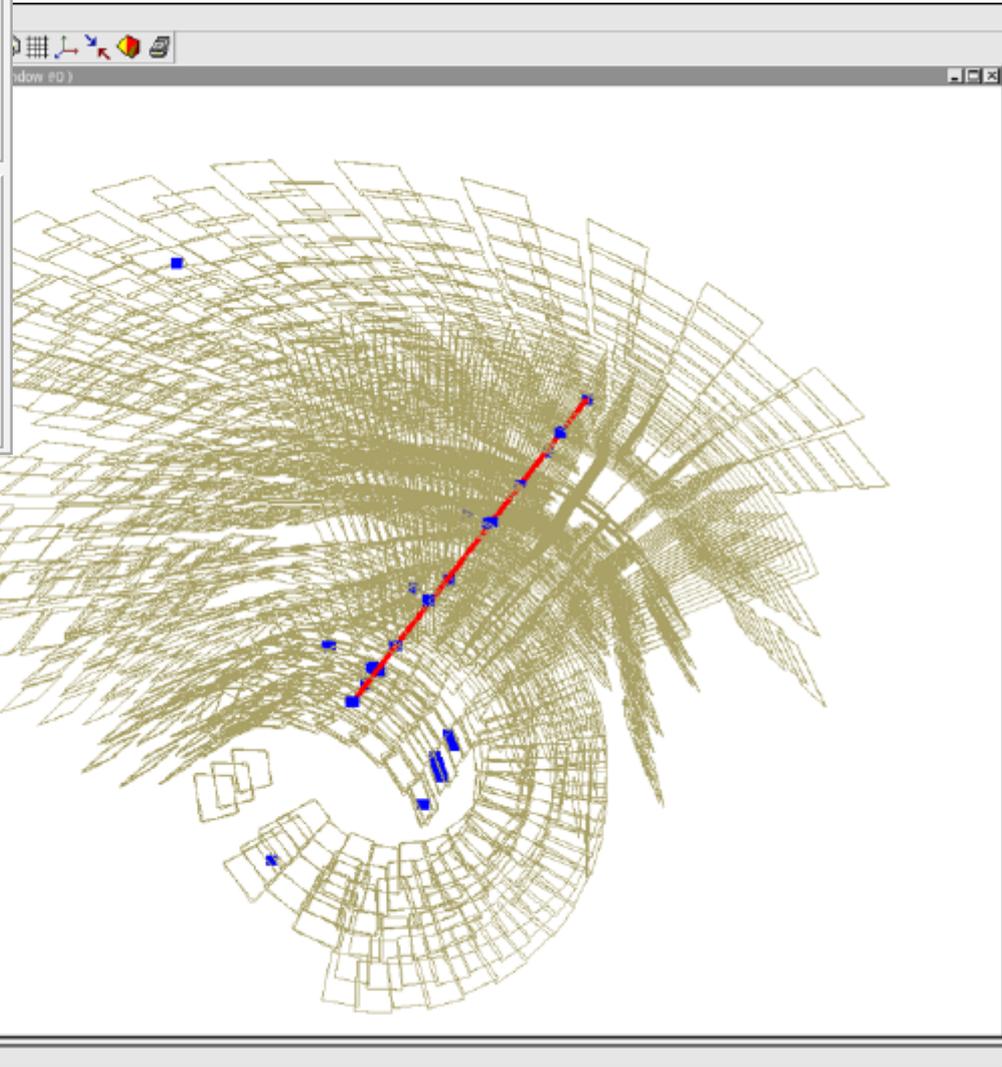
➔ Cela représente plus de 55TB de données par an !



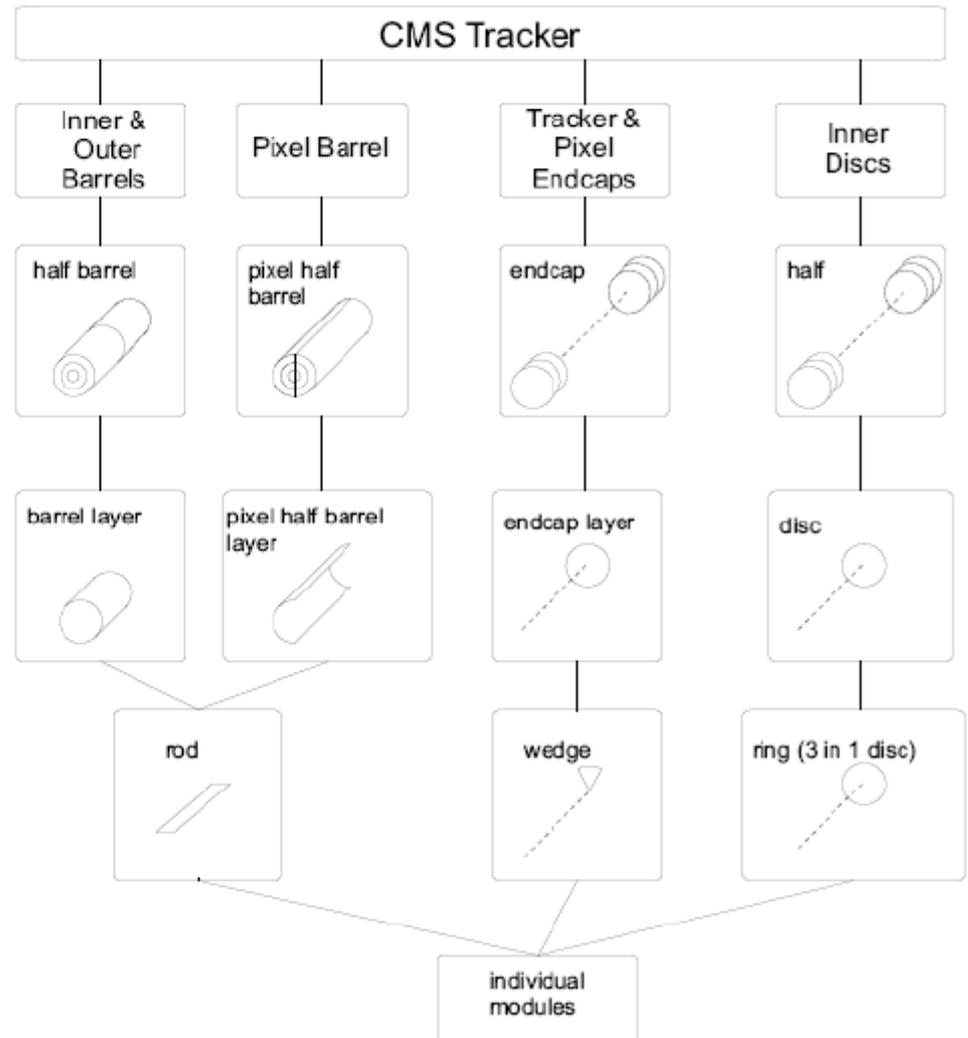
-TIB  
 -TOB  
 -PixeEnd...  
 -TID  
 -TEC

Alias (Friendly Name + Module Label + Instance Name + Process Name)

Run # 9270, event # 79

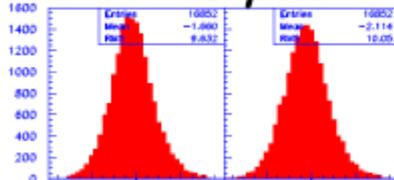


Estimated RMS in $\mu m$			
TIB		TEC	
Sensor		Sensor	
Module	10	Module	10
Shell	180	Petal	20
Cylinder	450	Disc	70
Tube	750	TEC	150
		Tube	600



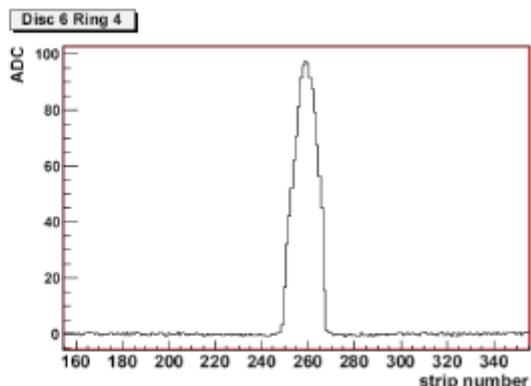
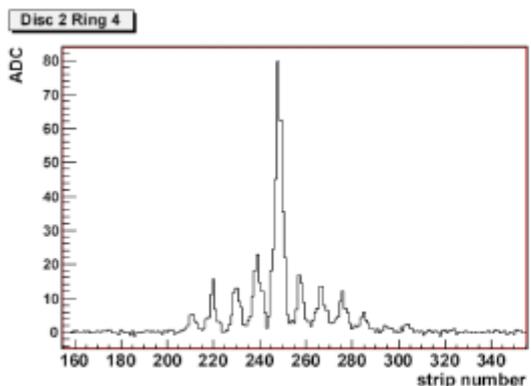
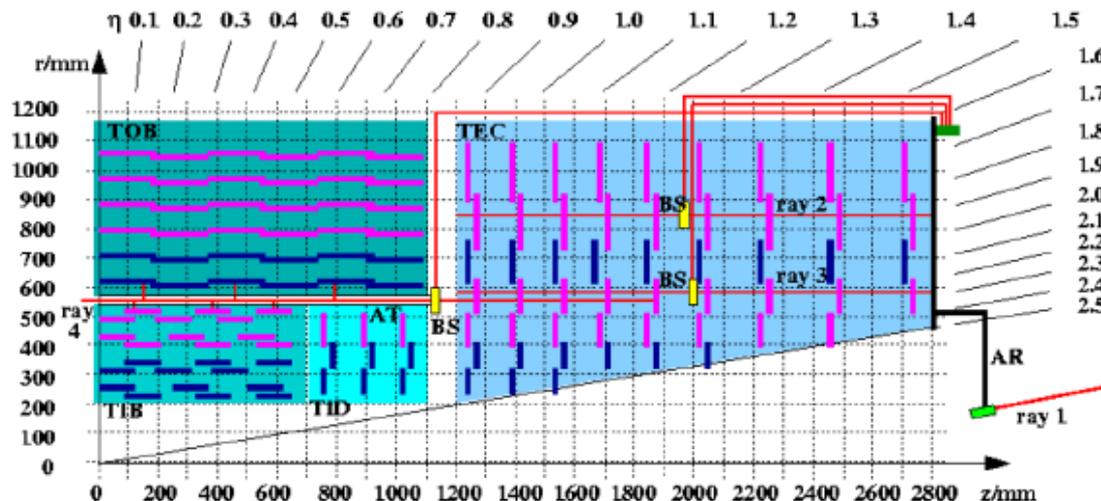
Sensor vs module:

$$\sigma = 10 \mu m$$



➔ La précision de montage se dégrade pour les grandes structures.  
Incertitude initiale O(mm)

- Un premier alignement grossier est obtenu à l'aide d'un système laser
  - ❑ Alignement relatif des différentes structures
  - ❑ Runs dédiés
  - ❑ Variation de puissance au cours du run
  - ❑ Limite supérieure sur la précision atteinte: 60 $\mu$ m (comparaison avec la photogrammétrie)



- Les senseurs sont utilisés pour la mesure
- La forme du signal dépend de la couche considérée.

- L'alignement laser est complété par un alignement par les traces (par la physique)

- Traces de muons de désintégration de Z et W

- Abondantes à haute luminosité
    - Peu de diffusion

- □ Rayons cosmiques

- Permettent de relier les régions opposées du détecteur
    - Fournissent des lignes droites à  $B=0$  (mais le détecteur bouge!)

- □ Muons du « halo » du faisceau

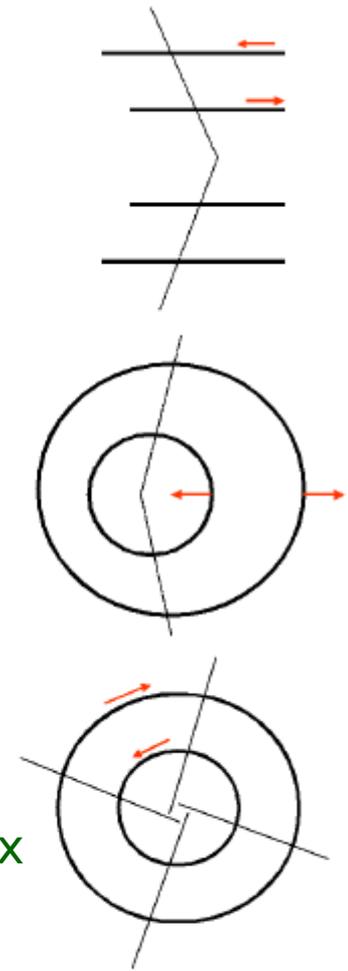
- Similaires aux cosmiques pour les bouchons

- Muons de la désintégration Z ou J/psi avec contrainte de masse

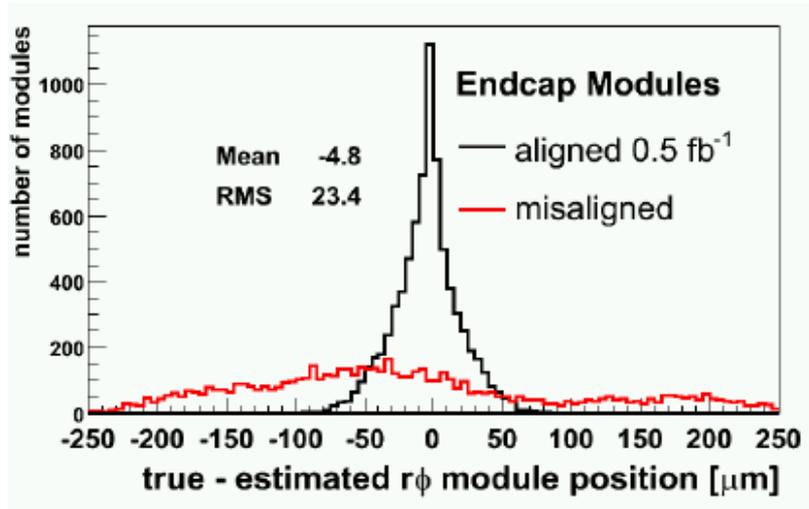
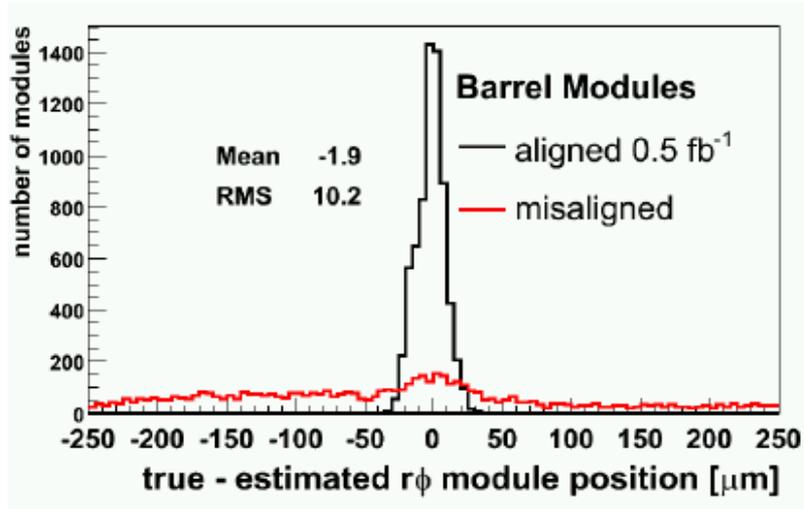
- Contrainte en phi par le vertex
    - La masse contraint l'impulsion

- □ Traces de minimum bias avec ou sans contrainte vertex

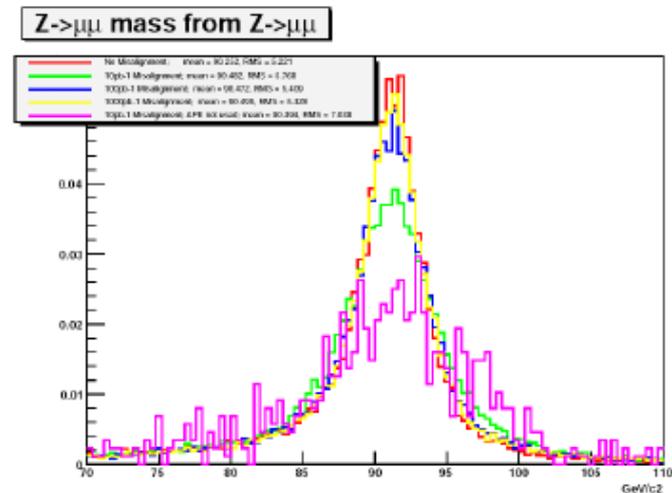
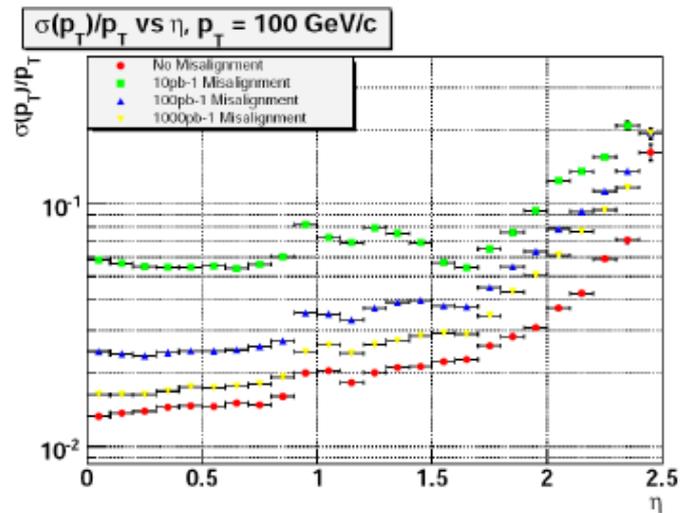
- Abondantes au démarrage
    - Contrainte sur les rotations r-phi



- Résidus

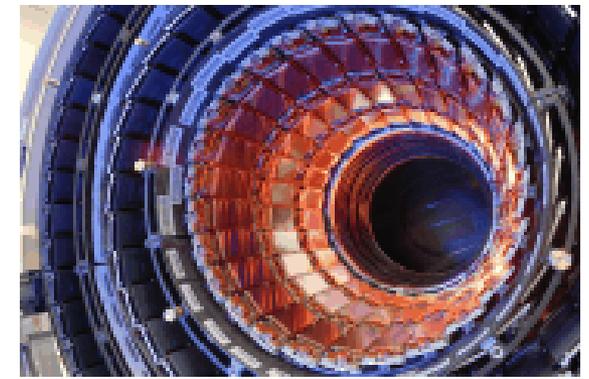
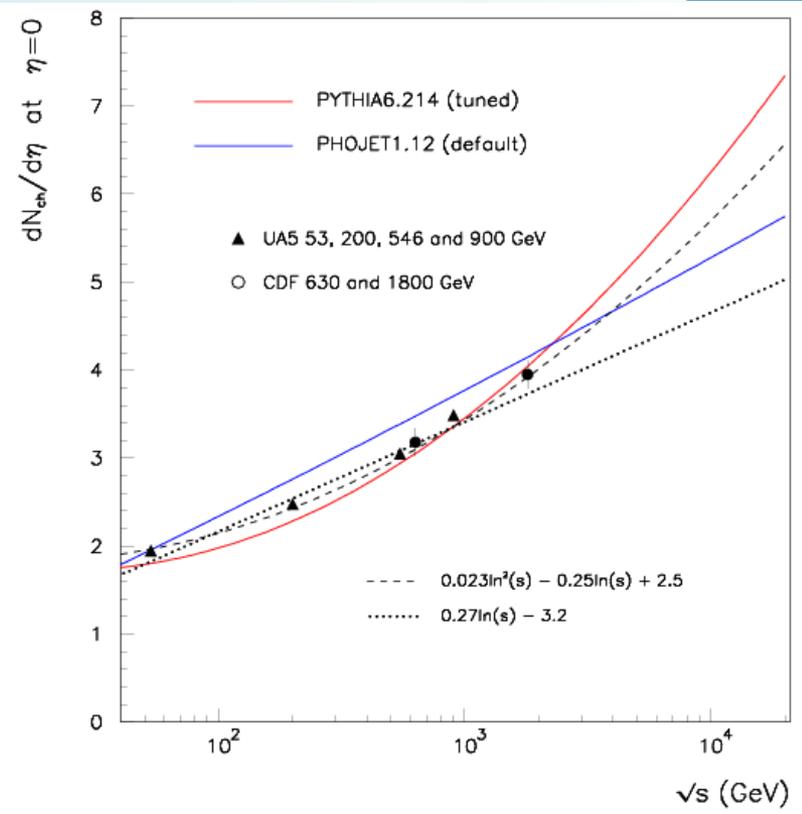


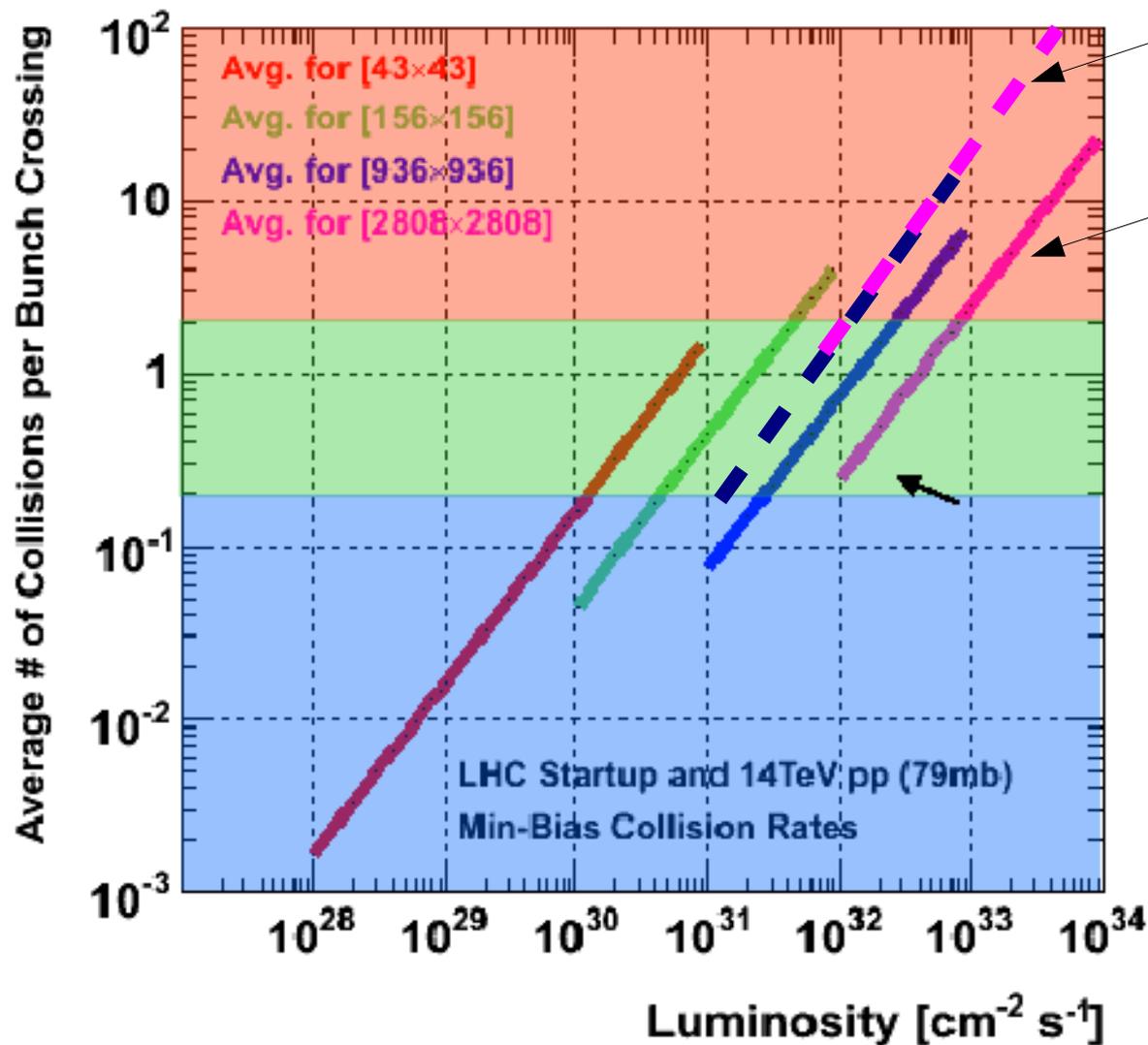
- Impact sur la physique





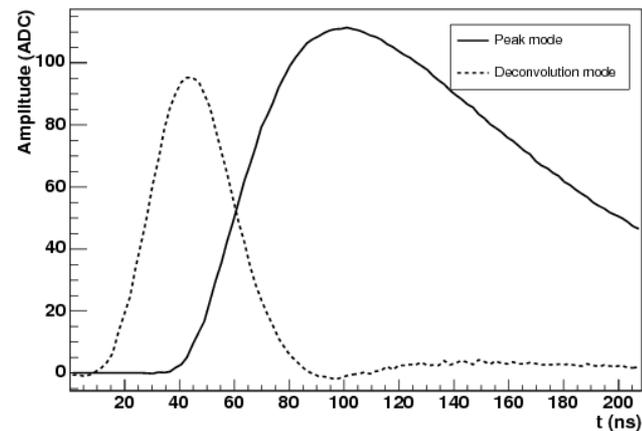
- La théorie prédit:
  - ❑ Section efficace  $W, Z$  à  $\sim 3\%$ ,
  - ❑ Section efficace  $ttbar$  à  $\sim 10\%$ ,
  - ❑ Mais la multiplicité de charge du minimum bias uniquement à  $\sim 50\%$
- Candidat pour une mesure très rapide:
  - ❑ quelques  $10^4$  évènements suffisent à mesurer  $dN_{ch}/d\eta$ ,  $dN_{ch}/dp_T$ 
    - Approximativement 15 minutes de bonnes données !
  - ❑ Difficulté: besoin de comprendre:
    - Bruit de fond du faisceau,
    - L'empilement
    - L'efficacité de reconstruction de traces !!!
    - Impact de l'alignement sur la mesure de Pt.





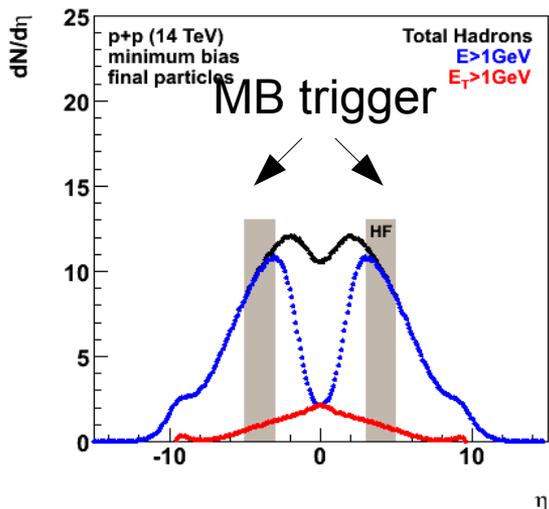
Fonctionnement en mode peak

Fonctionnement en mode déconvolution

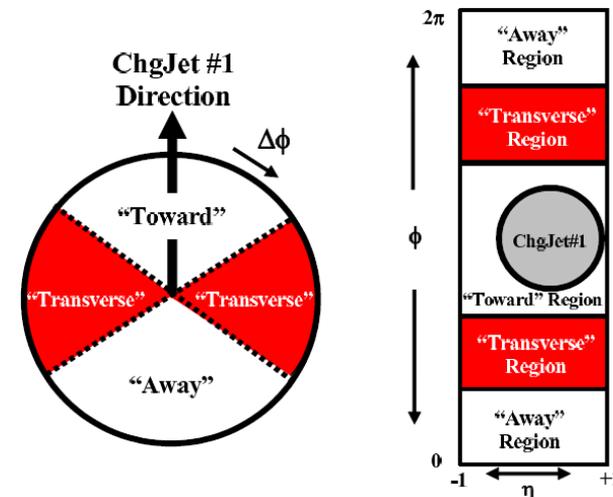


1BX

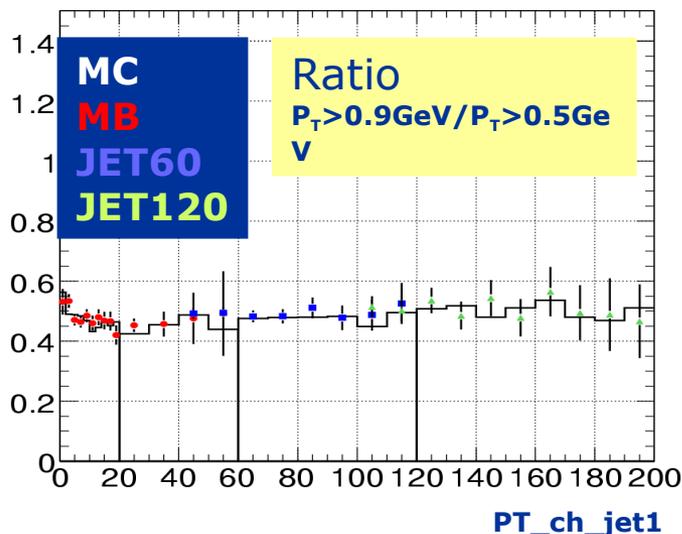
7BX



- Données de jets chargés (utilisant le MB trigger)
- Structure topologique des collisions p-p extraite de l'étude des traces.
- Le jet le plus énergétique définit une direction dans le plan  $\phi$ .
- La région transverse est sensible aux événements sous-jacents.

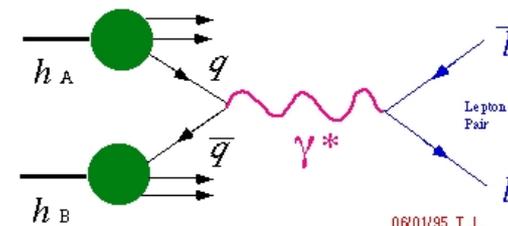


$dN_{ch}/d\eta d\phi$  VS  $PT_{ch\_jet1}$



Principales observables:  
 +  $dN/d\eta d\phi$ , densité de charge  
 +  $d(P_{T\_sum})/d\eta d\phi$ , densité d'énergie

La production D-Y de paires de muons contribue également.



06/01/95 T.I.

La physique du top quark est déjà très riche la première année:

- Calibration du détecteur
- Contrôle de l'efficacité du système de déclenchement
- Mesure de la section efficace  $t\bar{t}$  totale

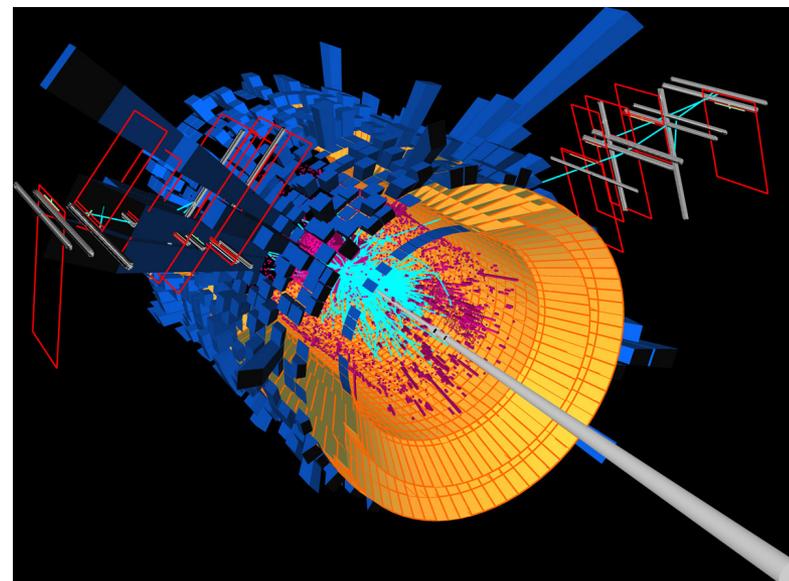
- test des prédictions pQCD  
(connues à  $\sim 10\%$ )
- Sensible à la masse du quark top

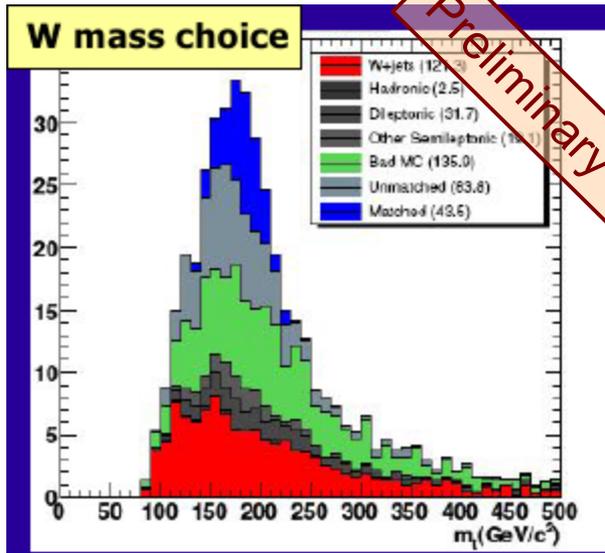
$$\frac{\delta m}{m} \approx 0.2 \frac{\delta \sigma}{\sigma}$$

- Mesure des sections efficaces différentielles

$$\frac{d\sigma}{dp_t}, \frac{d\sigma}{d(M_{t\bar{t}})}$$

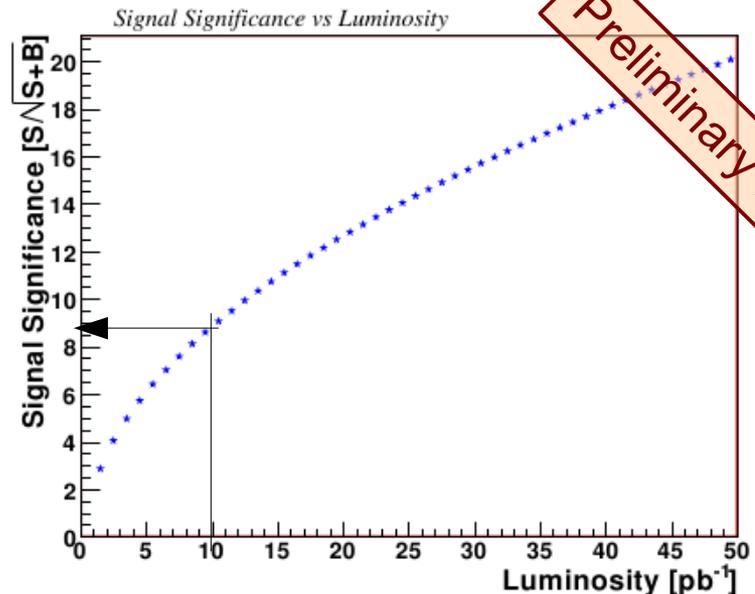
- Sensible à la nouvelle physique
- Mesure initiale directe de la masse du quark top

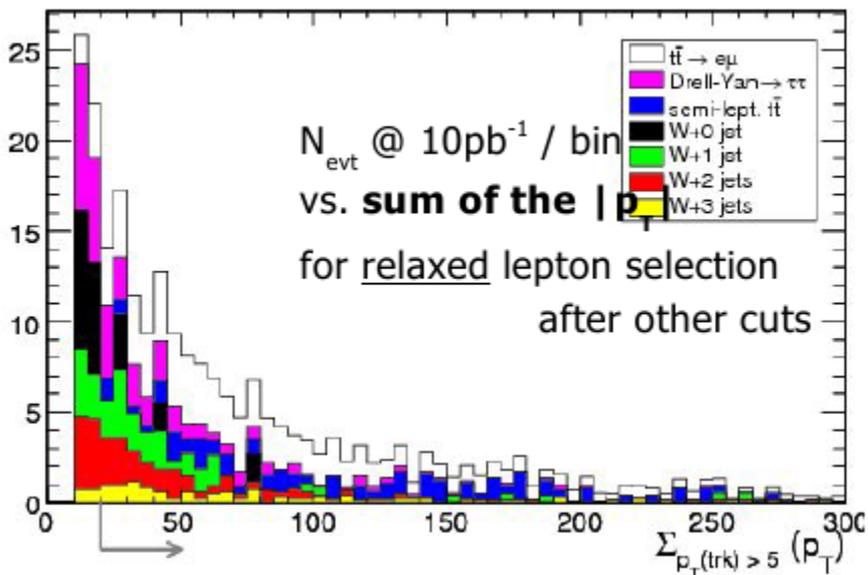




- Sélection:
  - Au moins 4 jets,  $E_t > 30 \text{ GeV}$ ,  $|\eta| < 2.4$
  - Un muon isolé,  $P_t > 20 \text{ GeV}$ ,  $|\eta| < 2.4$
  - Pas d'autre lepton
- Complexe association des jets (12 solutions)
  - $\text{sum}(P_t) \rightarrow$  top hadronique
  - Masse du W  $\rightarrow$  2jets du W

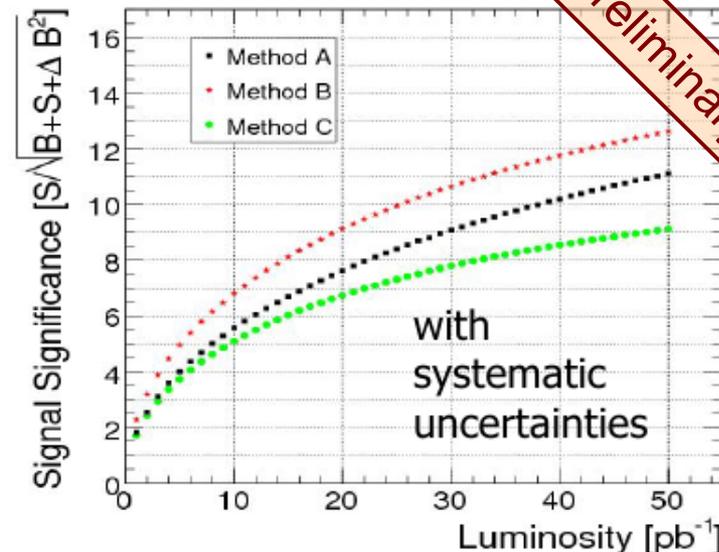
- L'isolation est importante.
  - Isolation calorimétrique
    - $E_t(\text{cone}) < 5 \text{ GeV}$
  - Isolation par le trajectographe
    - $P_t(\text{traces}) < 3 \text{ GeV}$
- La résolution en  $P_t$  à basse énergie est importante.



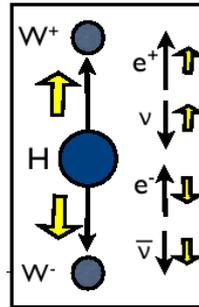


- Signal considéré: électrons et muons *isolés*
- 3 différentes méthodes
  - « méthode B » : basée sur le trajectographe
    - Coupures légères sur les leptons:  $p_T > 20, 25 \text{ GeV}$
    - Coupures sur la multiplicité ( $>2$ ) et l'impulsion totale des traces ( $>20 \text{ GeV}$ )

- Variables « trajectographe »:
  - Aplanarité, sphéricité, circularité
  - Centralité
  - multiplicité, impulsion totale
- Avec quelques jours de données, une signifiacnce de  $5\sigma$  est atteinte.



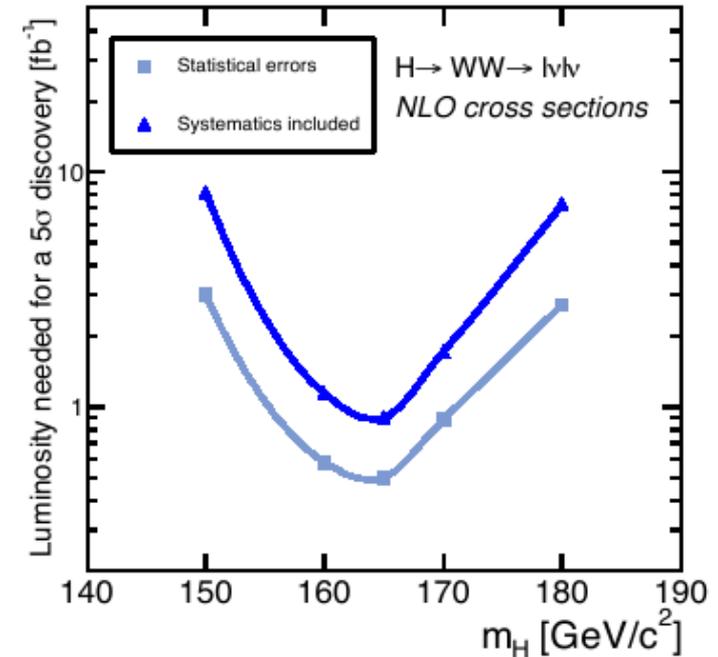
## $H \rightarrow WW \rightarrow |v|v$



Analyse robuste basée sur des coupures simples

- Simulation complète du détecteur
- Estimation réaliste des incertitudes systématiques initiales
- $E_t > 20 \text{ GeV}$ ,  $|\eta| < 2$ ,  $\delta_{lp} < 3$
- Pas de jet avec  $E_t > 15 \text{ GeV}$  et  $|\eta| < 2.5$
- Energie transverse manquante  $> 50 \text{ GeV}$
- $12 \text{ GeV}/c^2 < m_{ll} < 40 \text{ GeV}/c^2$
- $30 \text{ GeV}/c < p_t(\text{lept})^{\text{max}} < 55 \text{ GeV}/c$
- $p_t(\text{lept})^{\text{min}} > 25 \text{ GeV}/c$
- $\phi_{ll} < 45^\circ$

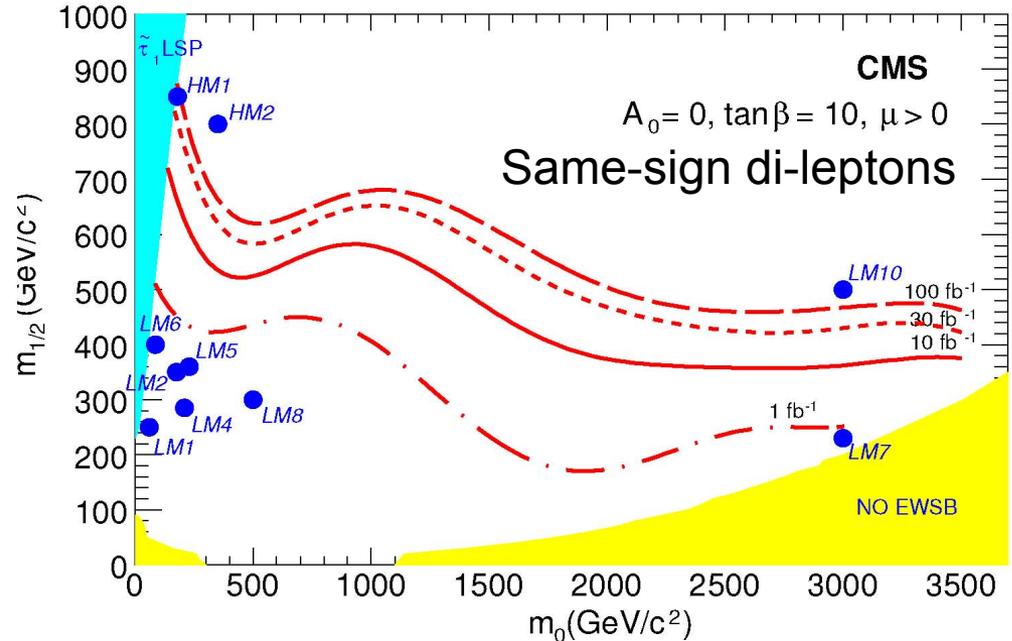
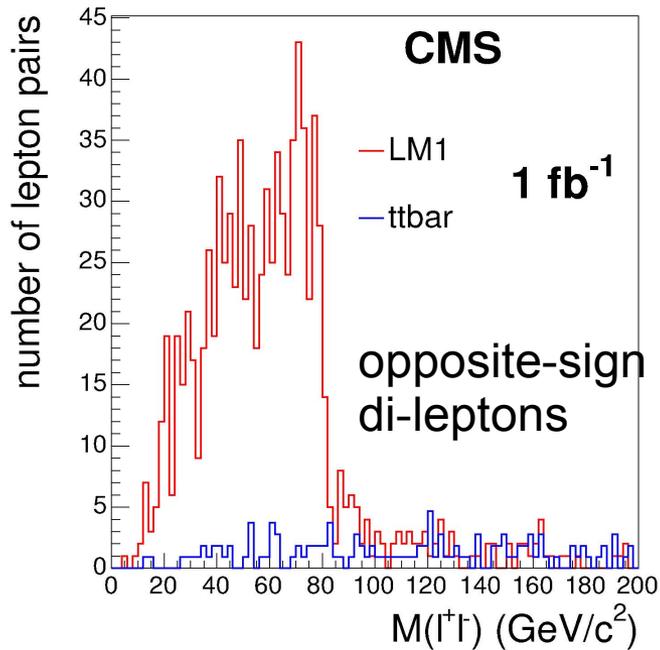
## Luminosity needed for $5\sigma$ significance



Un boson de Higgs de  $165 \text{ GeV}/c^2$  peut être découvert avec  $1 \text{ fb}^{-1}$ .  
Et cela ne peut se faire sans le trajectographe.

Dans certains cas, les signatures SUSY sont évidentes à basse luminosité.

➔ Étude de signatures génériques de désintégration en cascade  
Énergie transverse manquante (paire LSP non détectée)  
+ leptons & jets de la cascade.



Dans les deux analyses, les contraintes de charge sont importantes.

- CMS en général, et le trajectographe en particulier se préparent pour la prise de donnée à l'automne 2008.
- Le câblage du trajectographe est terminé, et les tests de réception sont en bonne voie.
- Une procédure de mise en service complète existe
  - ❑ Basée sur le système d'acquisition standard
  - ❑ Ensemble de run distincts pour les différentes tâches
  - ❑ Prototype déjà testé en 2007 sur 12.5% du détecteur
- Outils de monitoring, reconstruction de traces et procédures d'alignement sont en place.
- La première phase de prise de donnée sera cruciale:
  - ❑ Compréhension du système de déclenchement,
  - ❑ Compréhension des processus du Modèle Standard,
  - ❑ Premières explorations de la nouvelle physique.
- Tous comme les autres sous-détecteurs, le trajectographe est important déjà à cette période:  
Soyons certains qu'il sera opérationnel de façon optimale !

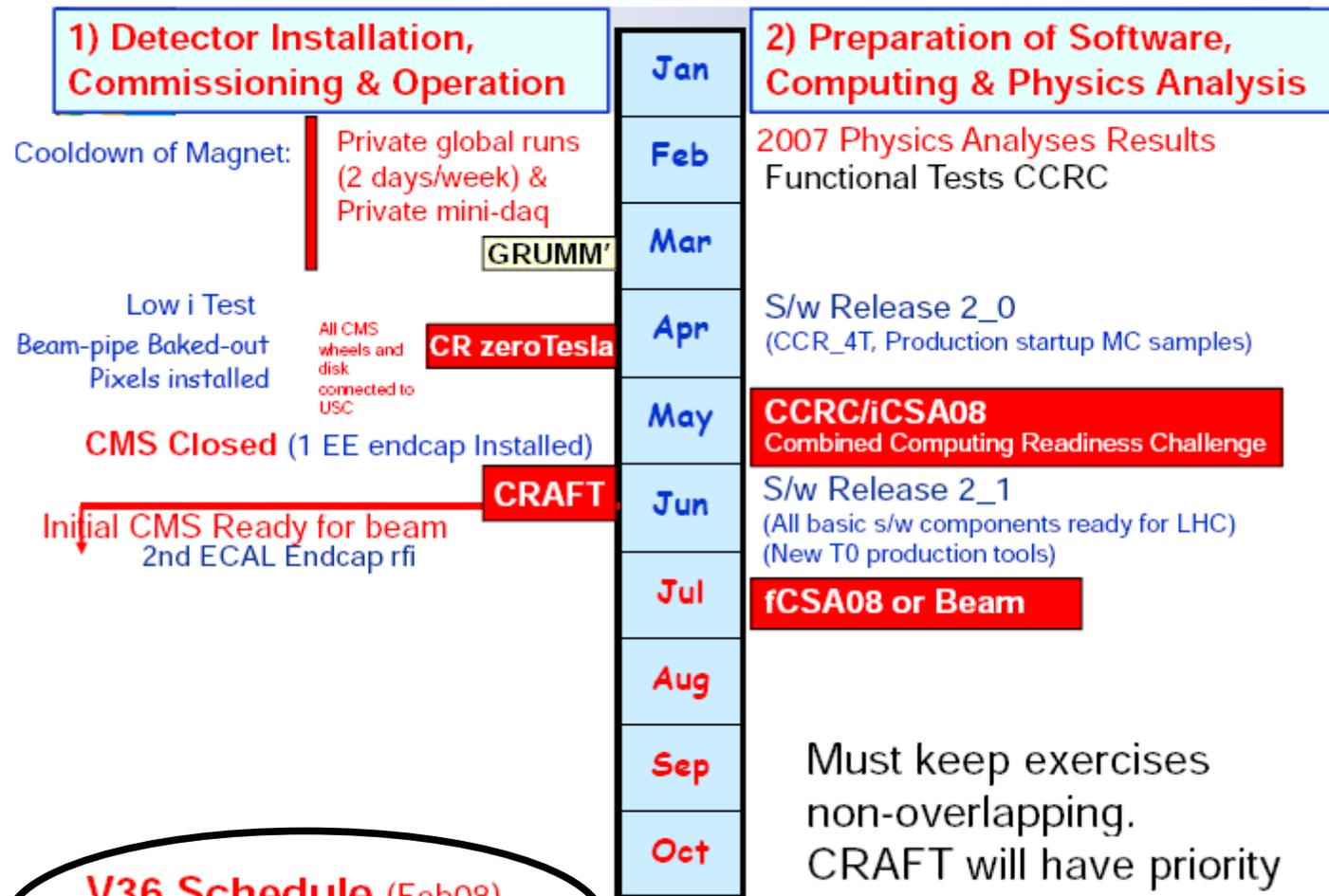


# Backup slides

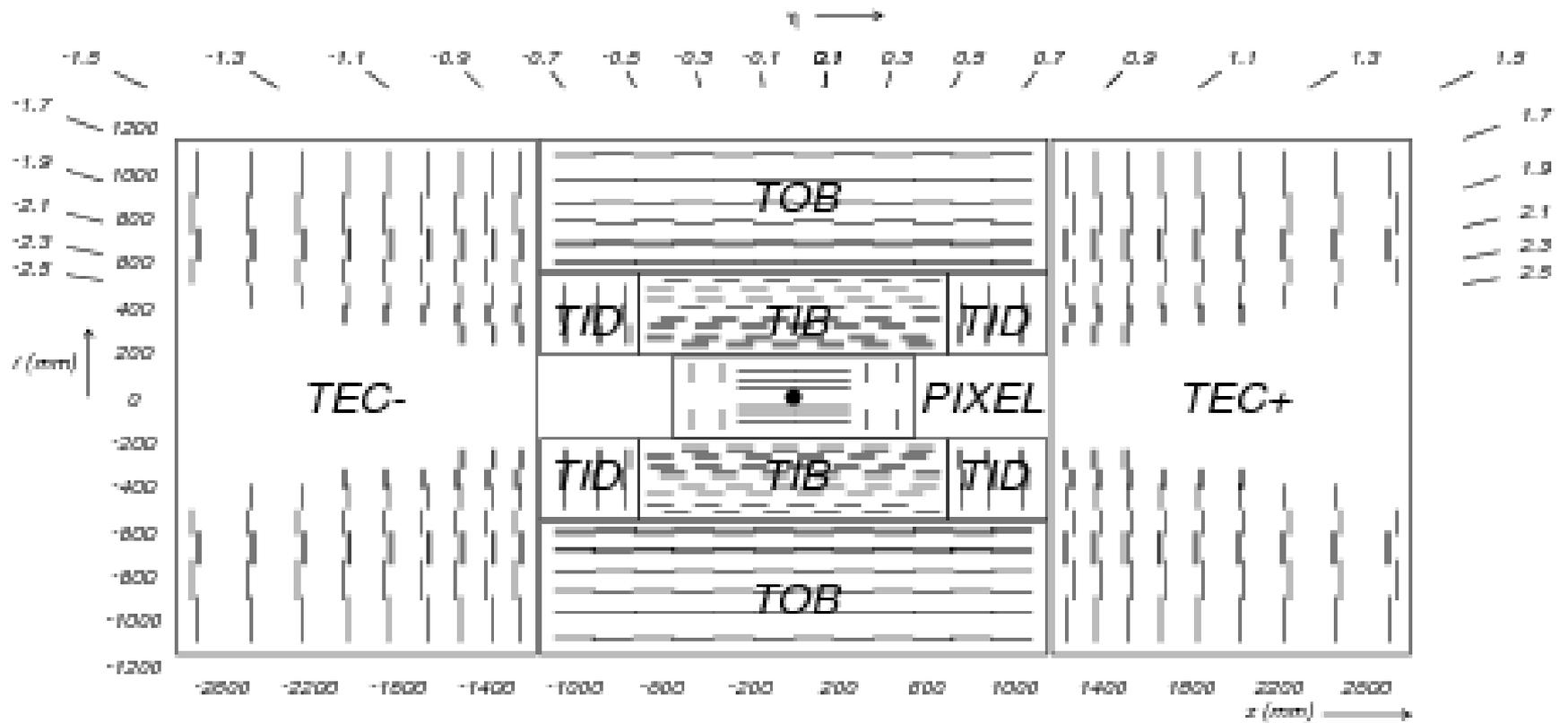


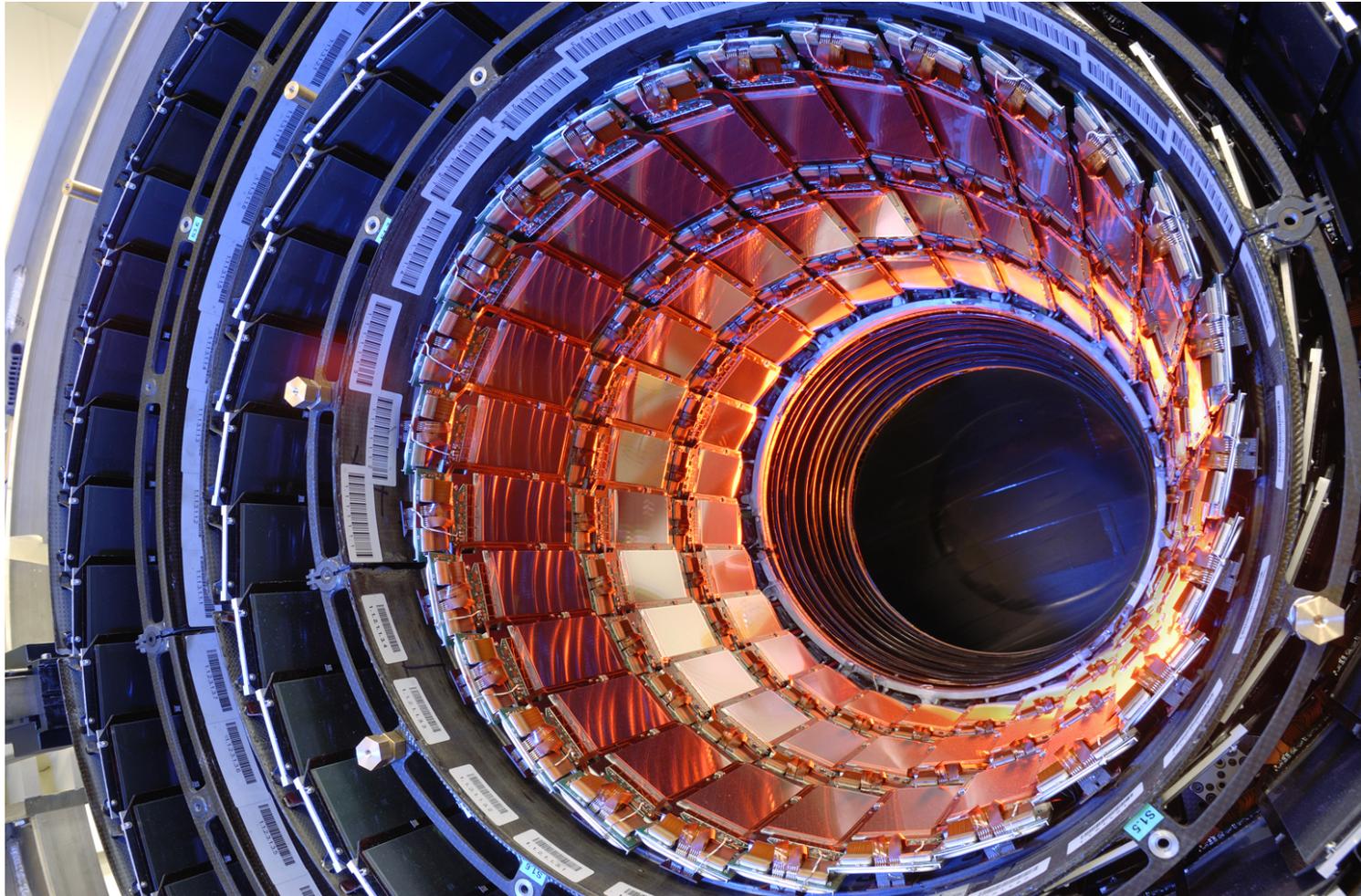


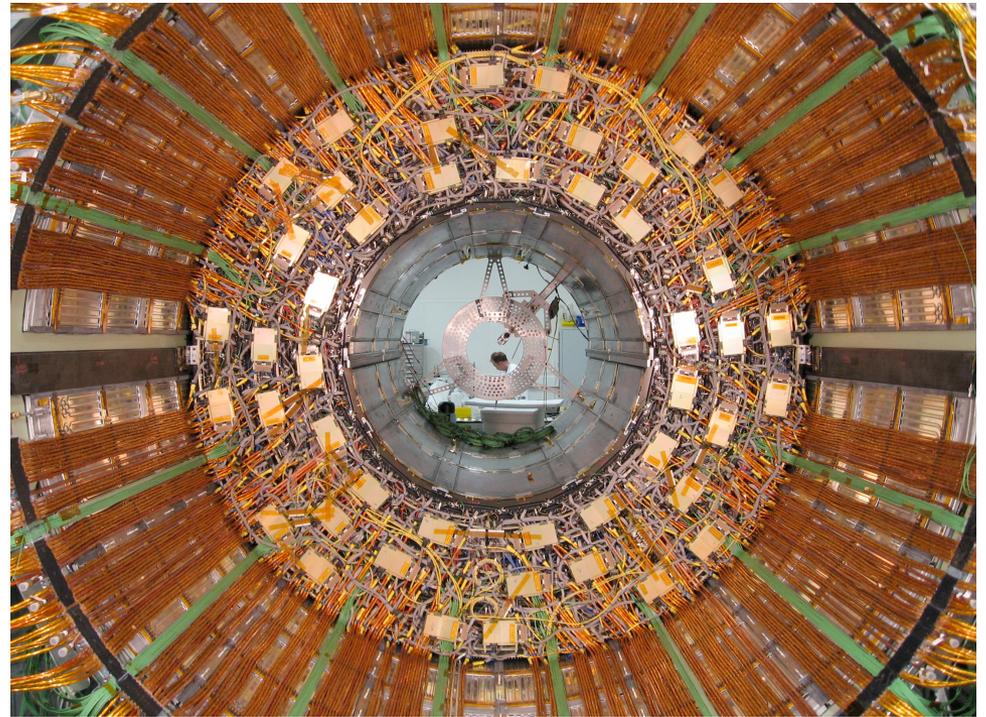
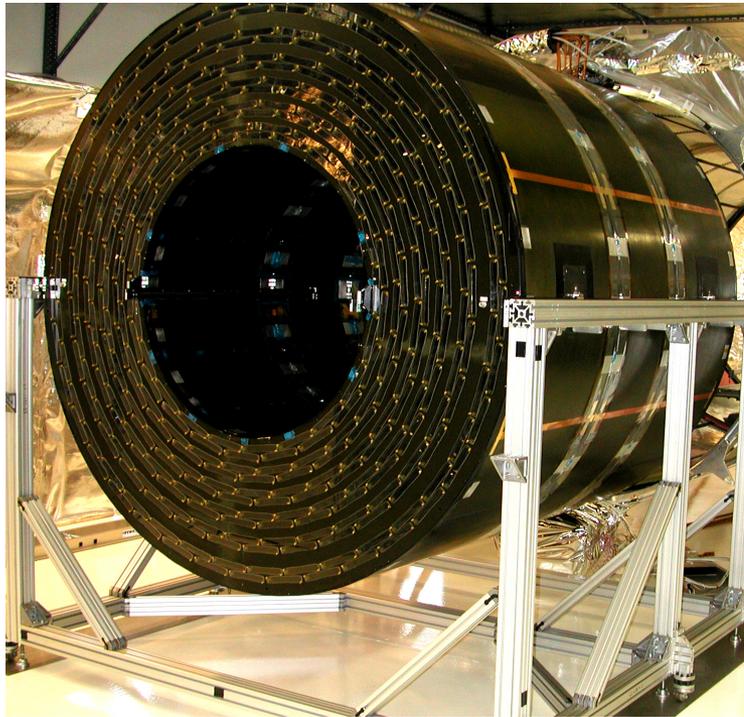
# Dernier agenda CMS

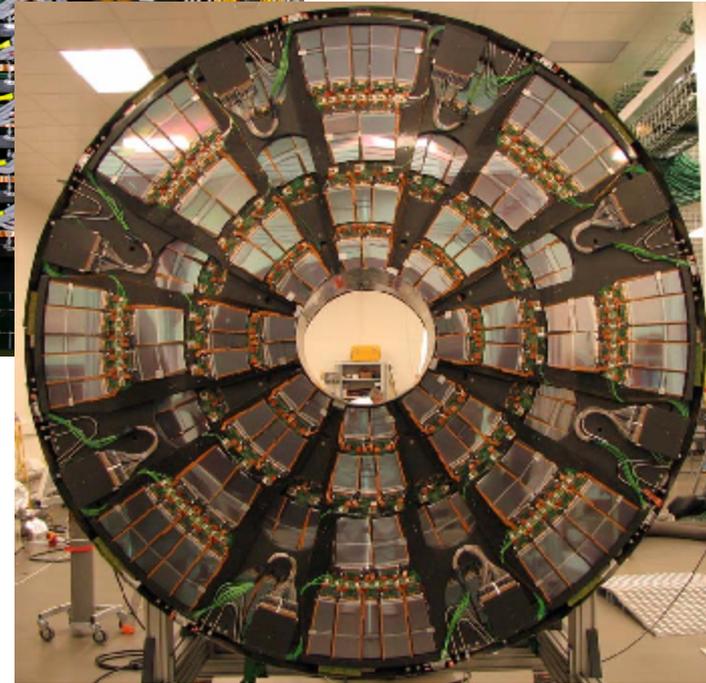
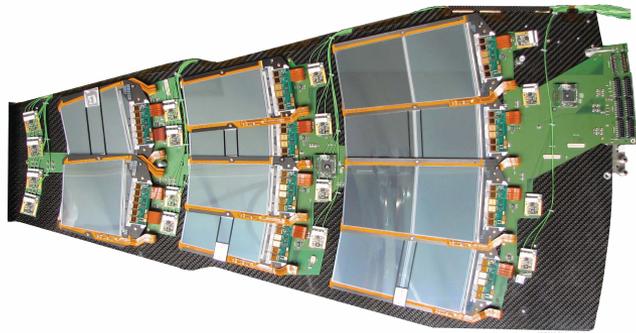
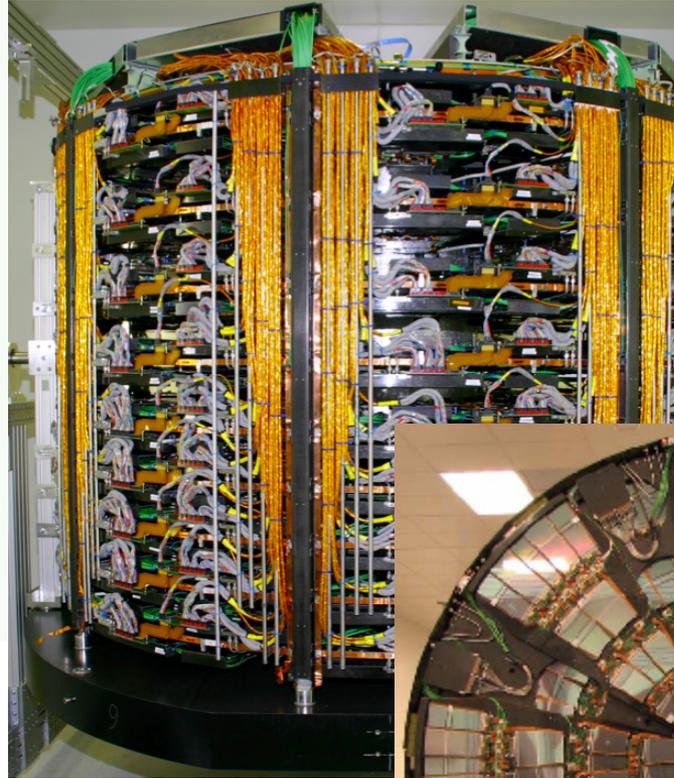
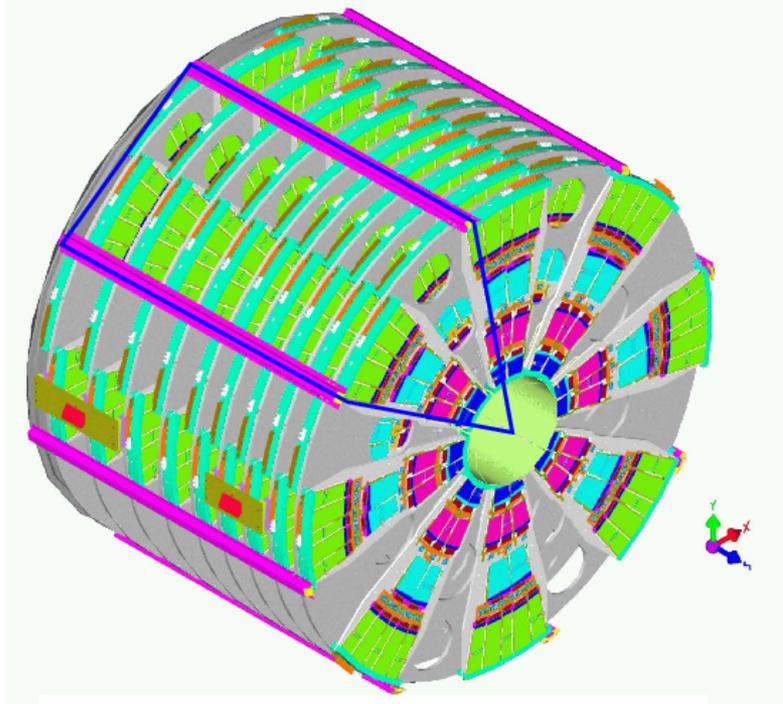


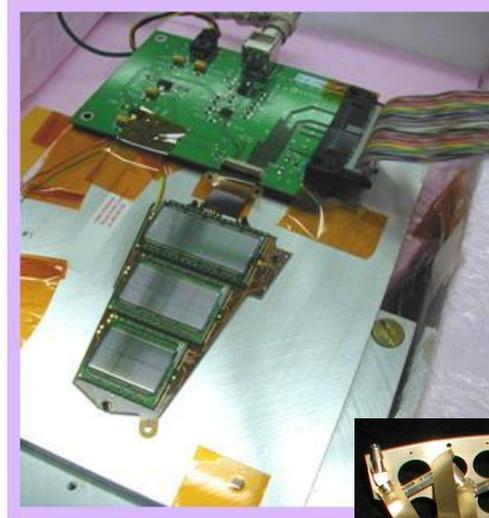
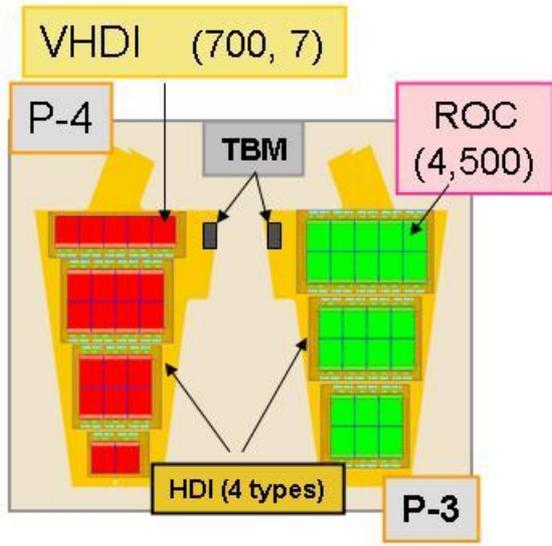
**V36 Schedule (Feb08)**  
 27 February 2008 Commissioning Meeting



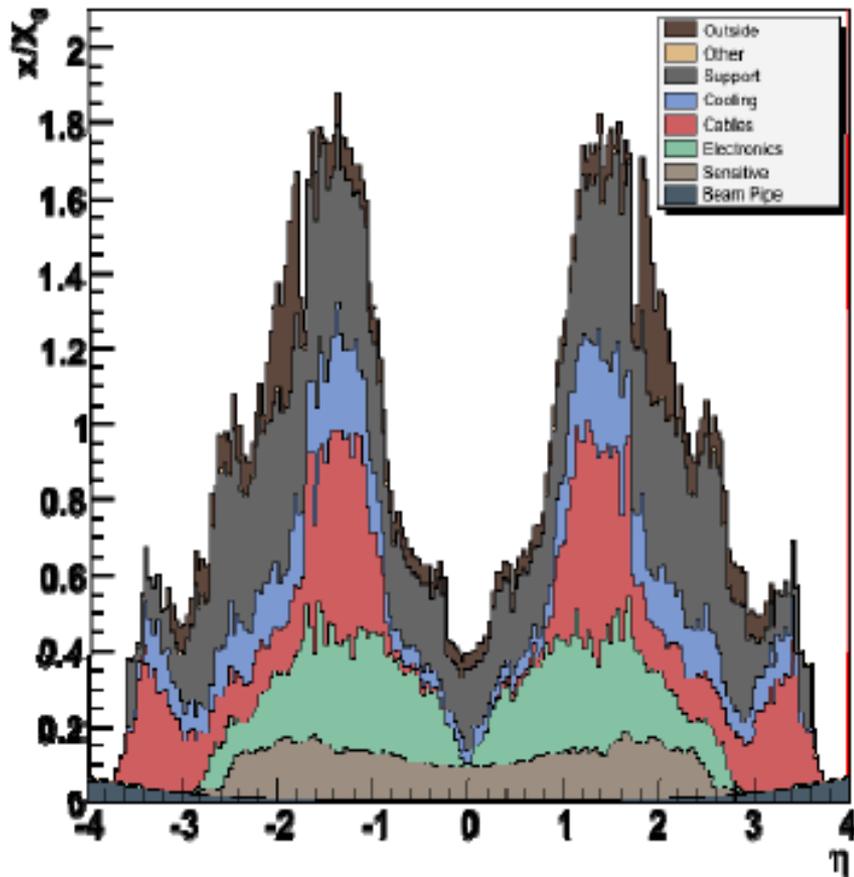




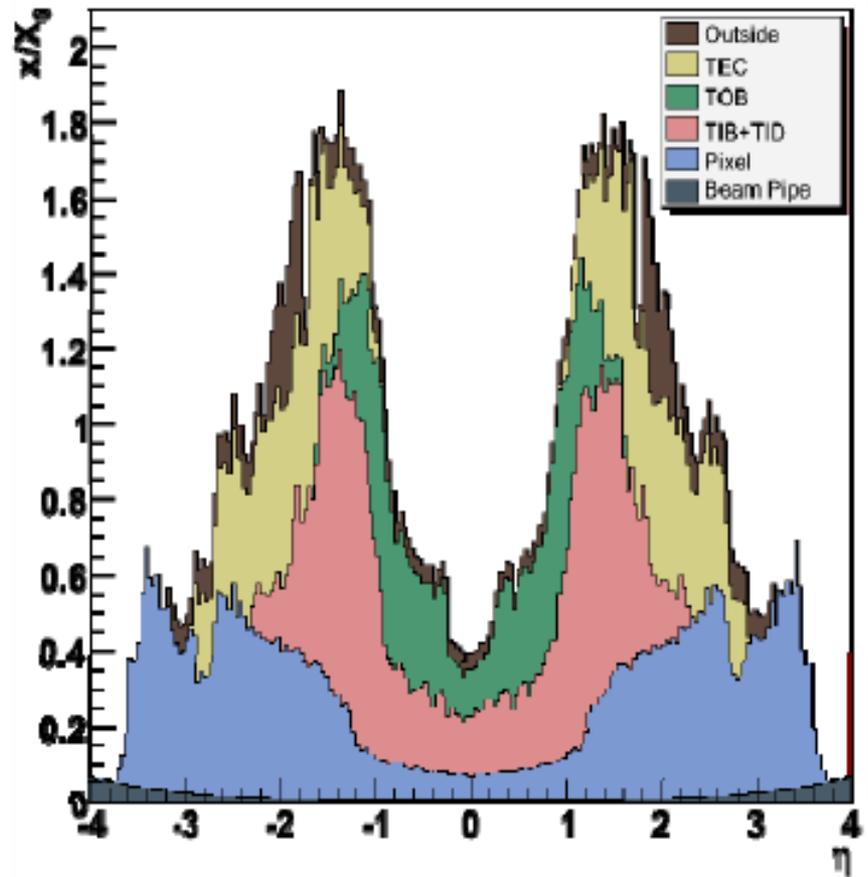




Tracker Material Budget

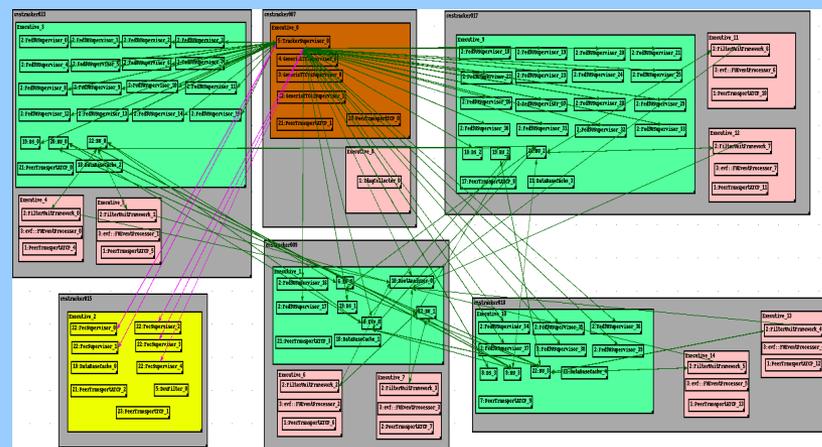


Tracker Material Budget



- TIF signifie “Tracker Integration Facility”
- Phase I : Intégration (de Novembre à Mars)
  - ❑ À chaque étape: pré-tests, photogrammétrie, intégration mécanique, connections, post-tests.
  - ❑ Installation des services (LV, HV, DCS/DSS, air sec, refroidissement,... )
- Phase II : Développements à chaud (de Mars à Mai)
  - ❑ En semaine: développement des sous-systèmes
    - => Fonctionnement de 12.5% du trajectographe**
    - Procédures d'acquisition et mise en route
    - Tests du détecteur, études de bruit, réparations lorsque nécessaire
  - ❑ Weekend: run cosmiques
    - Données pour le tracking et l'alignement.
- Phase III : Operations à froid (de Mai à Juillet)
  - ❑ Opération à 10°C, 0°C, -10°C et -15°C (température du liquide)
    - Performances et sécurité, effets liés à la température, ...
  - ❑ Données cosmiques et alignement laser à différentes températures.

- The 12.5% system consist of:
  - ❑ 65 FEDs (5188 FED channels)
  - ❑ 8 FECs (2161 modules)
  - ❑ 6 RU
  - ❑ 6 BU
  - ❑ 12FU
  - ❑ 1 LTC + 3 TTCci
  - ❑ 1 StorageManager

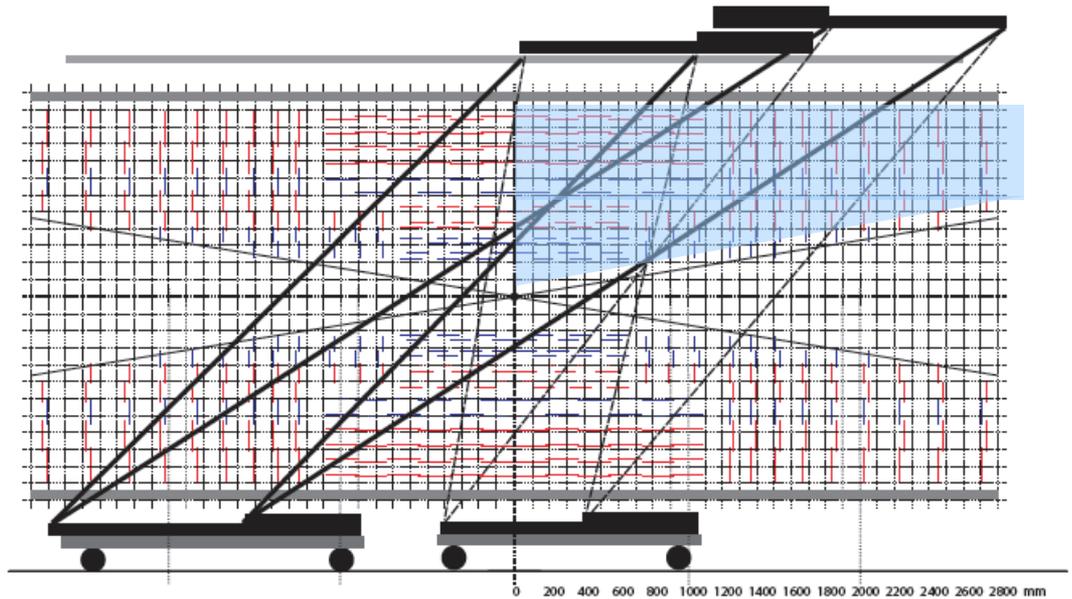
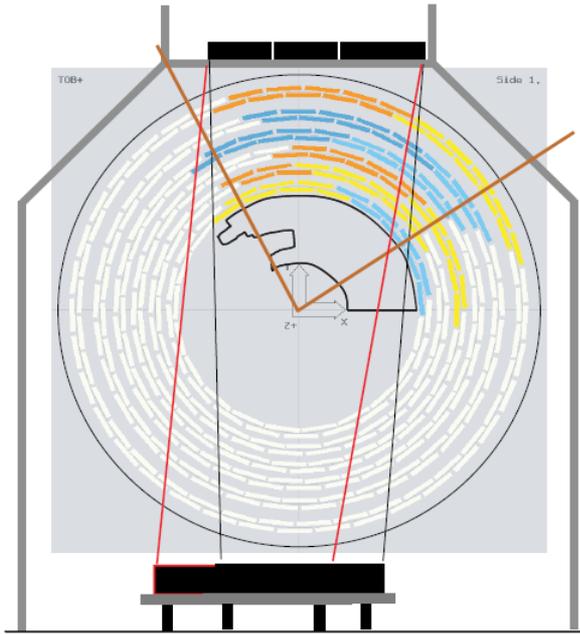


Example configuration for the 4% test.  
 Running on 6 PCs  
 Each box represents a process. Lines are network connections.

- It corresponds to slightly more than 1/2 DAQ slice (aka partition) in the final setup.
- Scales well and runs smoothly at up to 5Hz (limited by the disk write speed).

The CMS tracker requires an external trigger.

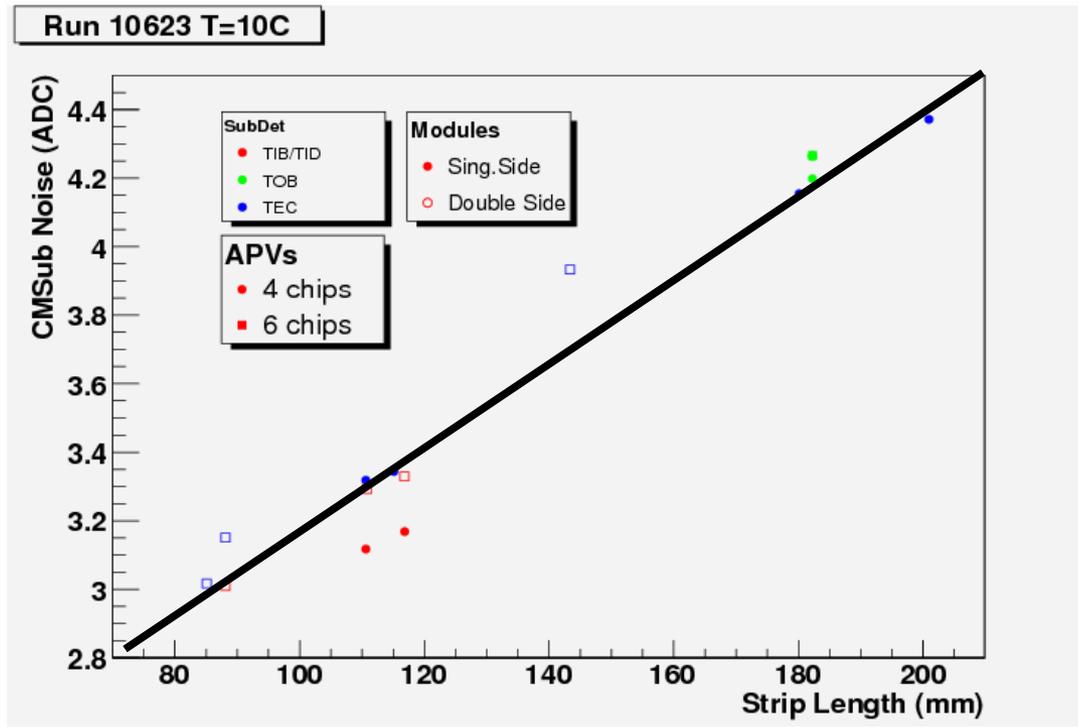
- Most of the commissioning is performed using a cyclic trigger.
- A scintillator-based cosmic trigger has been installed.



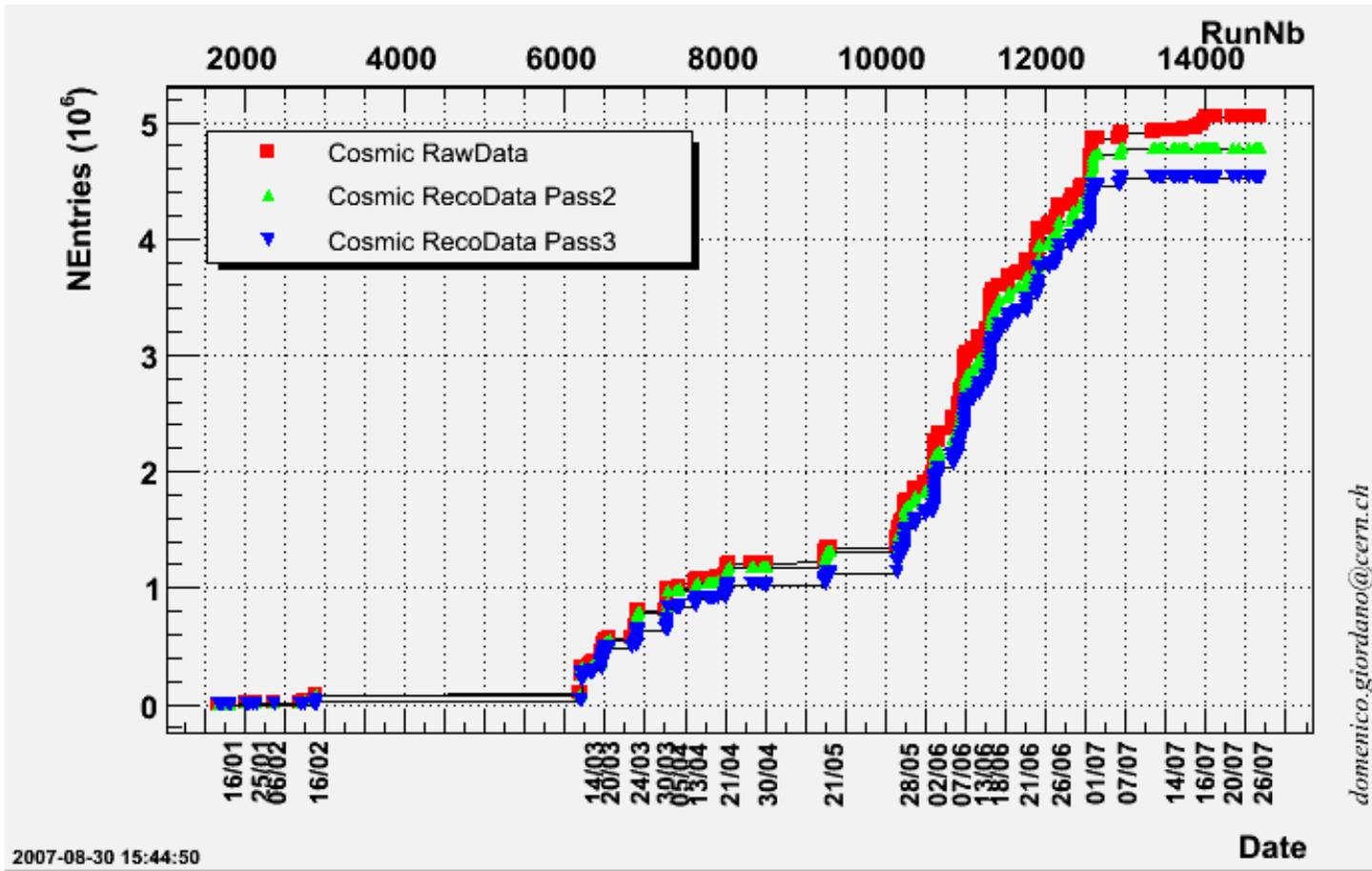
The CMS tracker requires an external trigger.

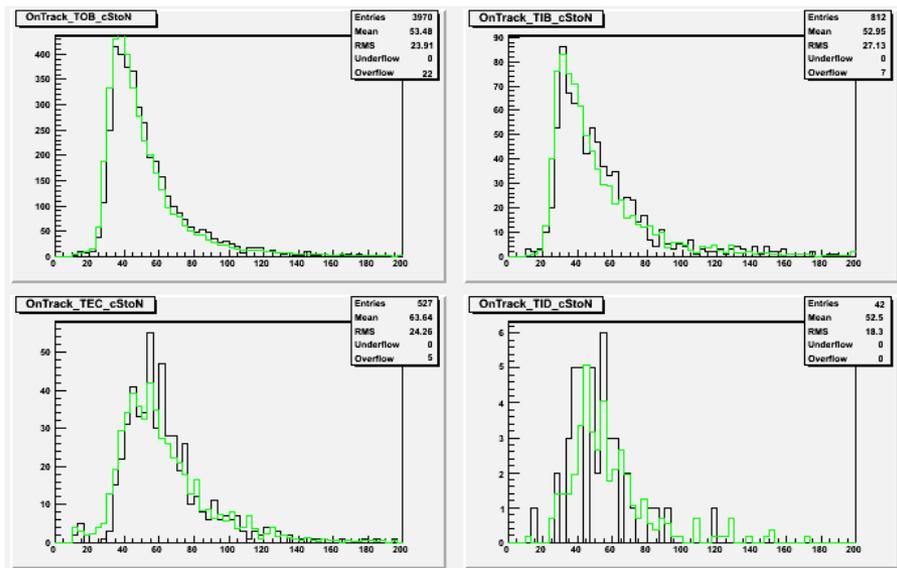
- Coincidence between scintillators above and below the tracker
- 5cm of lead installed to cut the low-energy tail.

**Trigger rate :  
6.5±0.1 Hz**



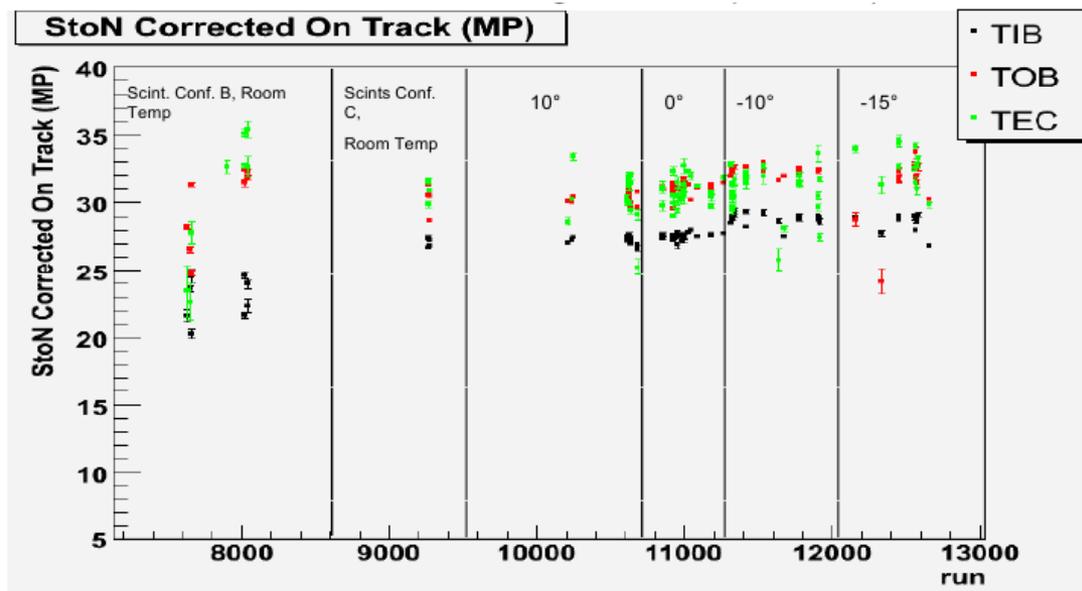
Bruit en fonction de la longueur de strip.



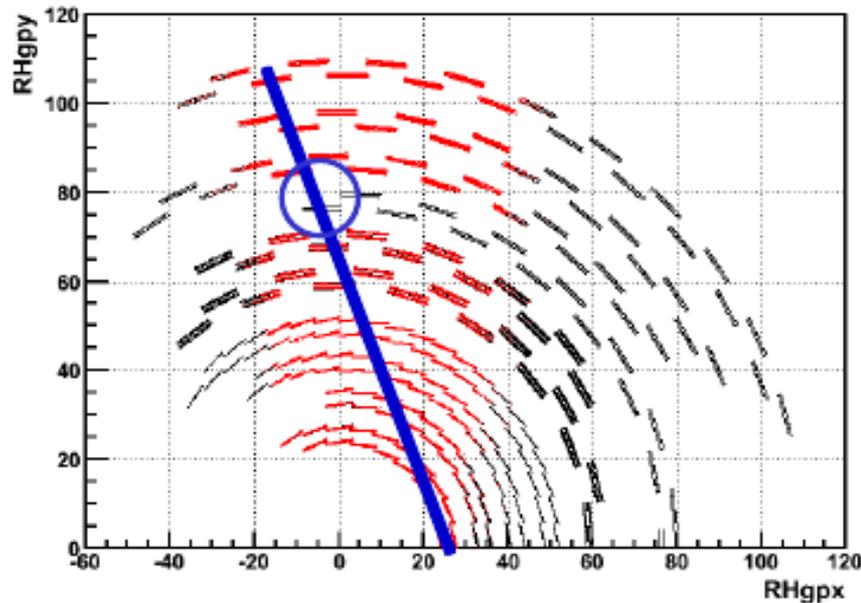


- De très bonnes valeurs sont atteintes:
  - ~27 pour TIB,
  - ~31 pour TOB,
  - ~31 pour TEC.
- Très peu de clusters de bruit sont observés.
- Belle distribution de Landau.

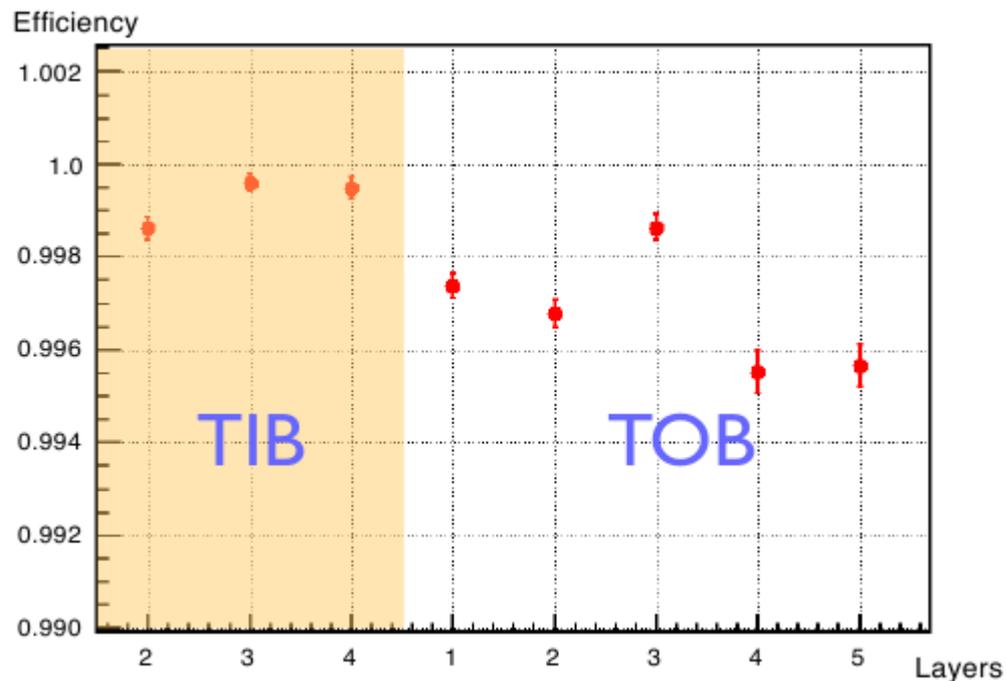
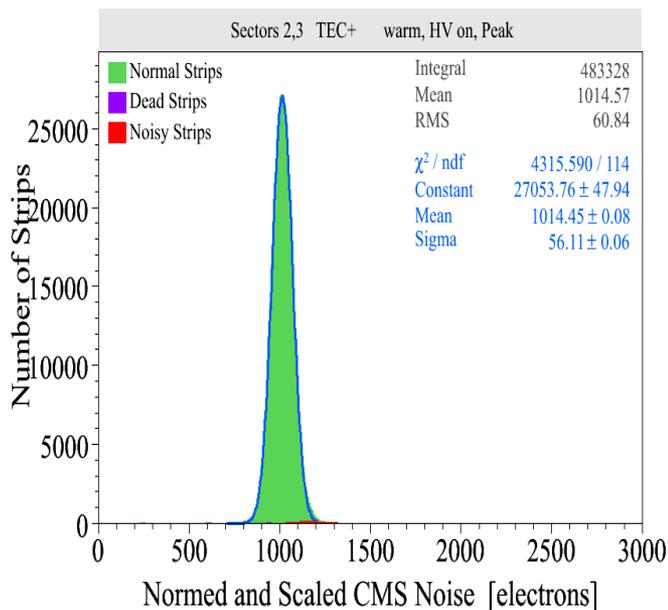
- S/N est stable au cours du temps.
- Il faut être attentif à
  - La température
  - La configuration de l'APV



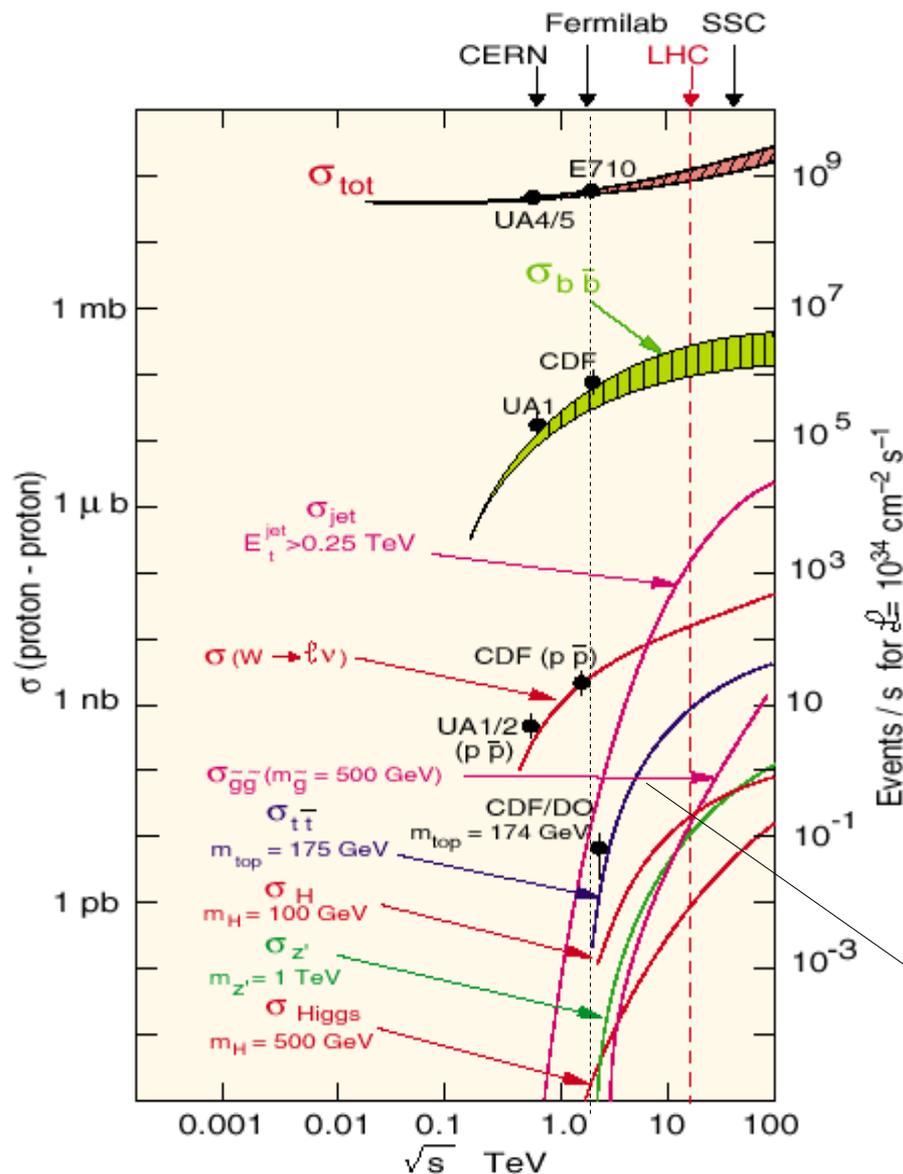
- Méthode:
  - ❑ Seuls les évènements avec une trace sont utilisés
  - ❑ On sélectionne les traces presque perpendiculaires aux modules étudiés
  - ❑ La couche étudiée est exclue de la reconstruction des traces
  - ❑ Mesure: présence d'un cluster au passage de la trace
    - Coupures fiduciaires
    - Résolution (effets d'alignement, etc.)



- Le nombre de pistes défectueuses déterminé lors de la construction du trajectographe est 0.2%.
- L'efficacité, mesurée sur base des événements contenant une trace (cosmique) est comparable.
- L'efficacité mesurée est ainsi  $> 99.5\%$  partout.



# Cross sections and rates at $10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



The first goal of LHC will be to „rediscover the Standard Model%o.

At Luminosity ( $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

SM Higgs ( $115 \text{ GeV}/c^2$ )  $\rightarrow 0.001 \text{ Hz}$

$t \bar{t}$  production:  $\rightarrow 0.1 \text{ Hz}$

$W \rightarrow \ell \nu$ :  $\rightarrow 1 \text{ Hz}$

$b \bar{b}$  production:  $\rightarrow 10^4 \text{ Hz}$

Inelastic:  $\rightarrow 10^7 \text{ Hz}$

For example,  $t \bar{t}$  cross-section is multiplied by 170 !

Algorithmes spéciaux pour le démarrage, les runs pilotes et les runs basse luminosité.

Trigger	Trigger	Trigger
Inclusive e	jet+MET	$\phi$ -symmetry (ECAL calib.)
e e	2-jets+MET	$\pi^0$ (ECAL calib.)
Relaxed e e	3-jets+MET	min. bias
Inclusive $\gamma$	4-jets+MET	soft-jets
$\gamma \gamma$	acoplanar jet+MET	Sum-Et
Relaxed $\gamma \gamma$	2 acoplanar jets	Ht
Inclusive $\mu$	e + $\mu$	J/ $\psi$ $\rightarrow$ $\mu\mu$
Relaxed $\mu$	$\tau$ + e	b $\rightarrow$ J/ $\psi$ ( $\mu\mu$ )
$\mu \mu$	$\tau$ + $\mu$	$\Upsilon$ $\rightarrow$ $\mu\mu$
Relaxed $\mu \mu$	$\gamma$ + e	Z $\rightarrow$ $\mu\mu$
$\tau$ + MET	$\gamma$ + $\mu$	Z $\rightarrow$ ee
$\tau \tau$	e + MET	same-sign di- $\mu$
b-jet	$\mu$ + MET	same-sign di-e
Single jet	e + jet	e w/o tracking, iso
2-jets	$\mu$ + jet	$\mu$ w/o tracking, iso
3-jets	e + b-jet	b-tagging w/ soft $\mu$
4-jets	$\mu$ + b-jet	
MET	e + Ht	
	$\mu$ + Ht	
	MET + Ht	
	Vector-boson-fusion (j,j,MET)	

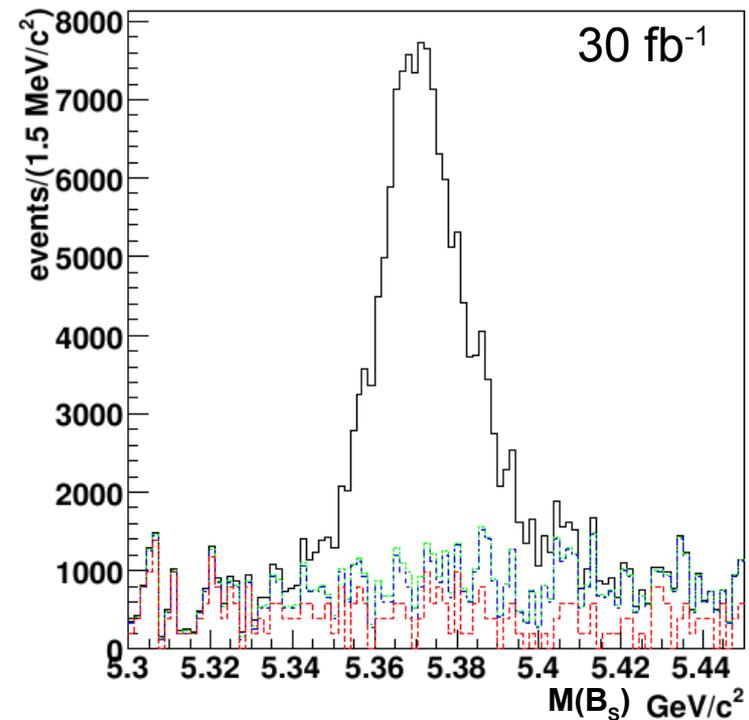
- Un grand nombre d'algorithmes de déclenchement nécessitent le trajectographe
- Également pour les algorithmes spécifiques au démarrage.

## Production inclusive de hadrons B

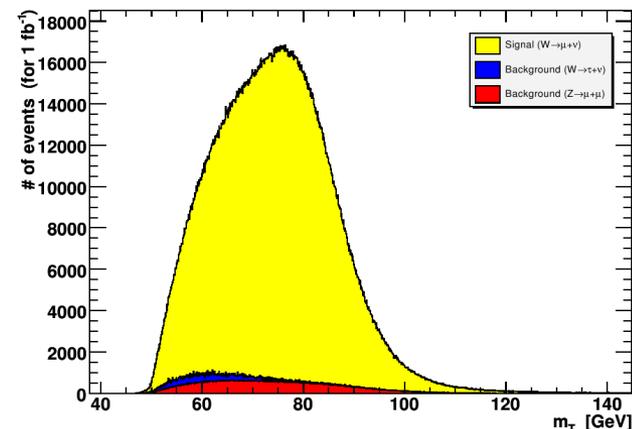
- Sélection inclusive de  $\mu$ +jet; variable sensible: Pt du muon vs axe du jet
- Mesure limitée par les incertitudes systématiques, déjà avec  $1 \text{ fb}^{-1}$  (jet energy scale).
- Une précision de  $\sim 20\%$  est attendue
- Vérification de l'accord entre pQCD et l'expérience

## B $\rightarrow$ J/ $\psi$ $\phi$

- Différence de temps de vie entre les deux états propres de masse du  $B_s$ . On s'attend à ce qu'elle soit large:  
 la mesure de  $\Delta\Gamma_s/\Gamma_s$  est possible.
- Utilise J/ $\psi$   $\rightarrow$  di-muons et  $\phi$   $\rightarrow$  di-kaons
- Réjection du large bruit de fond provenant de J/ $\psi$  prompts au niveau HLT.
- Approximativement 10'000 événements signal pour  $1 \text{ fb}^{-1}$ , mesure précise à  $20\%$ .



- Large W (Z) cross section: 10 nb (1 nb) and clean leptonic signatures.
- Can be easily selected with high efficiency/purity
  - ❑ with a set of **robust selection criteria** (e.g. Loose mass cuts. )
  - ❑ 60% efficiency for Z- $\rightarrow$ ee
  - ❑ 52% efficiency for Z- $\rightarrow$  $\mu\mu$
  - ❑ Contamination < 1%



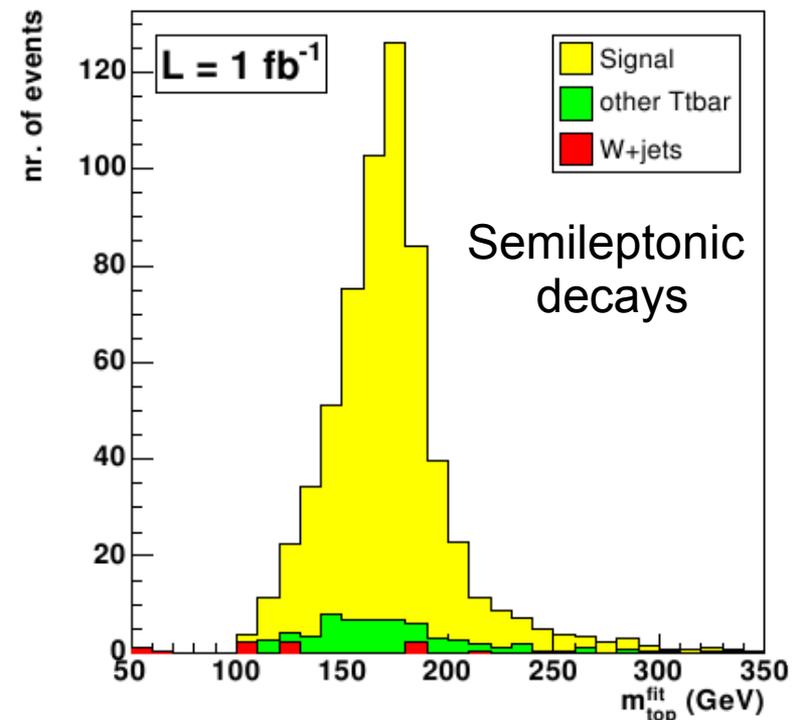
- Compare to theoretical prediction  
or assume prediction and use to measure luminosity
  - Example : uncertainties with 1 fb<sup>-1</sup> in the muon channel in detector fiducial volume

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}(pp \rightarrow Z + X \rightarrow \mu^+ \mu^- + X) = 0.13 \% \pm 2.3 \% \pm \text{lumi uncert.}$$

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}(pp \rightarrow W + X \rightarrow \mu \nu + X) = 0.04 \% \pm 3.3 \% \pm \text{lumi uncert.}$$

- 6%- 7% accuracy on the luminosity seems feasible.

(semi-)leptonic decays are very clean signatures  
high background from W+jets



	Signal	Other $t\bar{t}$	W+4j	Wbb+2j	Wbb+3j	S/N
Before selection	365k	1962k	82.5k	109.5k	22.5k	0.032
L1+HLT Trigger	62.2%	5.30%	24.1%	8.35%	8.29%	0.74
Pre-selection	45.8%	2.68%	11.7%	3.94%	5.91%	1.10
Four jets $E_T > 30 \text{ GeV}$	25.4%	1.01%	4.1%	1.48%	3.37%	1.69
$p_T^{\text{lepton}} > 20 \text{ GeV}/c$	24.8%	0.97%	3.9%	1.41%	3.14%	1.72
b-tag criteria	5.5%	0.21%	0.052%	0.47%	0.70%	3.73
No jet overlap	3.0%	0.11%	0.027%	0.25%	0.44%	3.87
$P_{\chi^2}$ -cut 20%	1.4%	0.039%	0.0097	0.061	0.07	5.3
$P_{\text{sign}}$ -cut 80%	1.2%	0.025%	0.0085	0.052	0.05	6.8
$P_{\text{comb}}$ -cut 50%	0.7%	0.013%	0.0036	0.013	0.	8.2
Scaled $L=1 \text{ fb}^{-1}$	588	64	6	2	0	8.2

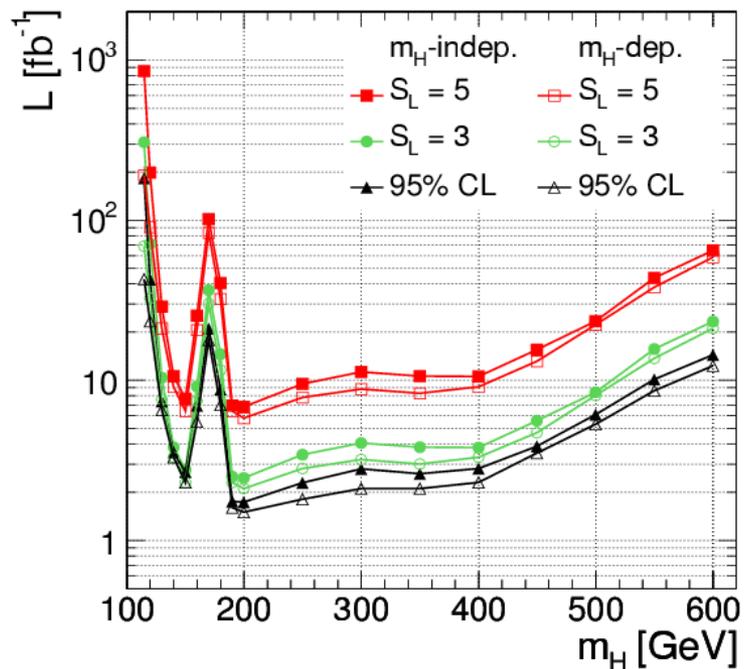
CMS is also considering other studies for the early physics:

- top-pairs selection without b-tagging
- study of  $t\bar{t}$  + jet(s) events
- ...

Same selection  
without btag selection:  
s/b=1.72  
s/sqrt(s+b) = 81

- Search for “Higgs like” deviations (from ordinary SM expectations) in data for various possible event topologies.
- Learn how data differs from MC
- Set exclusion limits or establish discoveries !

## PTDR Vol.2: SM H→4μ



## PTDR Vol.2: SM H→2γ

