

# L'upgrade de LHCb

## Electronique pour l'upgrade du Calorimetre

### *L'expérience LHCb*

- Collaboration - site - quelques mots de physique - principe de l'expérience - une vue du détecteur.

### *Les évolutions du détecteur pour l'upgrade*

- Trigger actuel - nouveau trigger - readout actuel des données et son évolution

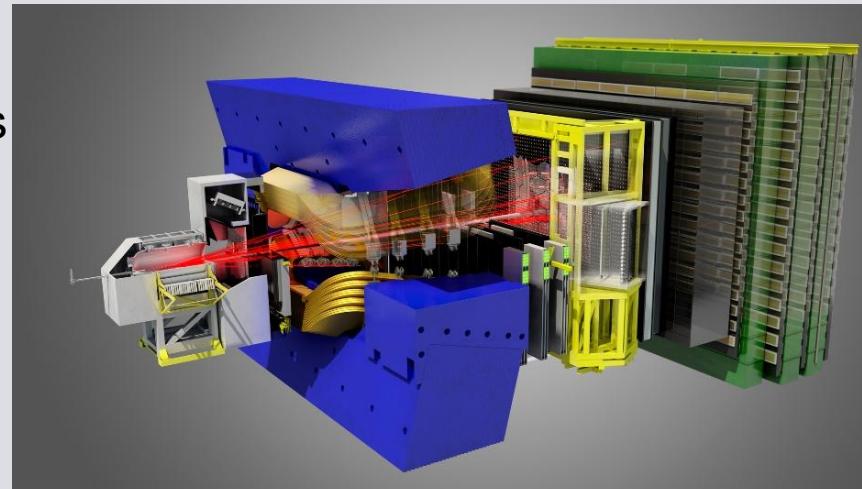
### *Implications du LAL dans l'upgrade*

- Carte Front-end calorimètre - développements réalisés et futurs

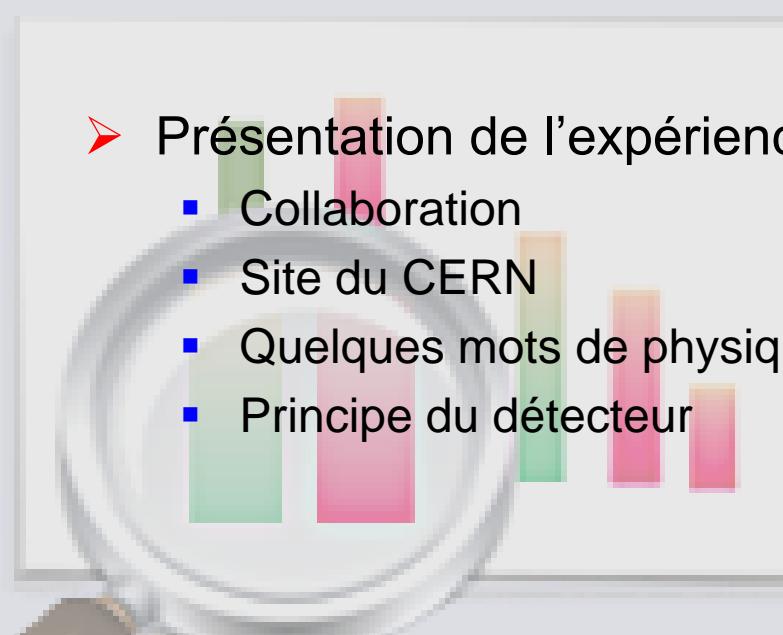
*Caceres Thierry, Beigbeder Christophe, Dinaucourt Pierrick,  
Duarte Olivier, Rusquart Pascal, Sliwa Regis, Tocut Vanessa.*

17-I-2013

*Olivier Duarte*



# L'expérience LHCb

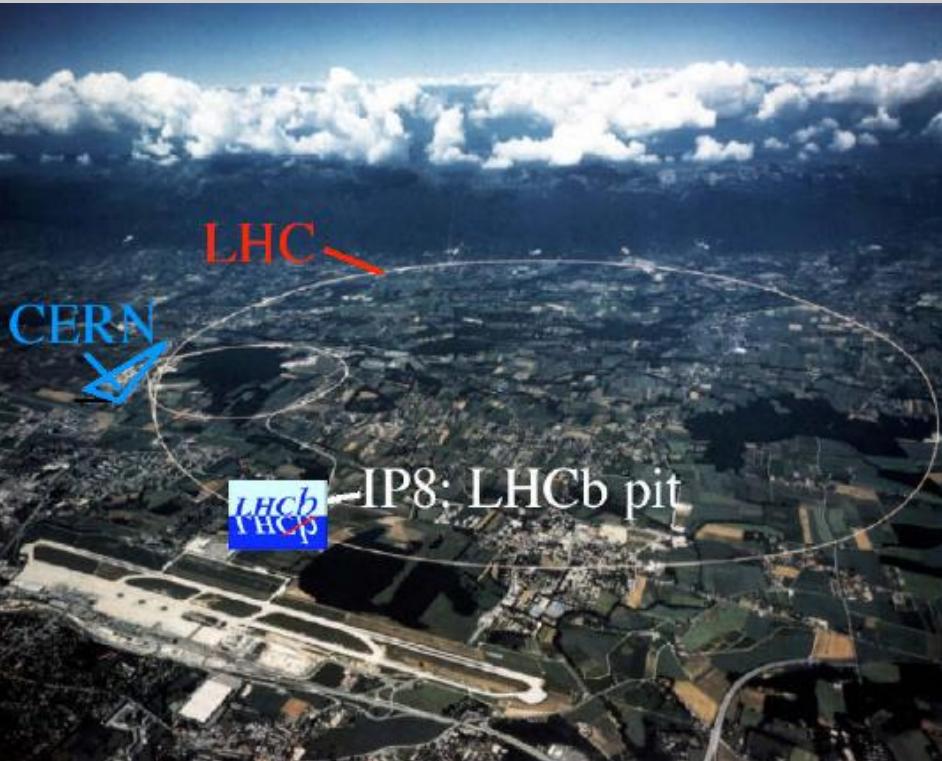


- Présentation de l'expérience LHCb :
  - Collaboration
  - Site du CERN
  - Quelques mots de physique
  - Principe du détecteur

- 55 instituts dans 15 pays
- Plus de 800 membres
- 5 groupes français
  - Annecy (LAPP)
  - Clermont-Ferrand (LPC)
  - Marseille (CPPM)
  - Orsay (LAL)
  - Paris (LPNHE)
- Budget 1135 kCHF (Calo - LHCb France )



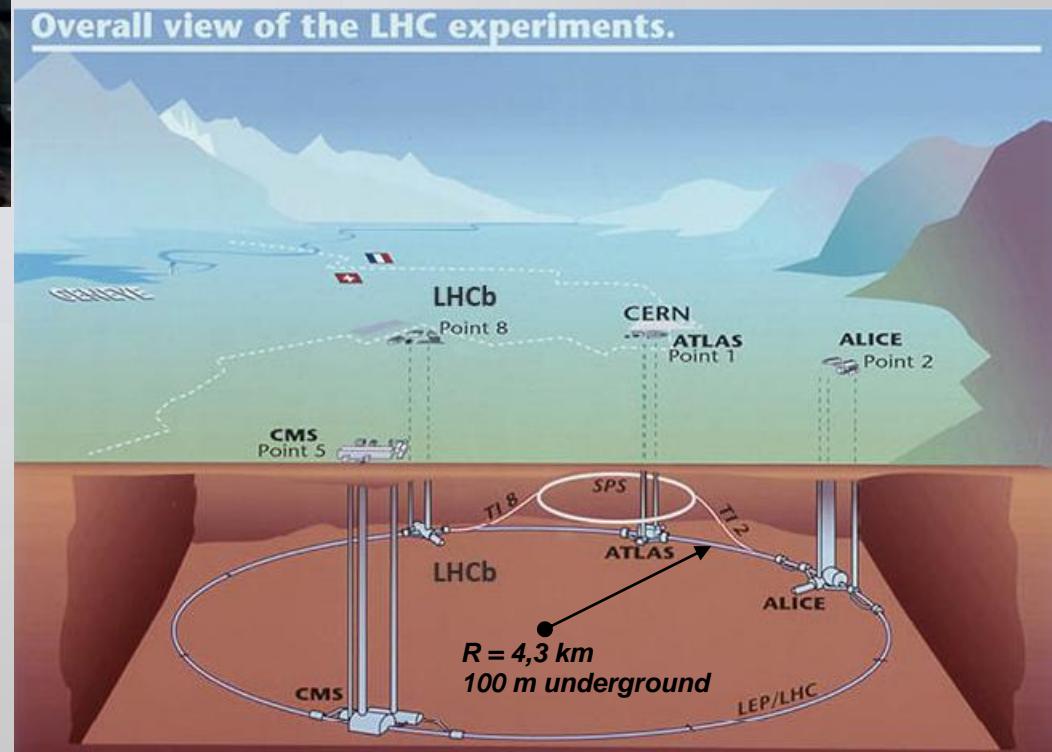
# LHCb : le site du CERN



Contrairement aux grands détecteurs polyvalents Atlas et CMS, LHCb est un outil spécialisé, destiné à réaliser la meilleure détection possible des particules « belles » (contenant un quark *b*) et de leurs produits de désintégration.

- LHC (Large Hadron Collider), à chaque point de collision un détecteur :
  - ATLAS
  - ALICE
  - CMS
  - LHCb

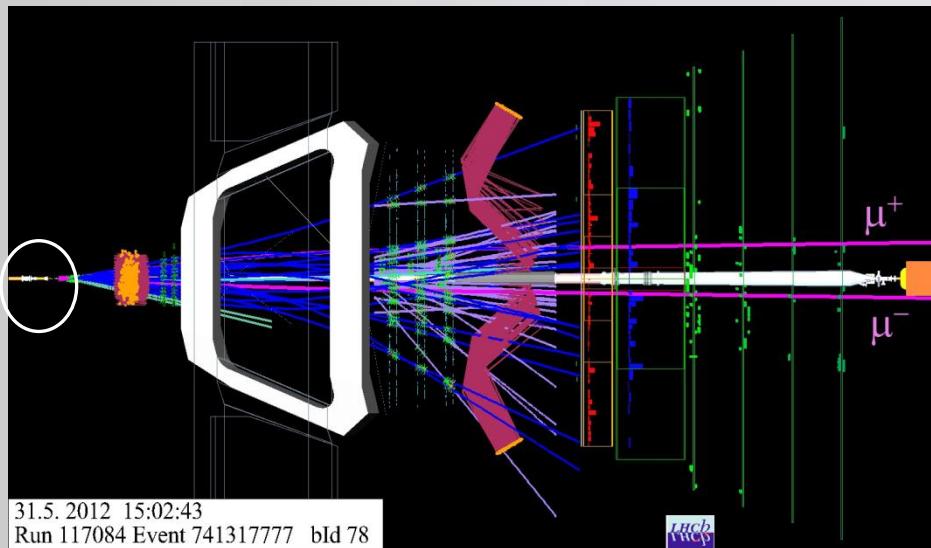
Overall view of the LHC experiments.



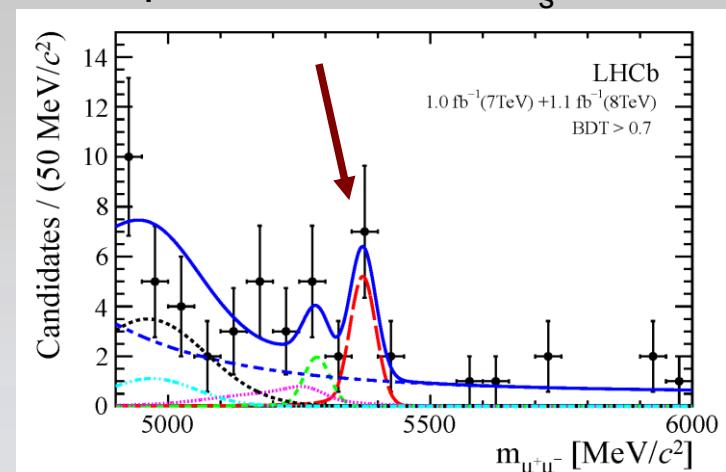
# Quelques mots de la Physique de LHCb

- La physique des particules possède un modèle très puissant
  - Le Modèle Standard (MS)
    - ❖ Compréhension détaillée et précise
      - ◊ des particules dans l'univers et des forces qui les font interagir
    - ❖ Possibilité de prédire avec une exceptionnelle précision un très grand nombre d'observables
      - ◊ les phénomènes ayant lieu lors de collisions de particules
      - ◊ certaines mesures astrophysiques, cosmologiques
  - Certains aspects indiquent que le modèle standard est incomplet
    - ❖ Pourquoi trois familles de particule ?
    - ❖ Des problèmes apparaissent lors de certains calculs (divergences)
    - ❖ L'univers actuel contient un peu de matière / pas d'antimatière
      - Pourquoi cette asymétrie (Violation de CP) ?
- LHCb a pour but de mesurer
  - des observables affectés par une physique au-delà du MS
    - ❖ Mesures en contradiction avec les prédictions du MS
      - ◊ Par exemple, certaines désintégrations rares dans le cadre du MS peuvent l'être moins si on introduit une physique au-delà du MS
  - Comprendre le mécanisme de violation de CP
    - ❖ Le contenu de l'univers non expliqué par MS

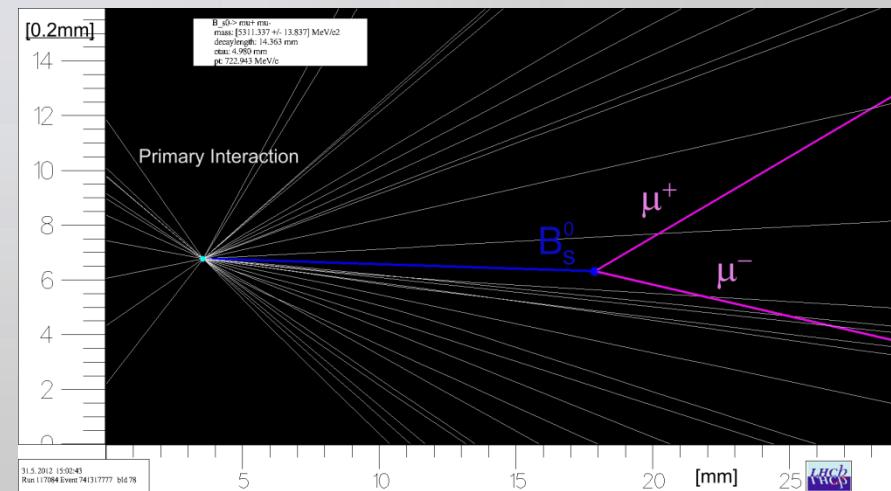
- A la mi-novembre, LHCb a publié la mesure de la fréquence des désintégrations du  $B_s$  (quarks b et s) en une paire de muons
  - Très rare dans le MS
  - Plus fréquent dans de nombreux modèles au-delà du MS
  - Recherché depuis plus de 30 ans...
- Fréquence, mesurée par LHCb, du phénomène
  - 3 désintégrations de ce type pour un milliard de désintégrations du  $B_s$  !
  - Malheureusement, en accord avec la prédition du MS



## Le pic de masse du $B_s$

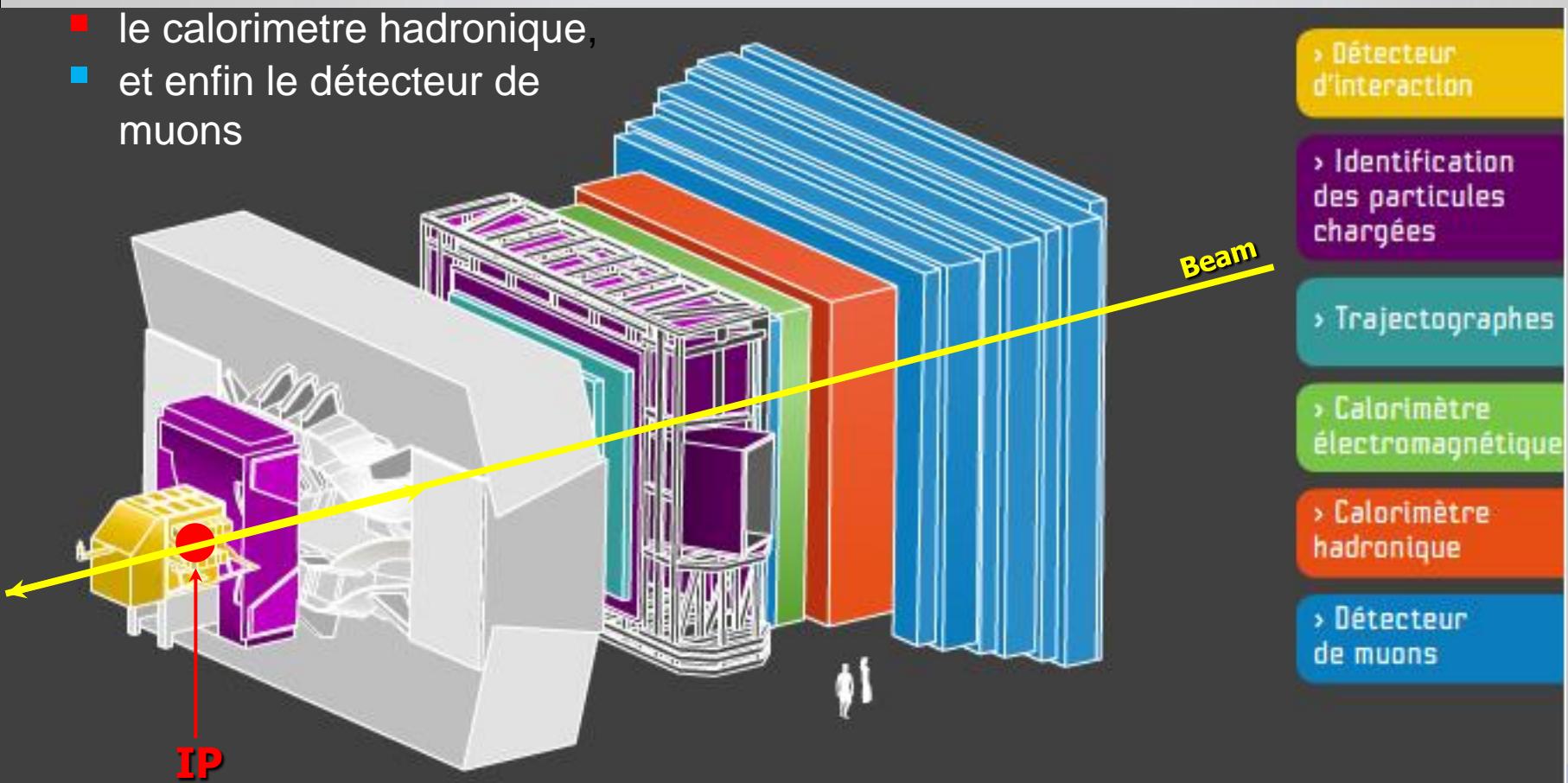


## Zoom de la zone d'interaction

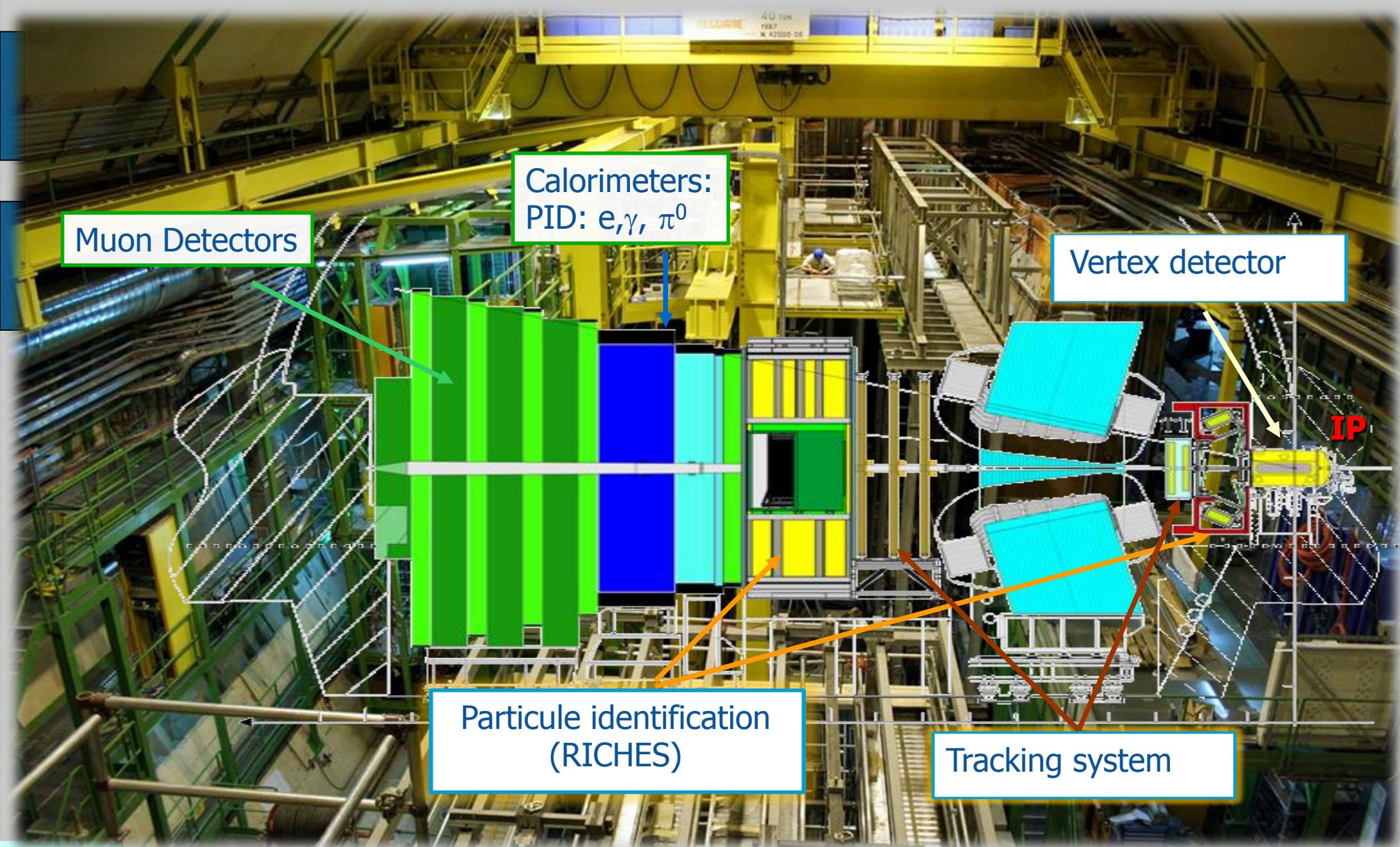


## Principe du détecteur

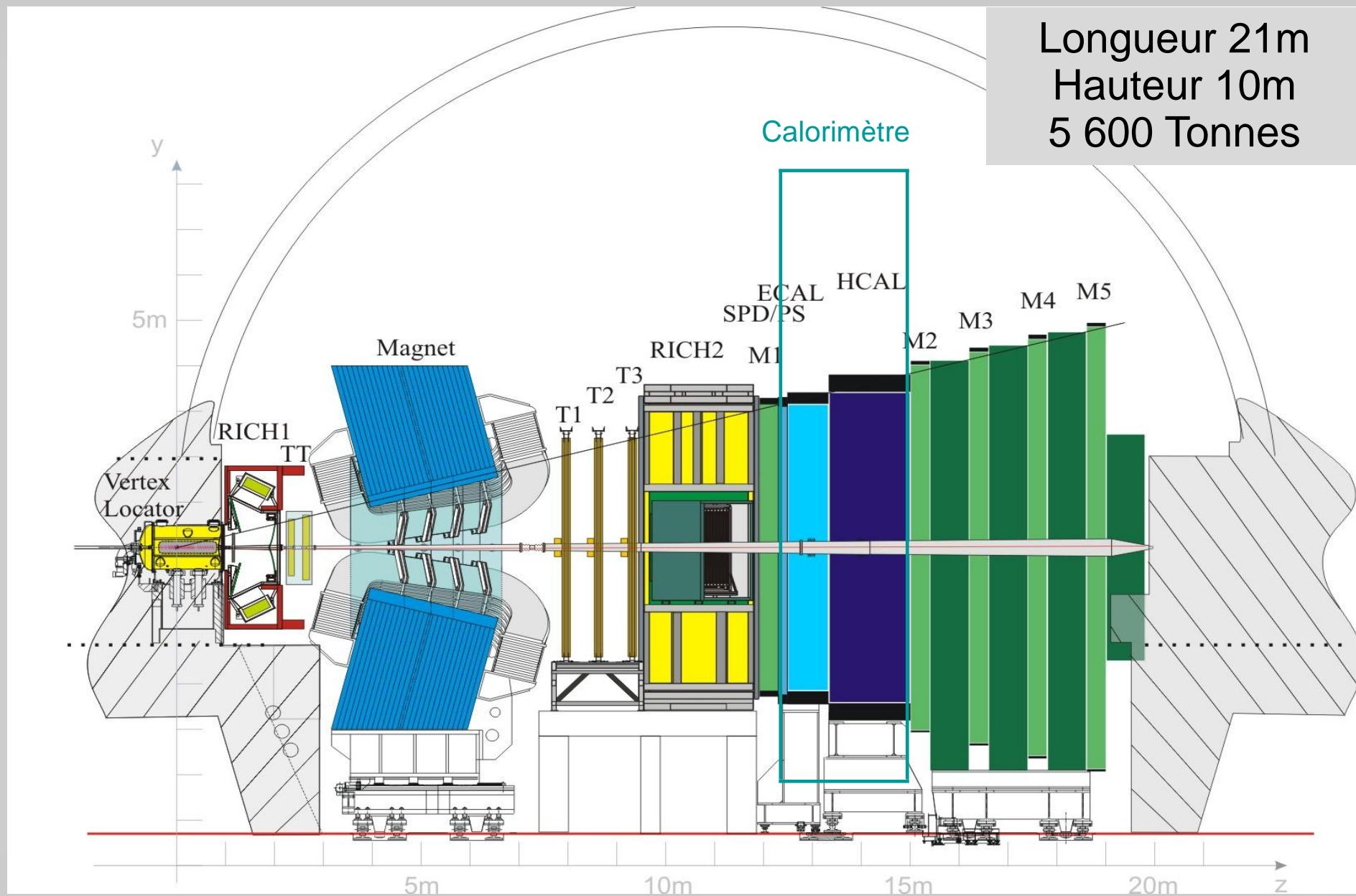
- Lorsque l'on a une collision au point d'interaction (IP), les particules rencontrent :
  - d'abord le détecteur d'interaction appelé VErtex LOcator ou VELO,
  - puis le premier détecteur d'identification des particules RICH 1,
  - les trajectographes,
  - le deuxième détecteur d'identification des particules RICH 2,
  - puis le calorimètre électromagnétique,
  - le calorimetre hadronique,
  - et enfin le détecteur de muons



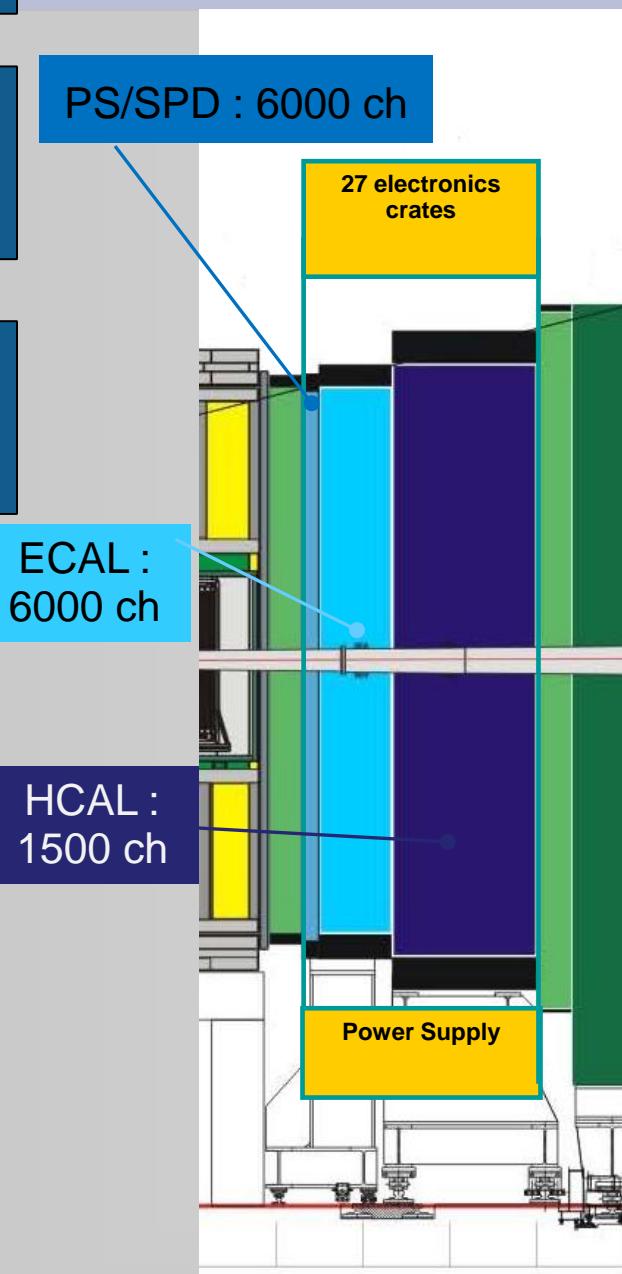
# Le détecteur LHCb dans la caverne



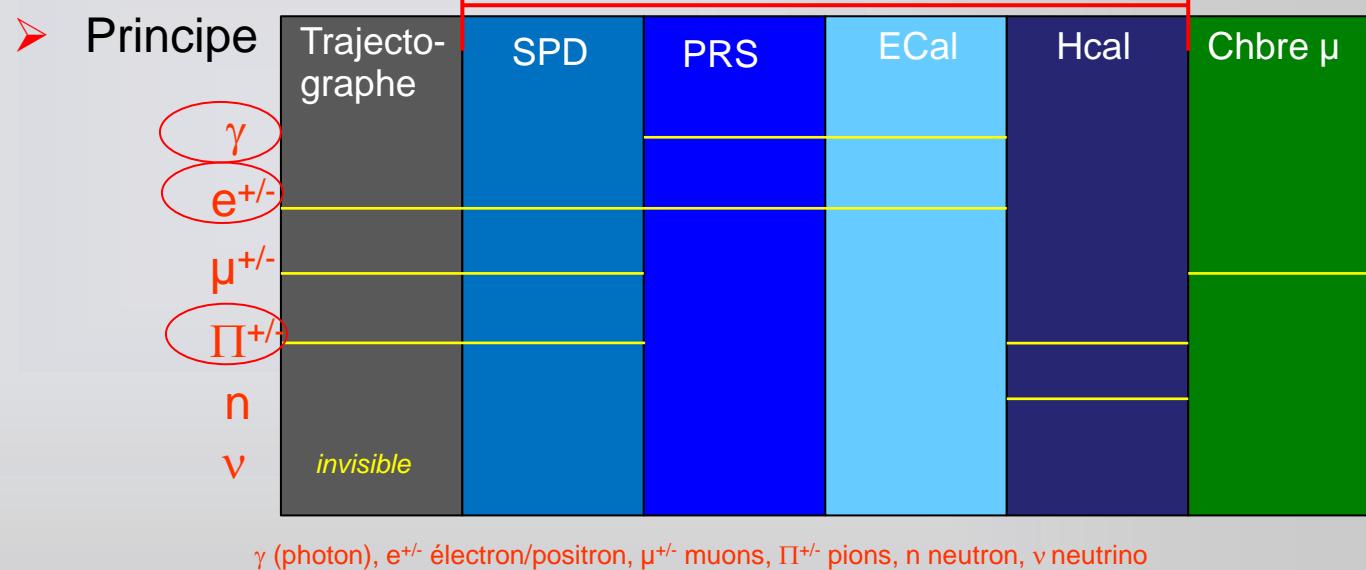
# Le détecteur LHCb : ordre de grandeur



# Le calorimètre

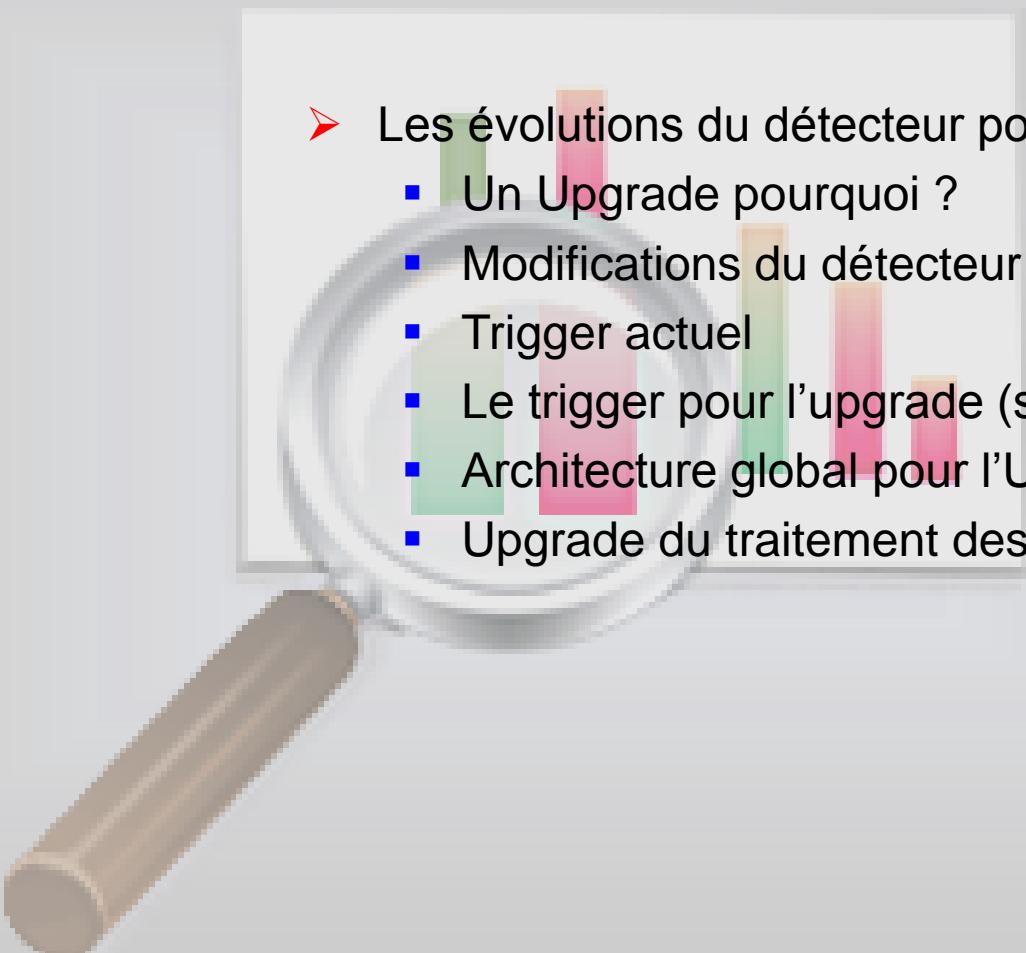


- Fonction principale & Constitution du Calorimètre
  - Détection, mesure d'énergie, détermination du point d'impact et identification des électrons, photons et hadrons.
  - Constitué de plusieurs couches
    - SPD ( Scintillating Pad Detector ),
    - PS ( Pre-Shower )
    - ECAL (Electromagnetic Calorimeter)
    - HCAL ( Hadron Calorimeter )



- Electronique développée par le LAL
  - Grosse partie de l'électronique Front-end du calorimetre
  - SPECS (Serial Protocol for the Experiment Control System)
  - Cablage

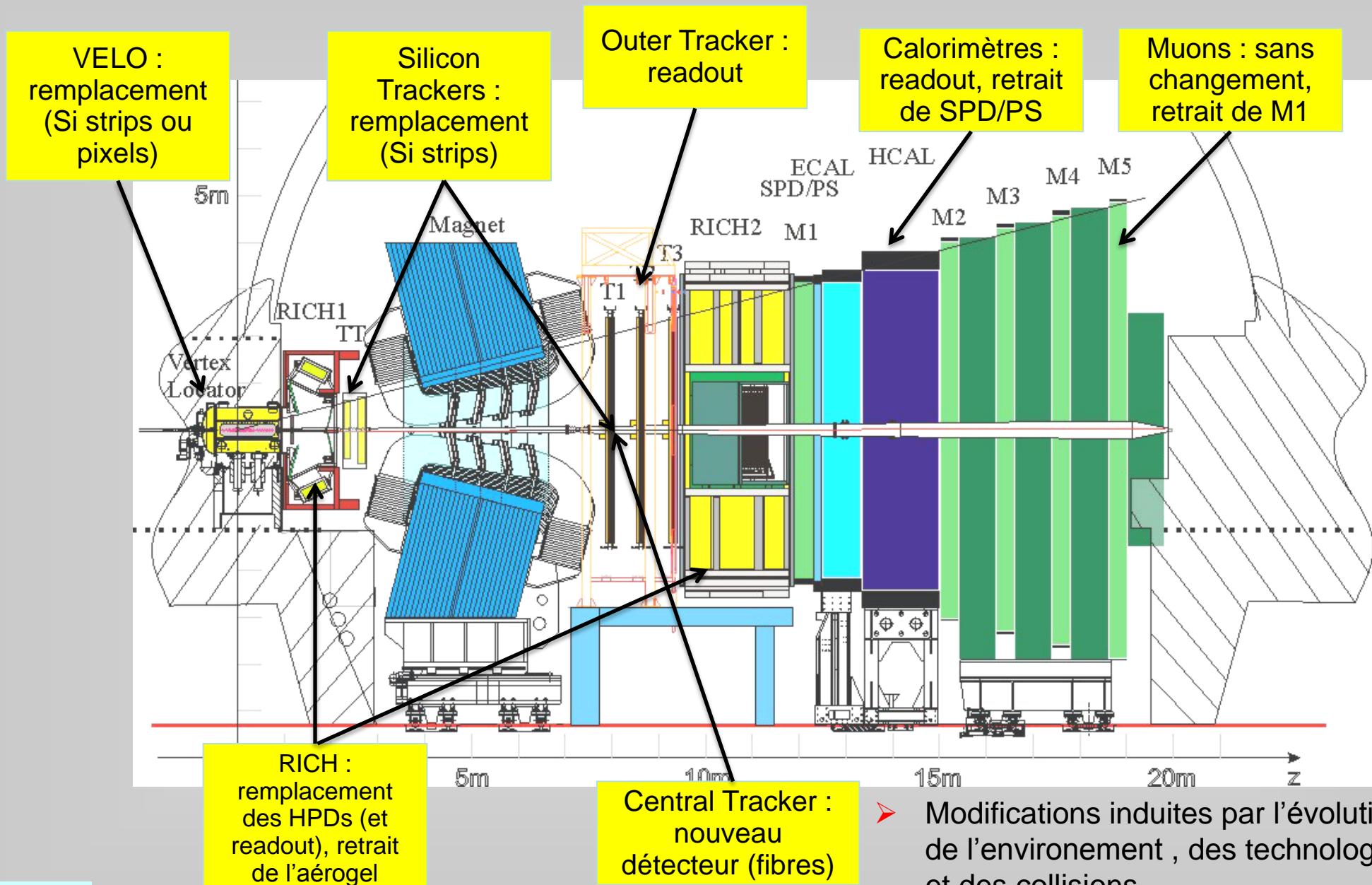
# Détecteur pour l'Upgrade



- Les évolutions du détecteur pour l'Upgrade :
  - Un Upgrade pourquoi ?
  - Modifications du détecteur
  - Trigger actuel
  - Le trigger pour l'upgrade (software)
  - Architecture global pour l'Upgrade
  - Upgrade du traitement des données

- LHCb permet
  - étude de la violation de CP,
  - étude de cas rare de désintégration.
- Pour aller encore plus loin dans ces études, il est nécessaire d'améliorer les mesures actuelles, c'est à dire d'augmenter la statistique en :
  - augmentant la luminosité
  - augmentant de l'efficacité du trigger
- Effet de l'augmentation de luminosité sur les datas
  - ↗ PileUp (empilement des événements plus important)
- Augmentation de l'efficacité du trigger
  - Si l'on relache les coupures sur le trigger actuel (hardware)
    - signal ↗, bdf ↗  $\Rightarrow$  Pas de gain sur la statistique
  - Idée d'implémenter un trigger plus intelligent
    - signal  $\nearrow$  ↗, bdf  $\rightarrow$
  - Trigger software (HLT)
    - ~~0~~  $\rightarrow$  Trigger plus intelligent (ferme de PC)
- Effet de l'augmentation de l'efficacité du trigger
  - Oblige à une refonte totale de l'électronique Front-end du Calorimètre

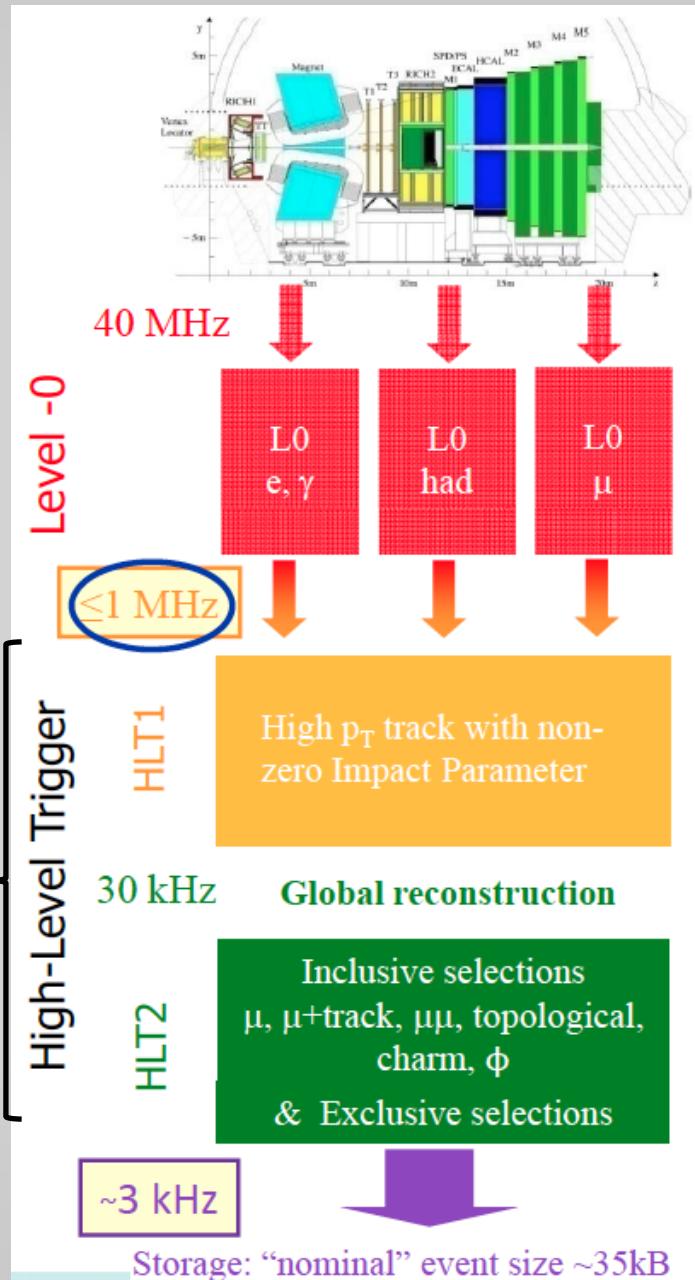
# *Modifications du détecteur*



- Modifications induites par l'évolution de l'environnement , des technologies et des collisions.

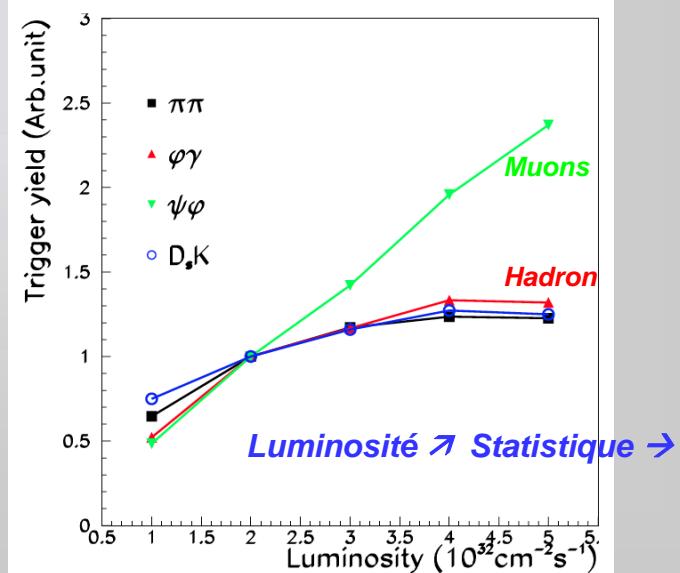
# Le Trigger actuel

Trigger software  
29 000 cœurs  
CPU  
utilisant le  
logiciel de  
reconstruction  
offline

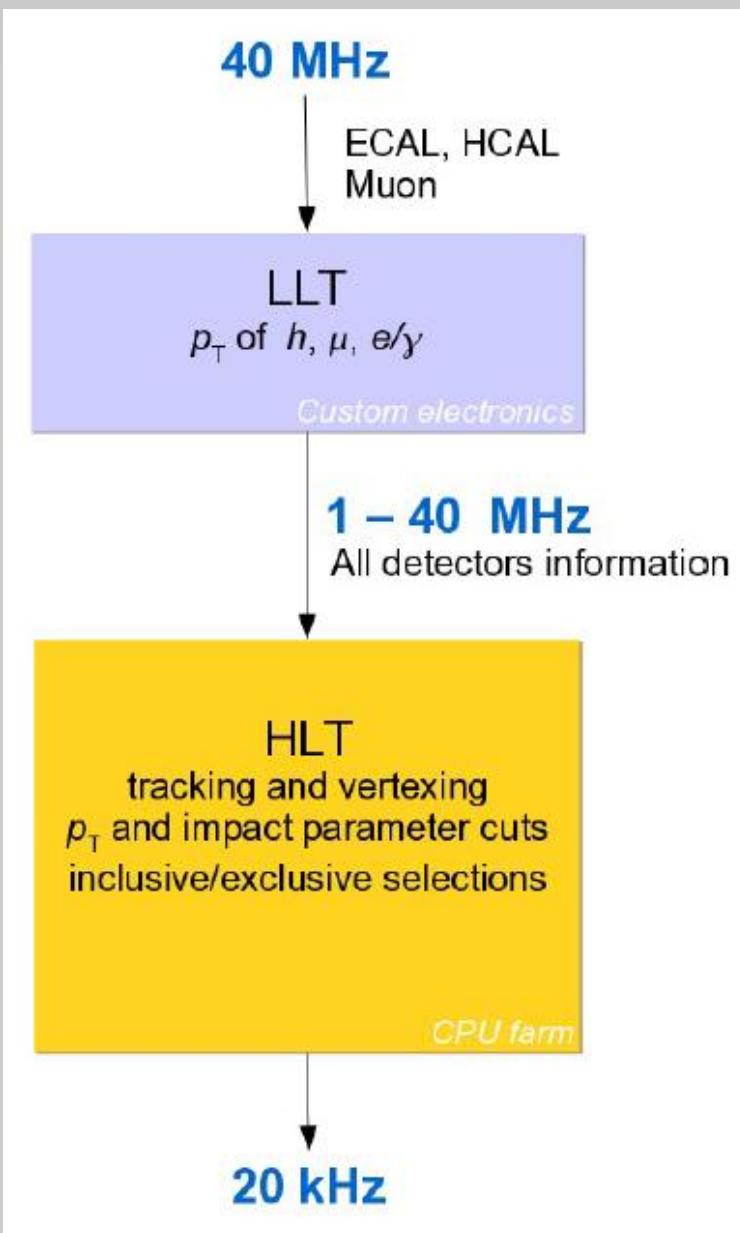


- Trigger de 1<sup>er</sup> Niveau (L0) hardware
  - Limitation par construction du readout des datas à 1Mhz.
- Trigger HLT 1
  - Readout des datas à 30 kHz.
- Trigger HLT 2
  - Readout des datas à 3 kHz, c'est à dire stockage sur bande.

Trigger =  $f$  (luminosité)



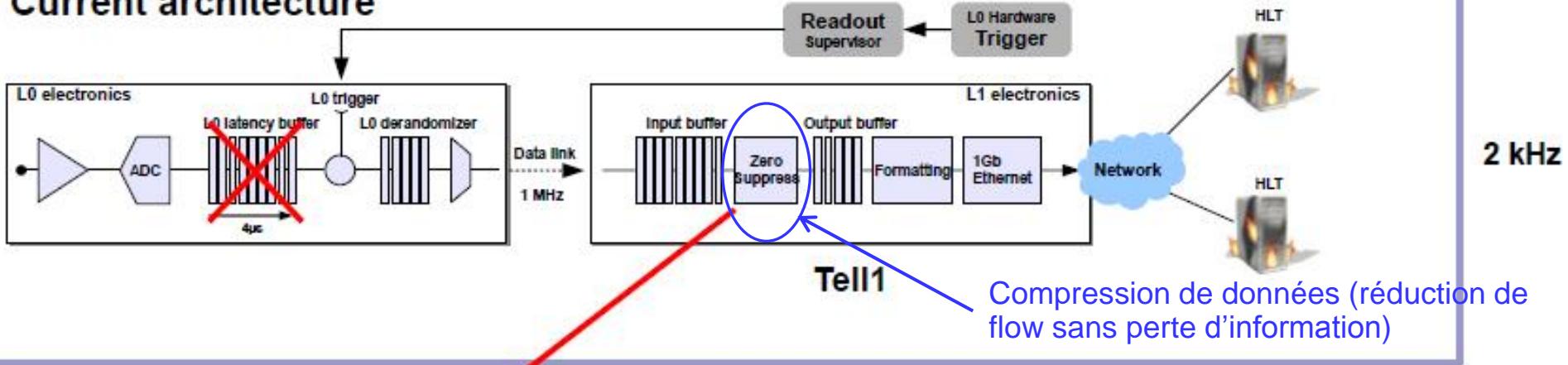
# Le Trigger pour l'upgrade



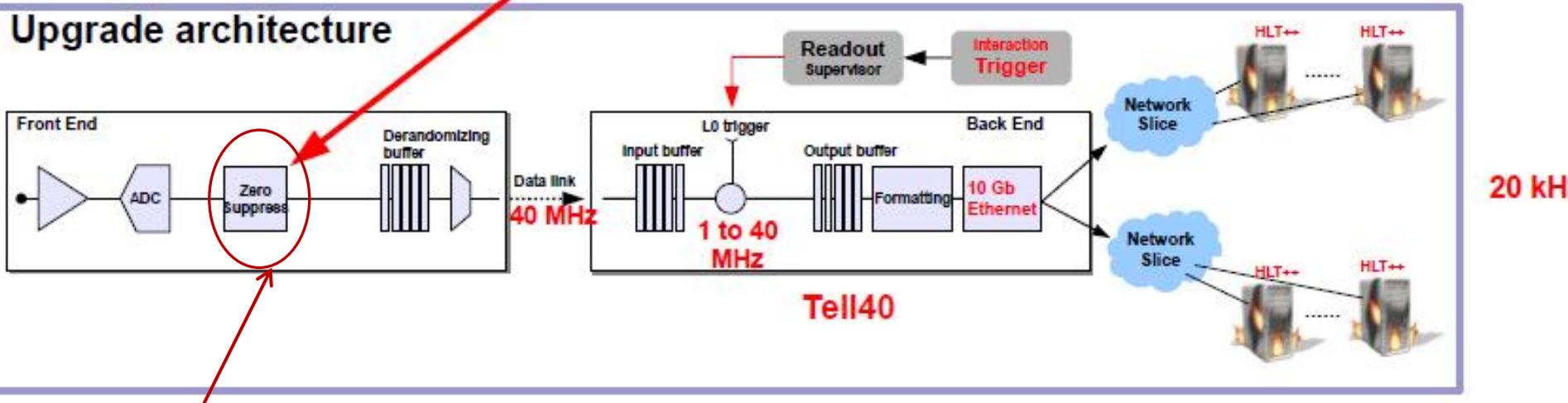
- Trigger HLT uniquement !
  - Devra absorber les données à 40 Mhz.
  - Readout des datas à 20 kHz (stockage sur bande)
- Trigger hardware disparait progressivement (X)
  - Ajustement du taux de lecture
  - Progressivement éliminé en fonction des capacités du HLT (achat PC !).
- Avantage : gain d'efficacité et de flexibilité
- Remarque : impose le remplacement de l'électronique de lecture pour lire le détecteur à 40 Mhz.

# Architecture globale pour l'Upgrade

## Current architecture



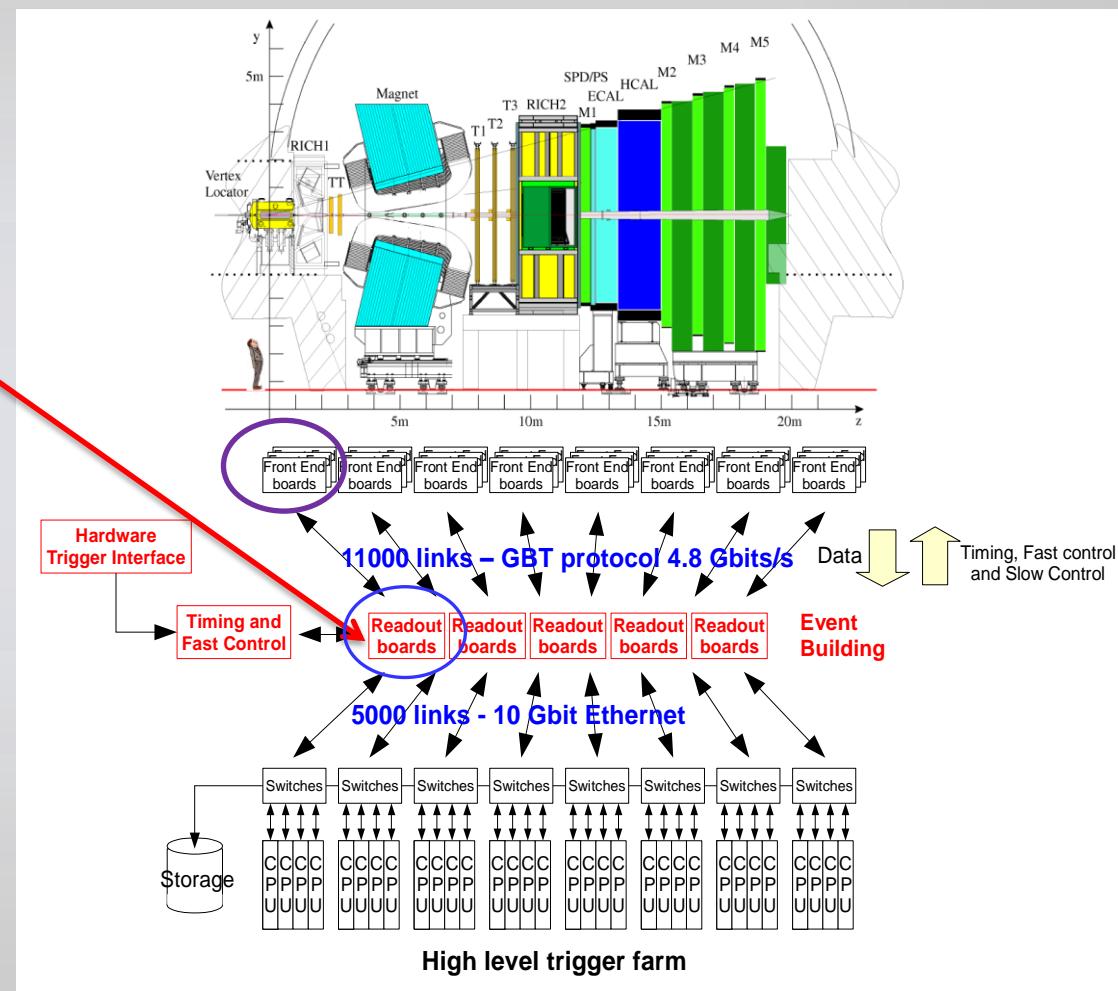
## Upgrade architecture



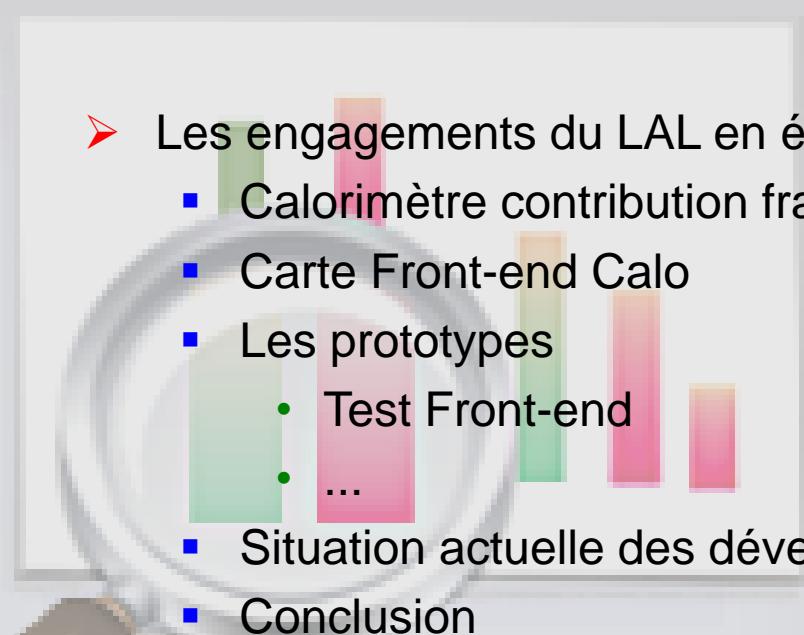
C'était le packing, maintenant plus nécessaire pour le Calo !!

# Upgrade du traitement des données

- Lecture du détecteur à 40 MHz implique une refonte complète de l'interface entre Front-End et les CPU du trigger software.
- Développement d'une carte de lecture commune à tous les systèmes de LHCb pour réaliser cette interface.
- Electronique Front-end du calorimètre à "redesigner"



# *L'implication du LAL dans l'upgrade*



- Les engagements du LAL en électronique :
  - Calorimètre contribution française
  - Carte Front-end Calo
  - Les prototypes
    - Test Front-end
    - ...
  - Situation actuelle des développements
  - Conclusion

# Calorimètre contribution Française

## ➤ Orsay (LAL) :

- Développement de la partie numérique de la carte Front-End: 2011-2014 et collaboration à l'ASIC Front-end Calo.
- Responsabilité de la fabrication de la carte Front-End: 300 cartes
  - Fabrication : 2015
  - Tests (150 cartes) : 2016-2017
  - Installation et commissioning : 2018

## ➤ Annecy (LAPP) :

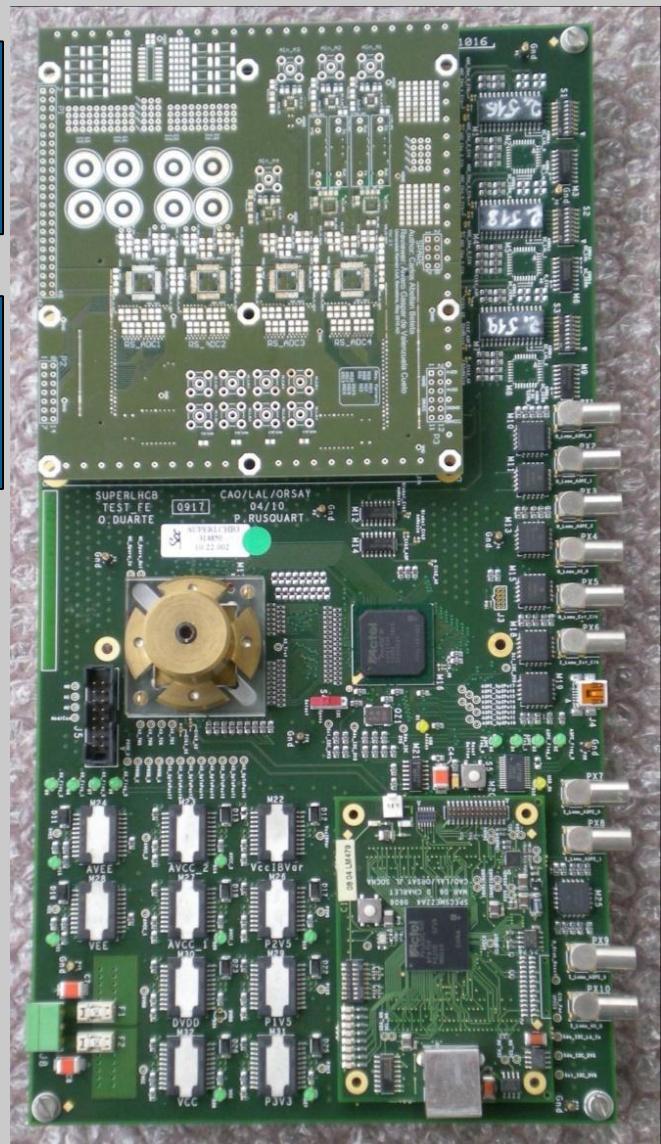
- Participation au remplacement éventuel des modules internes : 2018
- Participation à la migration ECS (Experiment Control System) pour la TVB (ECS passe maintenant dans le GBT).

## ➤ Passage au CS de l'IN2P3 en juin 2012 : rapport très favorable.

# Carte Front-end Calo

- Traitement numérique des signaux ECAL et HCAL doit être modifié par rapport aux cartes Front-End actuelles → développement de nouvelles cartes:
  - Traitement et mise en forme des données:
    - Implémentées dans des FPGAs (A3PE d'Actel, résistant aux radiations).
    - Firmware et prototype en cours de réalisation pour démontrer la faisabilité.
  - Transmission des données à 40 MHz vers la ferme de CPU du trigger software :
    - Par fibres optiques (réutilisant en partie celles qui sont déjà installées dans l'expérience).
    - Encodage/décodage des données à très haut débit (5 Gb/s) basées sur l'architecture GBT, développée au CERN pour toutes les expériences LHC.
- Intégration de GBT (Multi-Gb/s Data Transmission) sur FEB.

# Tests Front-end



- Premiers prototypes réalisés (développement d'une carte numérique pour tester :
  - Une nouvelle famille de FPGA Actel (A3PE):
    - SSO (Simultaneously Switching Output limits)
    - Test en radiation (2013-14).
  - La partie Front-end analogique (mezzanine) :
    - Développement Catalan
    - Solution ASIC (ICECAL) .
    - Solution discrète
- Test beam réalisé avec succès en Nov 2012
- Prochains tests sur cette carte
  - Triple Voting
  - FPGA (A3PE) à 80Mhz
  - ...

# Conclusion

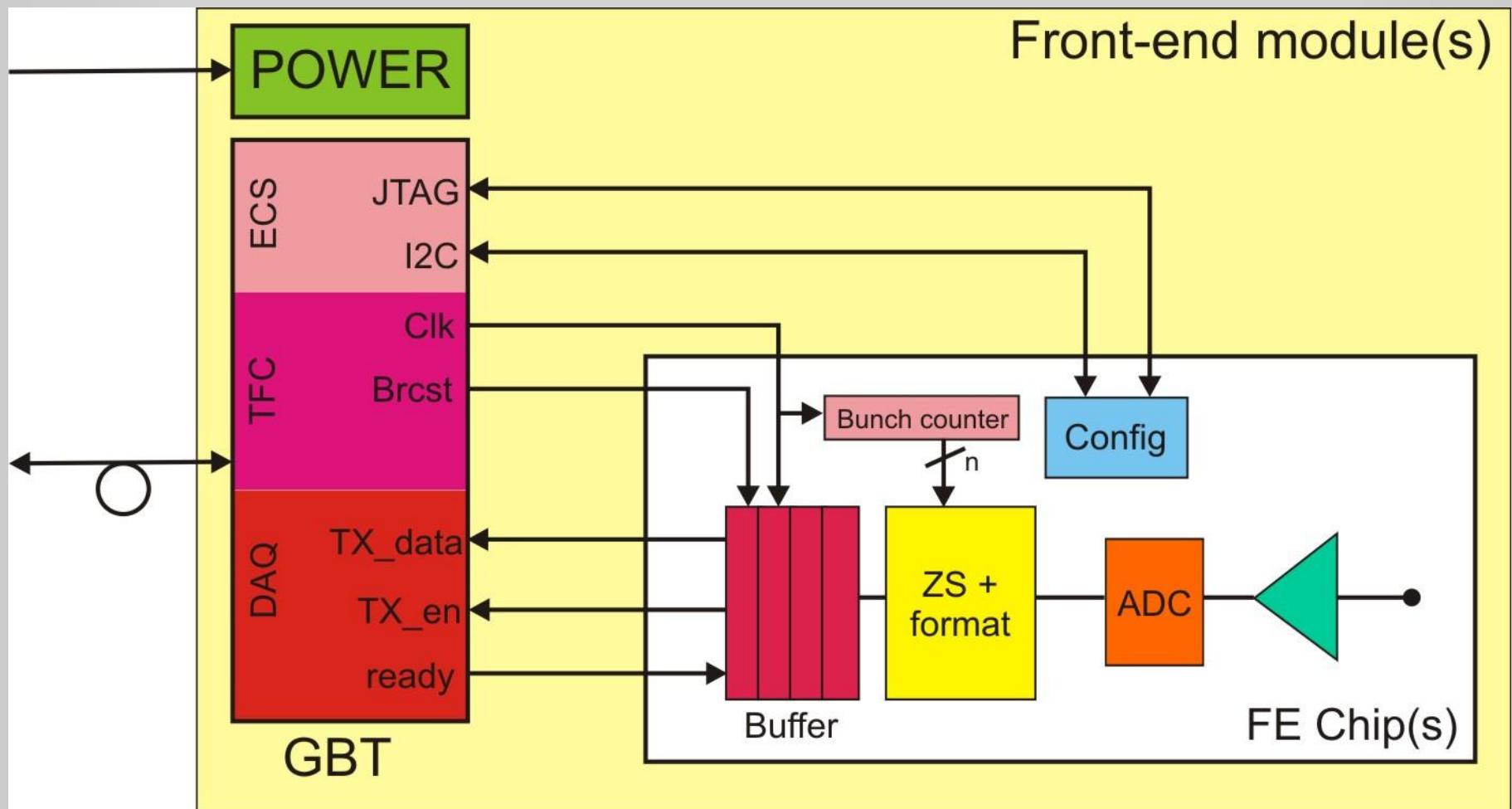
- Finalisation de l'architecture globale du Crate Front-end Calo.
- Etude et réalisation d'une carte Front-end Calo :
  - Carte 16 ou 32 voies
  - Intégration FE analogique
  - Intégration GBT (disponibilité 2013-14).
- Suivit de production.
- Test (1/2) et intégration.
- Upgrade LHCb devra être opérationnel en 2018.
- Upgrade en une seule étape.
- La qualité des premiers résultats de LHCb assure que les objectifs fixés pour l'upgrade seront réalisés.
- Adaptation de CAT, logiciel d'acquisition et contrôle (Physicos!).



# Thank you



# Constitution d'un module Front-end

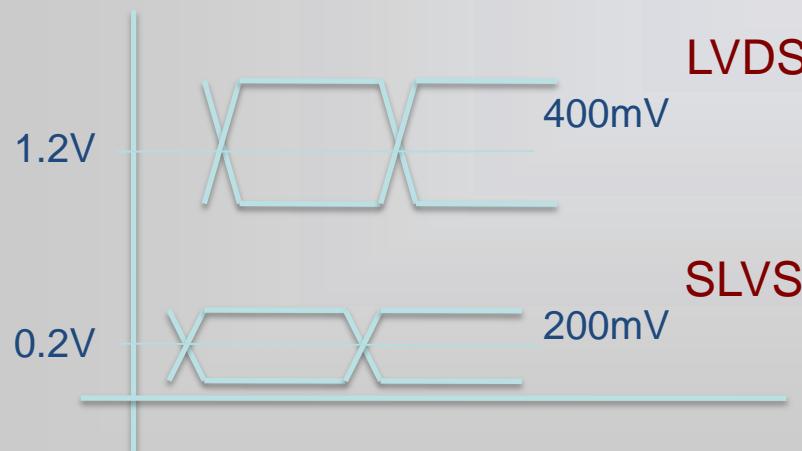


# Tests SLVS

Kostas Kloukinas's slide

## ➤ SLVS (Scalable Low Voltage Standard)

- JEDEC standard: JESD8-13
- Differential voltage based signaling protocol.
  - Voltage levels compatible with deep submicron processes.
  - Typical link length runs of 30cm over PCB at 1Gbps.
  - Low Power, Low EMI
- Application in data links for Flat Panel displays in mobile devices.
  - Mobile Pixel Link, MPL-2 (National semi.)



SLVS specifications brief  
 2 mA Differential max  
 Line impedance: 100 Ohm  
 Signal: +- 200 mV  
 Common mode ref voltage: 0.2V