

# La physique de LHCb

# La physique de LHCb

LHCb : une des 4 grandes expériences qui instrumentent le LHC

Une expérience dédiée à l'étude de :

- l'infime différence entre la **matière** et l'**anti-matière**

→ Symétrie matière / anti-matière :  
 $C \times P$

- C : Conjugaison de charge  
(+ → -)
- P : Parité  
(symétrie miroir)

- dans le secteur des **hadrons beaux**

- assemblage de quarks (2 ou 3)
- contenant au moins un b (quark beau)



# La physique des particules

## La physique des particules aujourd'hui :

- entièrement expliquée par le Modèle Standard (MS)
- le MS n'est qu'une théorie effective – la réalisation à basse énergie d'une théorie plus fondamentale
- recherche d'une nouvelle physique : mise en évidence de nouvelles particules

## Recherches directes

- production de ces nouvelles particules dans des collisions à haute énergie :  $E > M$
- observation de la désintégration de ces nouvelles particules

↘ « Energy frontier »

## Recherches indirectes

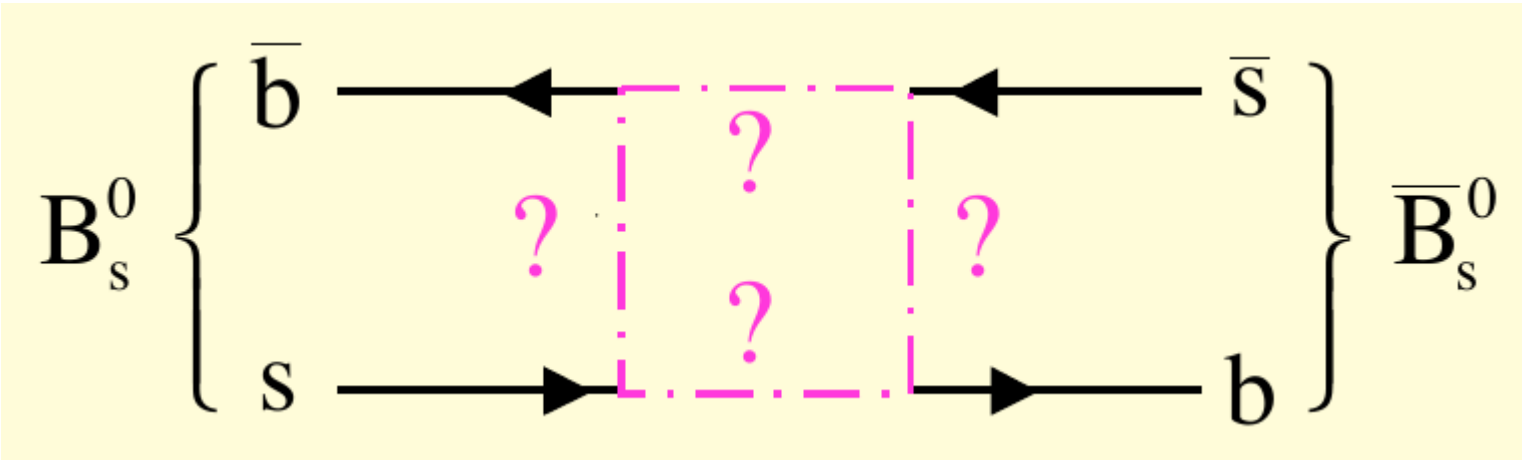
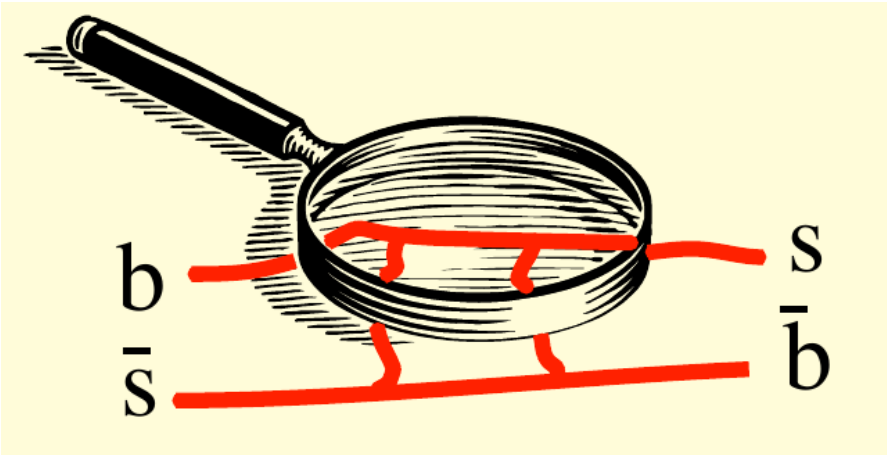
- mesures de précision de phénomènes faisant intervenir *virtuellement* ces nouvelles particules
- comparaison avec les prédictions théoriques

↘ « Intensity frontier »

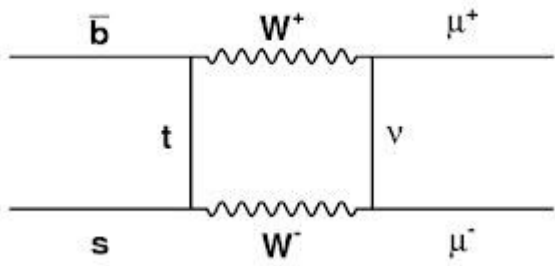
- la précision demande beaucoup de statistique

↘ LHCb

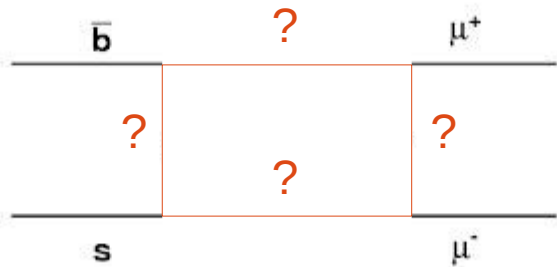
# Recherches indirectes



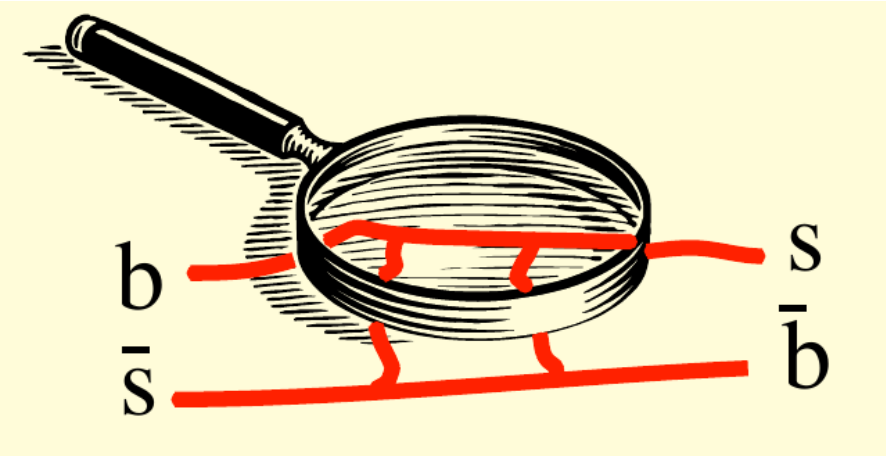
# Recherches indirectes



Processus du MS



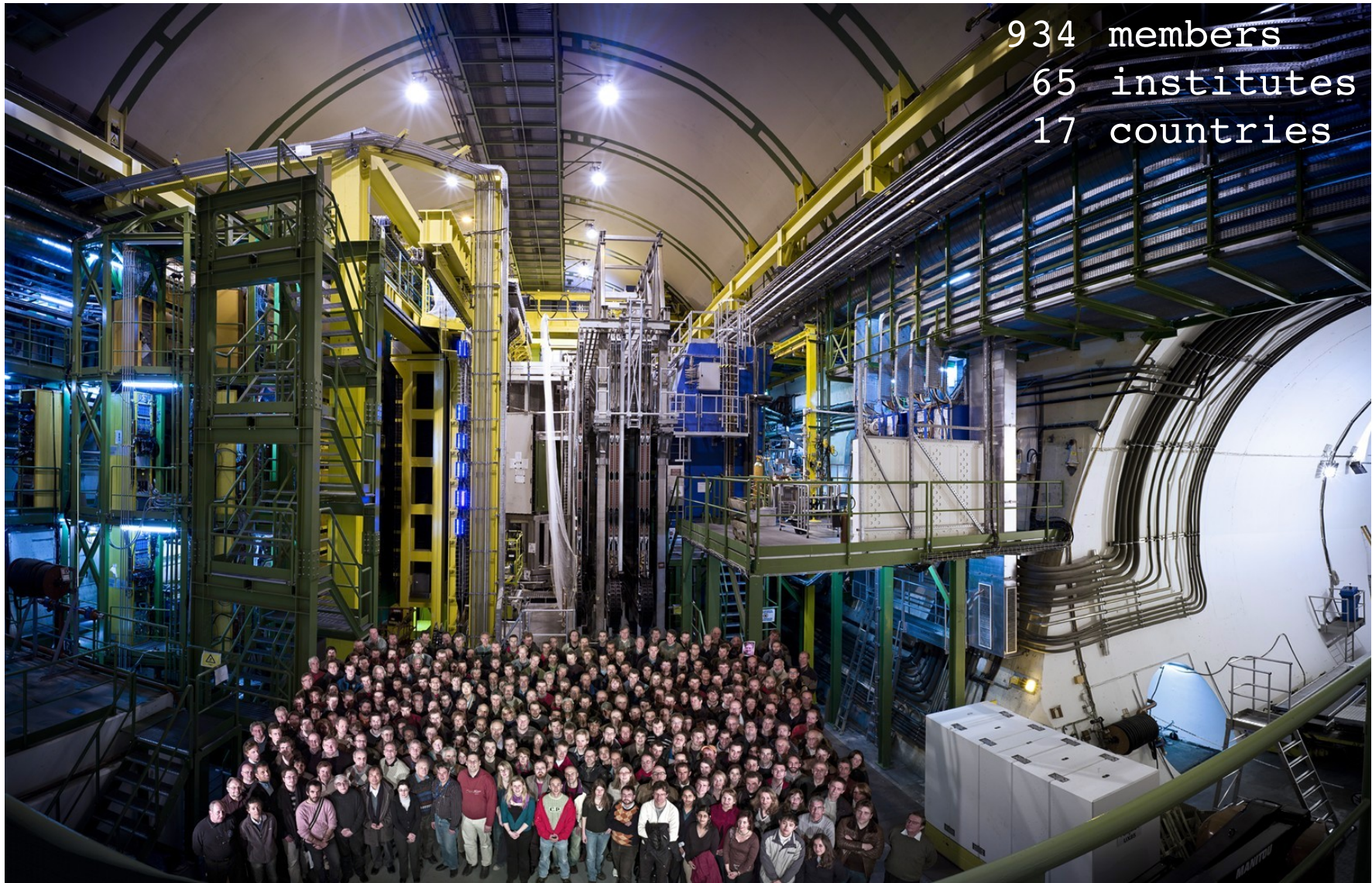
Processus avec de la nouvelle physique



## Précision :

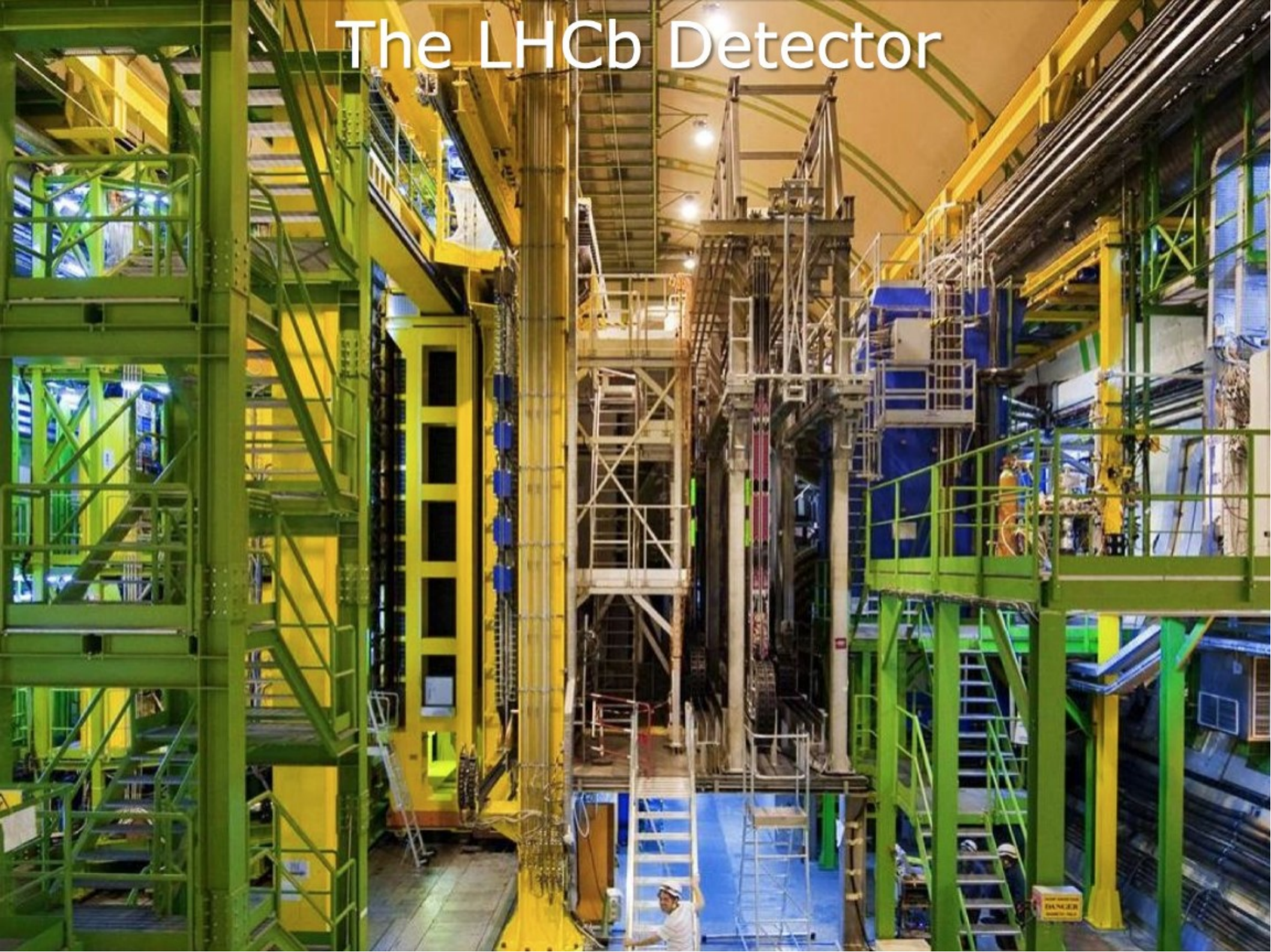
- expérimentale
- prédiction théorique
- ↘ Mise en évidence de la nouvelle physique

# L'expérience LHCb

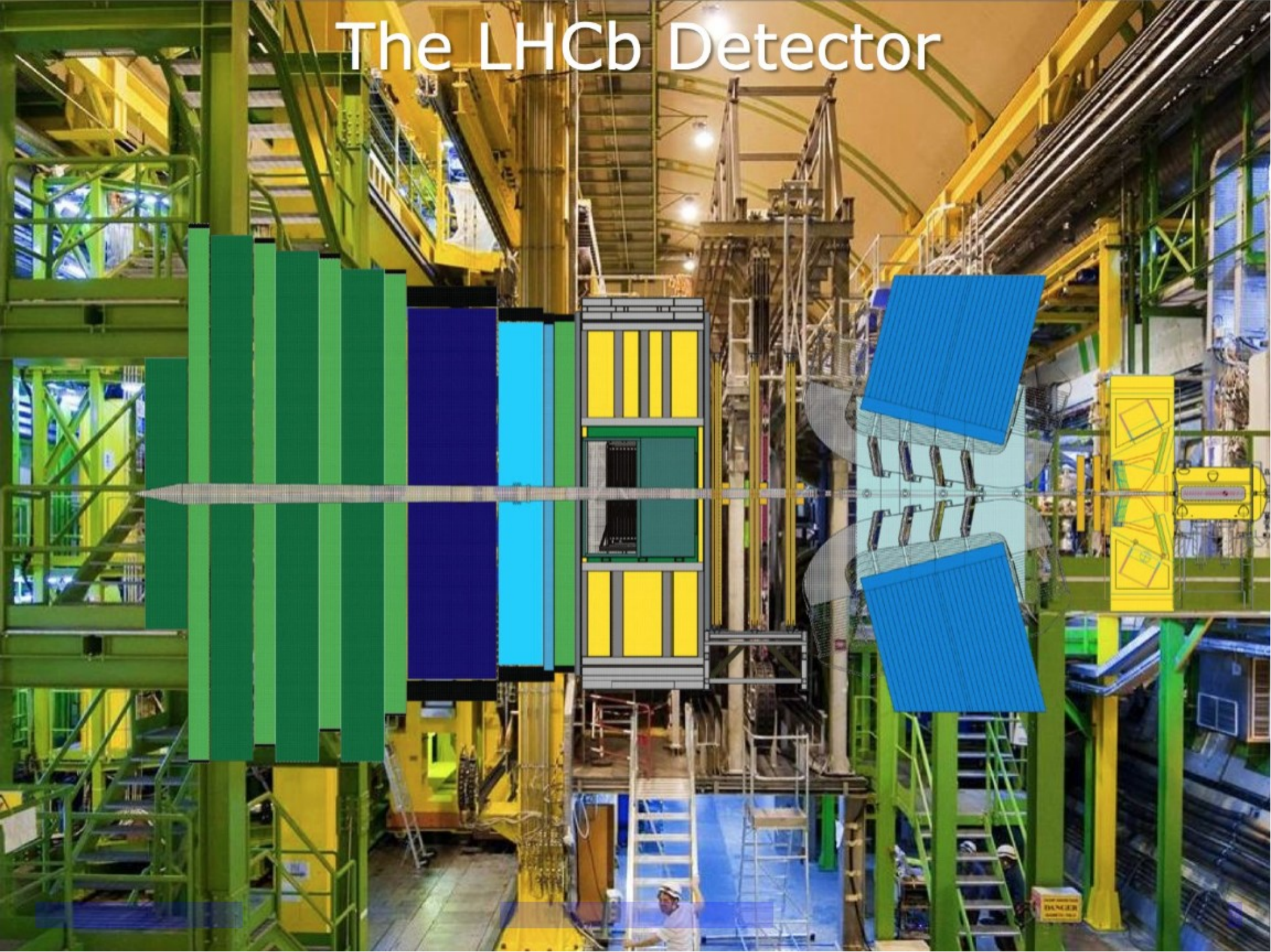


934 members  
65 institutes  
17 countries

# The LHCb Detector

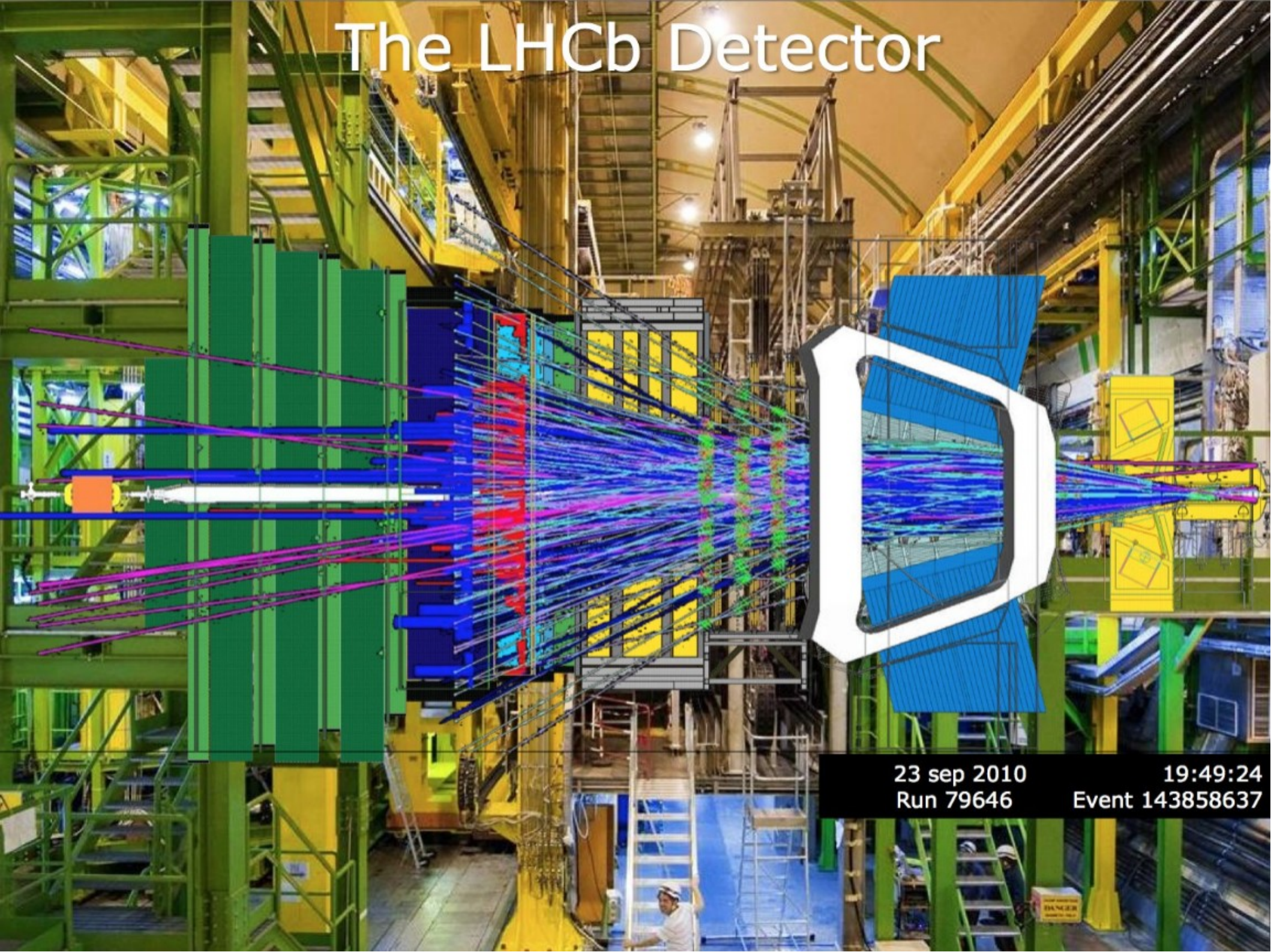


# The LHCb Detector





# The LHCb Detector



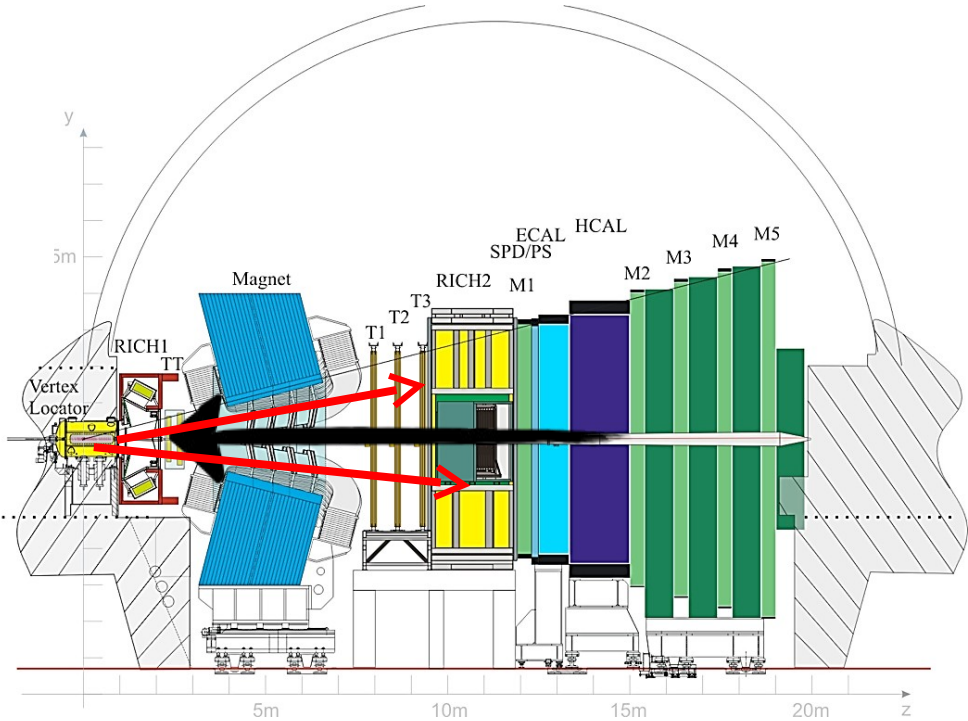
23 sep 2010  
Run 79646

19:49:24  
Event 143858637

DANGER

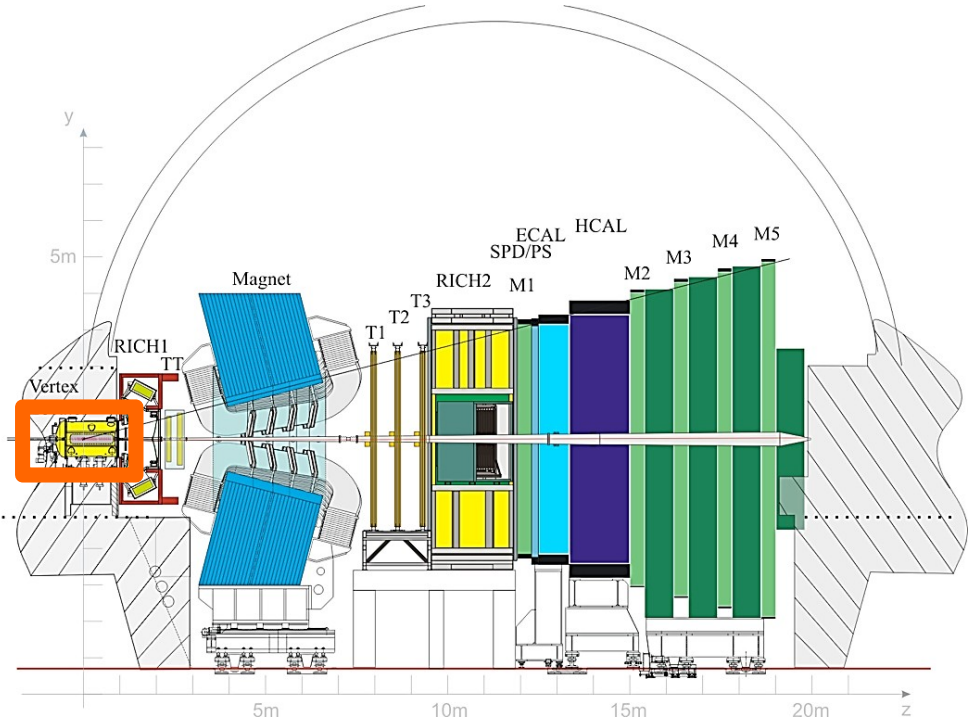
# Les collisions dans LHCb

	1 <sup>ÈRE</sup> GÉNÉRATION	2 <sup>ÈME</sup> GÉNÉRATION	3 <sup>ÈME</sup> GÉNÉRATION
masse →	≈2.3 MeV/c <sup>2</sup>	≈1.275 GeV/c <sup>2</sup>	≈173.07 GeV/c <sup>2</sup>
charge →	2/3	2/3	2/3
spin →	1/2	1/2	1/2
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top
<b>QUARKS</b>			
	≈4.8 MeV/c <sup>2</sup>	≈95 MeV/c <sup>2</sup>	≈4.18 GeV/c <sup>2</sup>
	-1/3	-1/3	-1/3
	1/2	1/2	1/2
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom



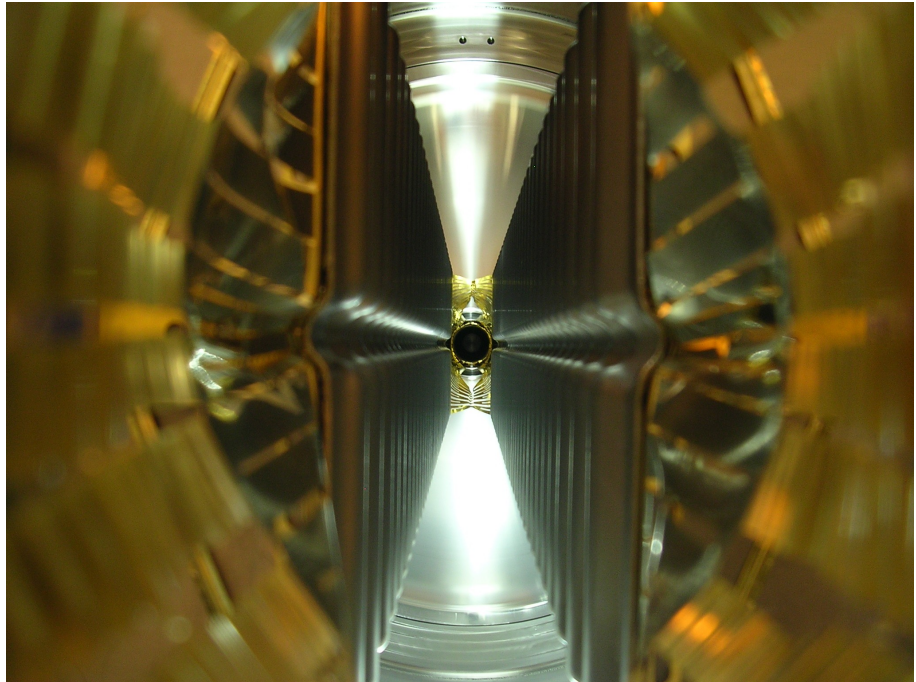
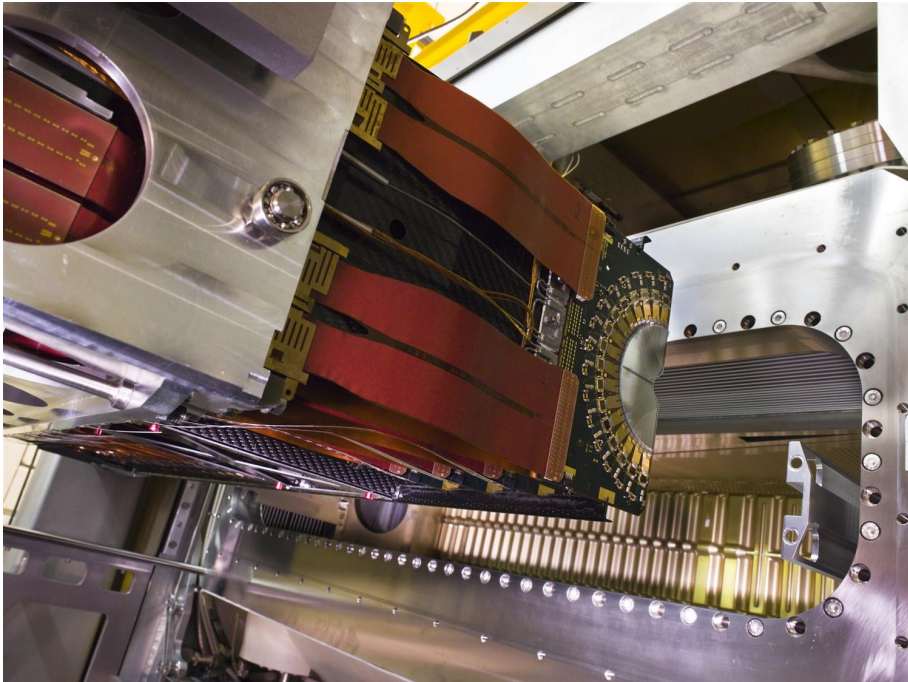
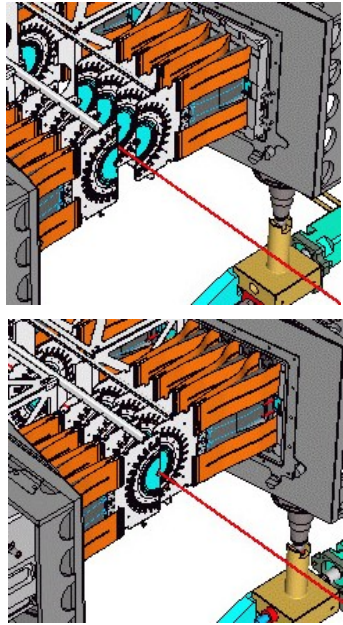
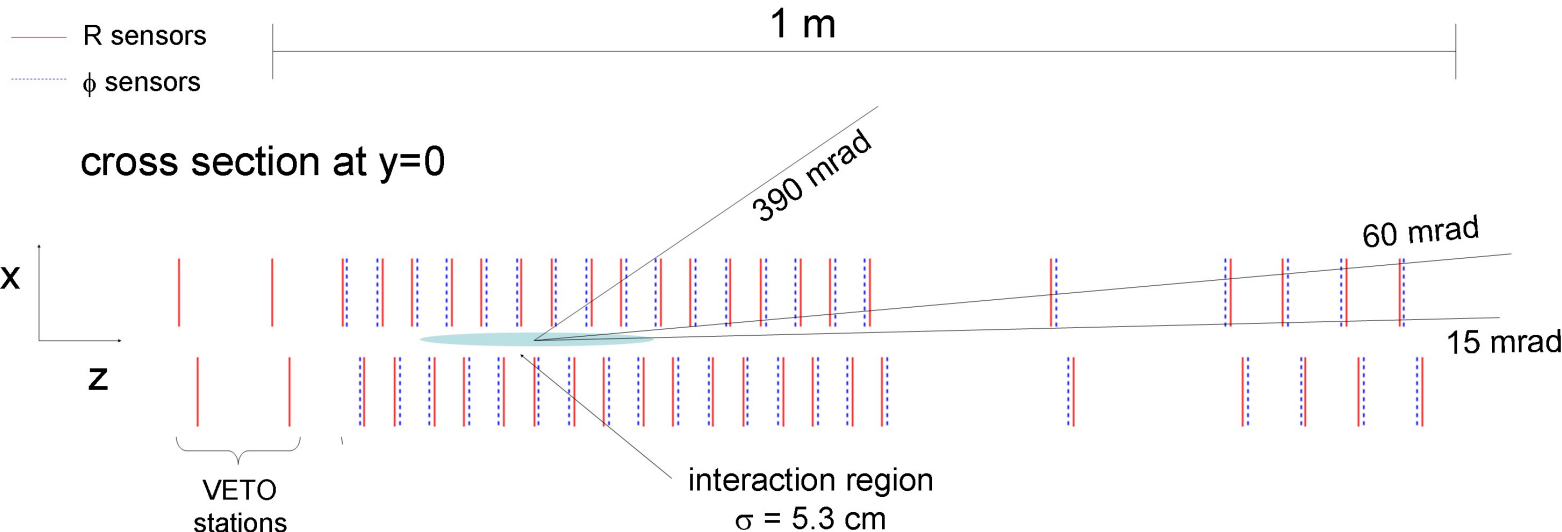
→ Contrairement à ATLAS et CMS, LHCb couvre seulement la direction vers « l'avant », car c'est là où sont produits les mésons B

# Les sous-détecteur composant LHCb

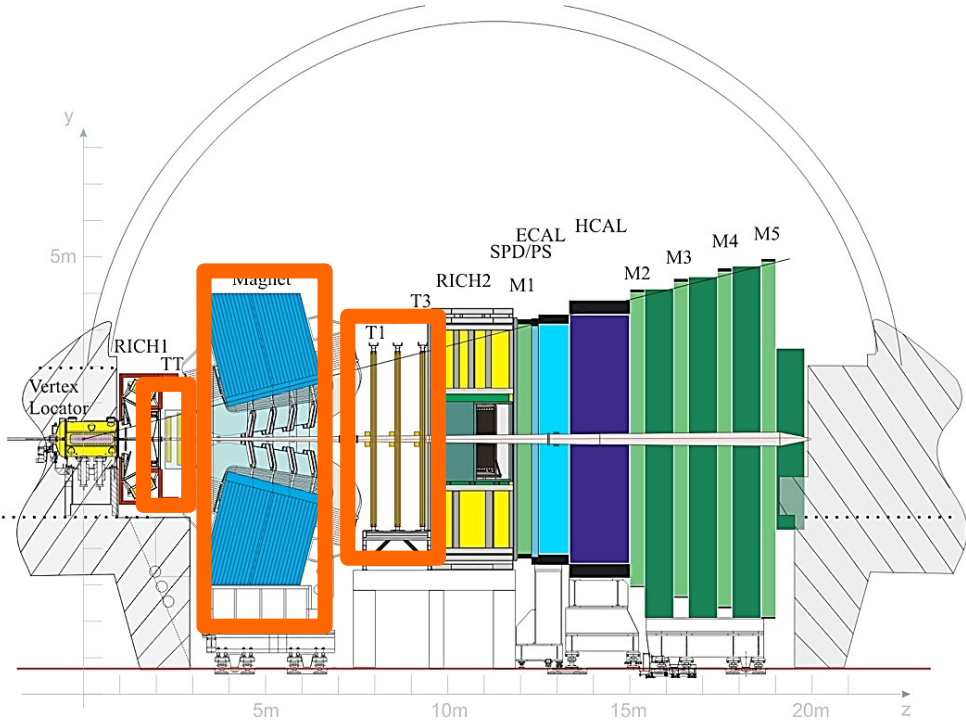


**Le détecteur de vertex (VELO)**

# Le VELO

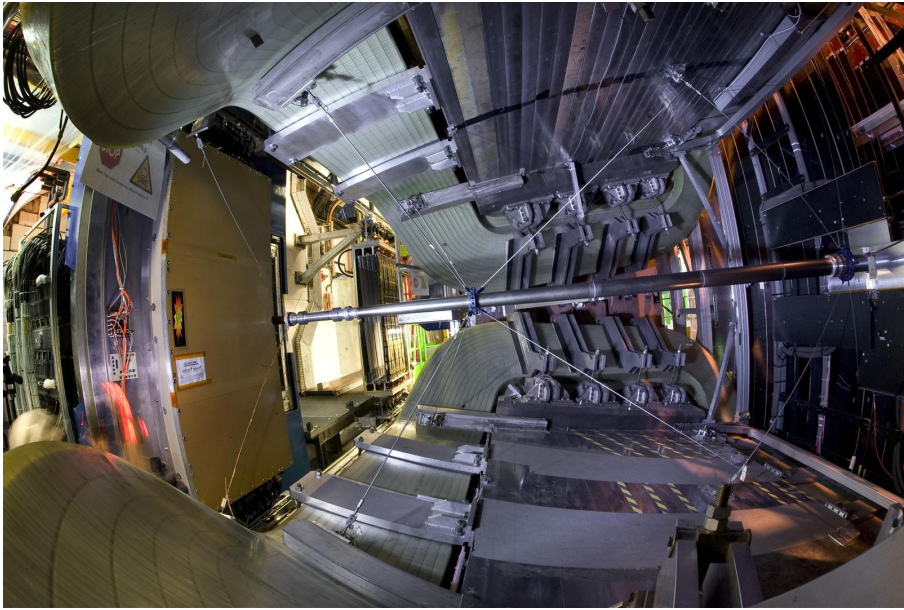


# Les sous-détecteur composant LHCb



**Le trajectographe**

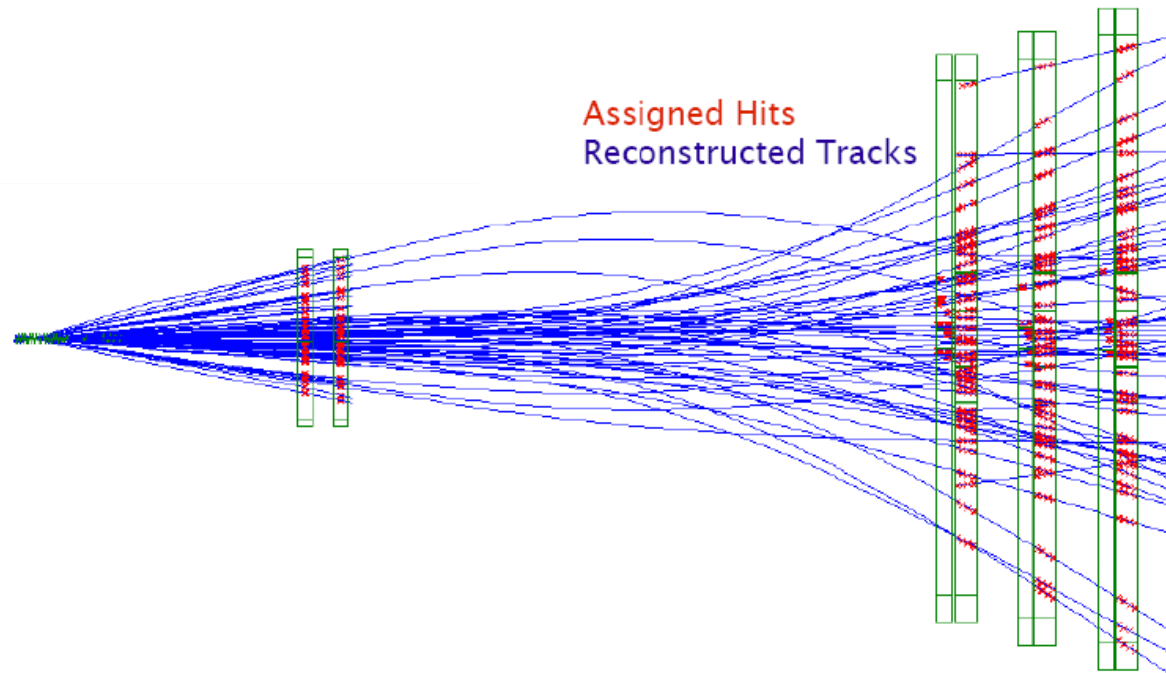
# Le trajectographe



Mesure non perturbative

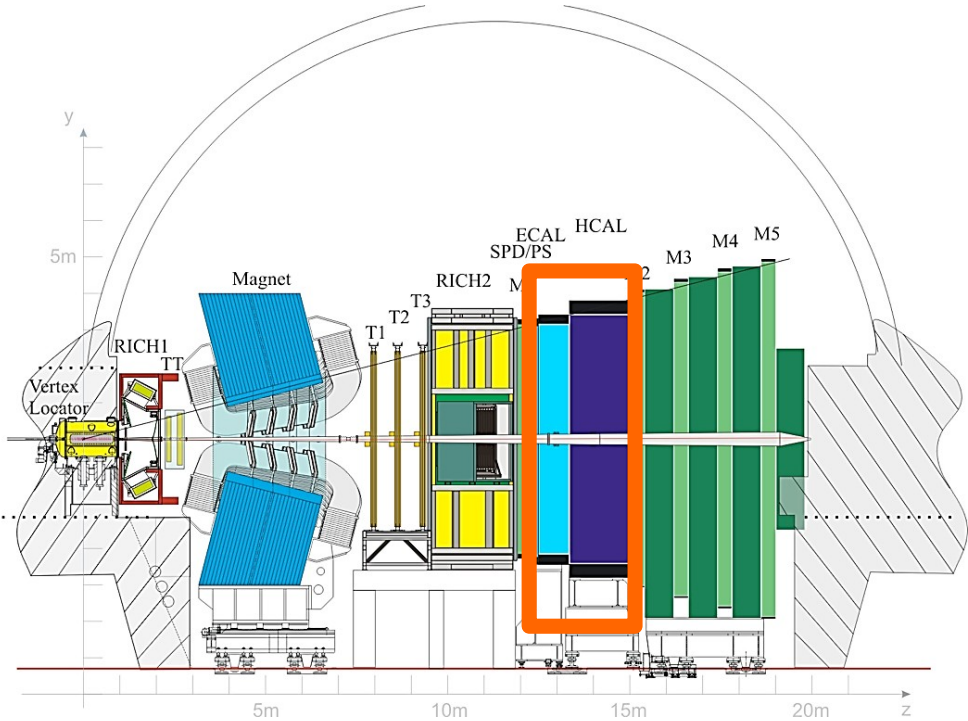
Reconstruction de la trajectoire des particules chargées

Mesure de la courbure des traces dans le champ magnétique



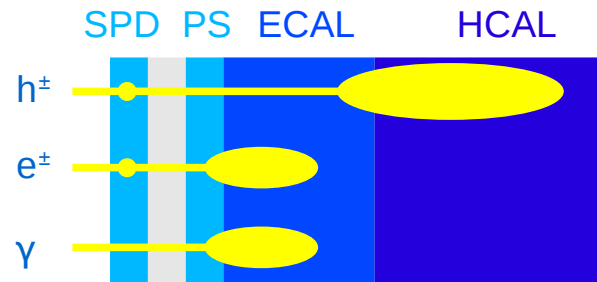
➤ Mesure de l'impulsion

# Les sous-détecteur composant LHCb



**Les calorimètres**

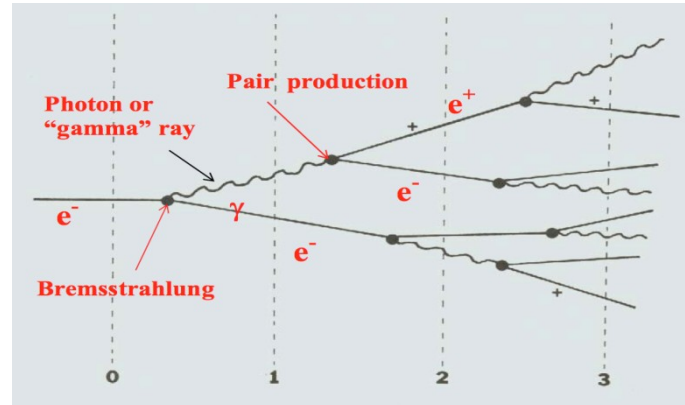
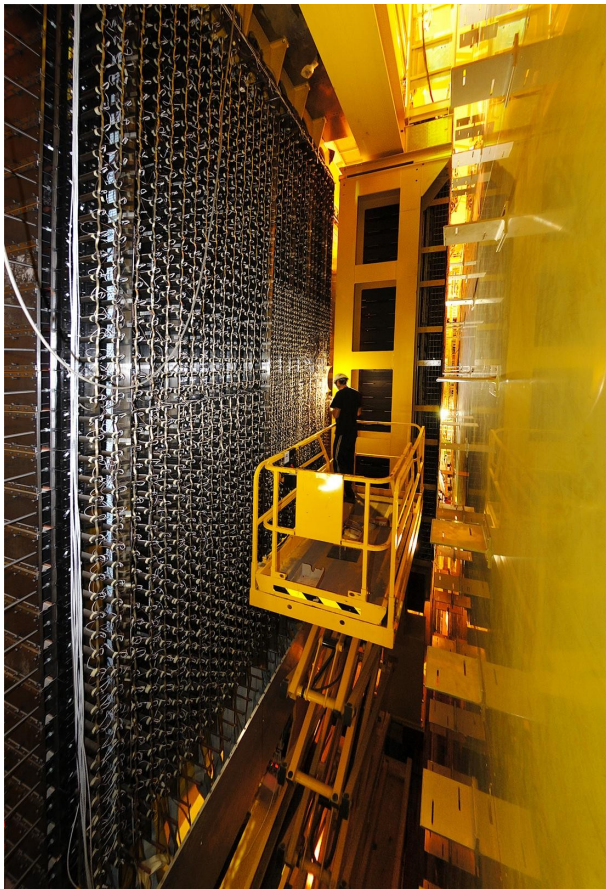
# Les calorimètres



## Mesure destructive

### Calorimétrie électromagnétique (ECAL) :

- détection des électrons :
  - création de paires  $\gamma \rightarrow e^+ e^-$
  - bremsstrahlung  $e^+ \rightarrow \gamma e^+$
- } gerbe électromagnétique
- détection des désintégrations  $\Pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ .

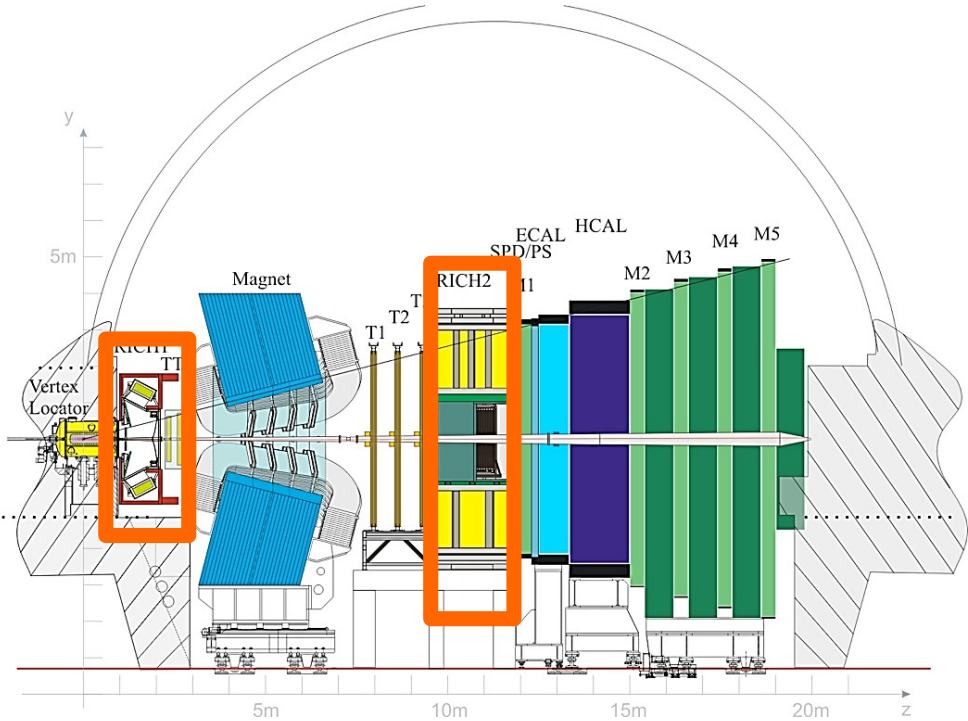


### Calorimètre hadronique :

- détection des hadrons (neutron, protons, pions chargés)
- interaction forte avec les noyaux du milieu
- gerbe hadronique

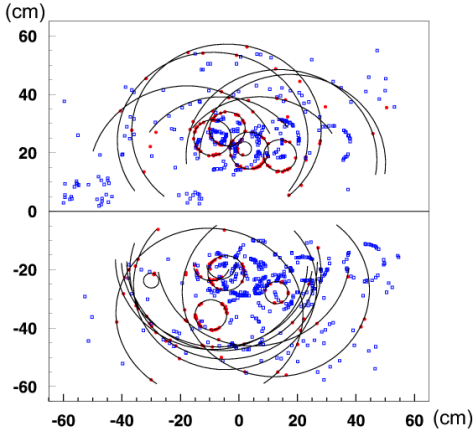
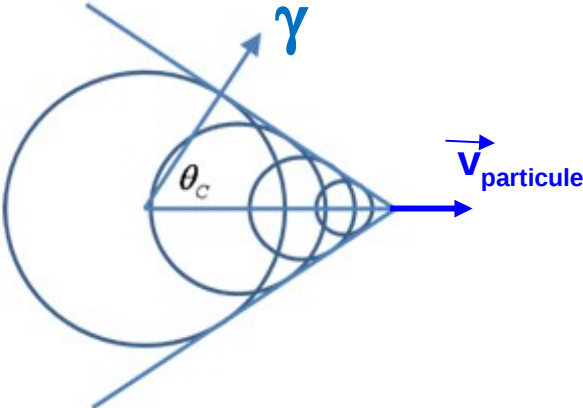
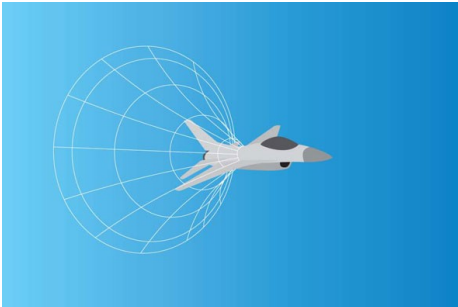


# Les détecteur Cerenkov

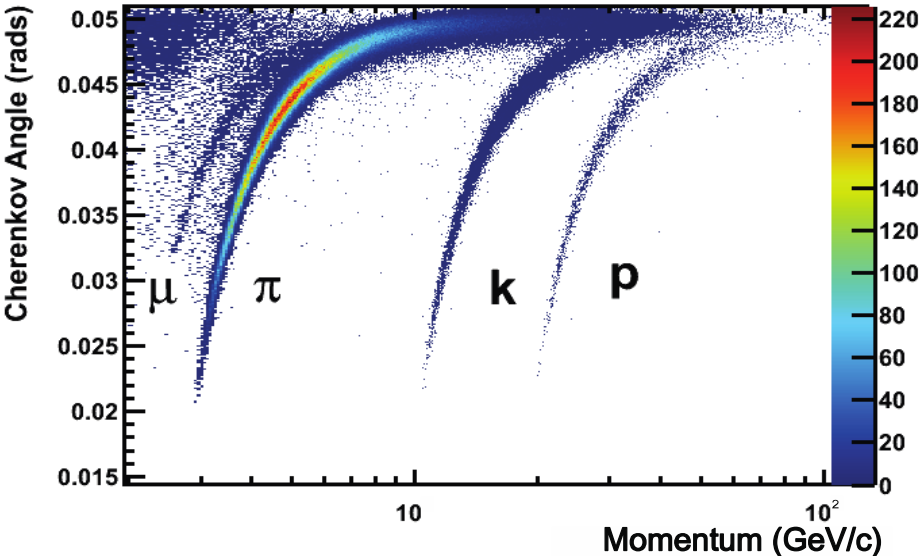
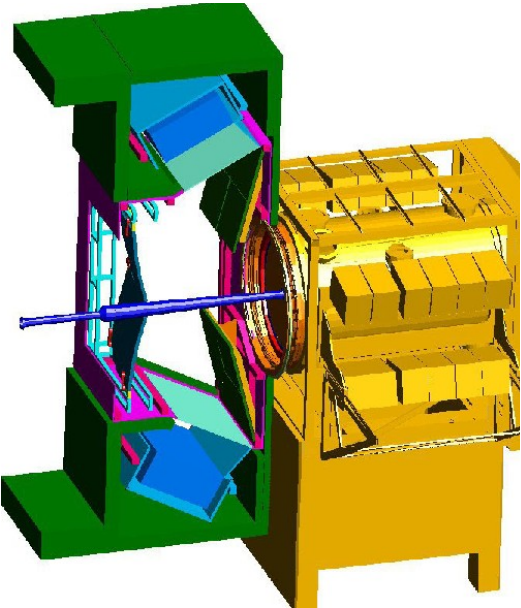


**Les détecteurs Cerenkov (RICH)**

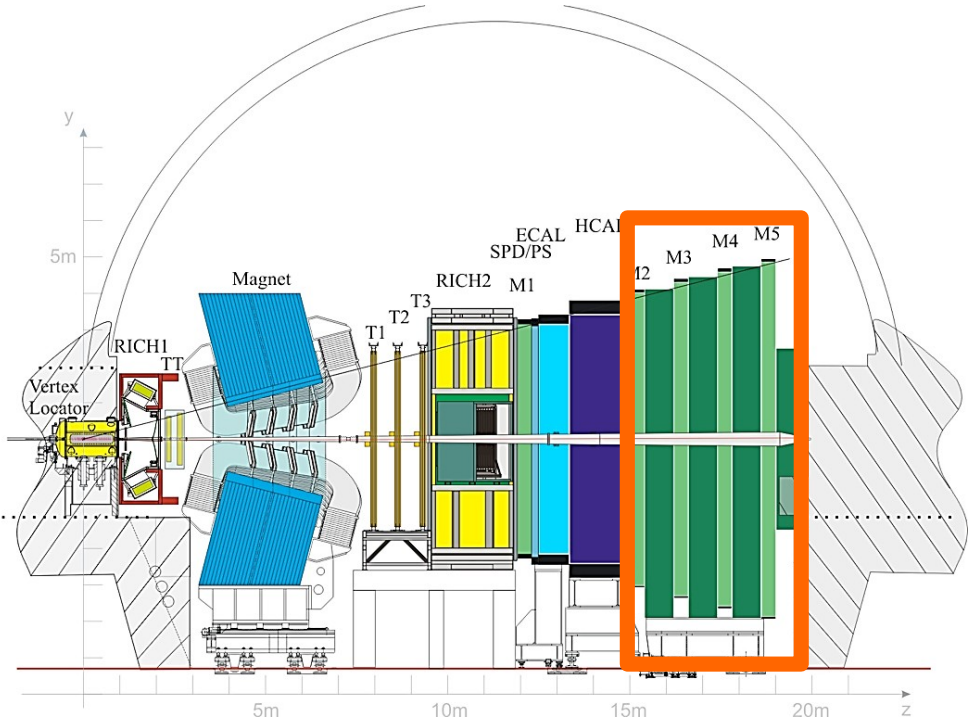
# Les RICHs



Effet Cerenkov : lorsqu'une particule va plus vite que la lumière dans un milieu d'indice  $n$ , elle émet des photons ( $\gamma$ )

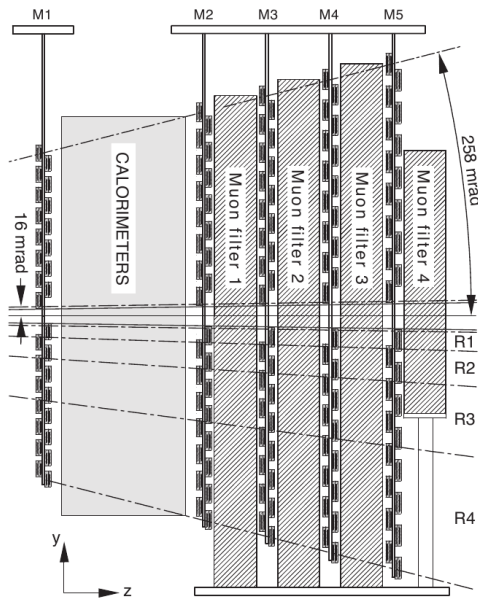
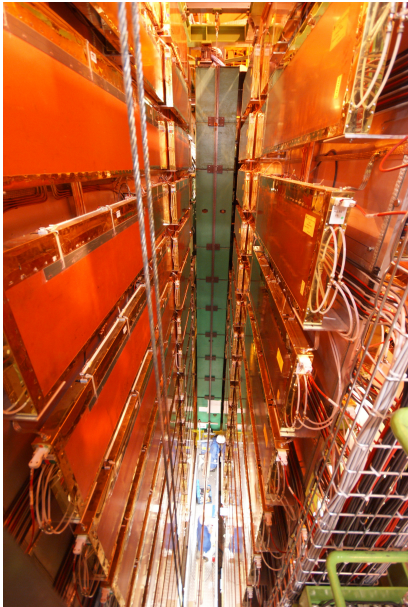


# Les détecteurs de muons



**Les détecteurs détecteurs de muons**

# Les détecteurs de muons



## Muons :

- seuls particules assez pénétrantes pour traverser les calorimètres (avec les neutrinos)
- détecteurs intercalés avec des blocs de fer pour filtrer les autres particules que les muons

# La prise de données

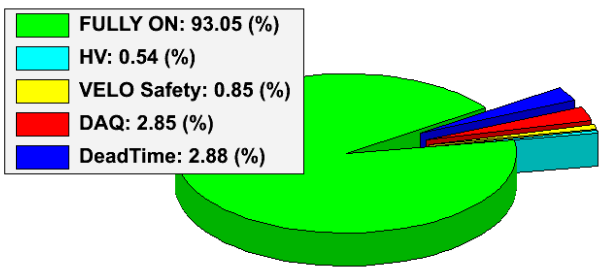


## Le LHC tourne 24/24 – 7/7

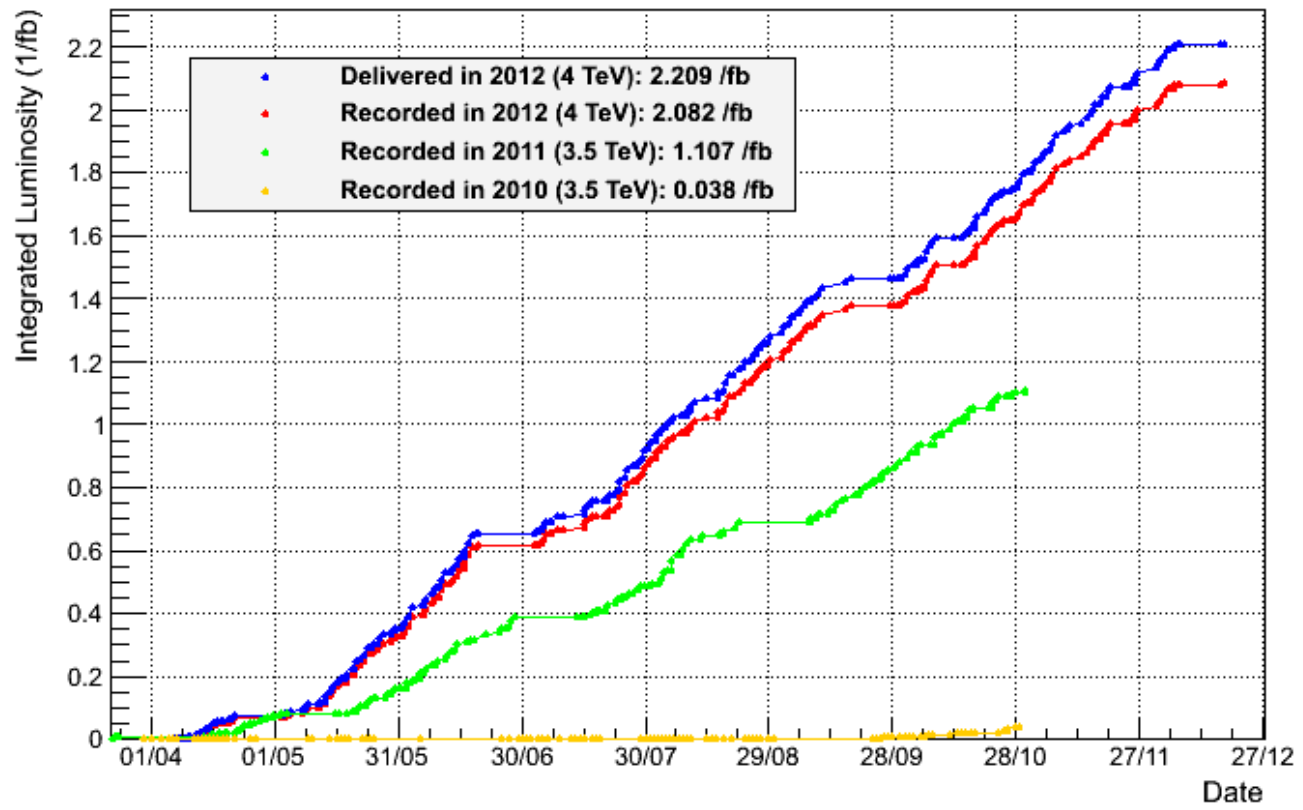
- remplissage de la machine et accélération : ~ 1h
- collision tant que le faisceaux sont bons : ~10h
- astreintes (3x8) pour faire fonctionner l'expérience

# La prise de données

LHCb Efficiency breakdown pp collisions 2010-2012



LHCb Integrated Luminosity pp collisions 2010-2012



# L'acquisition des données



40 millions de croisements de paquets de protons par seconde

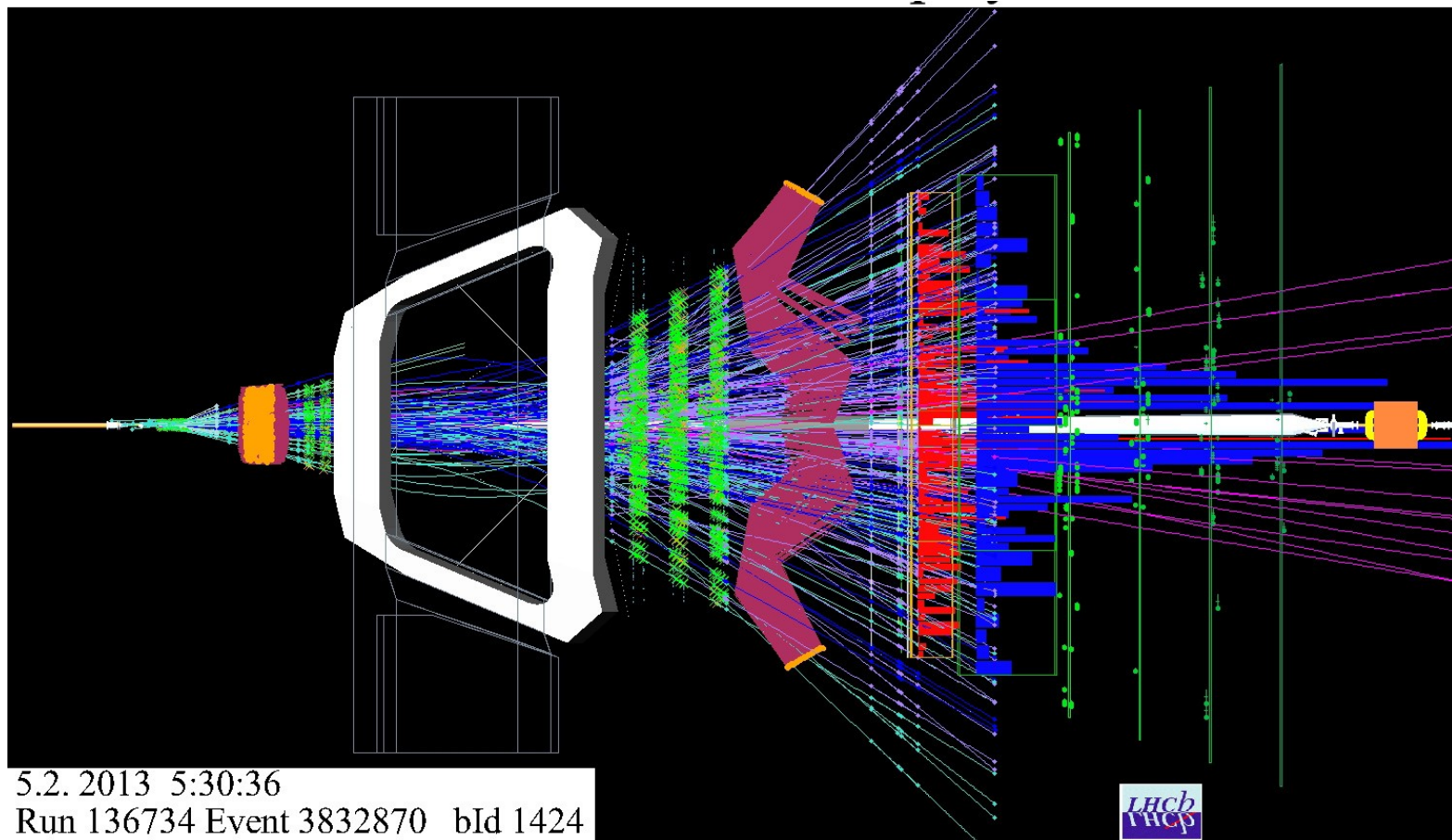
- pas toujours intéressant ...
- on recherche des processus particuliers qui sont souvent rares

↘ Il faut filtrer !

- système de déclenchement
- on enregistre les événements qui paraissent intéressant et on rejette le reste
- pas facile de faire le tri en temps réel !
- LHCb : on enregistre 5000 evts/s (~ 200 GBytes / s)

Le système de déclenchement à muons de niveau 0  
MADE in CPPM !!

# La reconstruction des données



A partir des signaux recueillis dans chaque sous-détecteur :

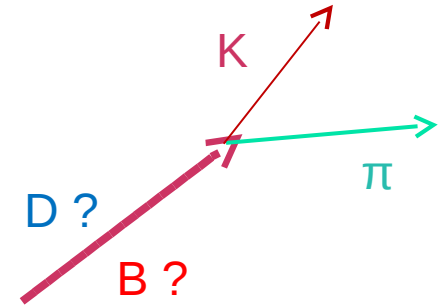
- reconstruction impulsion, énergie des particules suffisamment stables
- détermination de leur nature



# L'analyse de données : une astuce

Avec les énergies et les impulsions mesurées pour  $K$  et  $\pi$ , on détermine la masse invariante de la particule mère  
On compare avec la masse (connue) des  $B$  et  $D$

→ Ça n'est peut être pas exactement la même à cause de la résolution!



$D^0$

$$I(J^P) = \frac{1}{2}(0^-)$$

$$\text{Mass } m = 1864.83 \pm 0.14 \text{ MeV}$$

$B^0$

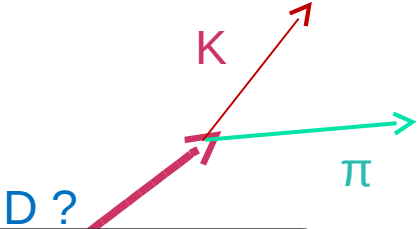
$$I(J^P) = \frac{1}{2}(0^-)$$

$I, J, P$  need confirmation. Quantum numbers shown are quark-model predictions.

$$\text{Mass } m_{B^0} = 5279.50 \pm 0.30 \text{ MeV}$$

# L'analyse de données : une astuce

Avec les énergies et les impulsions mesurées pour  $K$  et  $\pi$ , on détermine la masse invariante de la particule mère. On compare avec la masse (connue) des  $B$  et  $D$ .



**A VOUS DE JOUER !**

$B^0$

$$I(J^P) = \frac{1}{2}(0^-)$$

$I, J, P$  need confirmation. Quantum numbers shown are quark-model predictions.

$$\text{Mass } m_{B^0} = 5279.50 \pm 0.30 \text{ MeV}$$