

# Le détecteur LHCb

Yann Coadou



Origines, Constituants et Evolution de l'Univers

Summer Camp

16 juin 2016

Centre de physique des particules de Marseille

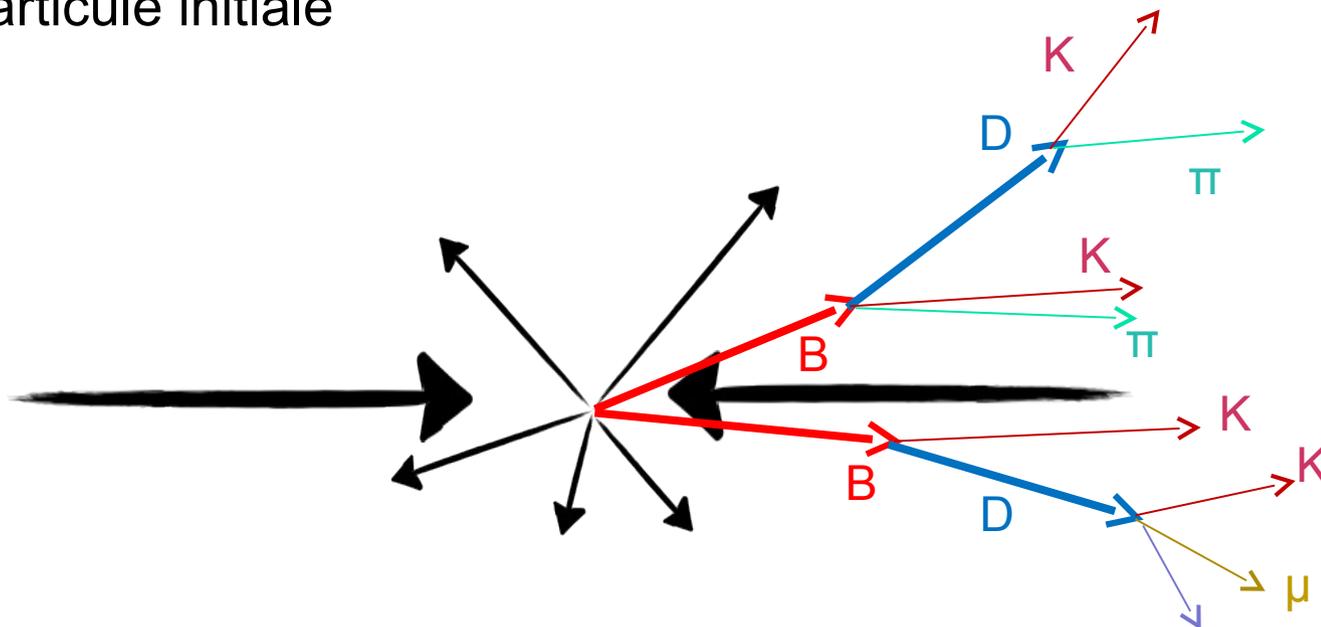


IN2P3  
Les deux infinis



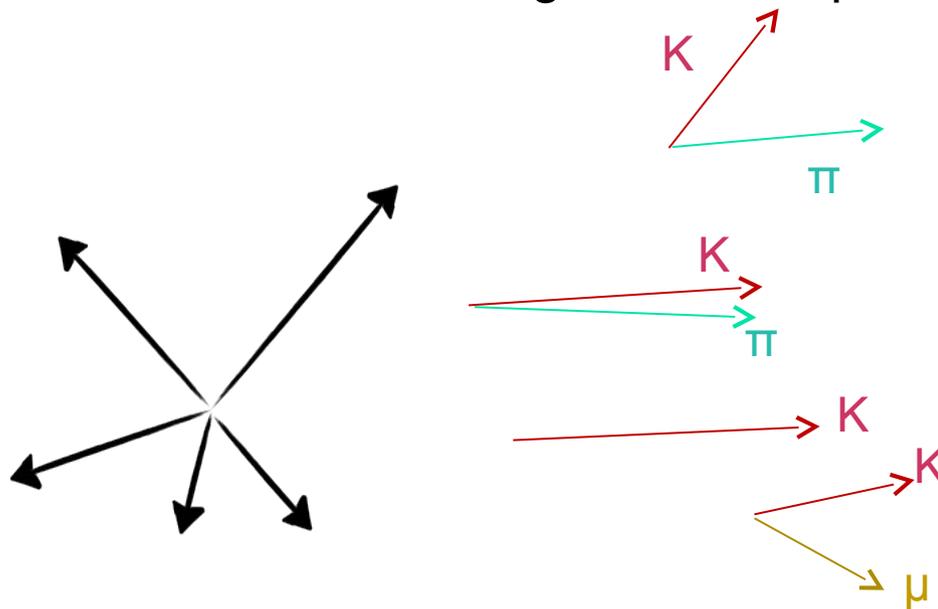
# Production et observation

- Les accélérateurs de haute énergie permettent de **produire** des particules lourdes qui n'existent pas autour de nous
  - de nouvelles particules jamais observées
  - des particules connues que l'on va étudier
- Comment **observer** ces particules ?
  - elles sont souvent instables et vont se désintégrer spontanément avant qu'on ait la chance de les détecter
  - en mesurant les produits de ces désintégrations, on peut remonter à la particule initiale



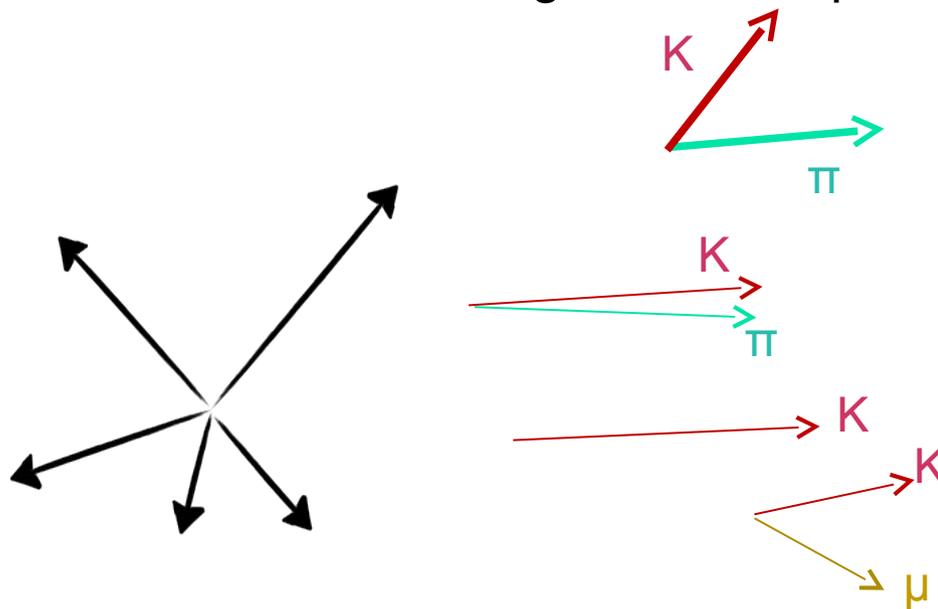
# Production et observation

- Les accélérateurs de haute énergie permettent de **produire** des particules lourdes qui n'existent pas autour de nous
  - de nouvelles particules jamais observées
  - des particules connues que l'on va étudier
- Comment **observer** ces particules ?
  - elles sont souvent instables et vont se désintégrer spontanément avant qu'on ait la chance de les détecter
  - en mesurant les produits de ces désintégrations, on peut remonter à la particule initiale



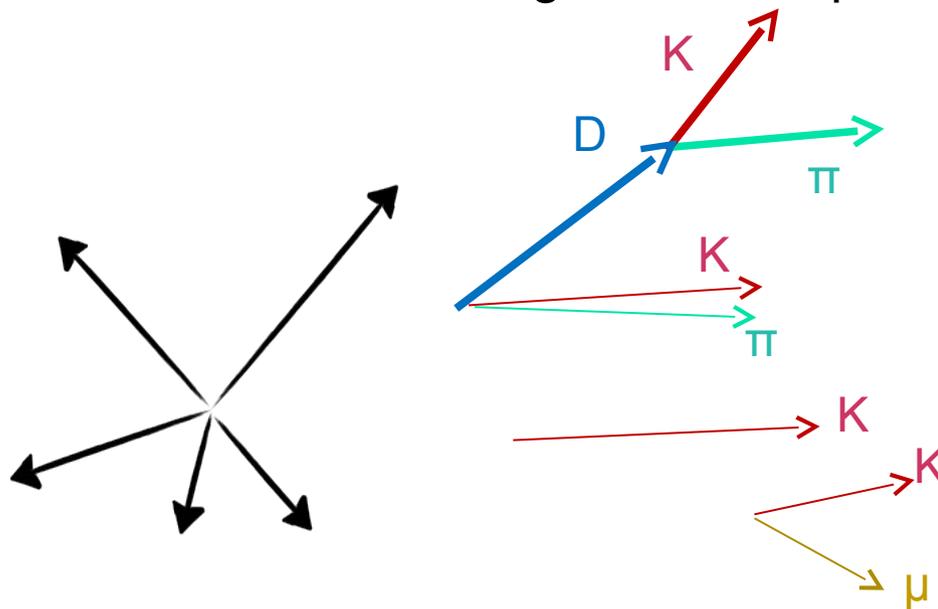
# Production et observation

- Les accélérateurs de haute énergie permettent de **produire** des particules lourdes qui n'existent pas autour de nous
  - de nouvelles particules jamais observées
  - des particules connues que l'on va étudier
- Comment **observer** ces particules ?
  - elles sont souvent instables et vont se désintégrer spontanément avant qu'on ait la chance de les détecter
  - en mesurant les produits de ces désintégrations, on peut remonter à la particule initiale



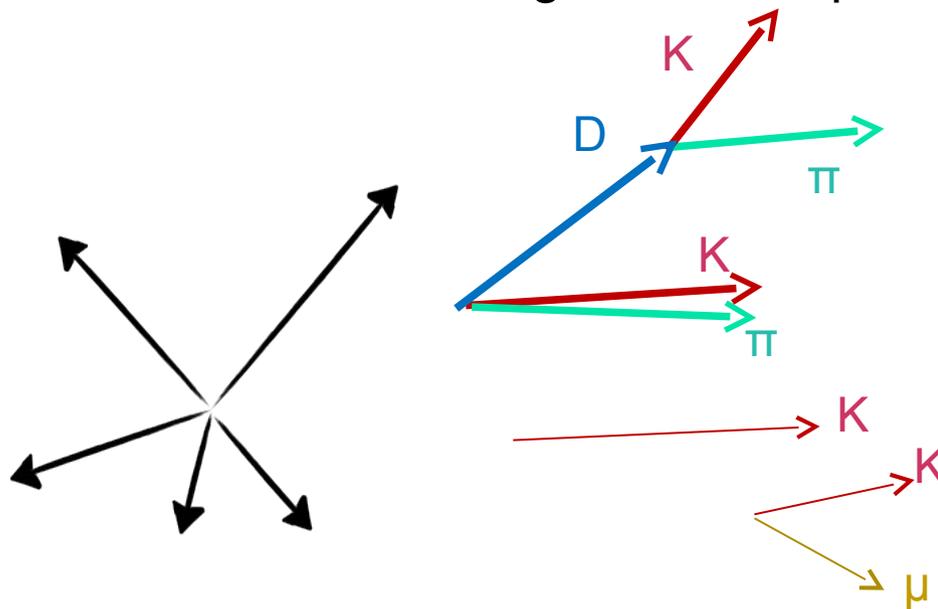
# Production et observation

- Les accélérateurs de haute énergie permettent de **produire** des particules lourdes qui n'existent pas autour de nous
  - de nouvelles particules jamais observées
  - des particules connues que l'on va étudier
- Comment **observer** ces particules ?
  - elles sont souvent instables et vont se désintégrer spontanément avant qu'on ait la chance de les détecter
  - en mesurant les produits de ces désintégrations, on peut remonter à la particule initiale



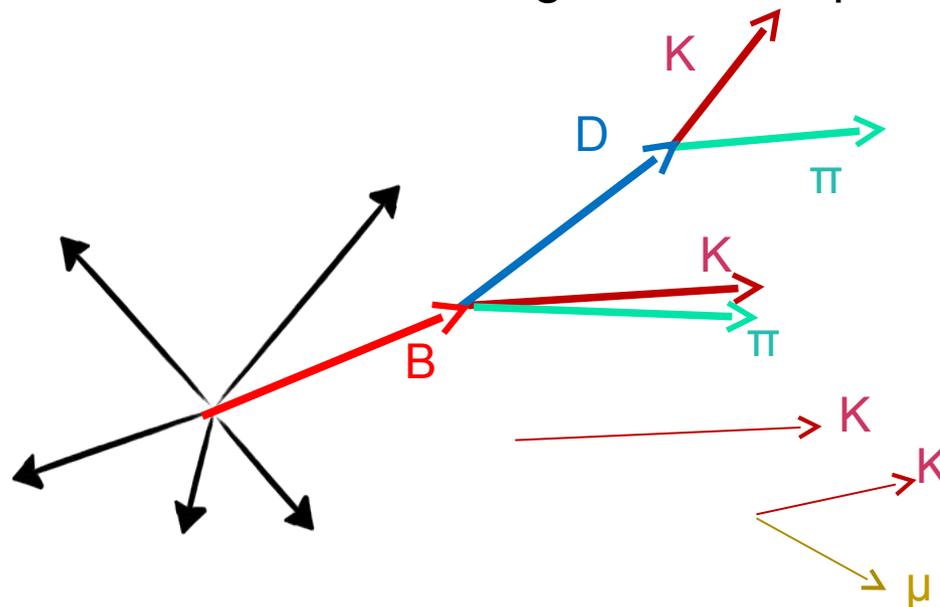
# Production et observation

- Les accélérateurs de haute énergie permettent de **produire** des particules lourdes qui n'existent pas autour de nous
  - de nouvelles particules jamais observées
  - des particules connues que l'on va étudier
- Comment **observer** ces particules ?
  - elles sont souvent instables et vont se désintégrer spontanément avant qu'on ait la chance de les détecter
  - en mesurant les produits de ces désintégrations, on peut remonter à la particule initiale



# Production et observation

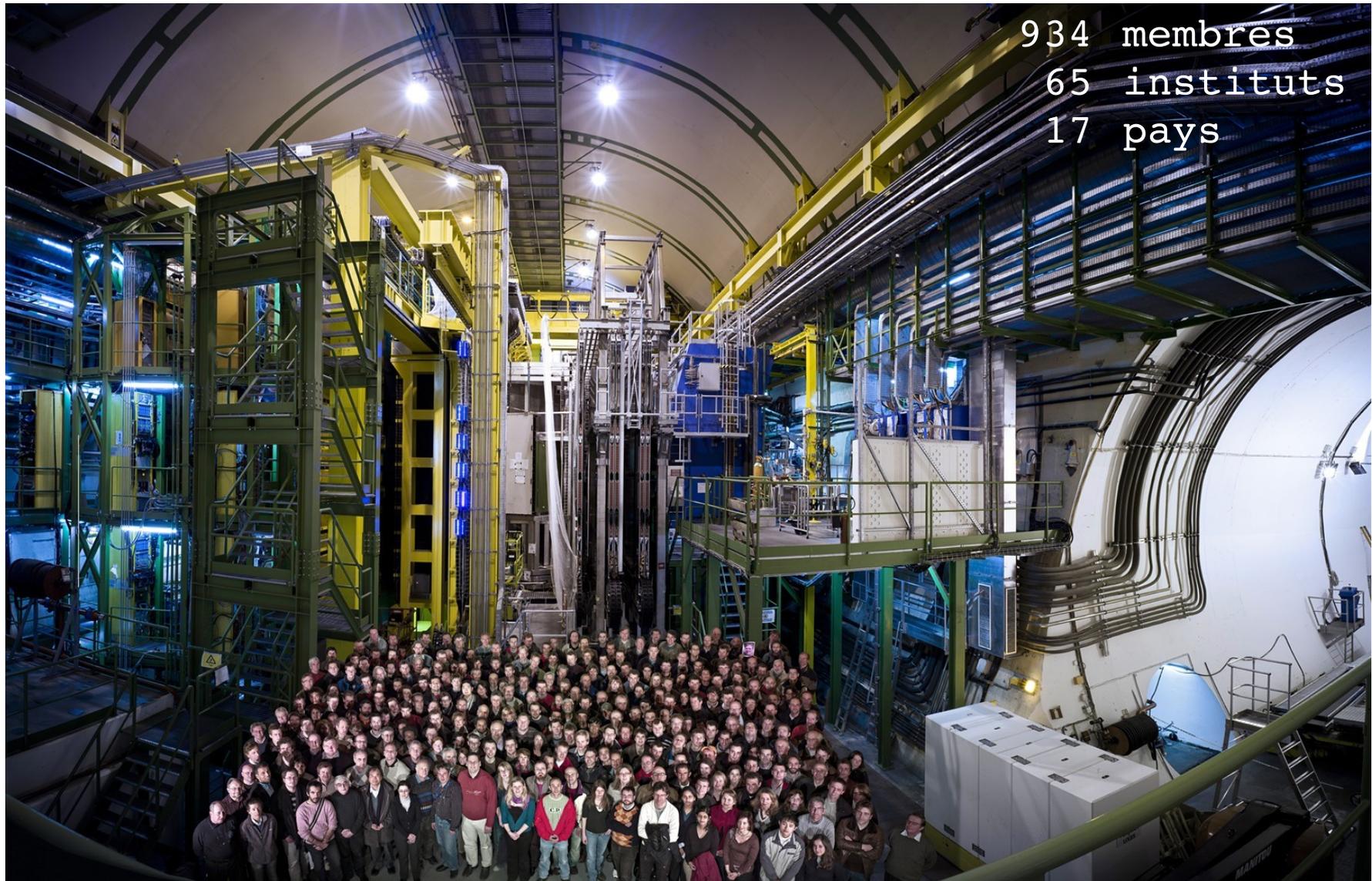
- Les accélérateurs de haute énergie permettent de **produire** des particules lourdes qui n'existent pas autour de nous
  - de nouvelles particules jamais observées
  - des particules connues que l'on va étudier
- Comment **observer** ces particules ?
  - elles sont souvent instables et vont se désintégrer spontanément avant qu'on ait la chance de les détecter
  - en mesurant les produits de ces désintégrations, on peut remonter à la particule initiale



# Détection

- Les particules stables ou vivant suffisamment longtemps :
  - électrons / positrons
  - muons
  - pions et kaons chargés
  - protons
  - neutrons
  - photons
  - neutrinos
- Pour détecter une particule, il faut la faire interagir
  - ▶ **particules chargées sensibles à l'interaction électromagnétique :**
    - facile : ionisation → signal électrique / lumineux
  - ▶ **particules neutres :**
    - interaction avec la matière → production de particules chargées

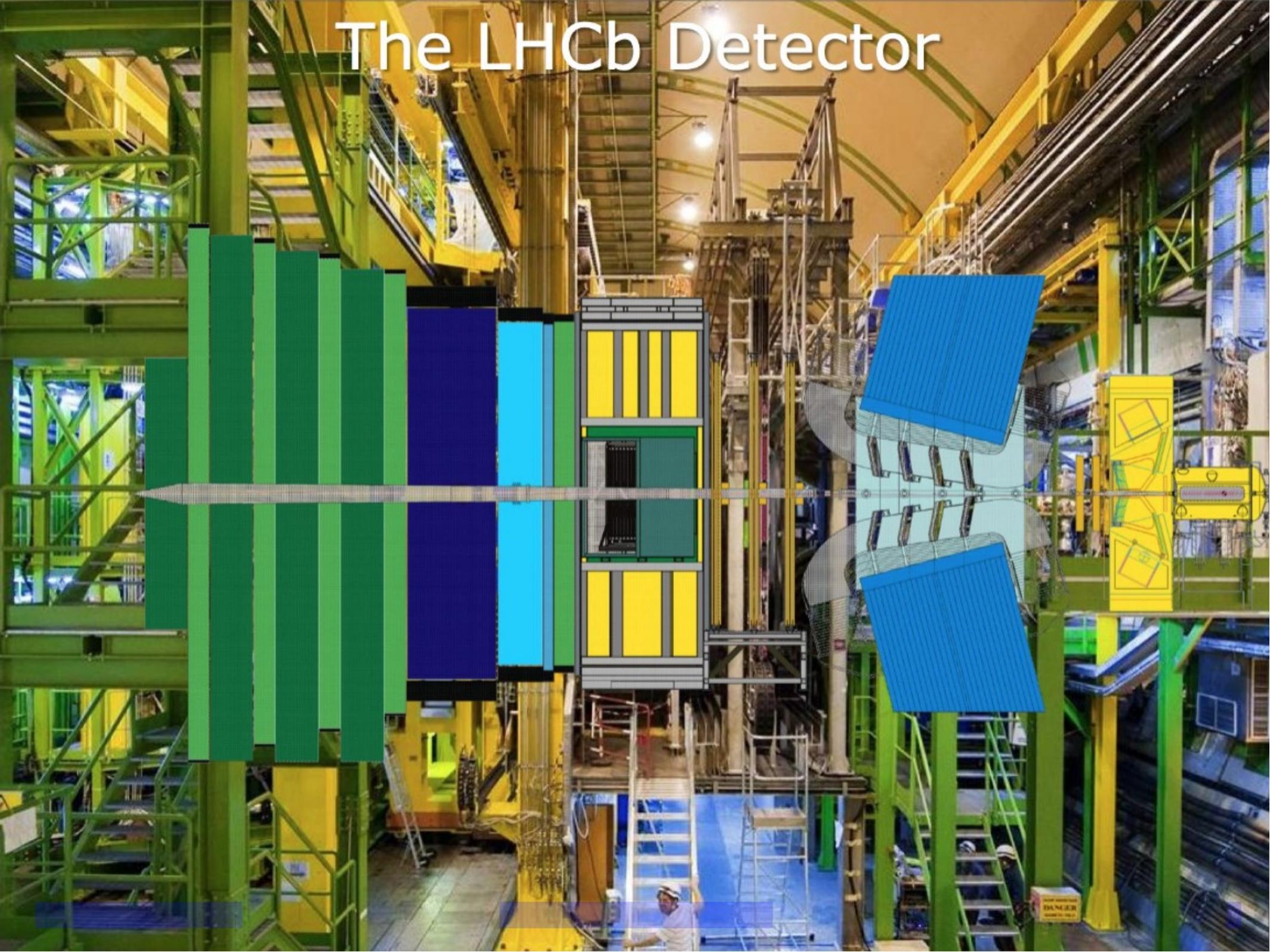
# L'expérience LHCb



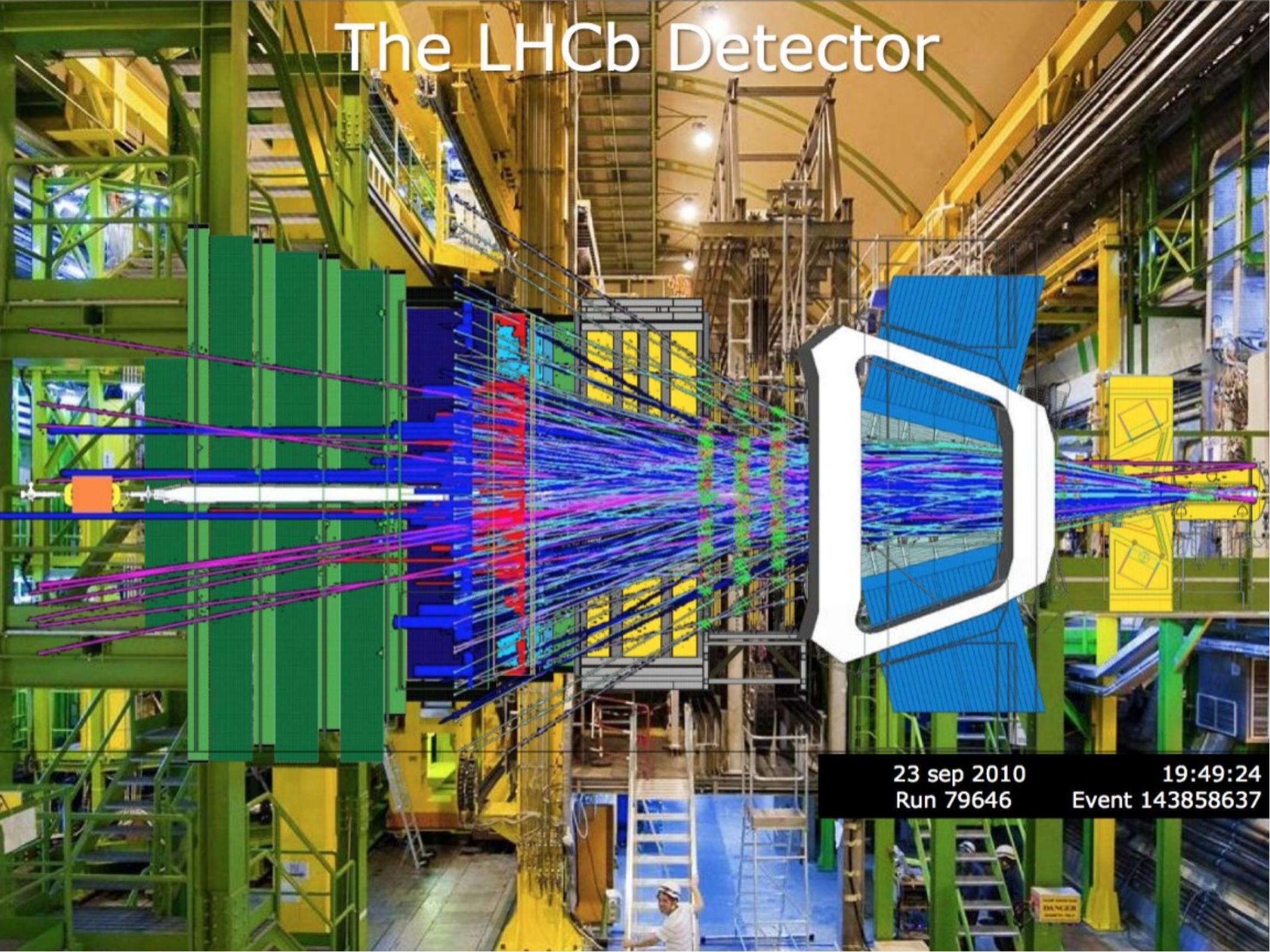
# The LHCb Detector



# The LHCb Detector



# The LHCb Detector



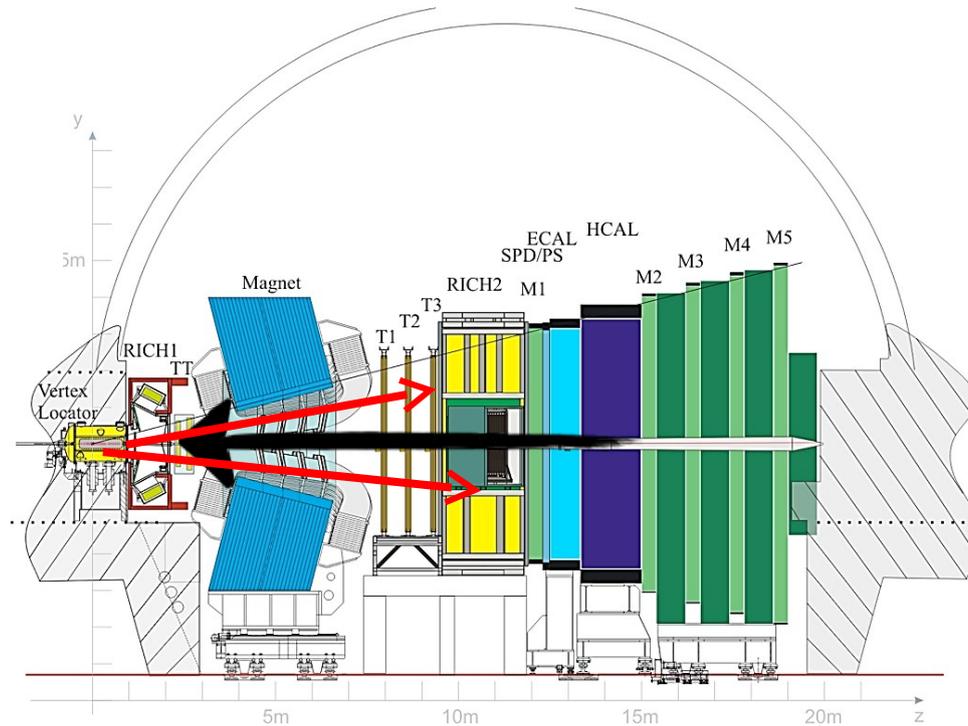
23 sep 2010  
Run 79646

19:49:24  
Event 143858637

DANGER

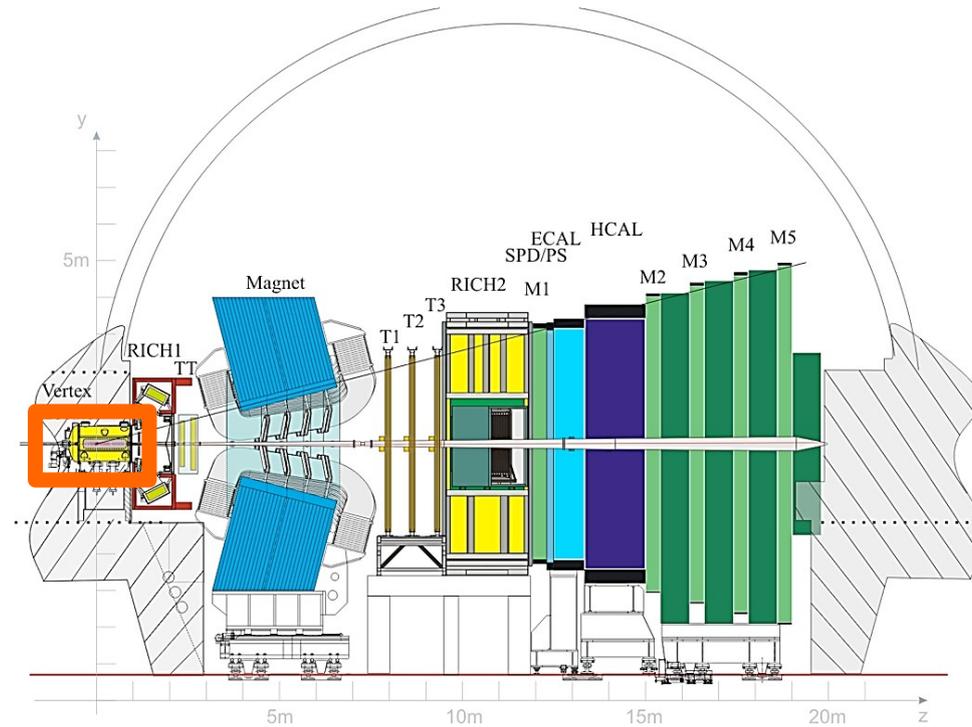
# Les collisions dans LHCb

	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



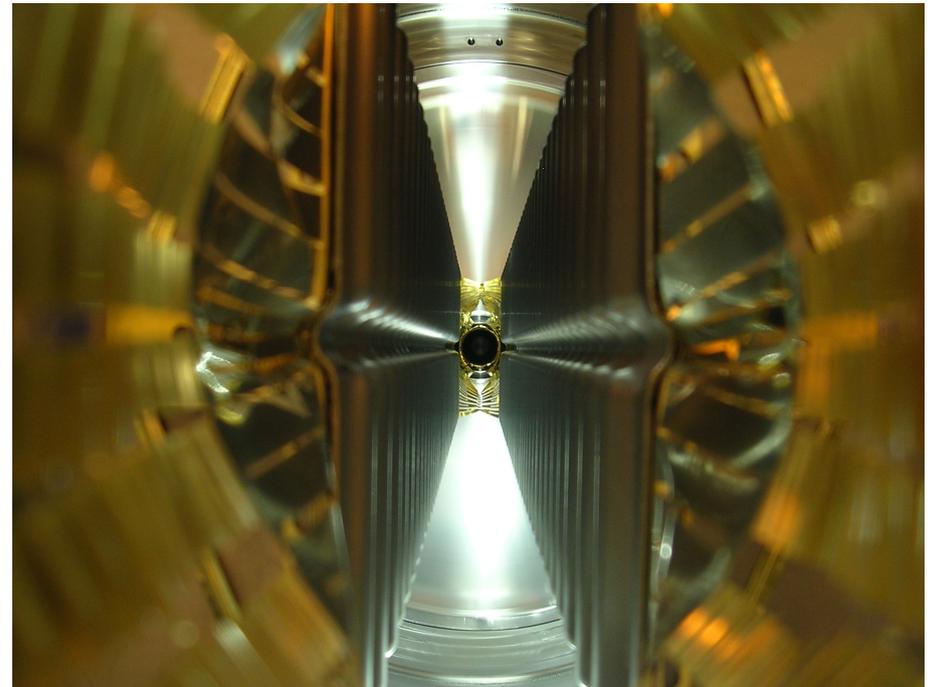
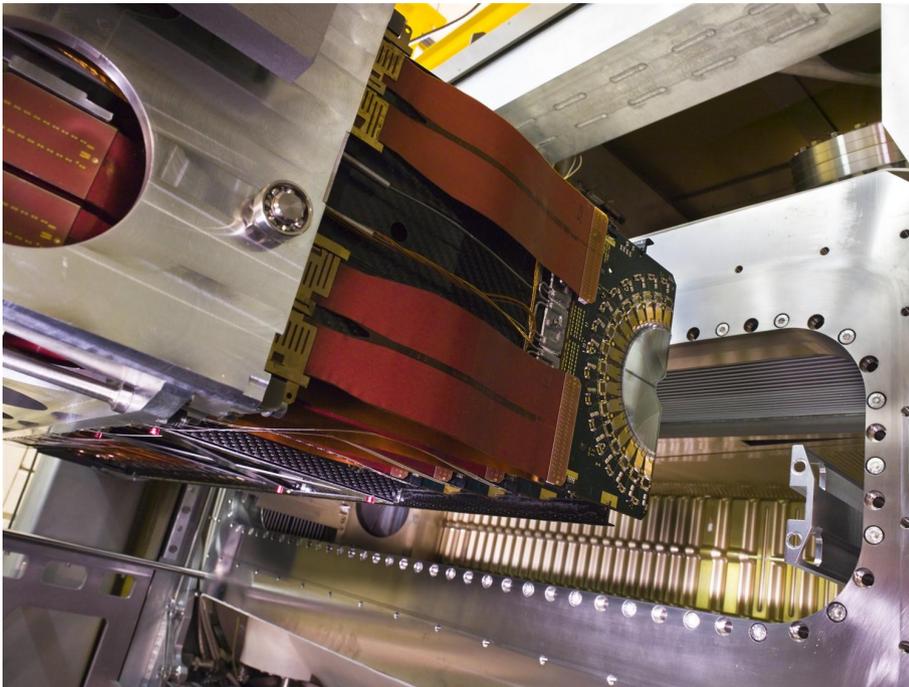
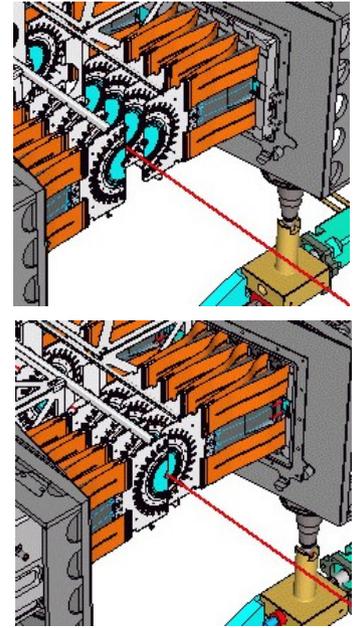
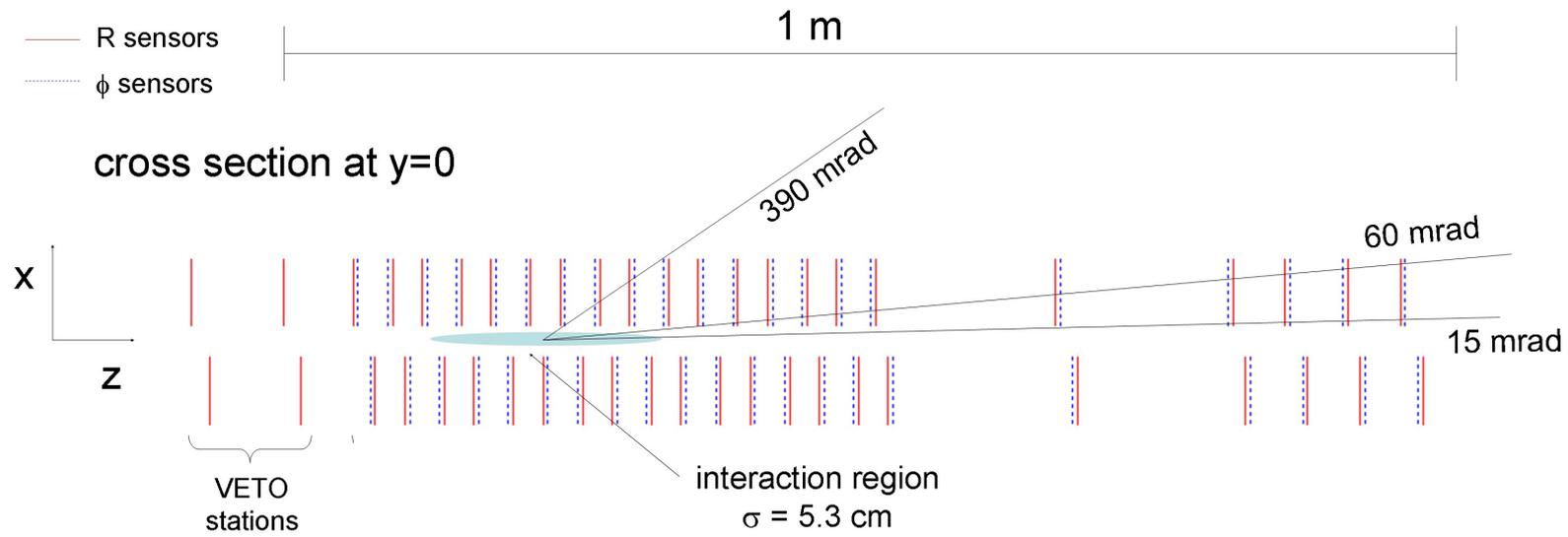
- Contrairement à ATLAS et CMS, LHCb couvre seulement la direction vers « l'avant », car c'est là où sont produits les mésons B

# Les sous-détecteurs composant LHCb

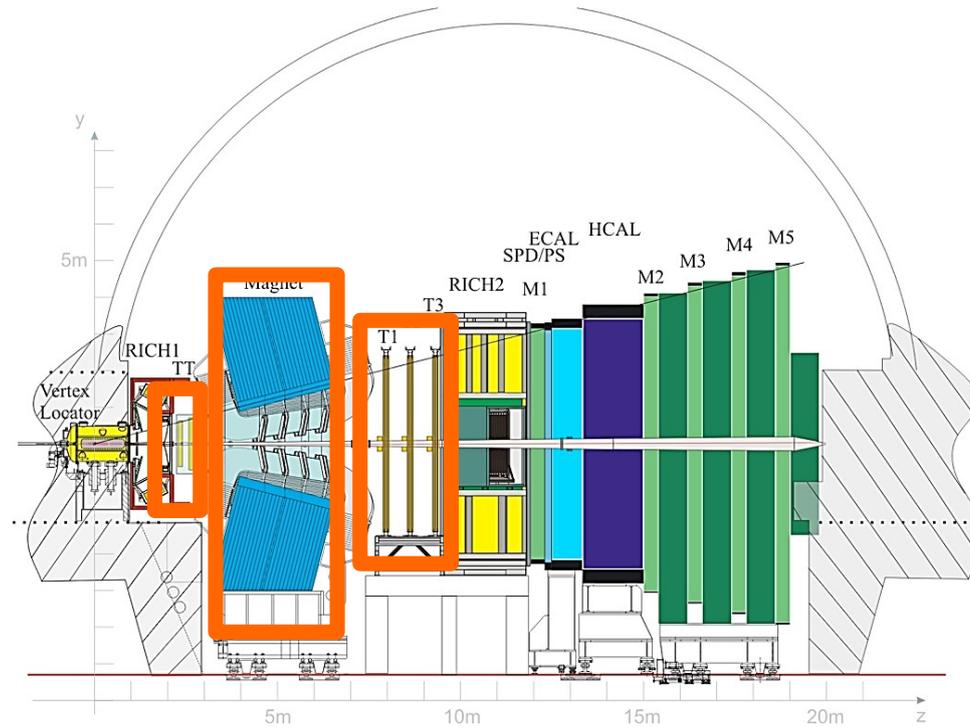


## Le détecteur de vertex (VELO)

# Le VELO

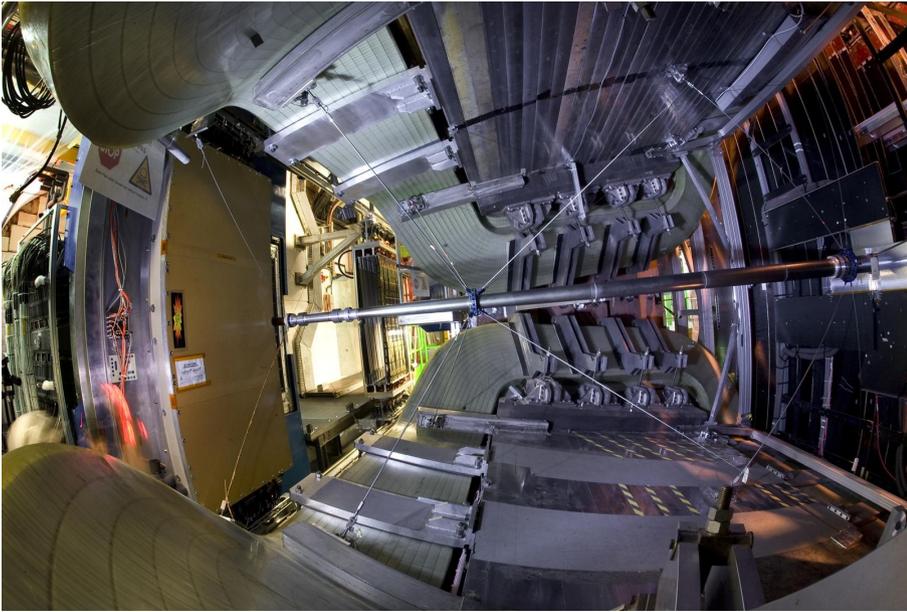


# Les sous-détecteurs composant LHCb

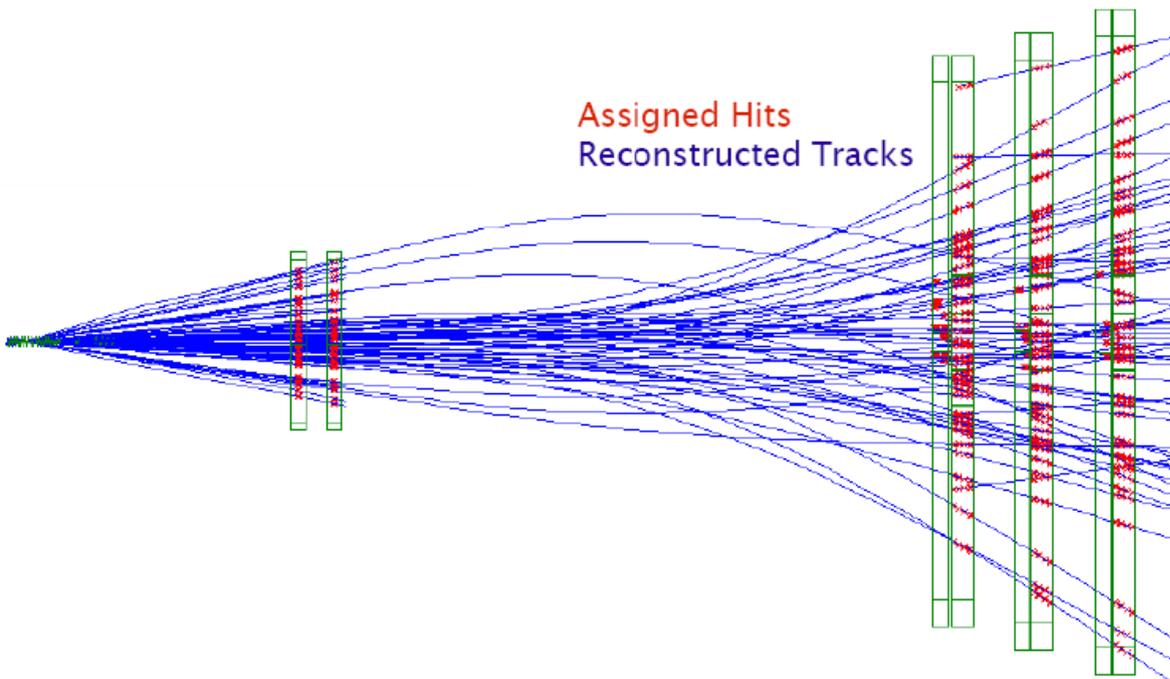


**Le trajectographe**

# Le trajectographe

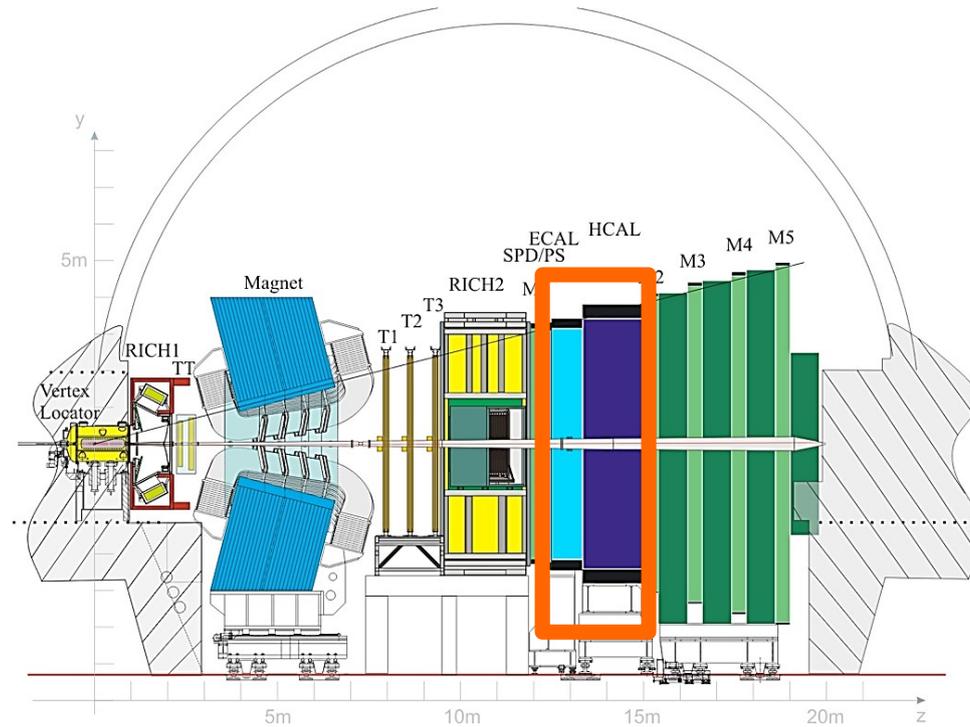


- Mesure non perturbative
- Reconstruction de la trajectoire des particules chargées
- Mesure de la courbure des traces dans le champ magnétique



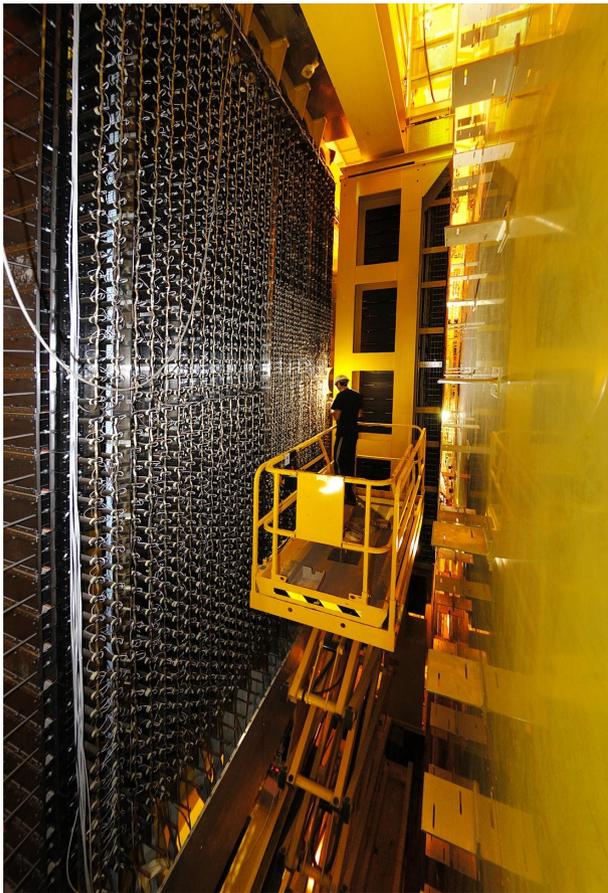
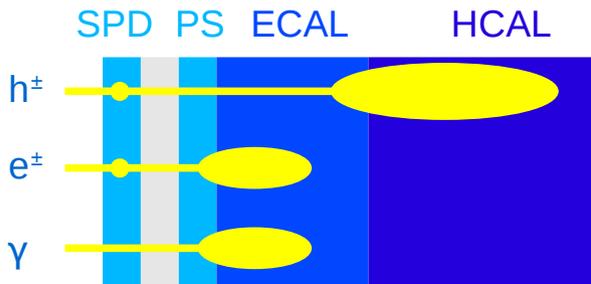
- ▶ Mesure de l'impulsion

# Les sous-détecteurs composant LHCb



## Les calorimètres

# Les calorimètres



- Mesure destructive

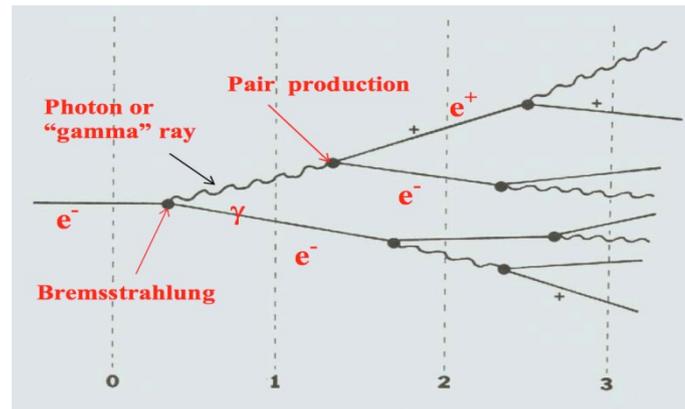
- Calorimétrie électromagnétique (ECAL) :

- ▶ détection des électrons :

- création de paires  $\gamma \rightarrow e^+ e^-$
- bremsstrahlung  $e^+ \rightarrow \gamma e^+$

} gerbe électromagnétique

- ▶ détection des désintégrations  $\Pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ .

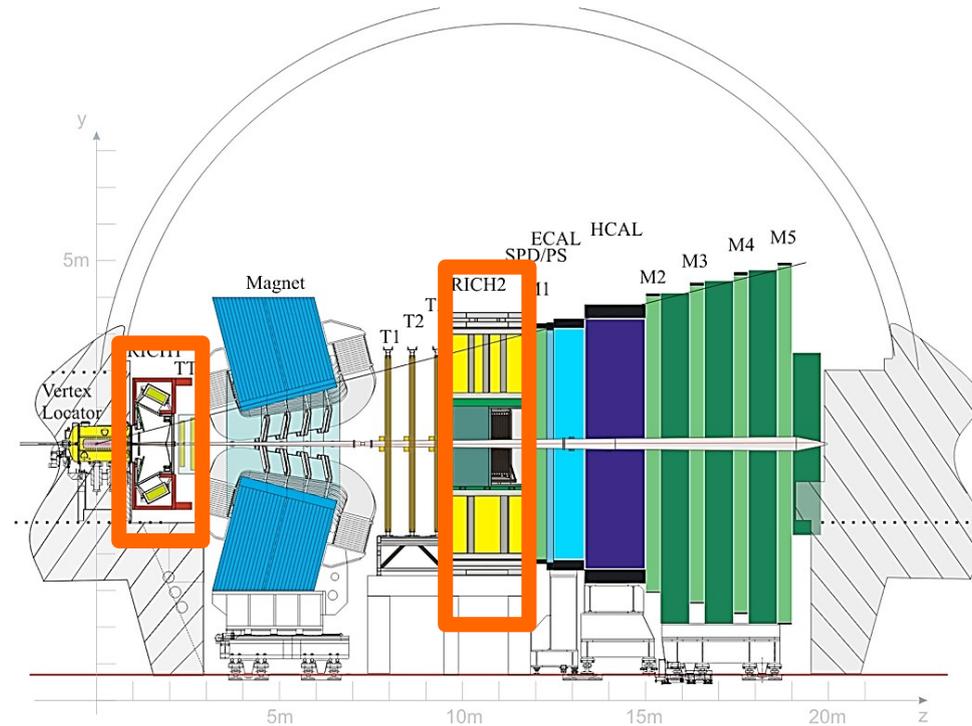


- Calorimètre hadronique :

- ▶ détection des hadrons (neutron, protons, pions chargés)

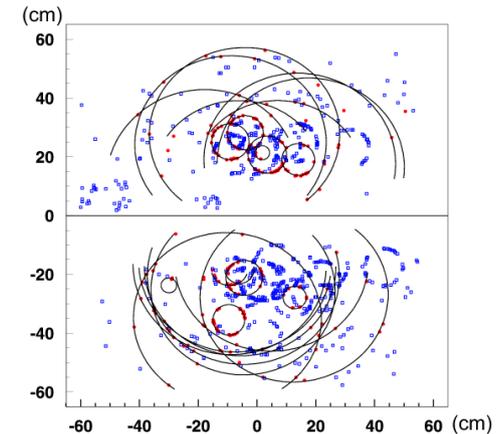
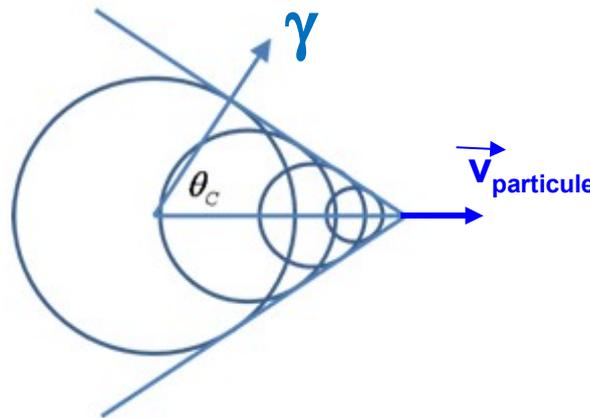
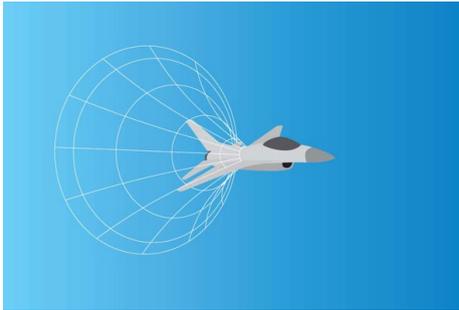
- interaction forte avec les noyaux du milieu
- gerbe hadronique

# Les sous-détecteurs composant LHCb

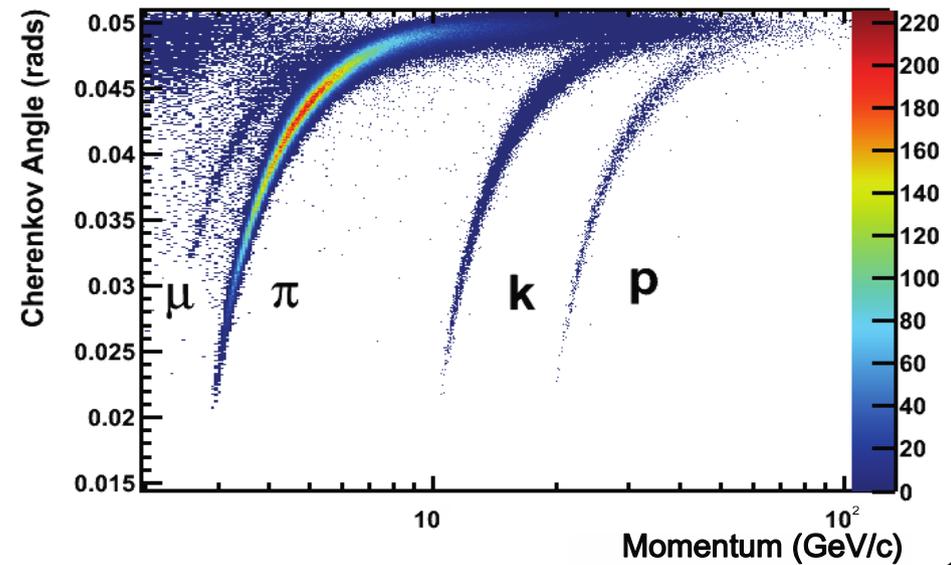
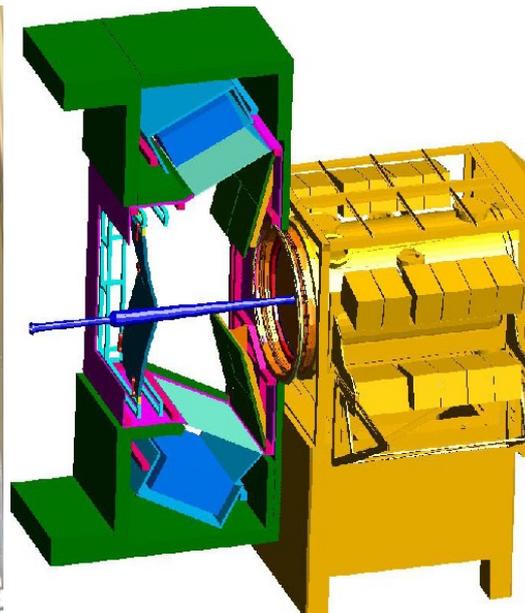


## Les détecteurs Cerenkov (RICH)

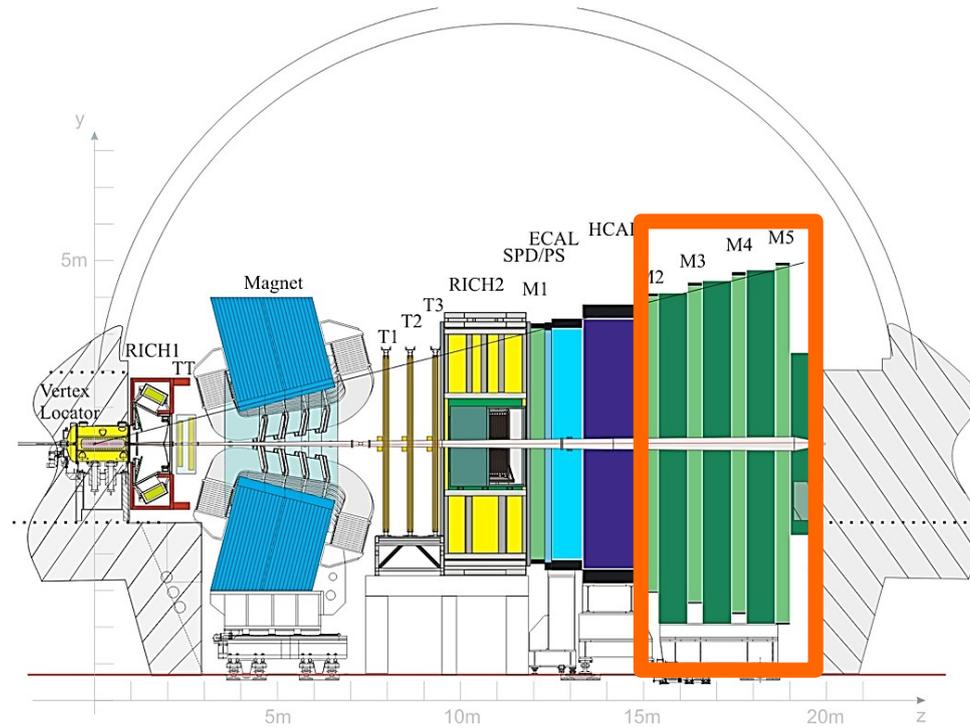
# Les RICHs



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

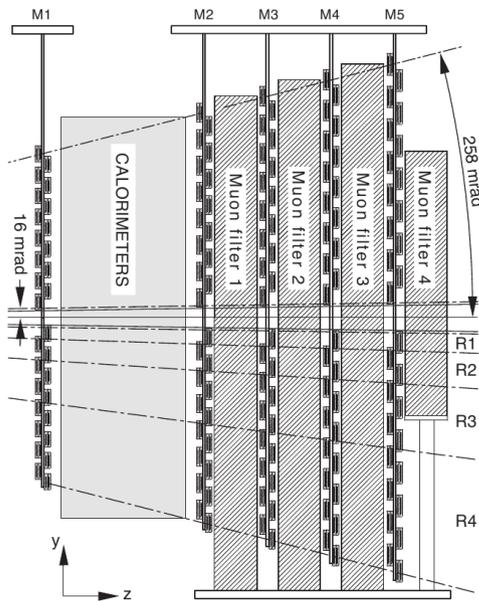


# Les sous-détecteurs composant LHCb



## Les détecteurs de muons

# Les détecteurs de muons



- Muons :
  - seules 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 24h/24 – 7j/7
  - remplissage de la machine et accélération : ~ 1h
  - collisions tant que les faisceaux sont bons : ~10h
  - astreintes (3x8) pour faire fonctionner l'expérience

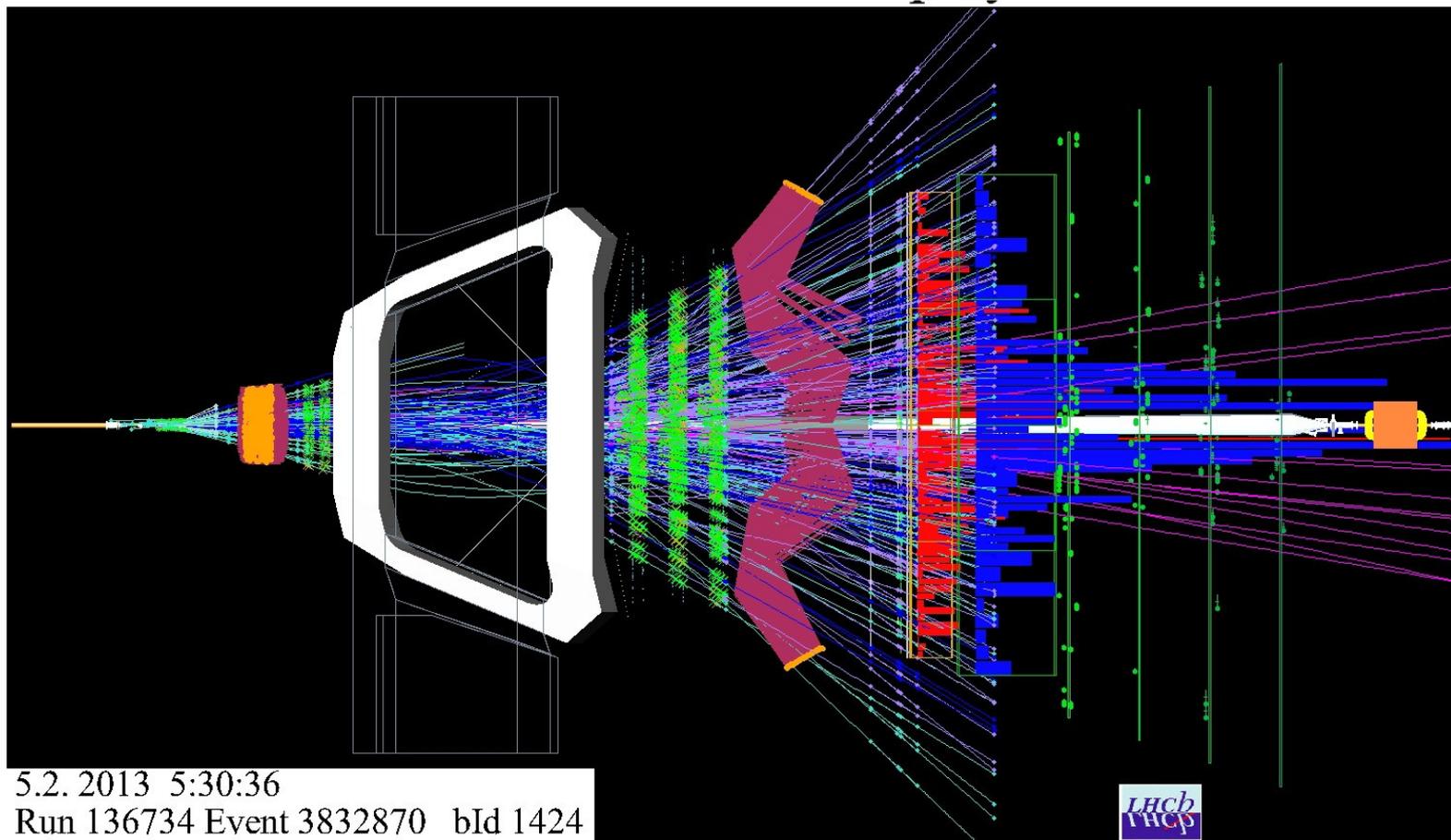
# L'acquisition des données



- 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 intéressants 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 !!

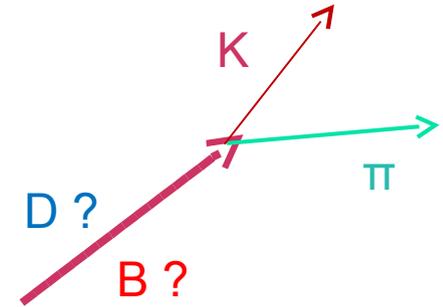
# La reconstruction des données



- 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.

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

27