

# Le détecteur LHCb

Yann Coadou



Origines, Constituants et Evolution de l'Univers

Summer Camp

26 juin 2017

Centre de physique des particules de Marseille



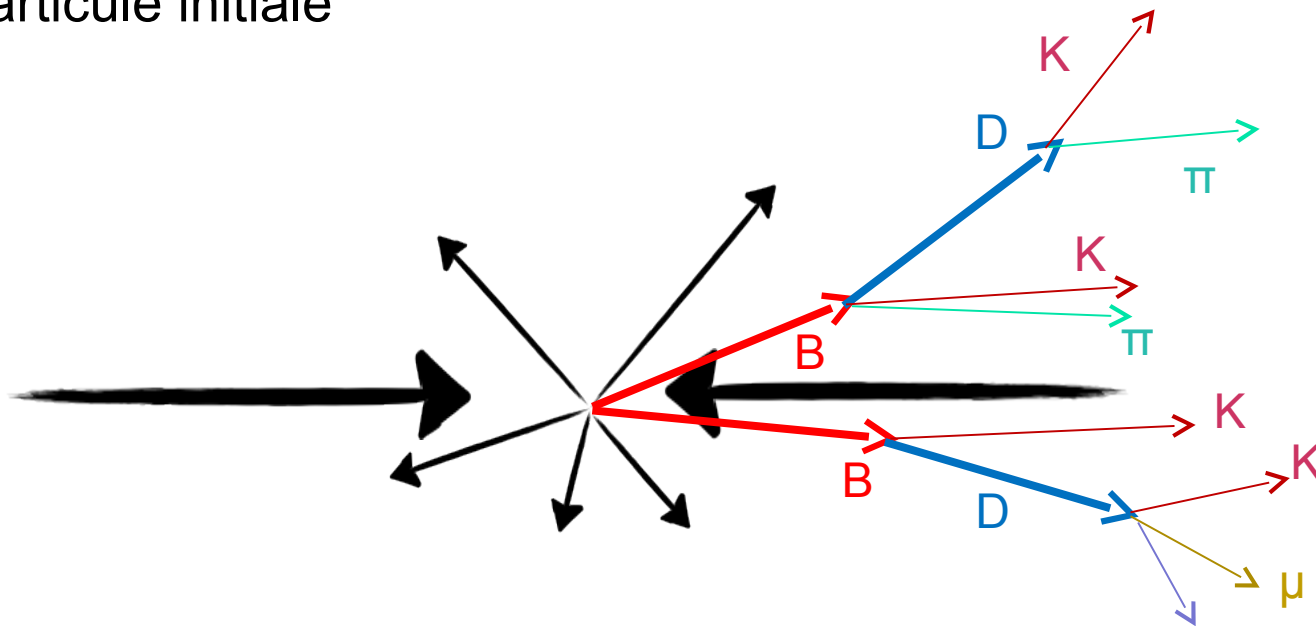
IN2P3  
Les deux infinis

Aix-Marseille  
université  
Initiative d'excellence



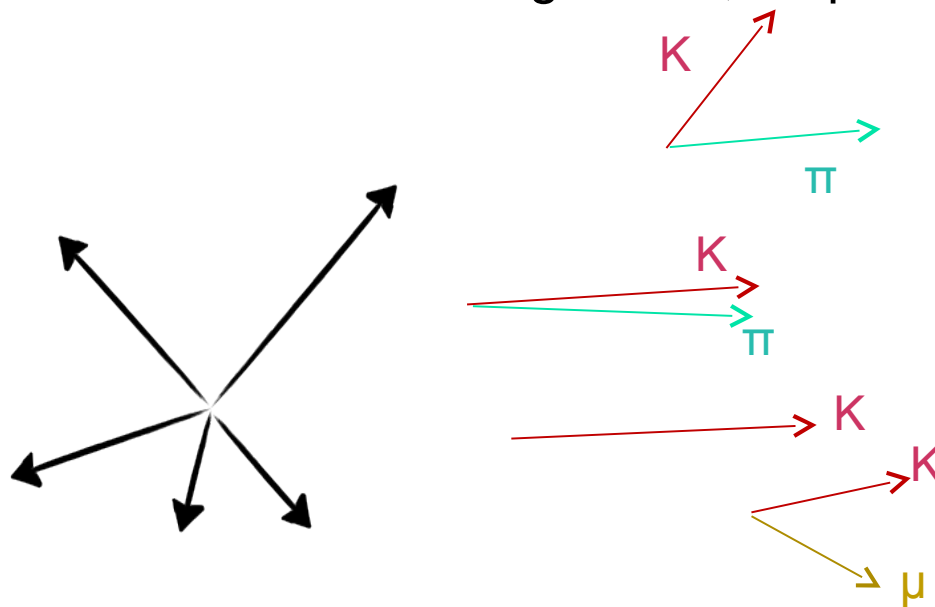
# Production et observation

- 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



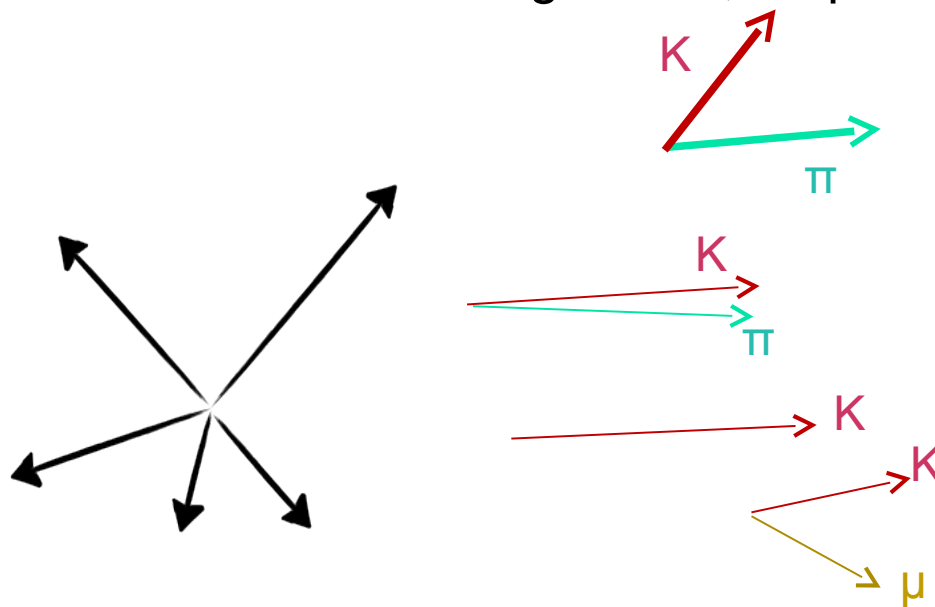
# Production et observation

- 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



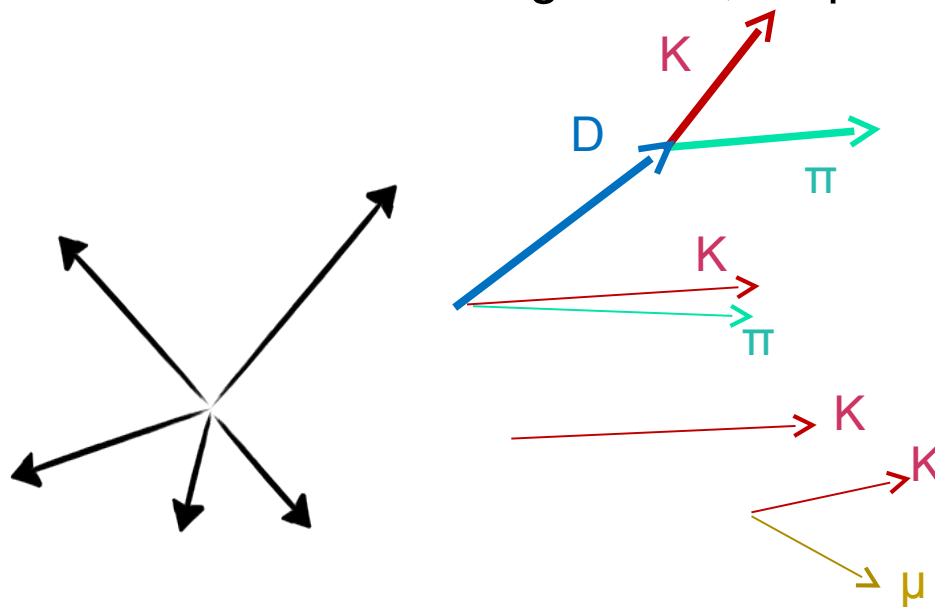
# Production et observation

- 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



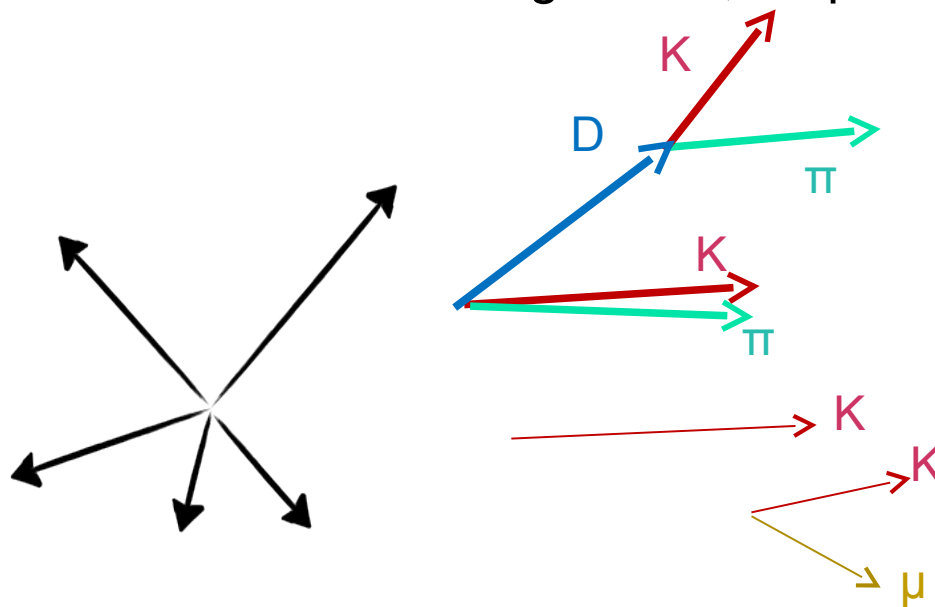
# Production et observation

- 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



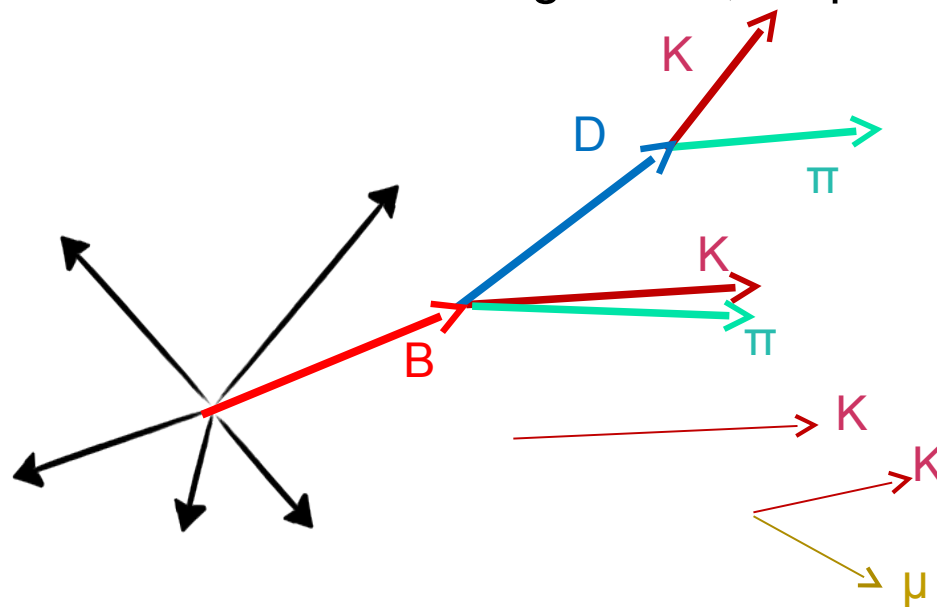
# Production et observation

- 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

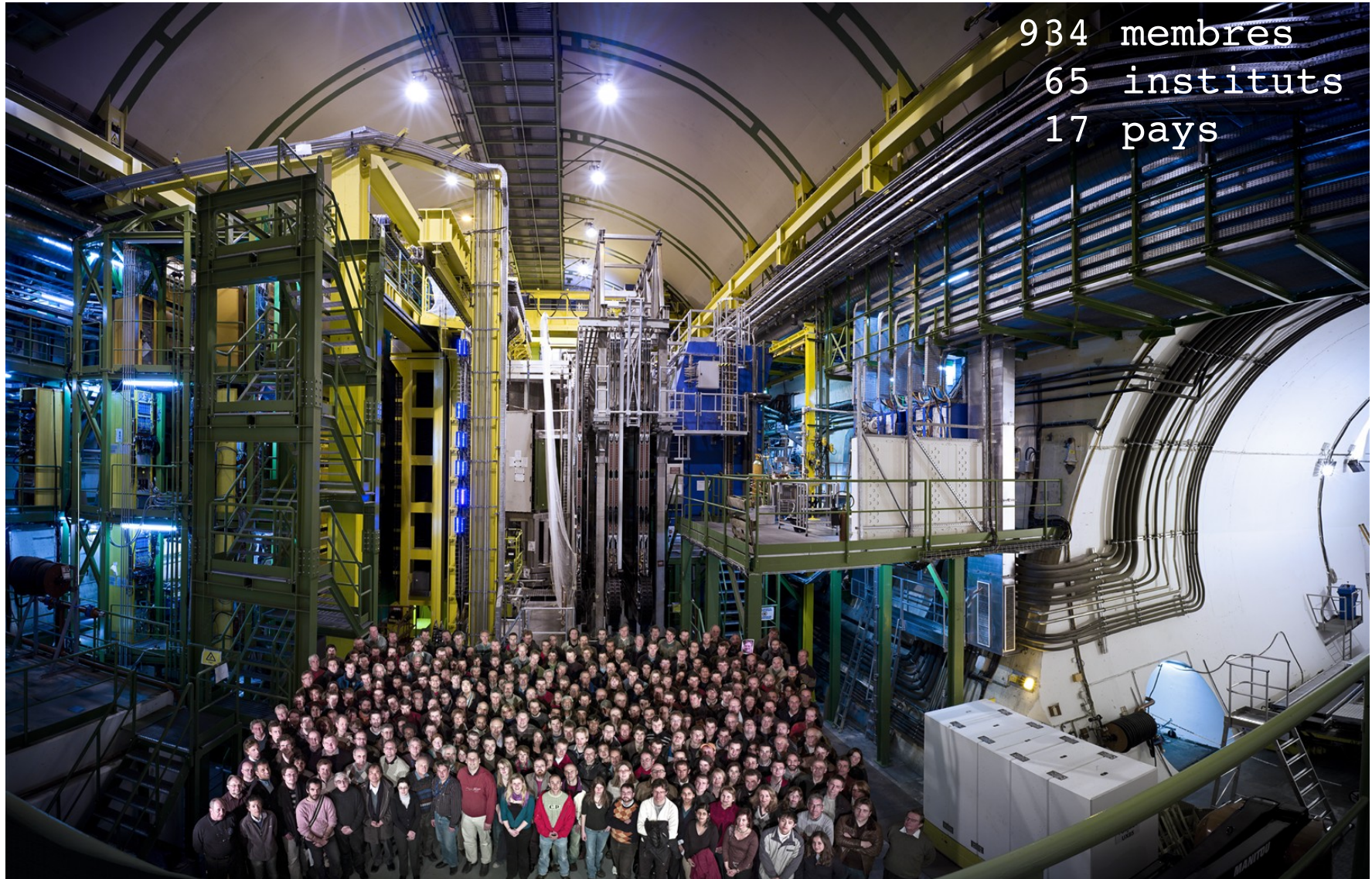


# Détection

- 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

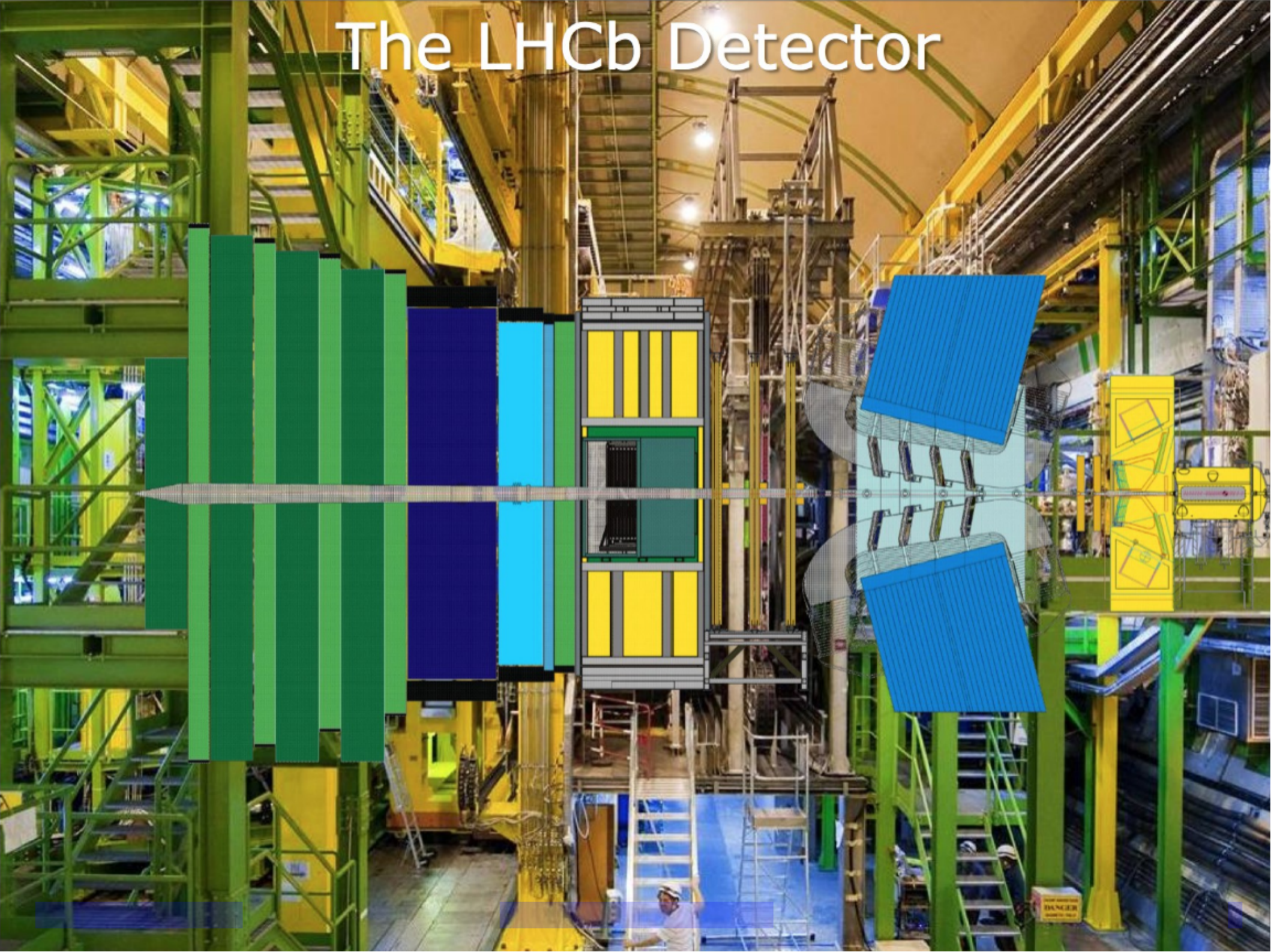


934 membres  
65 instituts  
17 pays

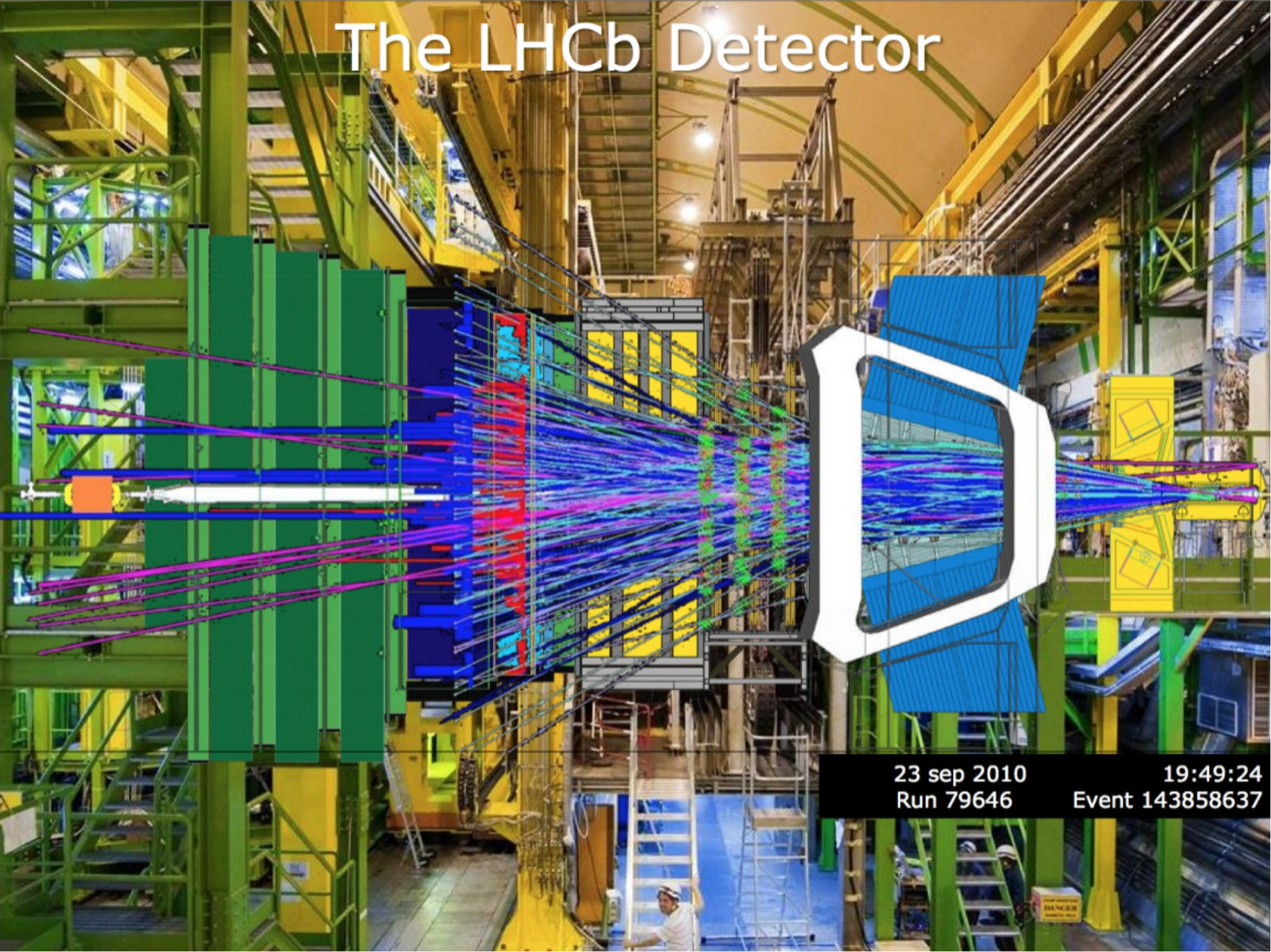
# The LHCb Detector



# The LHCb Detector



# The LHCb Detector



23 sep 2010  
Run 79646

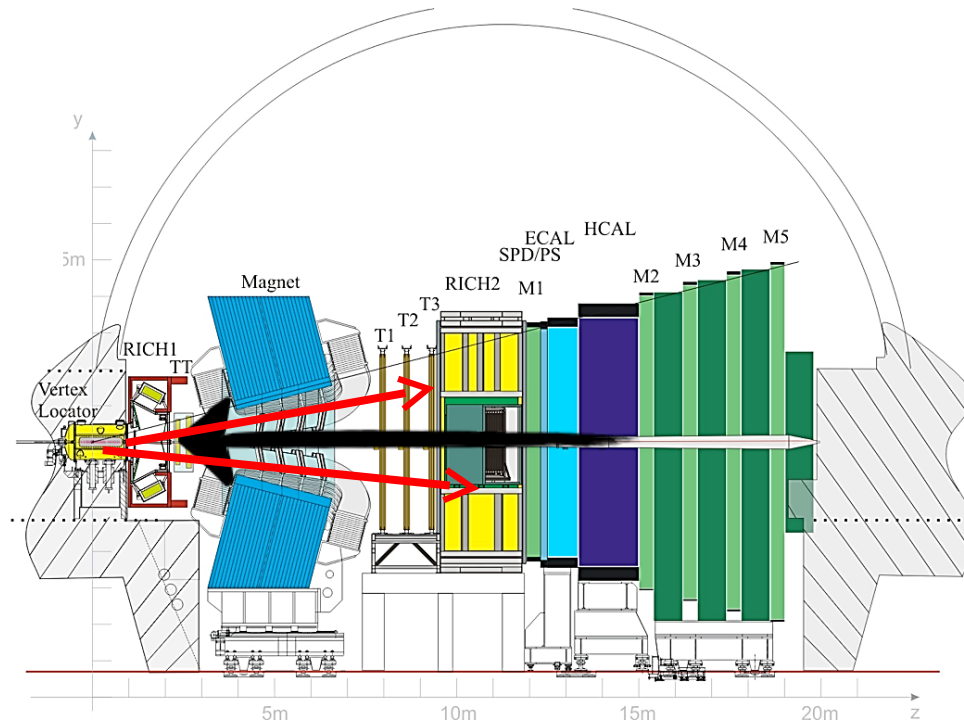
19:49:24  
Event 143858637

DANGER

# Les collisions dans LHCb

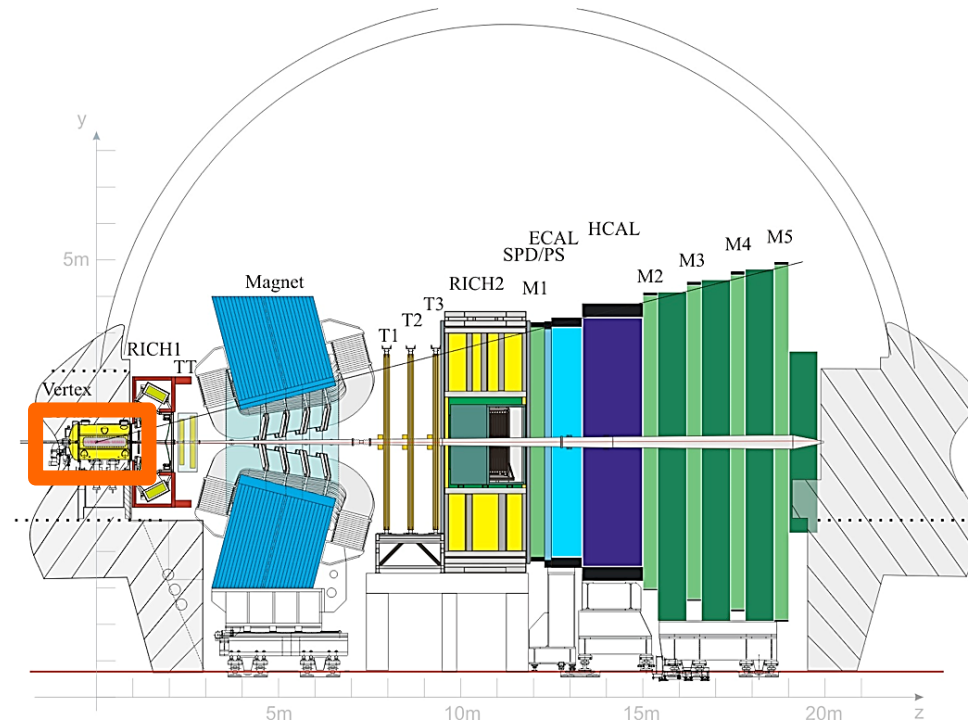
	1 <sup>ÈRE</sup> GÉNÉRATION	2 <sup>ÈME</sup> GÉNÉRATION	3 <sup>ÈME</sup> GÉNÉRATION
masse →	≈2,3 MeV/c <sup>2</sup>	≈1,275 GeV/c <sup>2</sup>	≈173,07 GeV/c <sup>2</sup>
charge →	2/3	2/3	2/3
spin →	1/2	1/2	1/2
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom

QUARKS



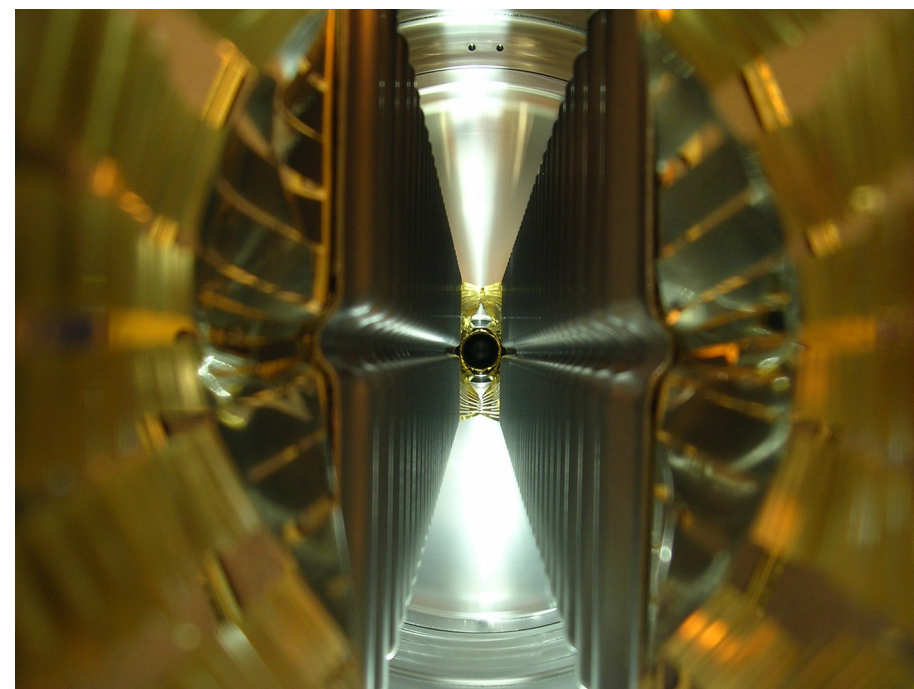
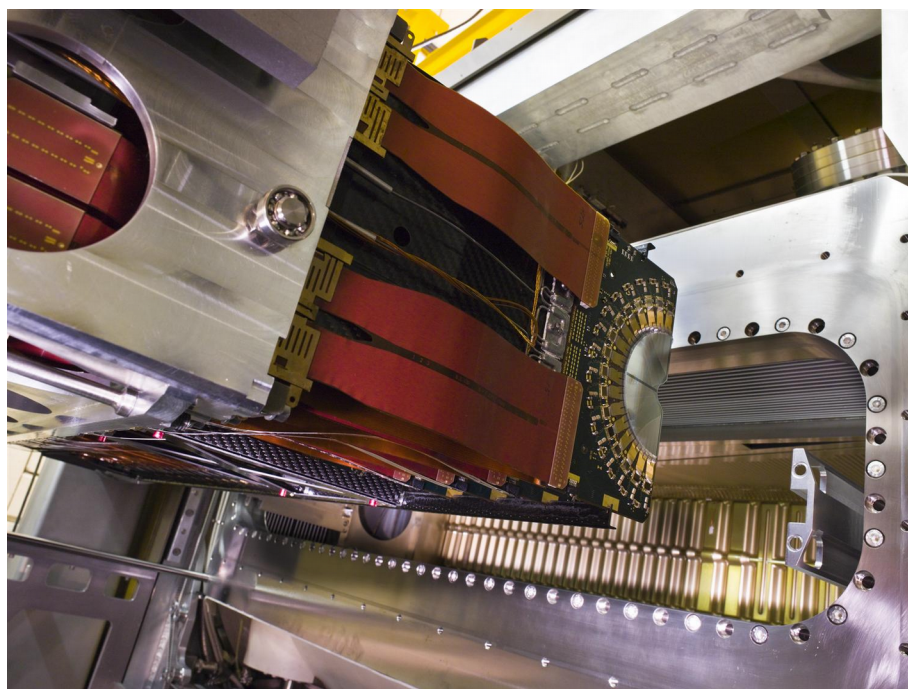
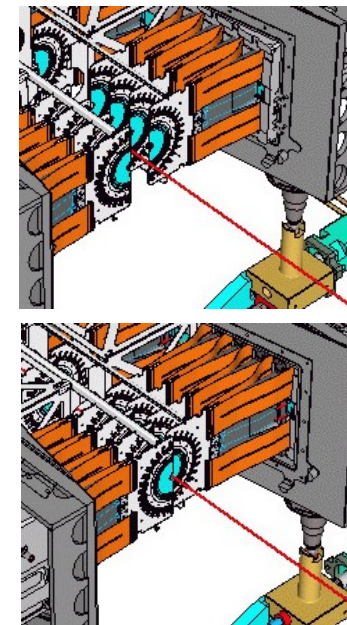
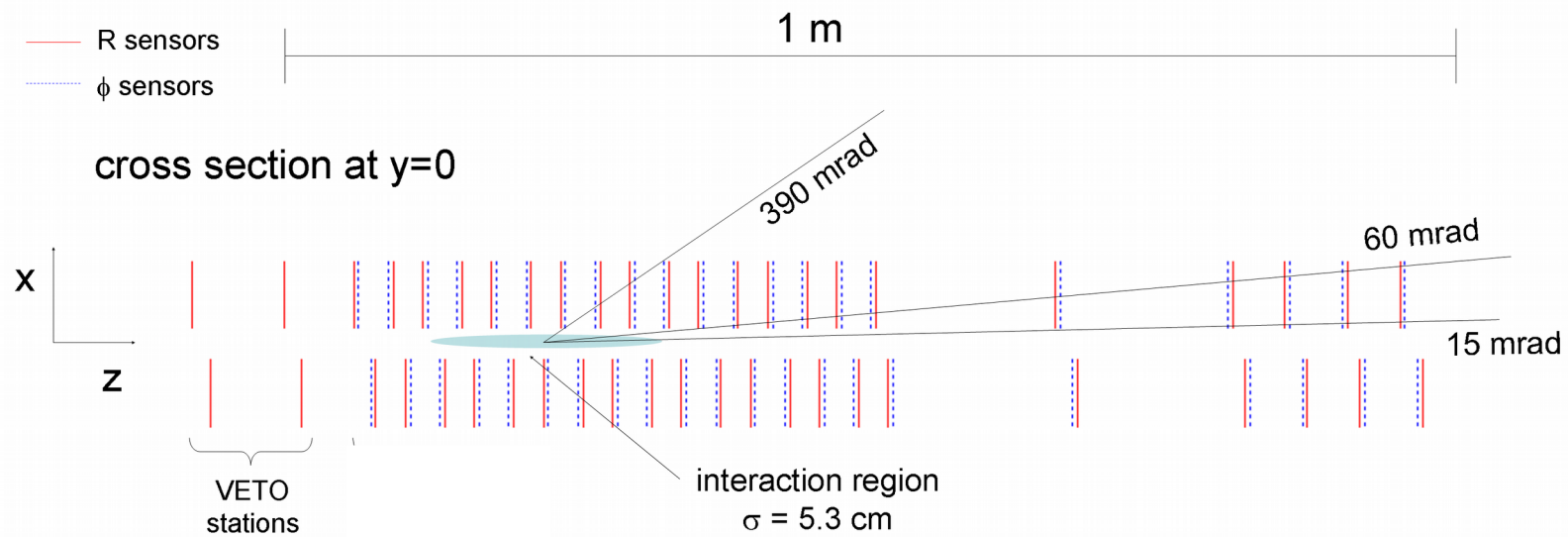
- Contrairement à ATLAS et CMS, LHCb couvre seulement la direction vers « l'avant », car c'est là où sont produits les mésons B

# Les sous-détecteurs composant LHCb

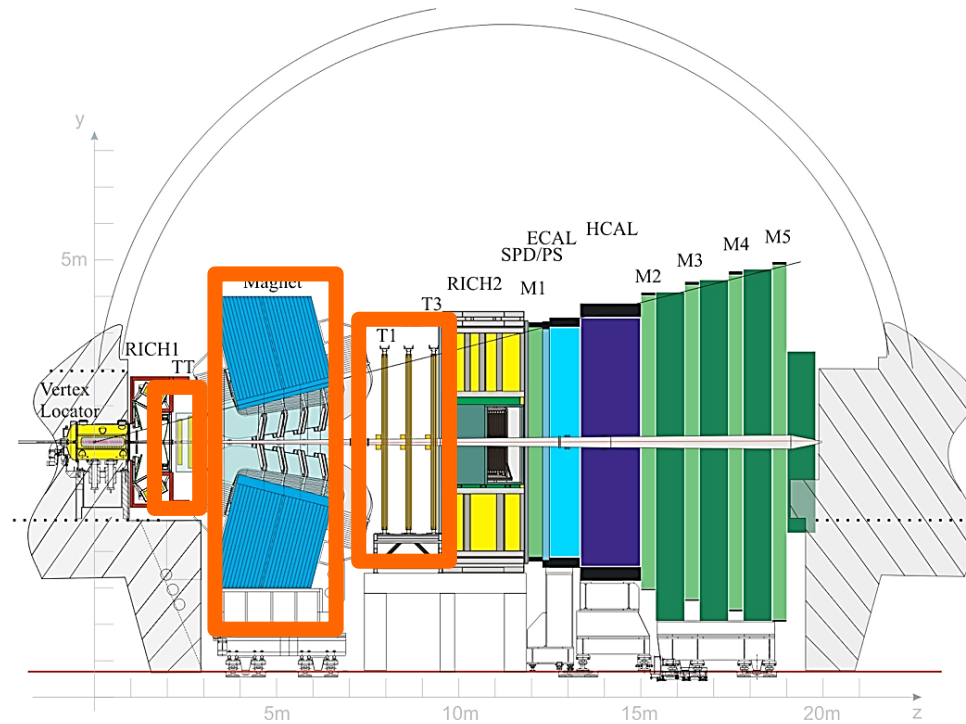


## Le détecteur de vertex (VELO)

# Le VELO



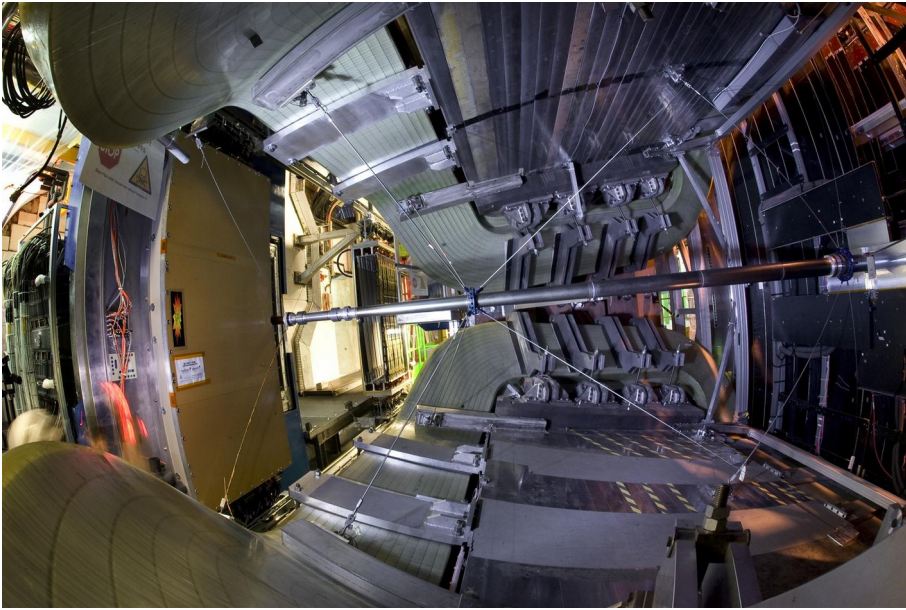
# Les sous-détecteurs composant LHCb



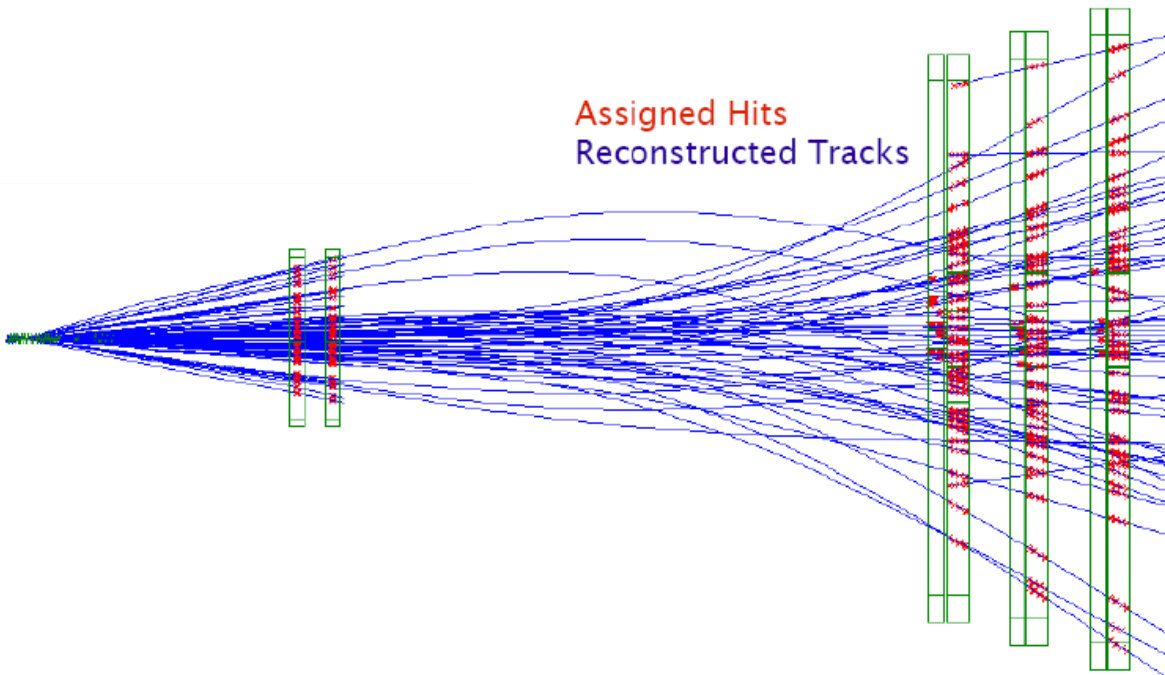
**Le trajectographe**



# Le trajectographe

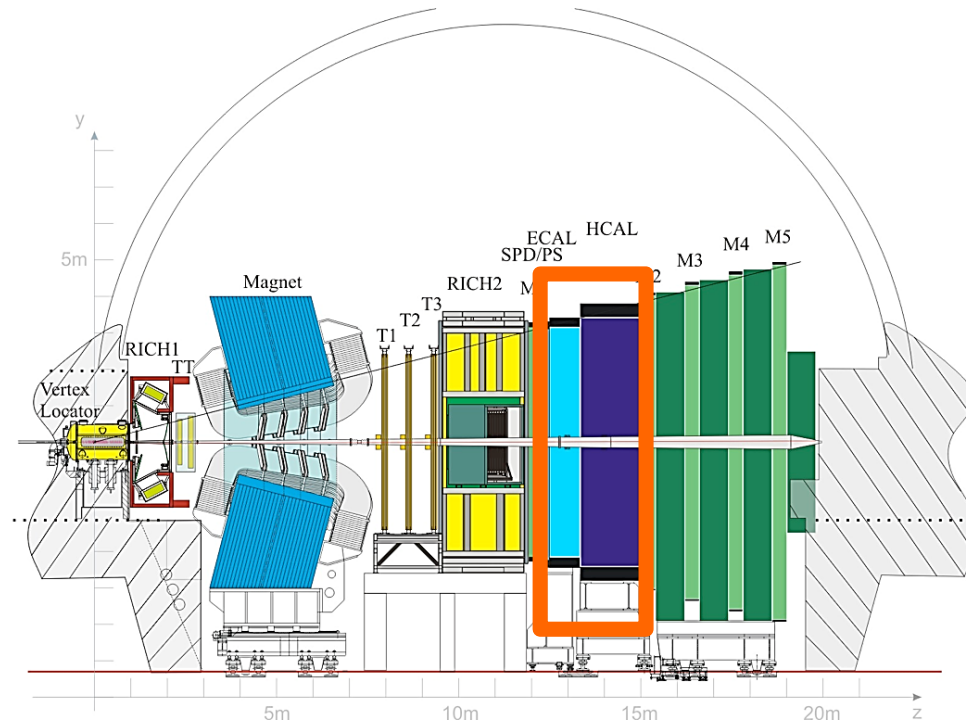


- Mesure non perturbative
- Reconstruction de la trajectoire des particules chargées
- Mesure de la courbure des traces dans le champ magnétique



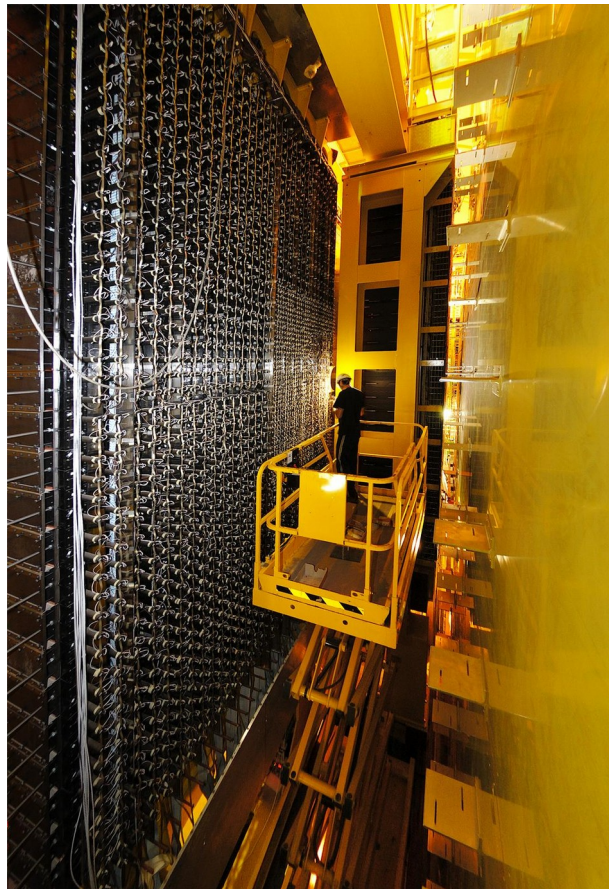
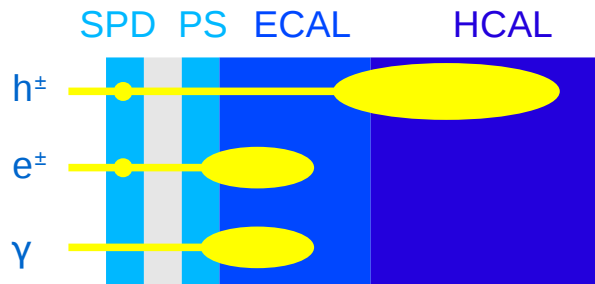
- ▶ Mesure de l'impulsion

# Les sous-détecteurs composant LHCb



## Les calorimètres

# Les calorimètres



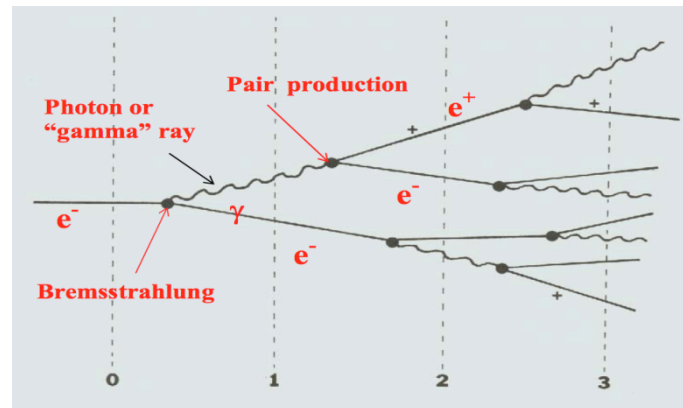
- Mesure destructive
- Calorimétrie électromagnétique (ECAL) :

- ▶ détection des électrons :

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

} gerbe électromagnétique

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

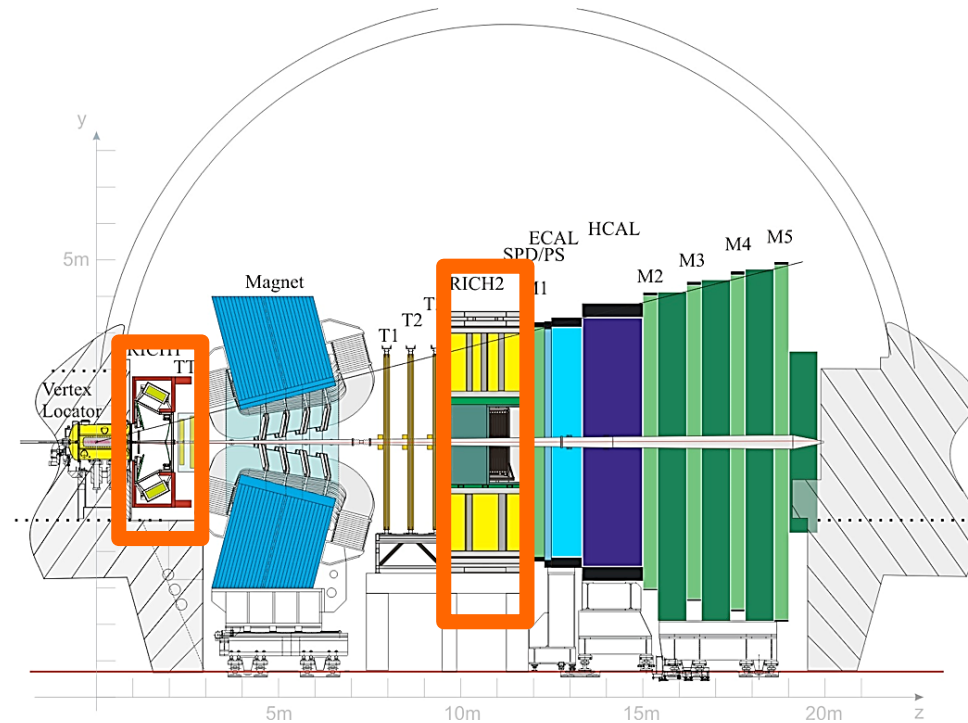


- Calorimètre hadronique :

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

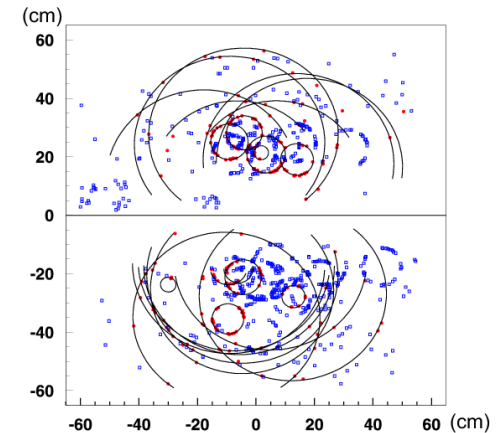
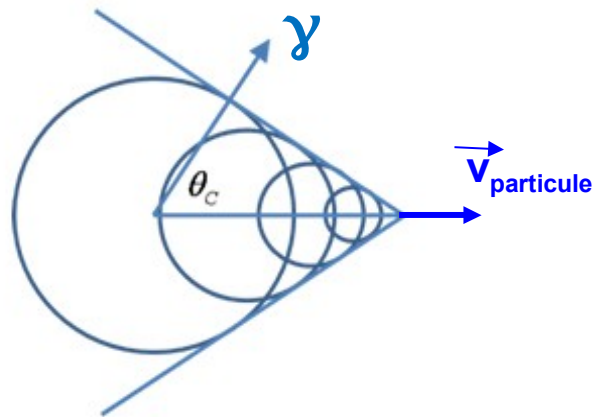
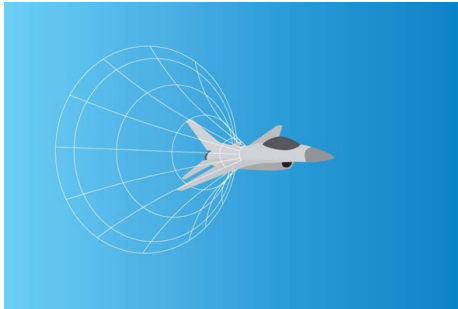
- interaction forte avec les noyaux du milieu
- gerbe hadronique

# Les sous-détecteurs composant LHCb

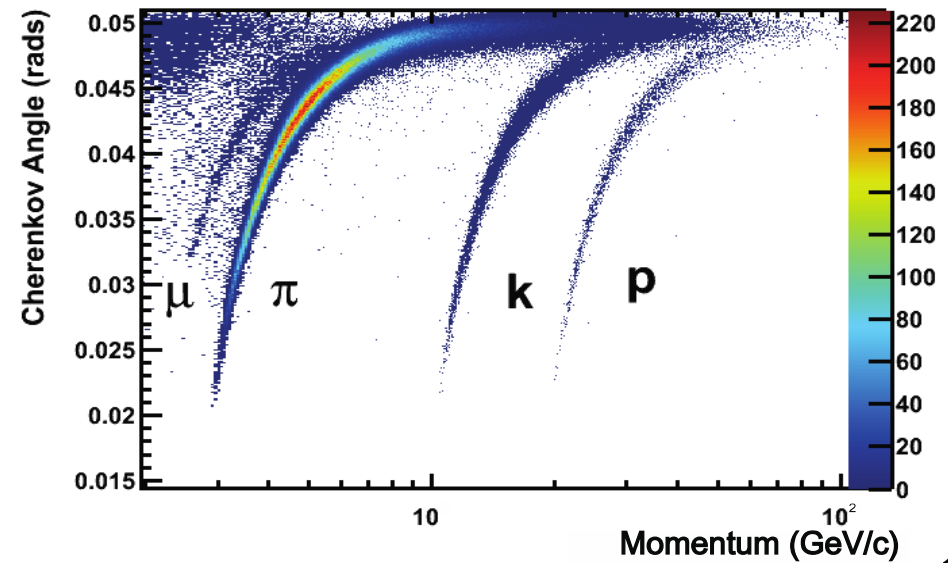
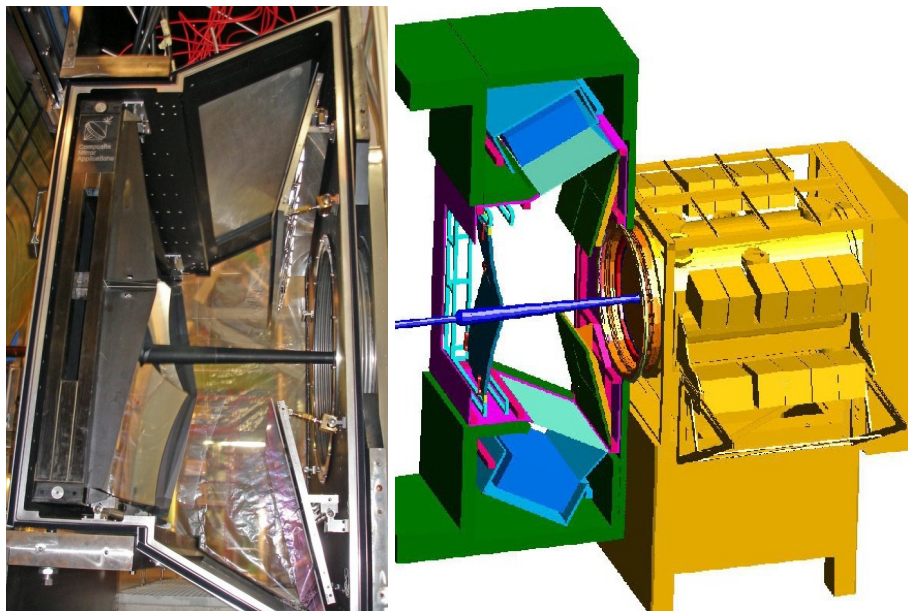


## Les détecteurs Cerenkov (RICH)

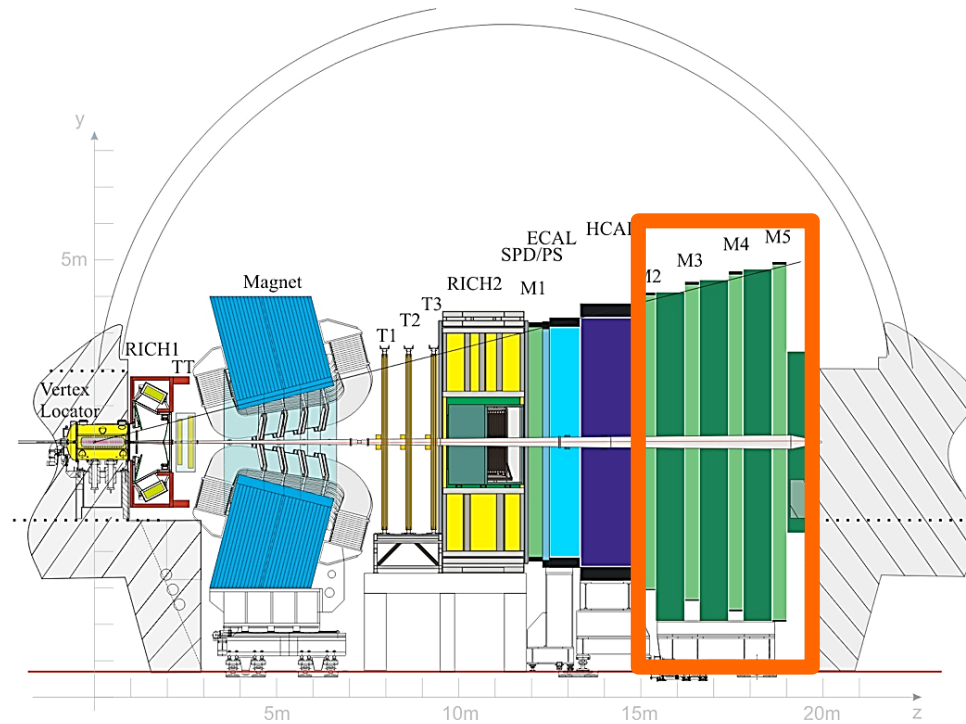
# Les RICHs



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

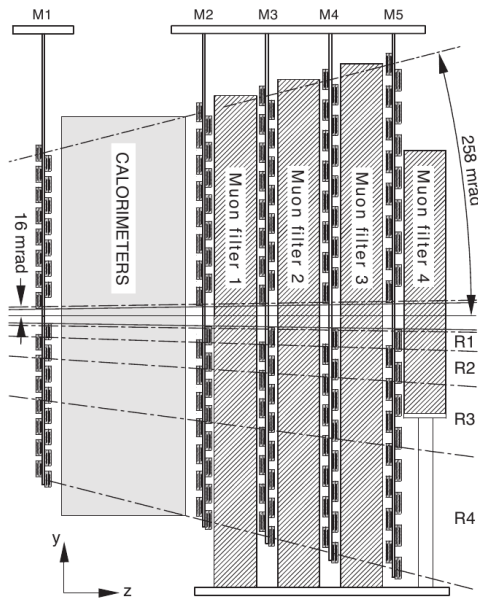
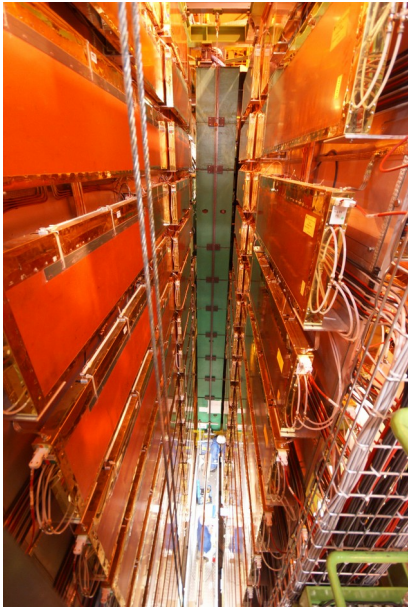


# Les sous-détecteurs composant LHCb



## 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

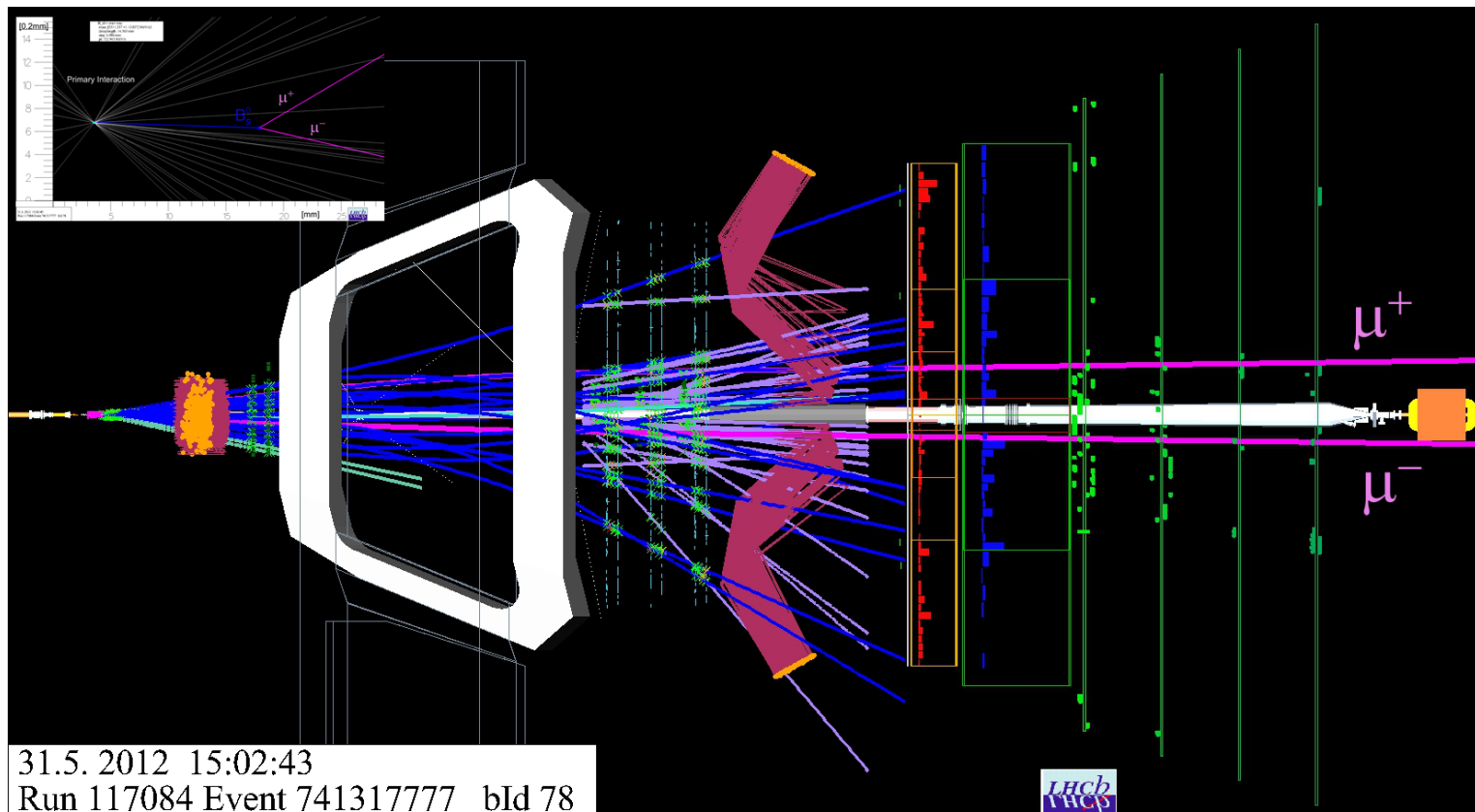


- 40 millions de croisements de paquets de protons par seconde
  - pas toujours intéressant ...
  - on recherche des processus particuliers qui sont souvent rares
- ▶ **Il faut filtrer !**
  - système de déclenchement
  - on enregistre les événements qui paraissent intéressants et on rejette le reste
  - 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 !!

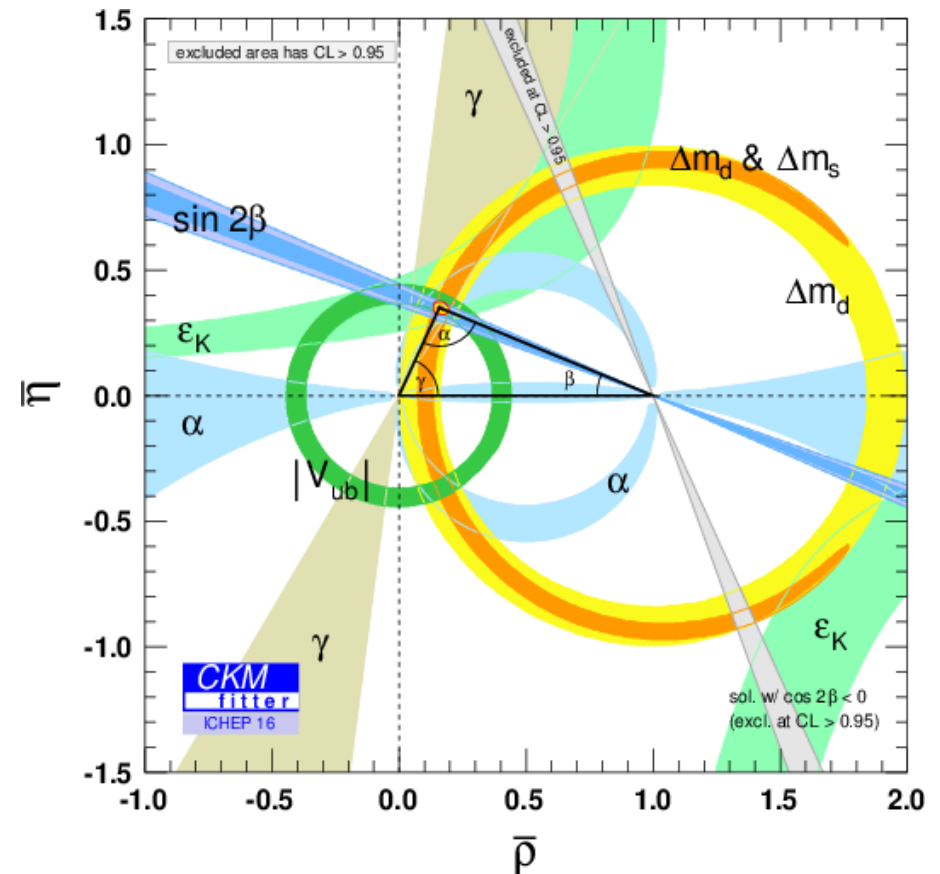
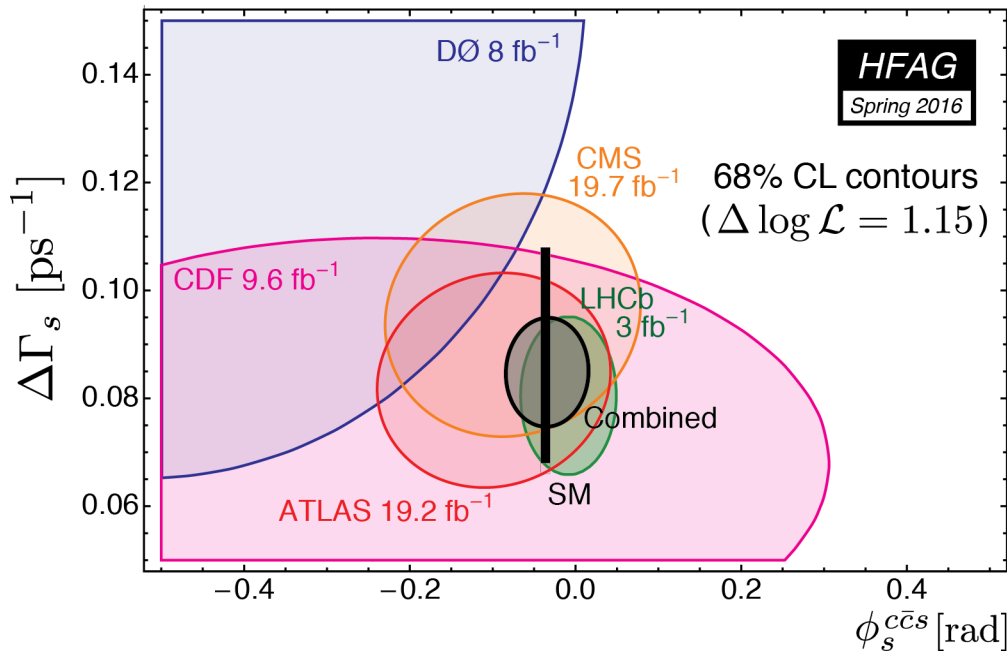
# Nouvelle physique indirectement

- Déviations dans des mesures de précision peuvent indiquer la présence de nouvelles particules
- Exemple : production de  $B_s \rightarrow \mu\mu$  dans LHCb
- Résultat : encore une fois presque exactement la prédiction du modèle standard,  $(3.2^{+1.5}_{-1.2}) \times 10^{-9} \dots$



# Asymétrie matière-antimatière

- Pas assez d'antimatière dans l'Univers
- Mesures de précision pour quantifier les infimes différences entre matière et antimatière
- Toutes les mesures sont compatibles avec les prédictions du modèle standard



# Asymétrie matière-antimatière

- Pas assez d'antimatière dans l'Univers
- Mesures de précision pour quantifier les infimes différences entre matière et antimatière
- Toutes les mesures sont compatibles avec les prédictions du modèle standard

