



ALICE

Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 dans des collisions proton- proton à $\sqrt{s} = 5,02$ TeV avec l'expérience ALICE

Plan

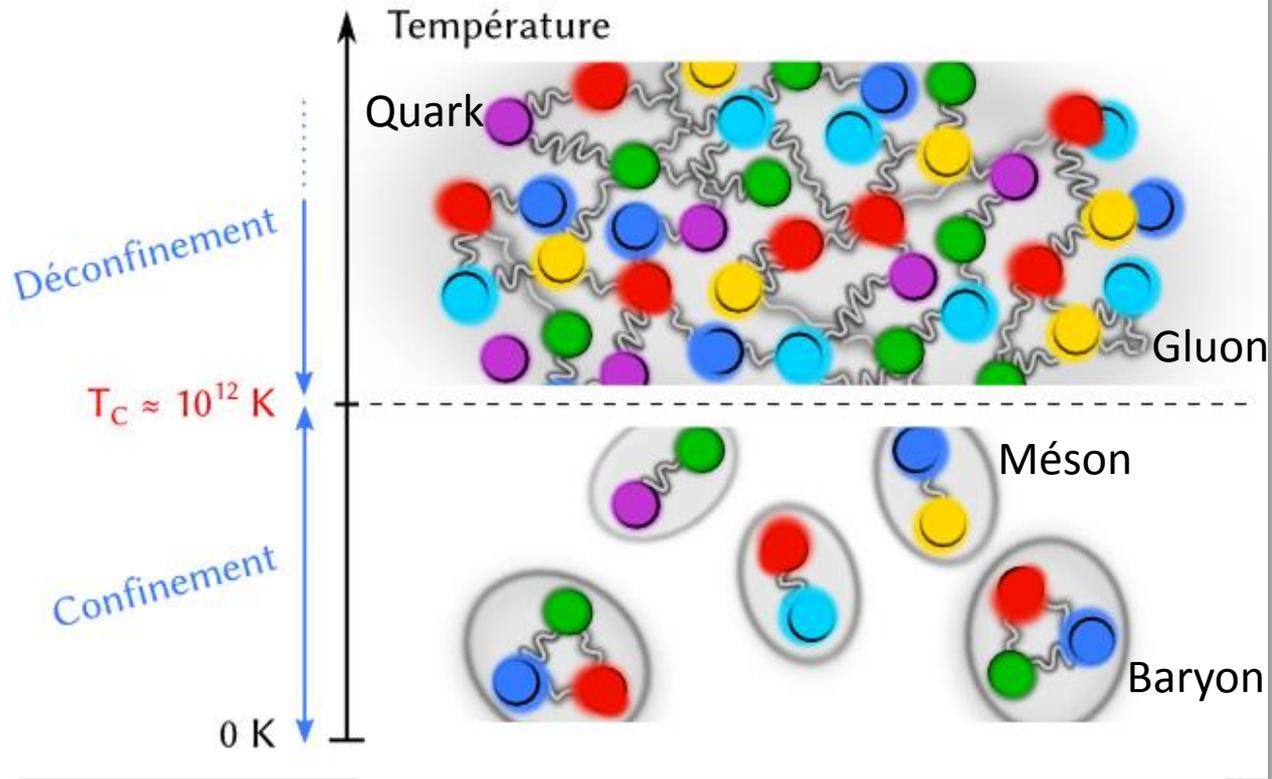
- Introduction
 - Le plasma de quarks et gluons
 - L'expérience ALICE
- Travaux réalisés
 - Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts
 - Comparaison entre les mésons prompts et non-prompts
- Conclusion et perspectives

Plan

- Introduction
 - Le plasma de quarks et gluons
 - L'expérience ALICE
- Travaux réalisés
 - Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts
 - Comparaison entre les mésons prompts et non-prompts
- Conclusion et perspectives

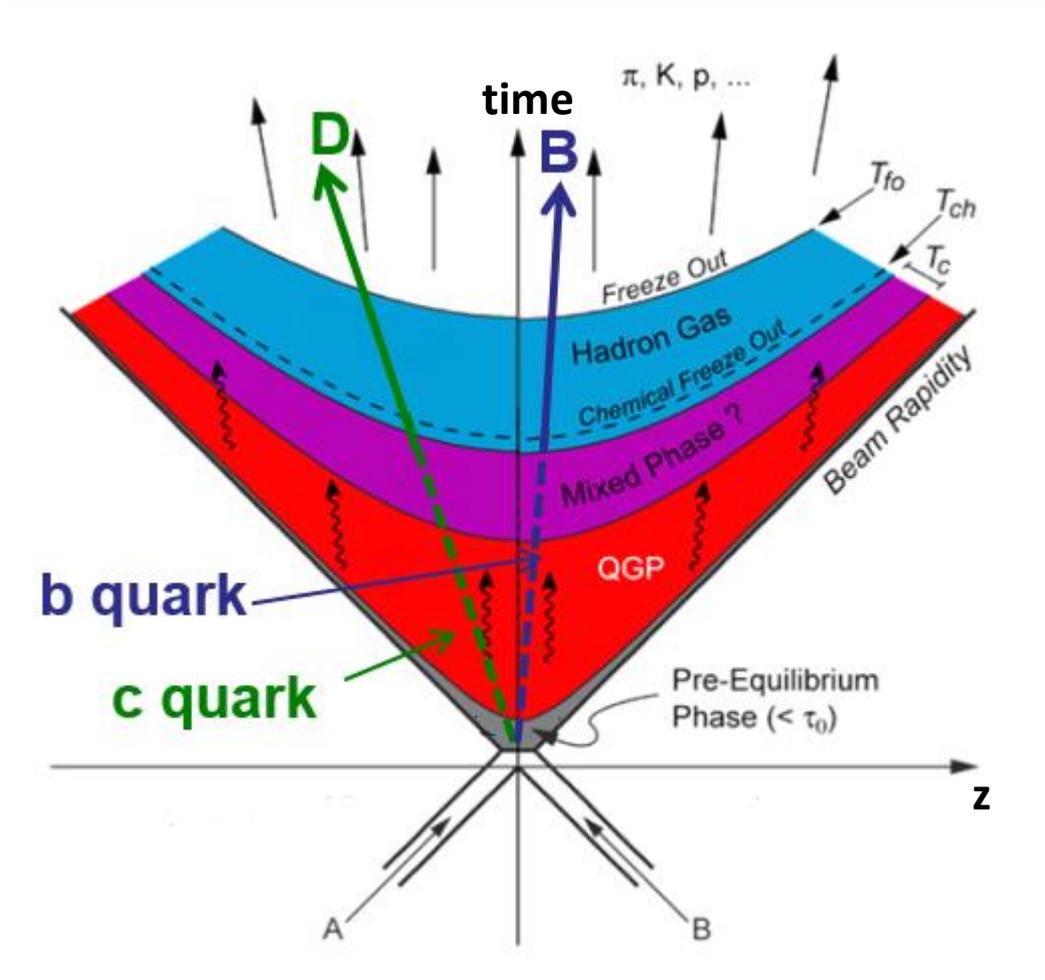
Le plasma de quarks et gluons

- État de la matière où les quarks et les gluons ne sont plus confinés dans des états liés (baryon, méson)
- La température critique est prédite par la chromodynamique quantique : $T_c \approx 154 \text{ MeV}$
- Cet état très dense et chaud aurait prévalu juste après le Big Bang (quelques μs)



La physique des saveurs lourdes

Le scénario de Bjorken décrit l'évolution spatio-temporelle d'une collision d'ions lourds :



La physique des saveurs lourdes (quarks charmés c et beaux b) : une sonde unique pour le QGP

- $D^0 : c\bar{u}$, $\bar{D}^0 : \bar{c}u$
- $B^+ : u\bar{b}$, $B^- : \bar{u}b$
- Les quarks lourds sont produits dès les premiers instants de la collision
- Ils sont donc présents dans l'ensemble des phases du plasma

Plan

- Introduction
 - Le plasma de quarks et gluons
 - L'expérience ALICE
- Travaux réalisés
 - Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts
 - Comparaison entre les mésons prompts et non-prompts
- Conclusion et perspectives

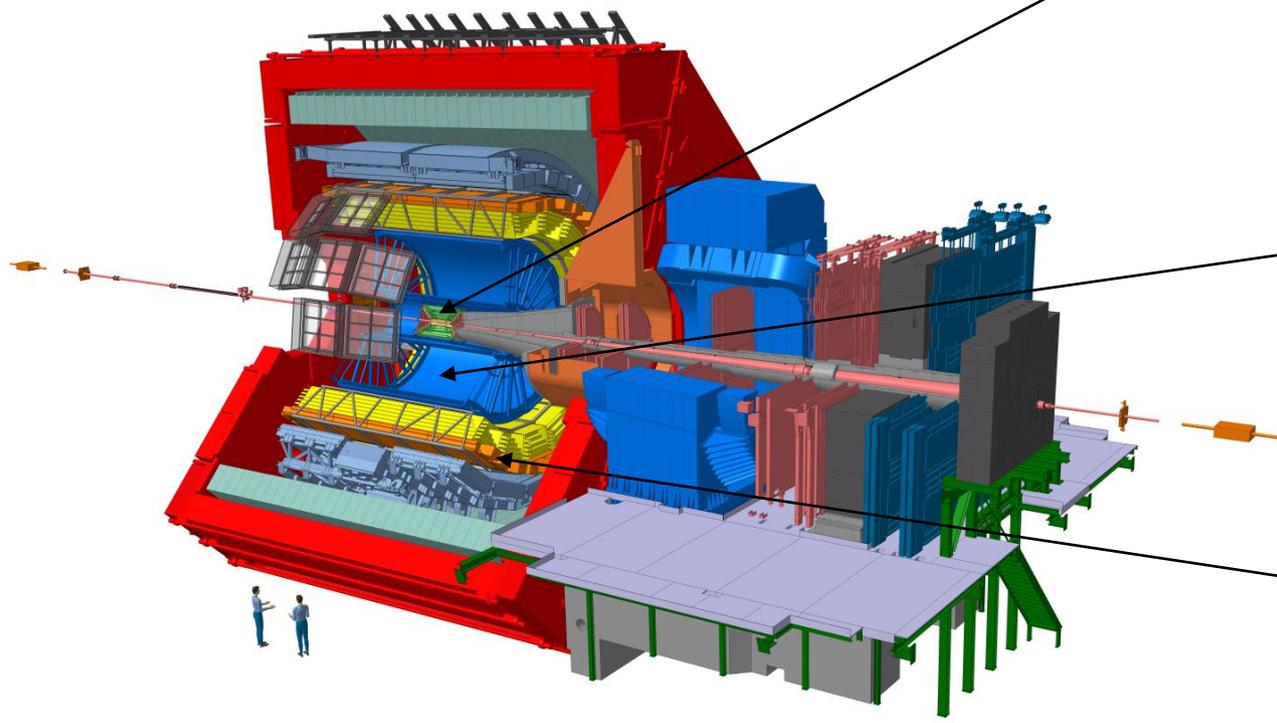
Le LHC (*Large Hadron Collider*)



- Accélérateur de particules au CERN
- Opérationnel depuis 2009
- Collisions pp : $\sqrt{s} = 13$ TeV,
p-Pb : $\sqrt{s} = 8,16$ TeV et
Pb-Pb : $\sqrt{s_{NN}} = 5,02$ TeV
- L'expérience ALICE : conçue pour étudier les propriétés physiques de la matière soumise à l'interaction forte

Le détecteur ALICE

- 26m x 16m x 16m, 10 000 tonnes
- 19 systèmes de détection



ITS (*Inner Tracking System*) :

- Détecteur Silicium situé au plus près de la collision

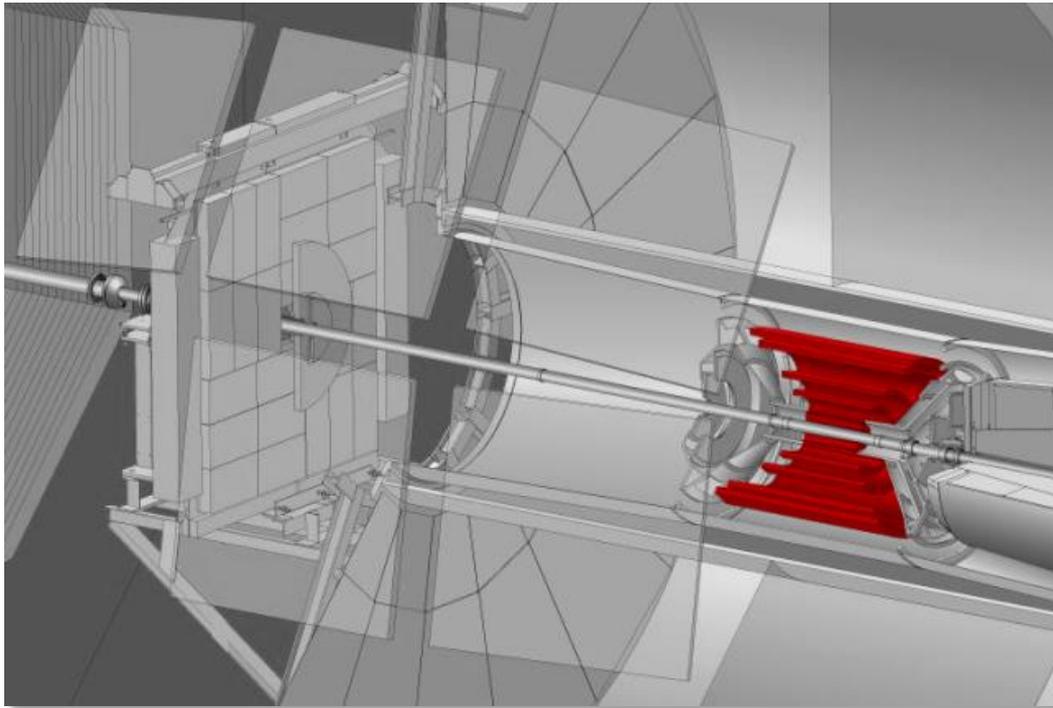
TPC (*Time Projection Chamber*) :

- Grand détecteur gazeux entourant l'ITS

TOF (*Time Of Flight*) :

- Multi-gap Resistive Plate Chamber

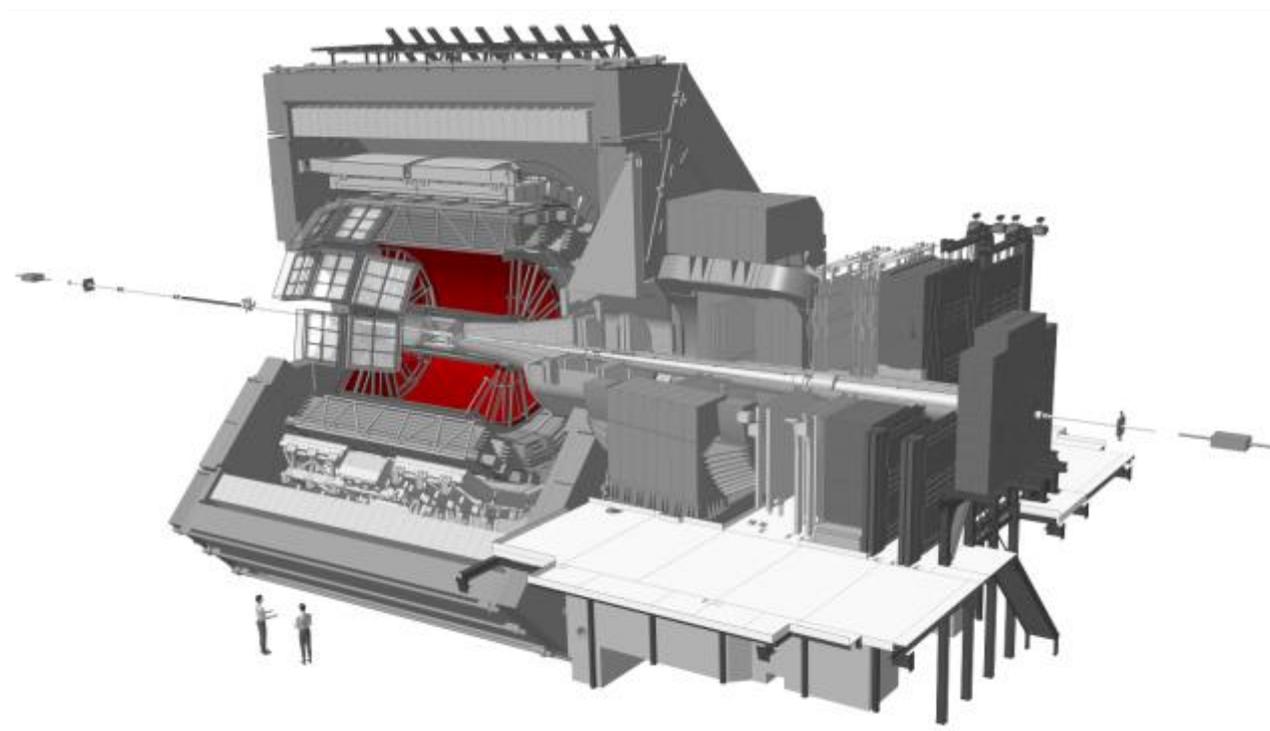
L'ITS (*Inner Tracking System*)



Objectifs de ce détecteur :

- Reconstruire le vertex primaire et les vertex secondaires
- Reconstruire les traces des particules
- Identifier les particules chargées

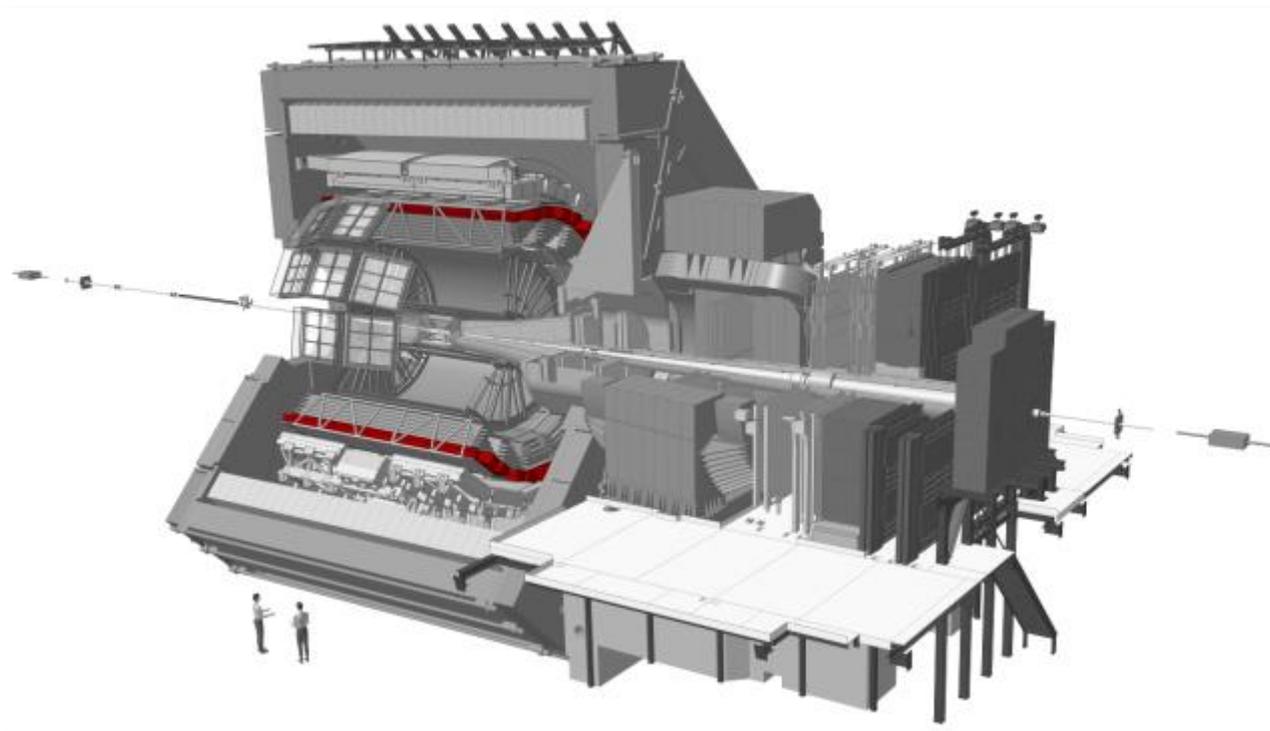
La TPC (*Time Projection Chamber*)



Objectifs de ce détecteur :

- Assurer la reconstruction des trajectoires des particules chargées
- Reconstruire les vertex de désintégrations
- Identifier les particules chargées

Le TOF (*Time Of Flight*)



Objectif de ce détecteur :

- Permet l'identification des particules chargées par la mesure de leur temps de vol

Plan

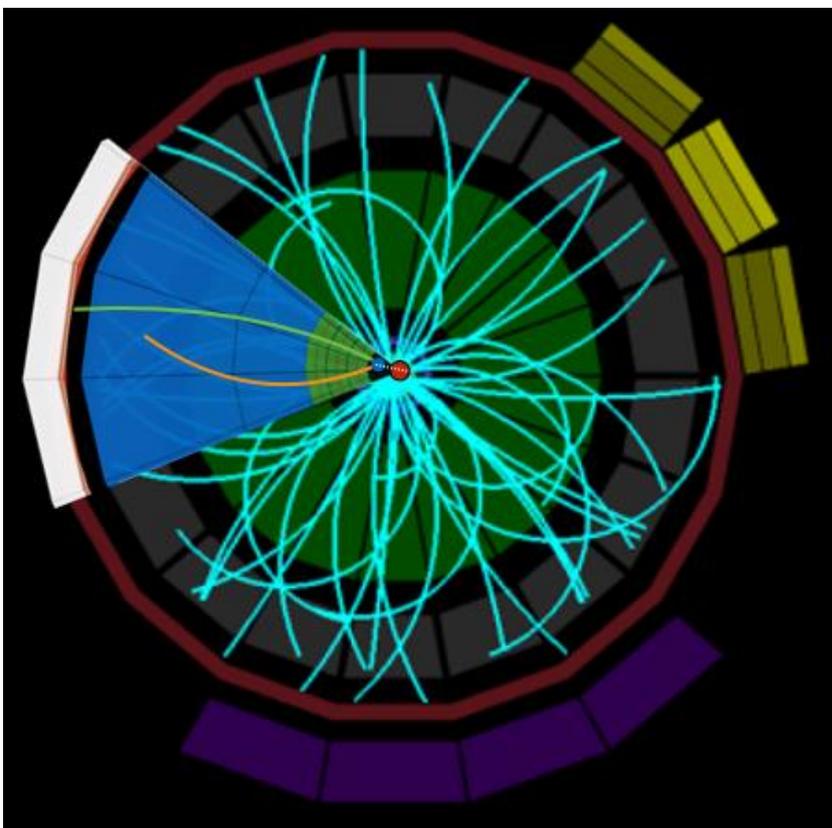
- Introduction
 - Le plasma de quarks et gluons
 - L'expérience ALICE
- Travaux réalisés
 - Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts
 - Comparaison entre les mésons prompts et non-prompts
- Conclusion et perspectives

Mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts

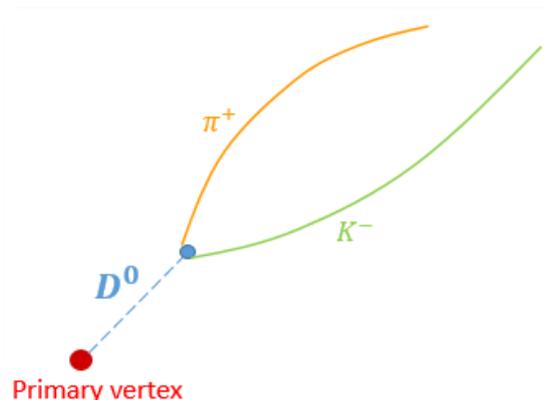
Particules étudiées : $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$
 $\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$

BR = $(3.93 \pm 0.04) \%$

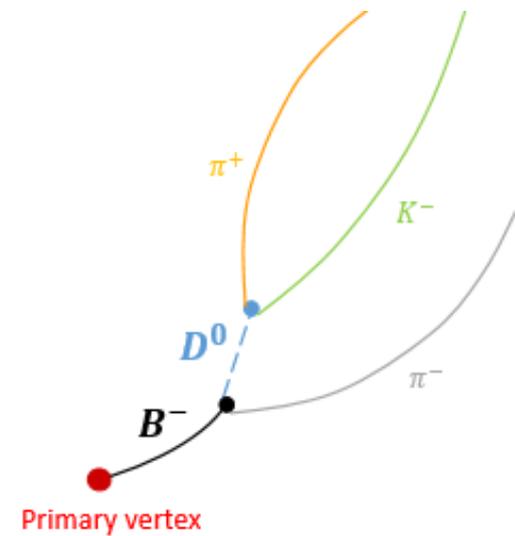
$D^0 : c\tau = 122,9 \mu\text{m}$
 $B^- : c\tau = 492,0 \mu\text{m}$



Reconstruction du canal étudié



Méson D^0 prompt



Méson D^0 non-prompt

Données exploitées

- Optimisation de la méthode de sélection avec les données Monte-Carlo
- Collisions proton-proton simulées avec PYTHIA8
- Extraction du signal avec les données expérimentales
- Données expérimentales enregistrées par l'expérience ALICE en 2017

Données Monte-Carlo :

- Signal enrichi par rapport aux données expérimentales
- Au moins une paire $c\bar{c}$ ou $b\bar{b}$ requise dans chaque collision
- Au moins une désintégration $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ dans chaque collision

Stratégie d'identification

Stratégie :

- Utilisation des **données Monte-Carlo**
- Utilisation de la TPC et du TOF
- Degré de confiance de l'identification :

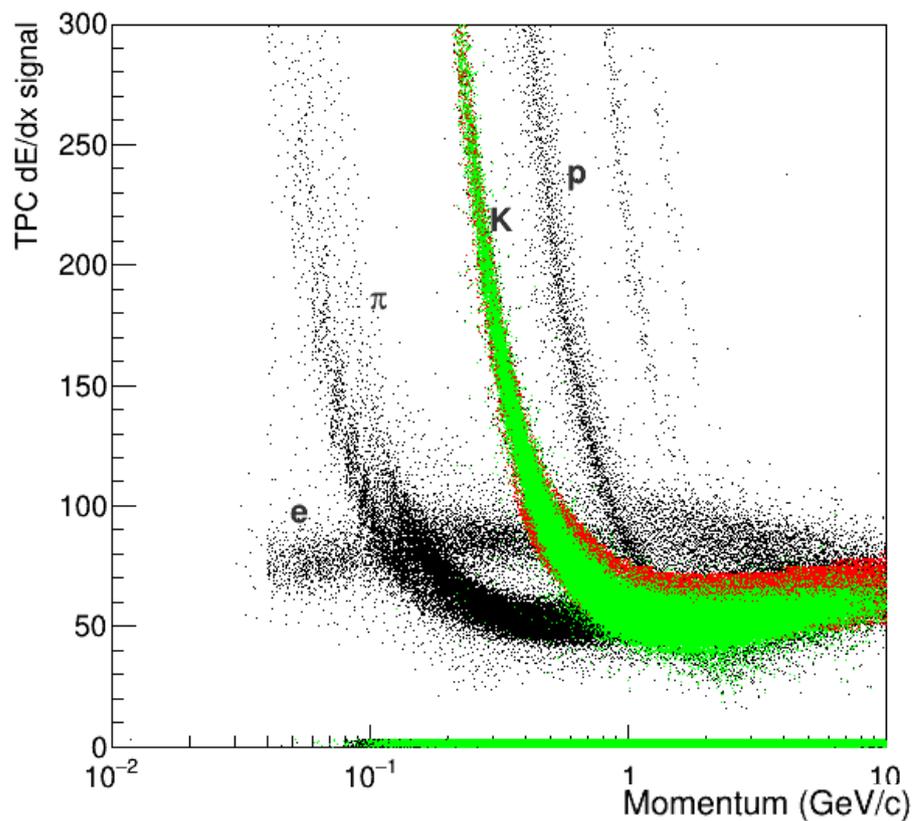
$$|S_{mesuré} - S_{attendu}| < 3\sigma$$

Identification des particules filles :

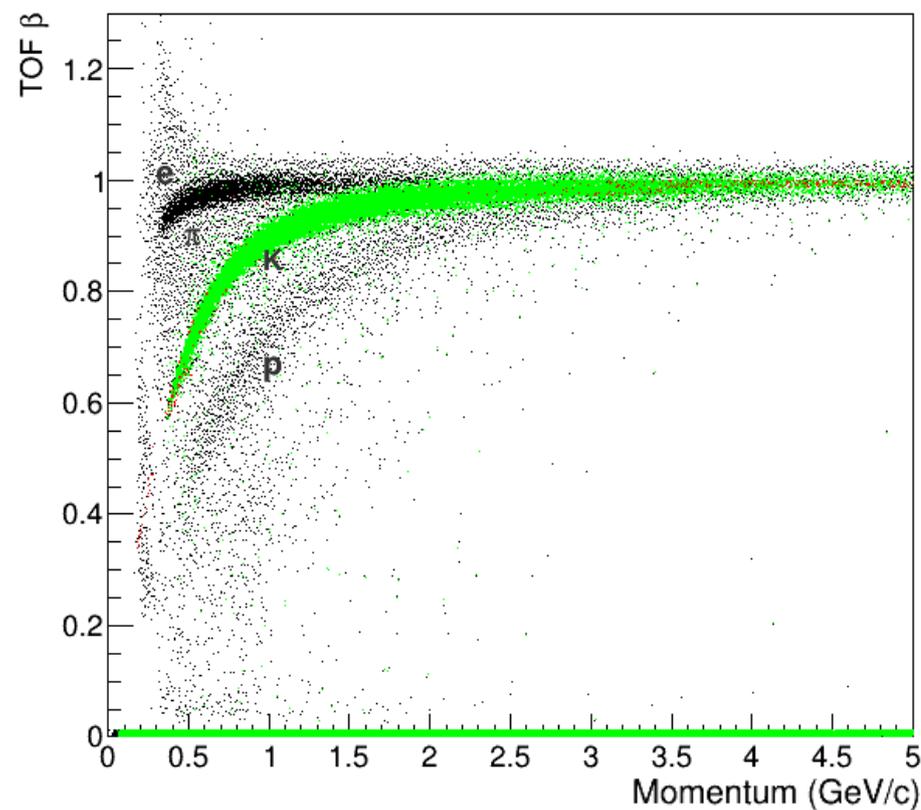
- Identification seulement pour les kaons
- Test pour les deux particules filles pour chaque candidat
- Un même candidat peut être identifié à la fois comme D^0 et \bar{D}^0

Identification de particules

Signal de pertes linéiques moyennes d'énergie dE/dx



Distribution du β des particules chargées mesuré par le TOF en fonction de leur impulsion

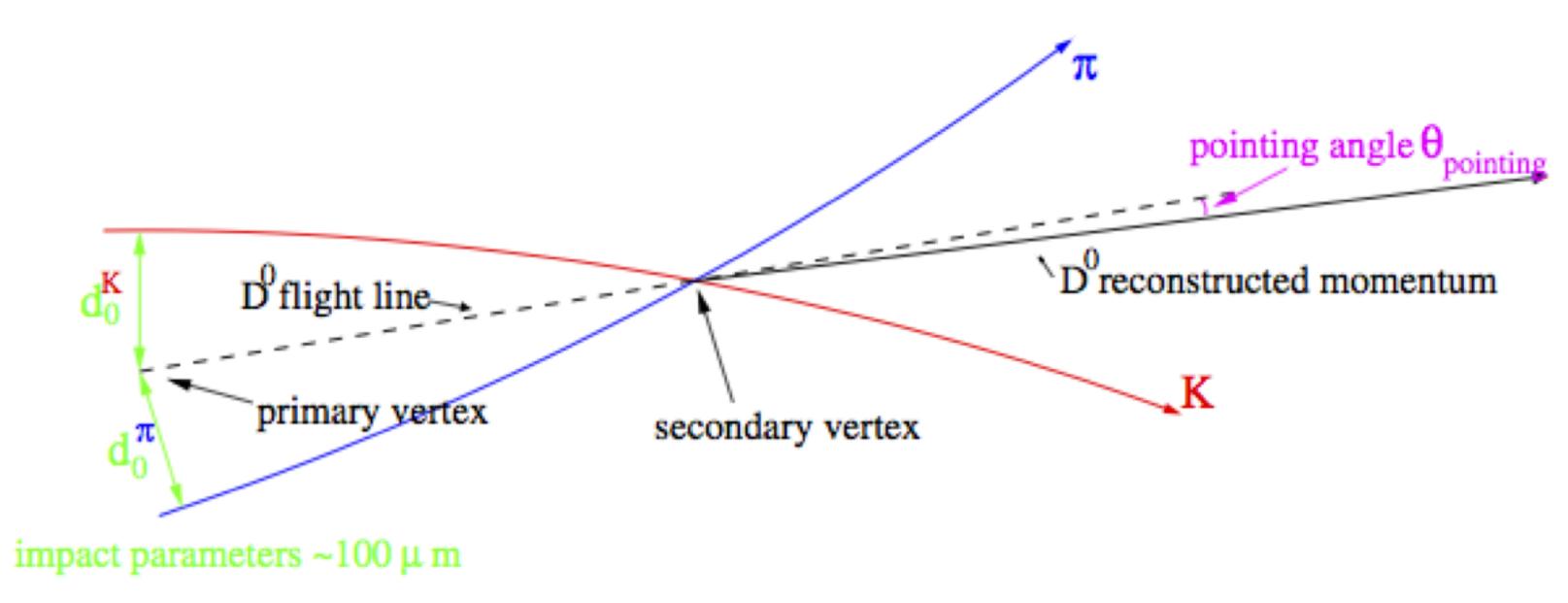


Critères de sélection topologique

Objectifs :

- Sélection des traces proches dans l'espace
- Association des traces provenant du même vertex
- Diminution du bruit de fond combinatoire

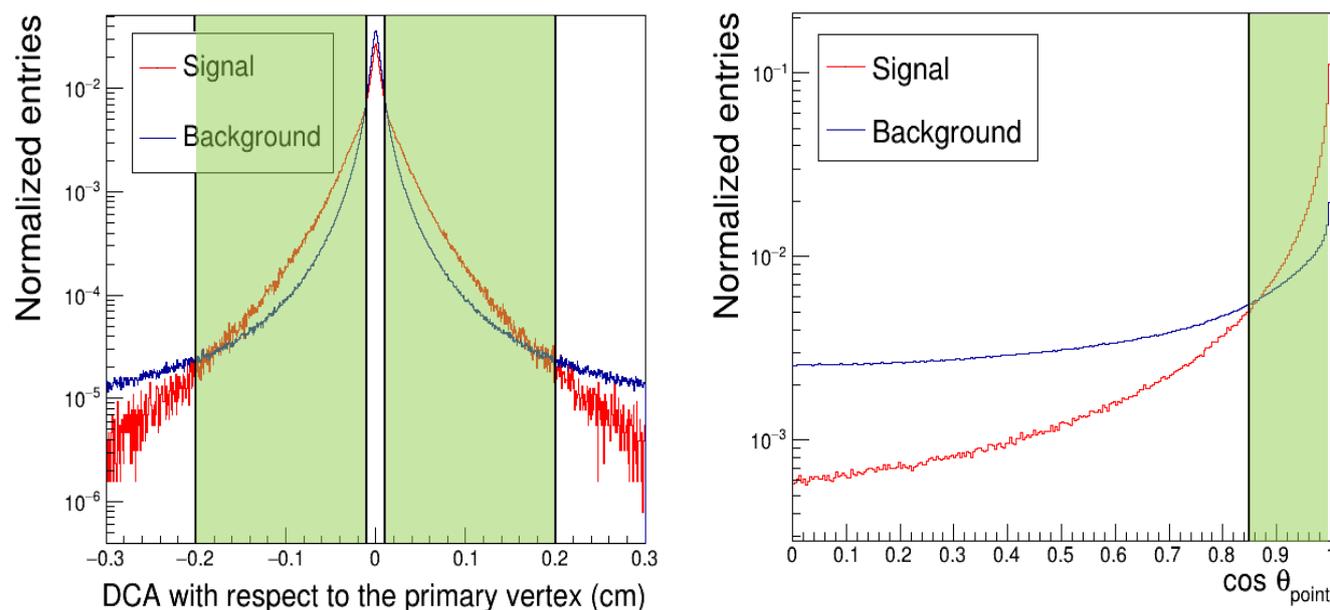
| Variable topologique | Coupure |
|------------------------------------------|----------------------|
| d_0^K, d_0^π (cm) | $> 0,02$ et $< 0,1$ |
| $d_0^K \cdot d_0^\pi$ (cm ²) | $< -0,01 \cdot 0,01$ |
| DCA (cm) | $< 0,025$ |
| $\cos \theta_{point}$ | $> 0,85$ |



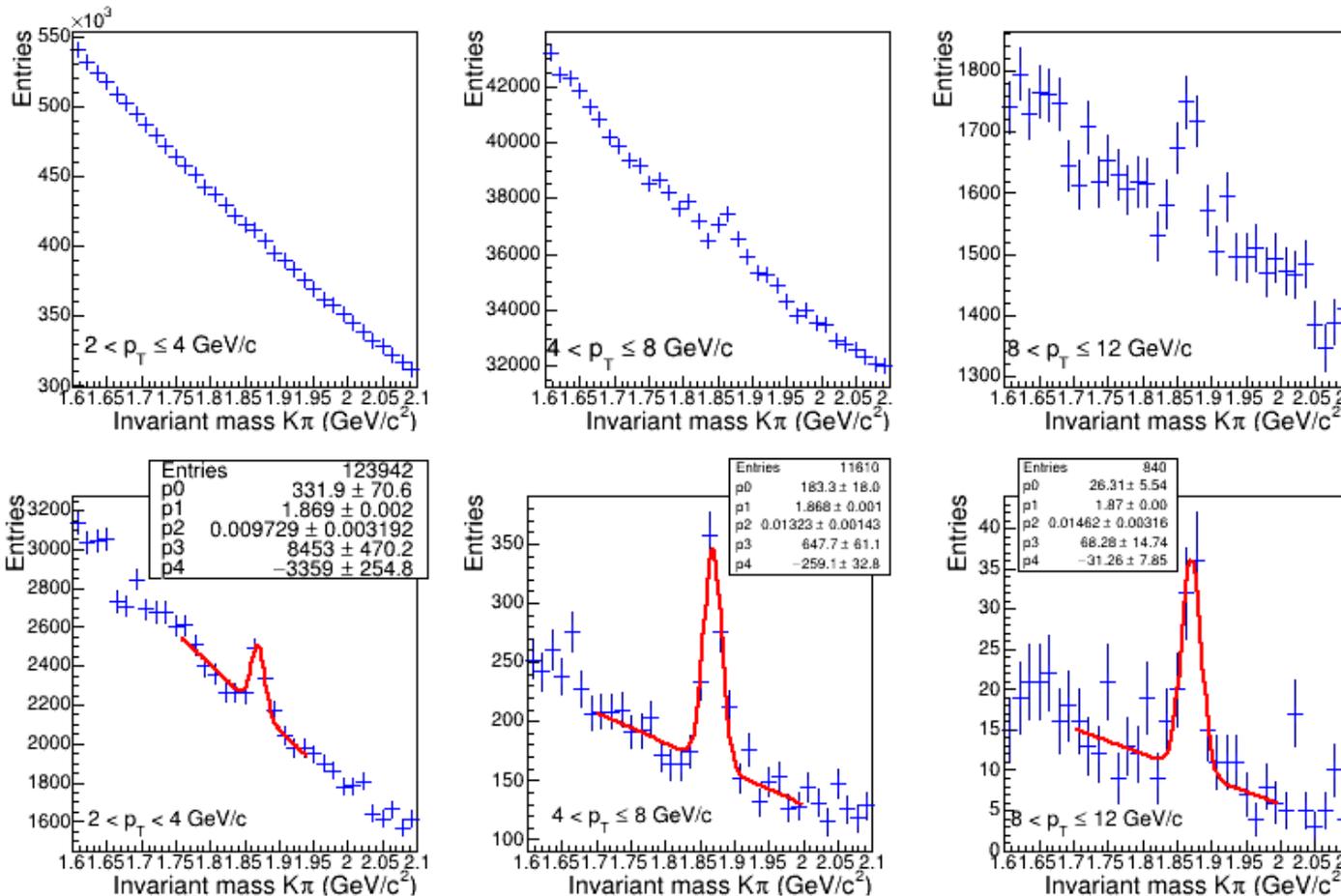
Critères de sélection topologique

Optimisation des coupures :

- Ajustement de la valeur des coupures
- Compromis pour supprimer le plus de bruit de fond possible tout en gardant assez de signal
- Utilisation des **données Monte-Carlo**



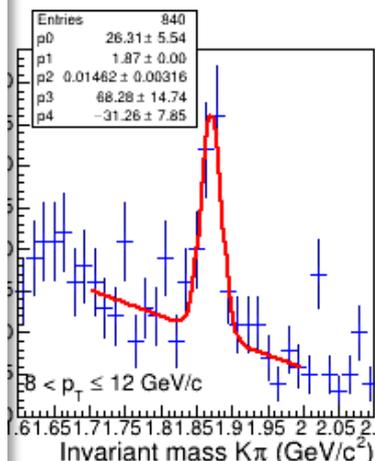
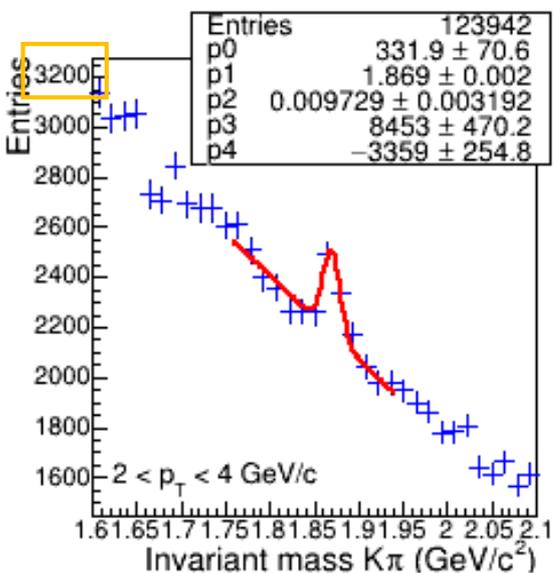
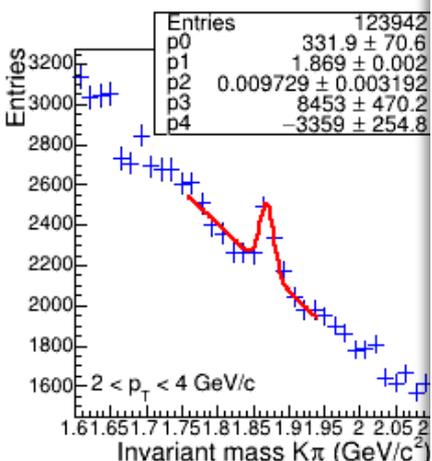
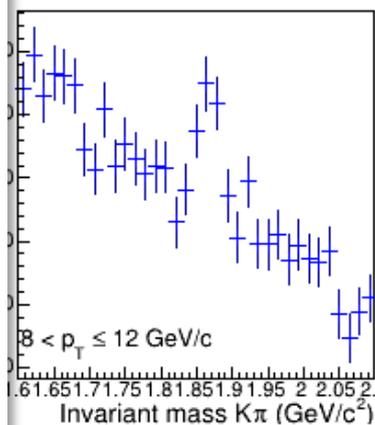
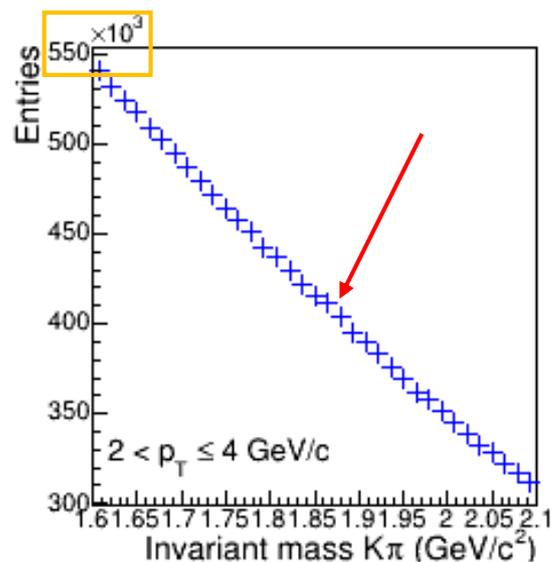
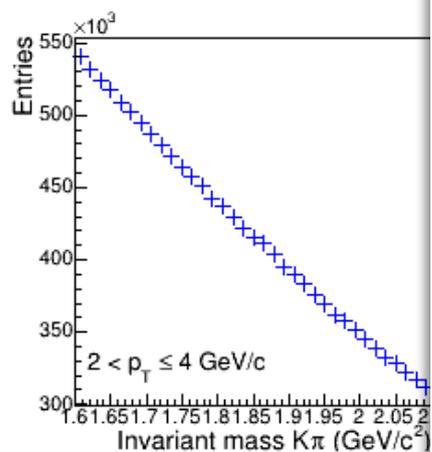
Signal des mésons D^0 et \overline{D}^0



- Réalisé en analysant 100 millions de collisions pp
- Utilisation des **données expérimentales**
- Un ajustement est effectué à l'aide d'une fonction gaussienne et d'un polynôme d'ordre 1

$$\text{Masse invariante : } m_{D^0}^2 = \left(\sqrt{m_{\pi^+}^2 + p_{\pi^+}^2} + \sqrt{m_{K^-}^2 + p_{K^-}^2} \right)^2 - \|(\mathbf{p}_{\pi^+} + \mathbf{p}_{K^-})\|^2$$

Signal des mésons D^0 et $\overline{D^0}$



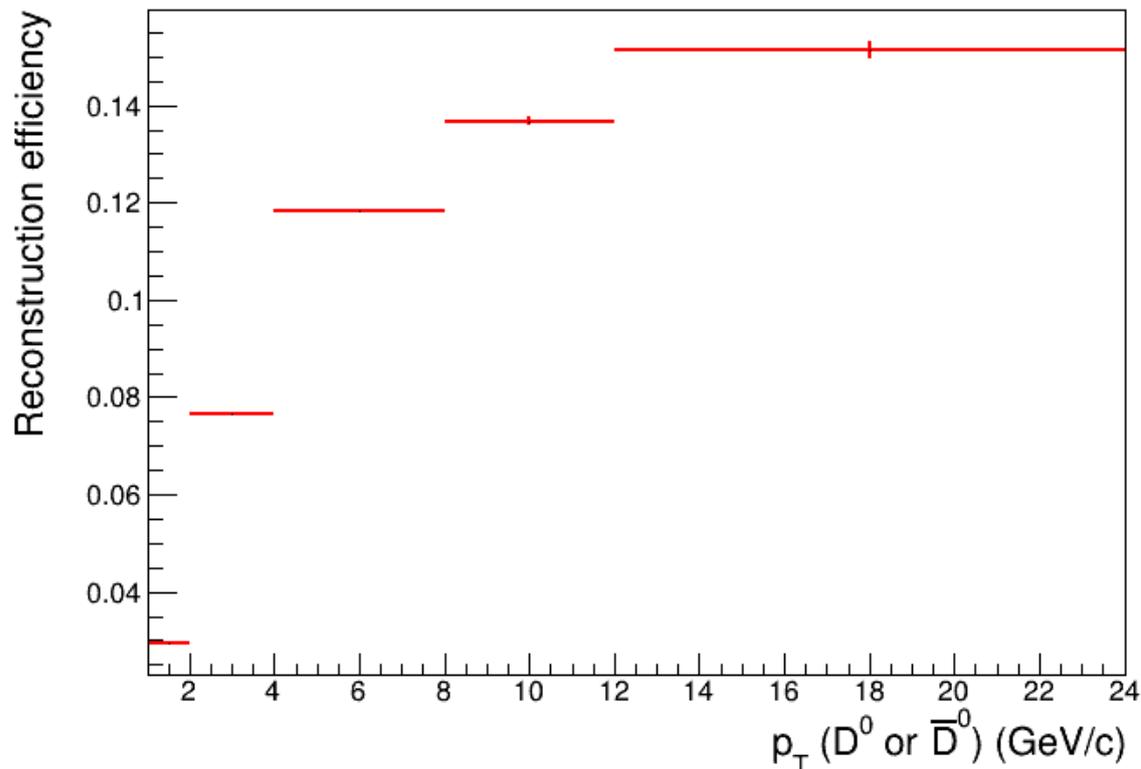
Masse invariante

- Réalisé en analysant 100 millions de collisions pp
- Utilisation des **données expérimentales**
- Un ajustement est effectué à l'aide d'une fonction gaussienne et d'un polynôme d'ordre 1

$$\sqrt{m_{K^-}^2 + p_{K^-}^2} - \|(\mathbf{p}_{\pi^+} + \mathbf{p}_{K^-})\|^2$$

Correction en efficacité de reconstruction

$$\text{Efficacité de reconstruction} = \frac{\text{Nombre de } D^0 \text{ et } \bar{D}^0 \text{ reconstruits et sélectionnés}}{\text{Nombre de } D^0 \text{ et } \bar{D}^0 \text{ générés dans } |y| < 0,5}$$



- Calcul de l'efficacité avec les données Monte-Carlo
- La valeur est liée aux coupures : sa faible valeur peut indiquer des coupures strictes

Correction en efficacité de reconstruction

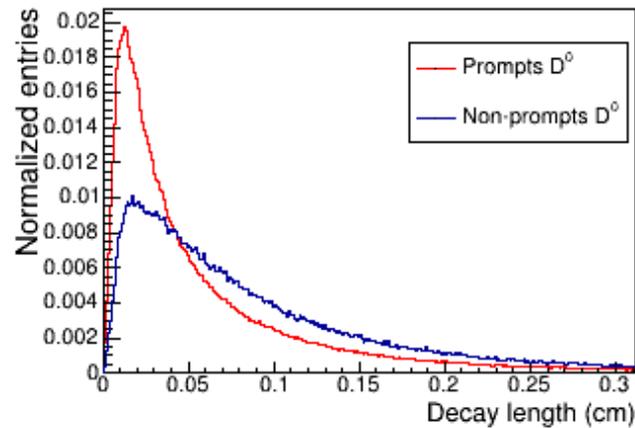
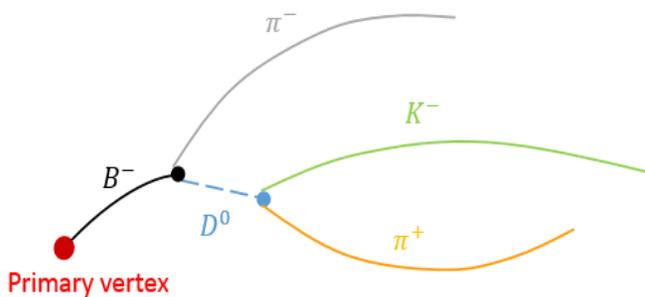
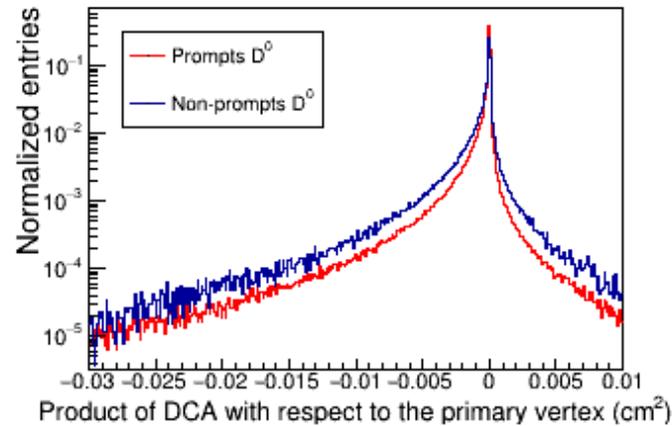
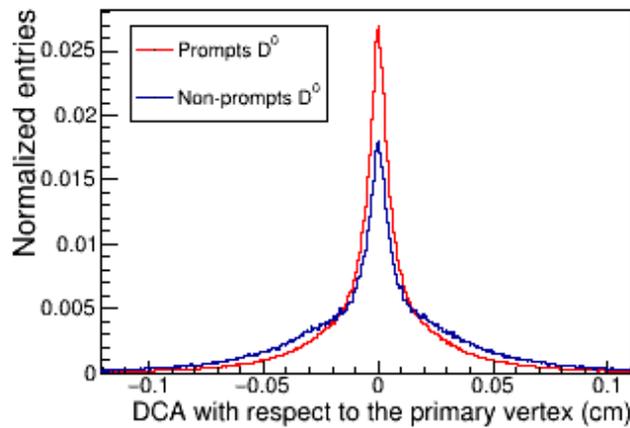
- Seule une petite proportion indistinguible des particules sélectionnées sont des vrais D^0 et \bar{D}^0
- On peut donc corriger le signal avec l'efficacité de reconstruction

| Intervalle en p_T (GeV/c) | Efficacité (%) | Signal brut | Signal corrigé |
|-----------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| $2 < p_T < 4$ | $7,66 \pm 0,02$ | 552 ± 158 | 7206 ± 2042 |
| $4 < p_T < 8$ | $11,8 \pm 0,04$ | 464 ± 61 | 3832 ± 514 |
| $8 < p_T < 12$ | $13,7 \pm 0,01$ | 81 ± 23 | 592 ± 165 |

Plan

- Introduction
 - Le plasma de quarks et gluons
 - L'expérience ALICE
- Travaux réalisés
 - Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts
 - Comparaison entre les mésons prompts et non-prompts
- Conclusion et perspectives

Vers la séparation des mésons prompts et non-prompts



- Etude réalisée avec les **données Monte-Carlo**
- Prochaine étape : Utilisation de ces différences pour augmenter la proportion de D^0 non-prompts sélectionnés
- Permet d'étudier les mésons B

Plan

- Introduction
 - Le plasma de quarks et gluons
 - L'expérience ALICE
- Travaux réalisés
 - Reconstruction des mésons D^0 et \bar{D}^0 , prompts et non-prompts
 - Comparaison entre les mésons prompts et non-prompts
- Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Stage

- Analyse du canal $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ et $\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$ dans des collisions pp
- Développement de la procédure de sélection des mésons
- Utilisation des outils de la collaboration ALICE (ROOT, AliRoot, AliPhysics)
- Extraction du signal brut
- Estimation de la correction en efficacité

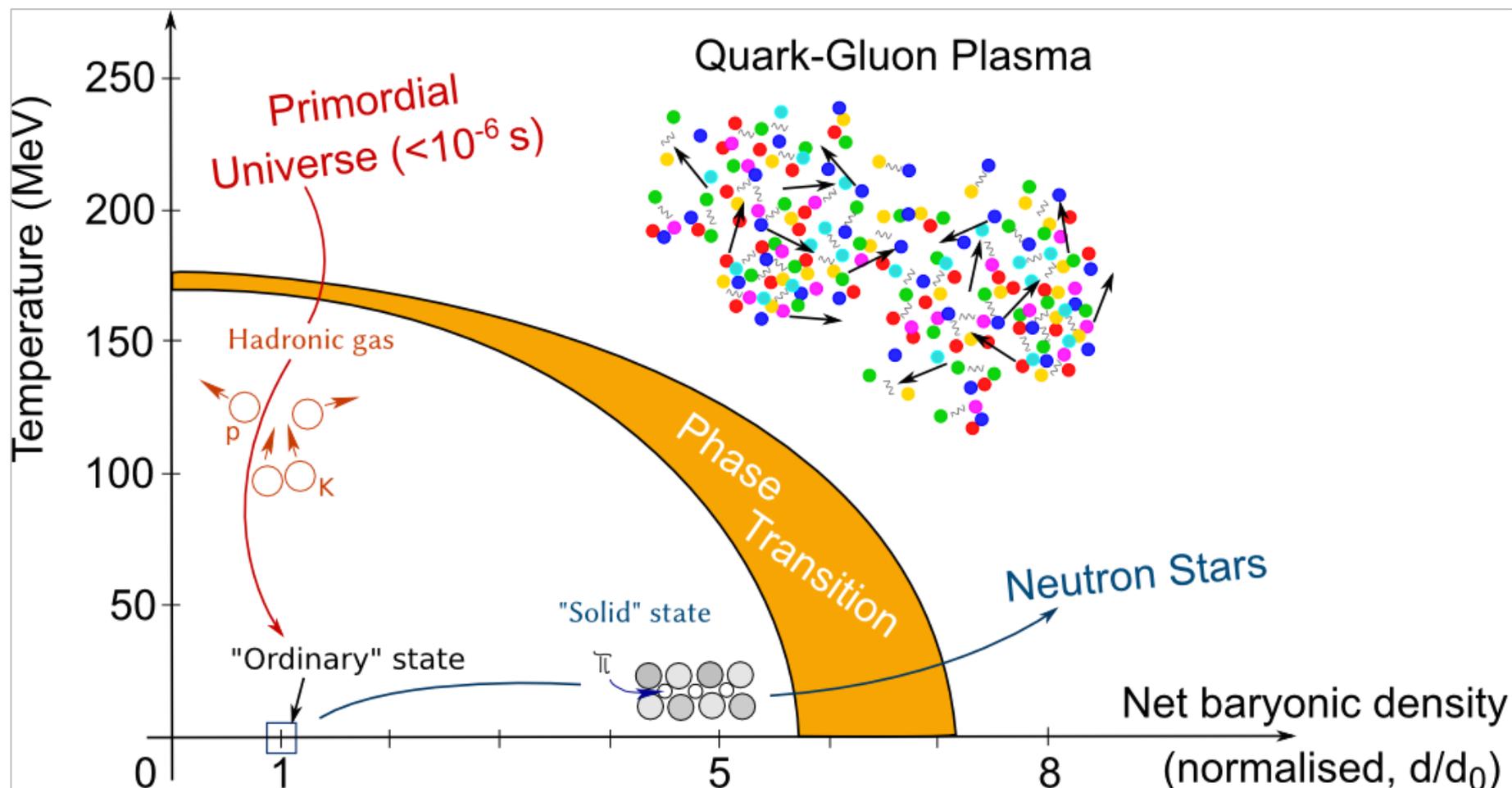
Perspectives

- Poursuite de l'étude du D^0 pendant l'été (stage volontaire)
 - Calcul des erreurs systématiques
 - Corrélation des coupures topologiques
 - etc.

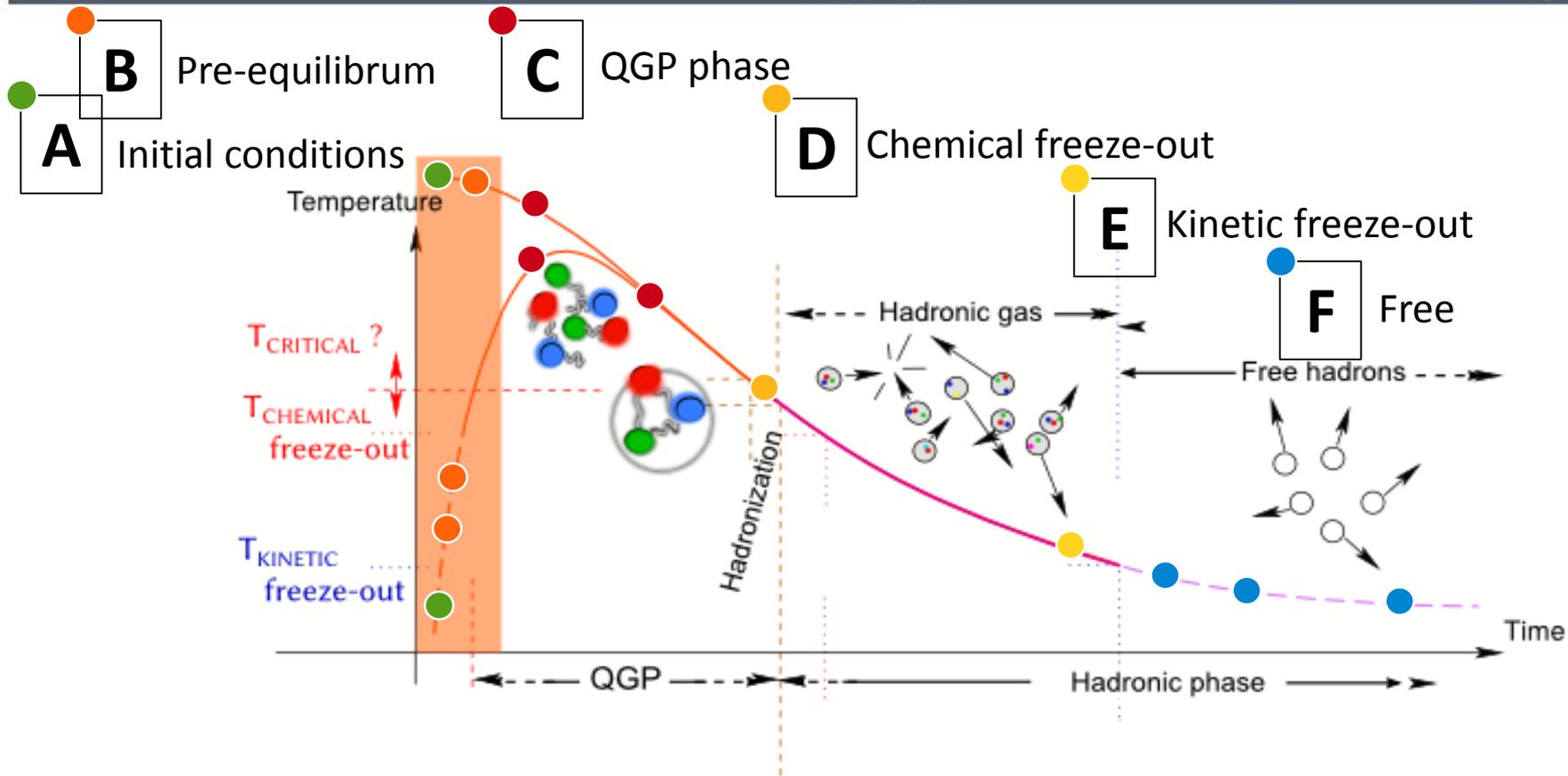
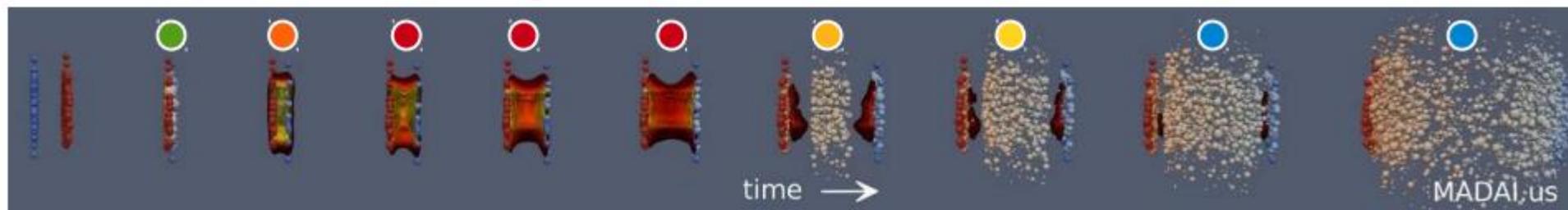


Backup

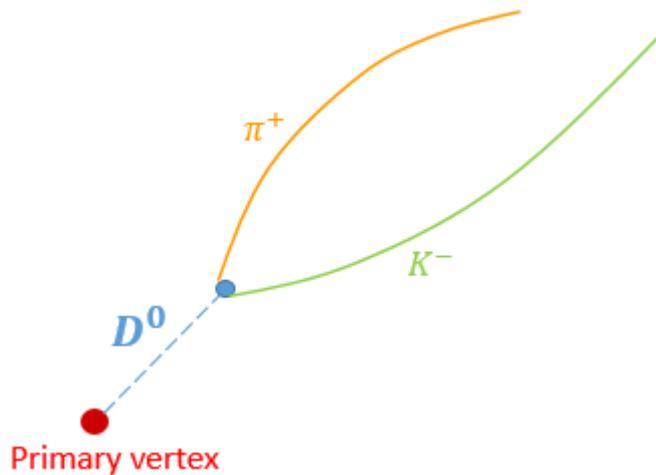
Diagramme de phase



Scénario de Bjorken



Calcul de masse invariante



- Conservation de l'énergie

$$E^*(D^0) = E^*(K^-) + E^*(\pi^+)$$

- Conservation de l'impulsion

$$\mathbf{p}^*(D^0) = \mathbf{p}^*(K^-) + \mathbf{p}^*(\pi^+) = 0$$

- Invariance de Lorentz

$$E^{*2}(K^-) - \mathbf{p}^{*2}(K^-) = E^2(K^-) - \mathbf{p}^2(K^-)$$

$$M^2(D^0) = (E(K^-) + E(\pi^+))^2 - (\mathbf{p}(K^-) + \mathbf{p}(\pi^+))^2$$

Reconstruction d'un D^0

- Identification de particules

- Pour isoler les K^- et les π^+
- $S_{mesuré}^{TOF}$ est le temps de vol estimé pour la trace pour chaque hypothèse de masse

- $S_{mesuré}^{TPC} = \left\langle \frac{dE}{dx} \right\rangle (\beta\gamma) = \frac{P_1}{\beta^{P_4}} \cdot \left(P_2 - \beta^{P_4} - \ln \left[P_2 + \frac{1}{(\beta\gamma)^{P_5}} \right] \right)$

Formule de Bethe-Bloch

- Sélection topologique

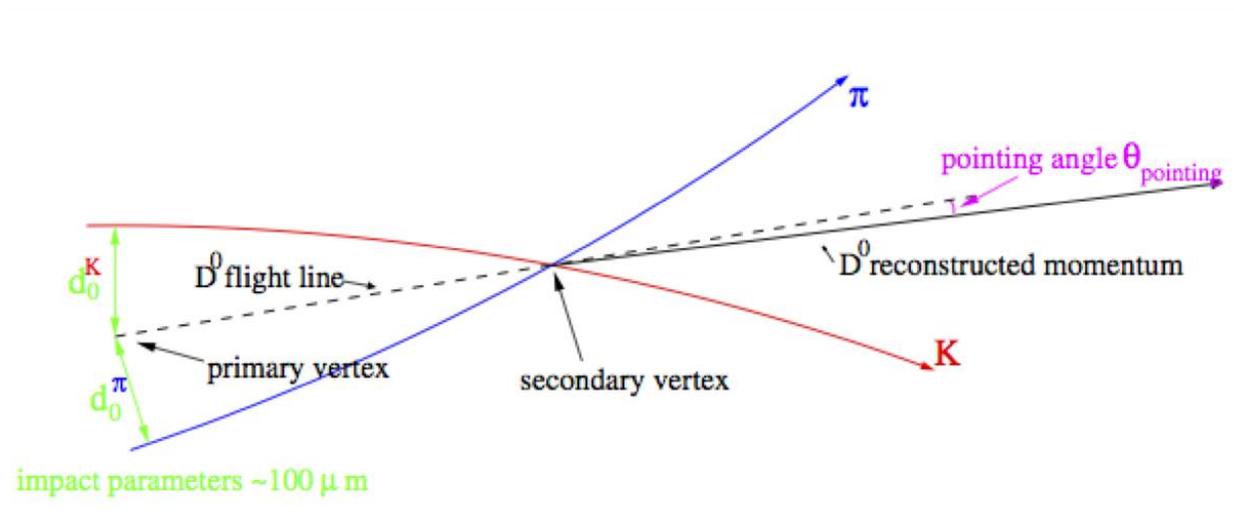
- Pour associer les K^- avec les π^+ (originaire du même vertex)

- Calcul de masse invariante

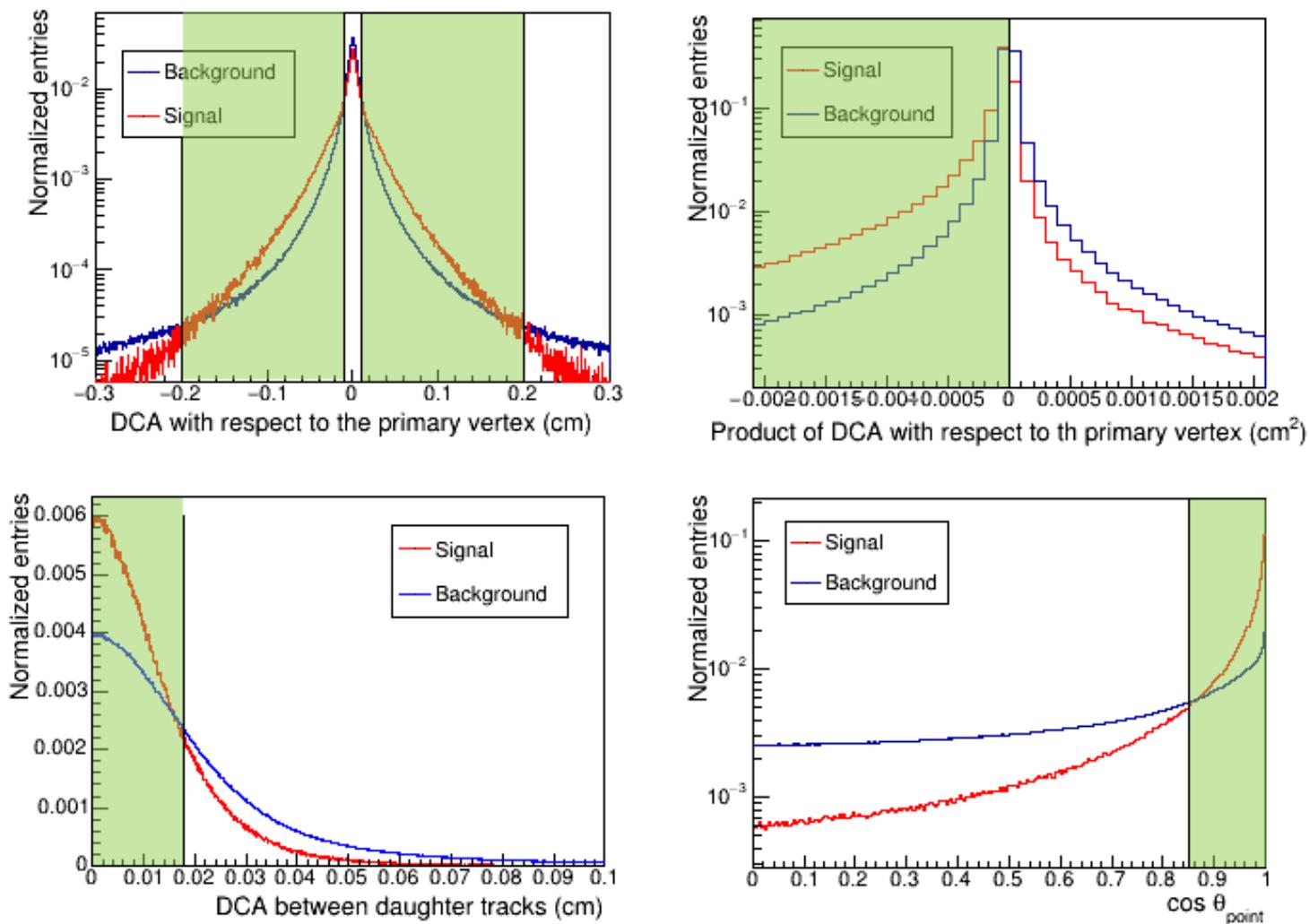
- Pour sélectionner les particules mères correspondants à des D^0

Coupages topologiques

| Variables topologiques | Valeur de la coupure |
|--------------------------------------|----------------------|
| p_T (GeV/c) | > 0.5 |
| η | < 0.9 |
| DCA (cm) | < 0.018 |
| d_0^K, d_0^π (cm) | < 0.2 et > 0.01 |
| $d_0^K * d_0^\pi$ (cm ²) | $- 0.0001$ |
| $\text{Cos } \theta_{point}$ | > 0.85 |



Coupures topologiques



Correction en efficacité de reconstruction

