Amélioration de la reconstruction des quarkonias sur Phenix

Catherine Silvestre

January 15, 2007

1. L'expérience PHENIX
2. Une méthode d'alignement global
3. Efficacité de reconstruction
4. Algorithme de reconstruction
5. Perspectives

Étude du plasma de quarks et gluons

Collisions d'ions lourds $\Rightarrow$ milieu dense, chaud: PQG ?

Étude du plasma de quarks et gluons

Collisions d'ions lourds $\Rightarrow$ milieu dense, chaud: PQG ?

J/ψ témoin de toute la collisions : produit tôt.

Étude du plasma de quarks et gluons

Collisions d'ions lourds $\Rightarrow$ milieu dense, chaud: PQG ?

J/ψ témoin de toute la collisions : produit tôt.

Mécanisme influençant sa production pendant le PQG:

- Dissociation par les gluons.
- Écrantage de couleur.
- Formation du J/ψ par recombinaison des $c\bar{c}$.

Étude du plasma de quarks et gluons

Collisions d'ions lourds $\Rightarrow$ milieu dense, chaud: PQG ?

J/ψ témoin de toute la collisions : produit tôt.

Mécanisme influençant sa production pendant le PQG:

- Dissociation par les gluons.
- Écrantage de couleur.
- Formation du J/ψ par recombinaison des $c\bar{c}$.

Étude dans des collisions

- Au+Au
- p+p: référence
- d+Au: effets nucléaires froids
  - Modification des PDF: shadowing, CGC,...
  - Absorption nucléaire par les spectateurs: diffusion inélastique
  - Effet Cronin: diffusion élastique => élargissement du p_T

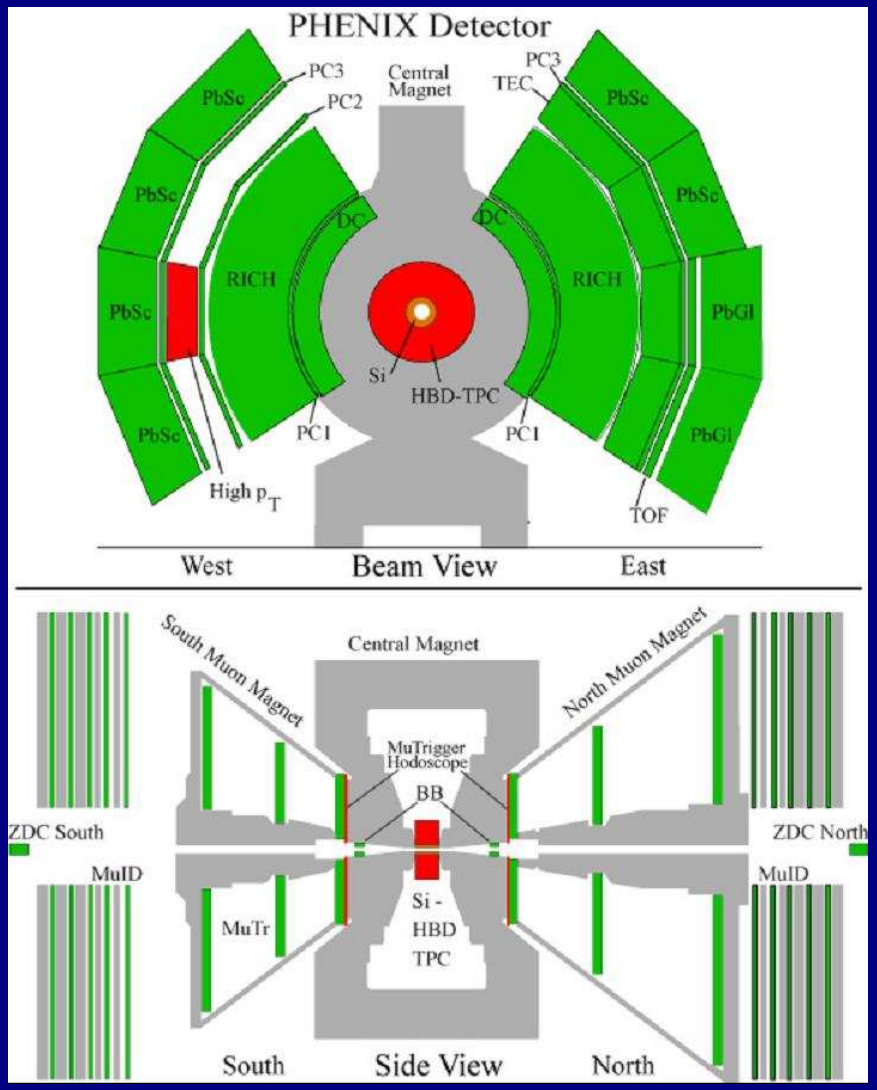
L'expérience

$J/\psi \rightarrow e^+e^-$

- Identification à l'aide des RICH.
- Mesure d'impulsion dans les chambres à dérive + chambres à pads.
- Correspondance avec la mesure d'énergie dans les EMCal.

$J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$

- Sélection avec l'absorbeur frontal.
- Identification des muons via une correspondance entre la profondeur de pénétration et l'impulsion à l'aide de tubes Iarocci (MuID) + absorbeurs.
- Mesure de l'impulsion à l'aide de chambres à cathodes segmentées (MuTR).



Pourquoi aligner les détecteurs ?

Corriger la position théorique des détecteurs pour se rapprocher de la vraie position.

Pourquoi aligner les détecteurs ?

Corriger la position théorique des détecteurs pour se rapprocher de la vraie position.

$\Rightarrow$ améliorer de l'efficacité de reconstruction
$\Rightarrow$ affiner les coupures d'analyse et discriminer le signal du bruit de fond.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

- Basée sur des détecteurs de référence supposés alignés que l'on utilise dans l'algorithme de reconstruction pour aligner les autres.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

- Basée sur des détecteurs de référence supposés alignés que l'on utilise dans l'algorithme de reconstruction pour aligner les autres.
- Observation de la distribution moyenne des résidus: différence entre les coups mesurés dans un détecteur et l'extrapolation de la trace à ce détecteur.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

- Basée sur des détecteurs de référence supposés alignés que l'on utilise dans l'algorithme de reconstruction pour aligner les autres.
- Observation de la distribution moyenne des résidus: différence entre les coups mesurés dans un détecteur et l'extrapolation de la trace à ce détecteur.
- Alignement nécessite beaucoup de traitement de données, ne peut pas être automatisé: long.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

- Basée sur des détecteurs de référence supposés alignés que l'on utilise dans l'algorithme de reconstruction pour aligner les autres.
- Observation de la distribution moyenne des résidus: différence entre les coups mesurés dans un détecteur et l'extrapolation de la trace à ce détecteur.
- Alignement nécessite beaucoup de traitement de données, ne peut pas être automatisé: long.
- Convergence pas assurée: résultats biaisés car fonctions des détecteurs de référence utilisés.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

Depuis 2006: Millepede

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

Depuis 2006: Millepede

- L'algorithme de reconstruction utilise tous les détecteurs, toutes les informations d'un grand nombre de traces simultanément.

Application de Millepede aux bras muons

Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

Depuis 2006: Millepede

- L'algorithme de reconstruction utilise tous les détecteurs, toutes les informations d'un grand nombre de traces simultanément.
- Minimisation de la somme du χ^2_{traces} en une fois: seulement une reconstruction, résultats optimums.

Application de Millepede aux bras muons

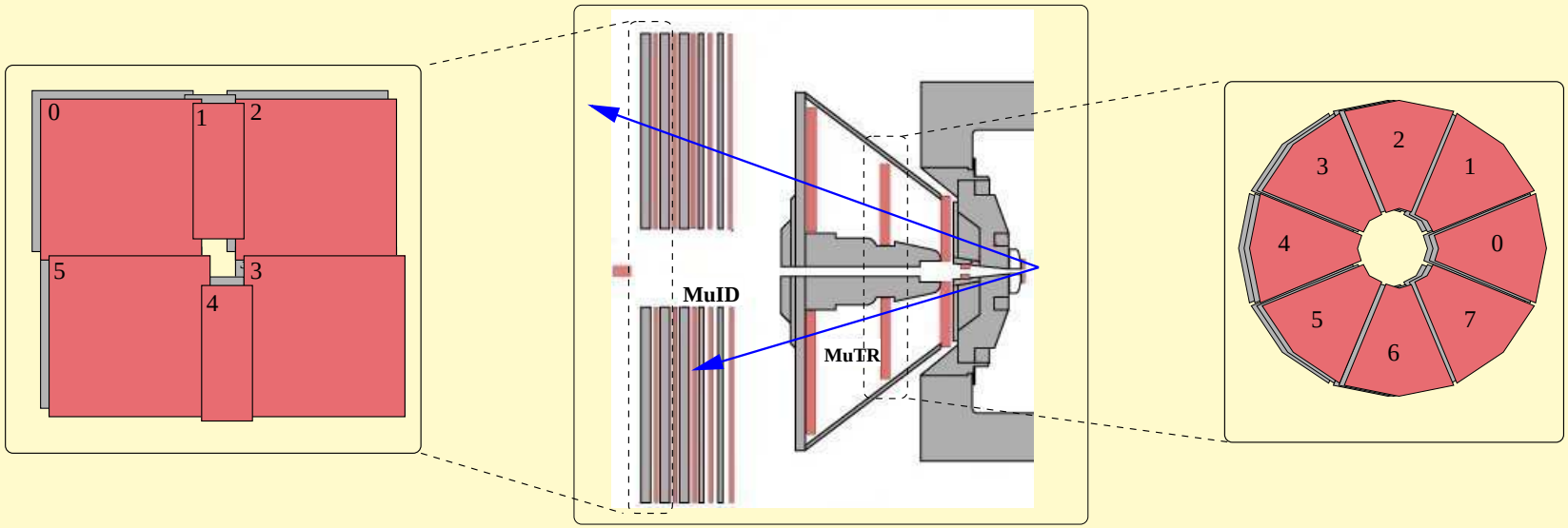
Jusqu'en 2005: méthode d'alignement itérative et manuelle.

Depuis 2006: Millepede

- L'algorithme de reconstruction utilise tous les détecteurs, toutes les informations d'un grand nombre de traces simultanément.
- Minimisation de la somme du χ^2_{traces} en une fois: seulement une reconstruction, résultats optimums.
- Remarque: un nombre limité de détecteurs de référence sont fixés de façon arbitraire pour empêcher les transformations globales du spectromètre (rotation d'ensemble, translation d'ensemble,...) et n'affecte pas le résultat.

Application de Millepede aux bras muons

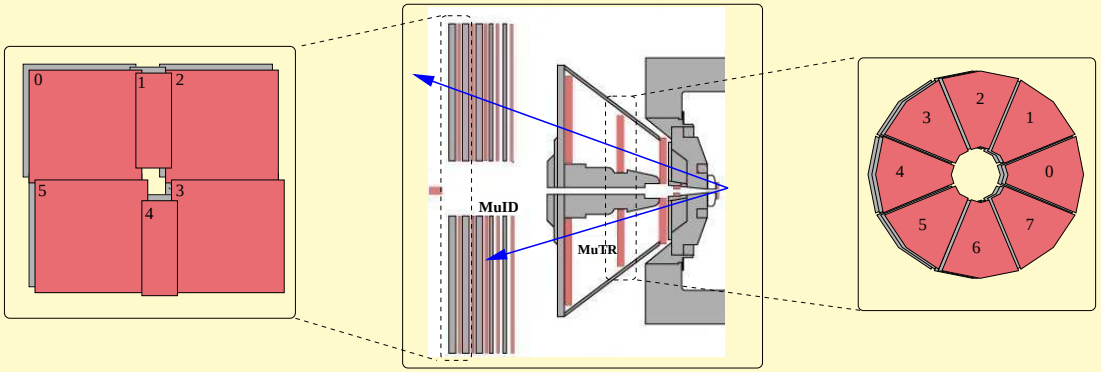
716 détecteurs à aligner dans les spectromètres à muons



MuID Plane PHENIX South Arm MuTR Station

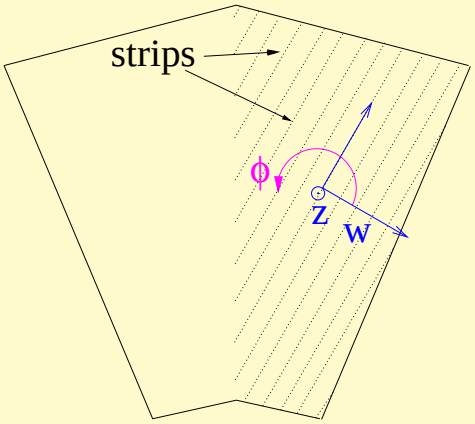
Application de Millepede aux bras muons

716 détecteurs à aligner dans les spectromètres à muons



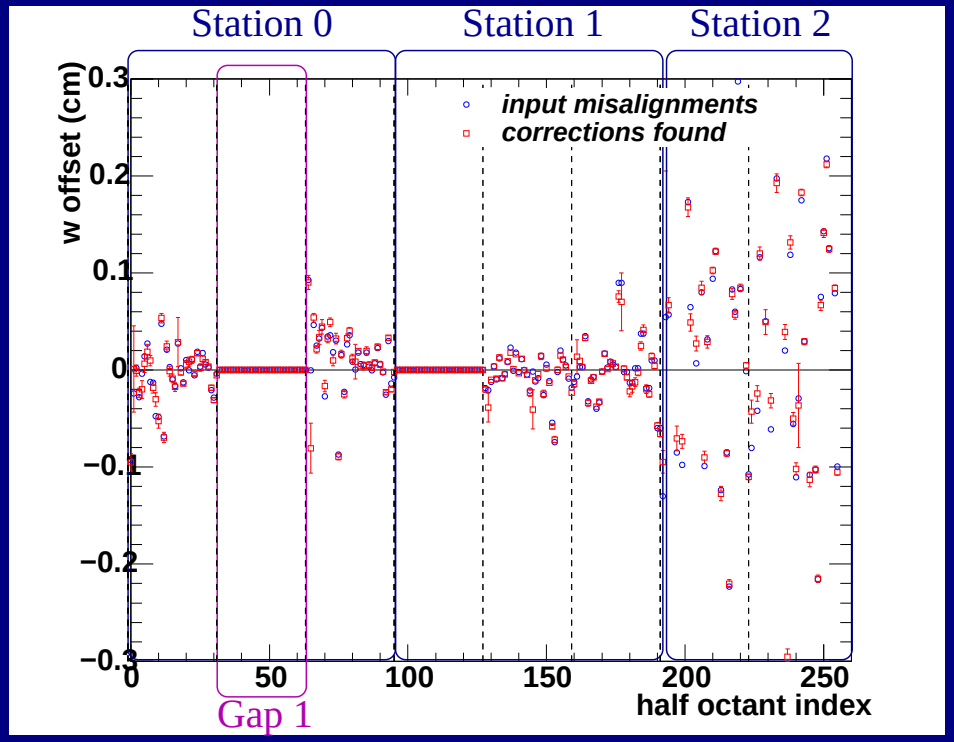
MuID Plane PHENIX South Arm MuTR Station

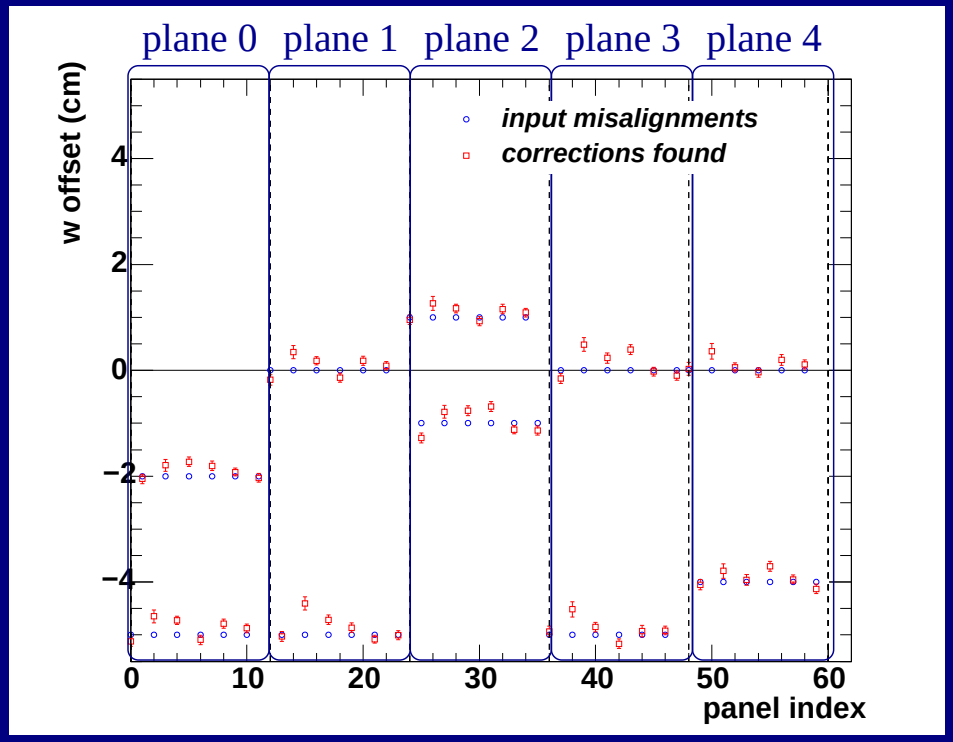
Paramètres d'alignements, α_a, dans un demi-octant



- δw, translation perpendiculaire aux pistes
- $\delta\phi$, rotation autour de l'axe du faisceau
- δz, translation le long du faisceau

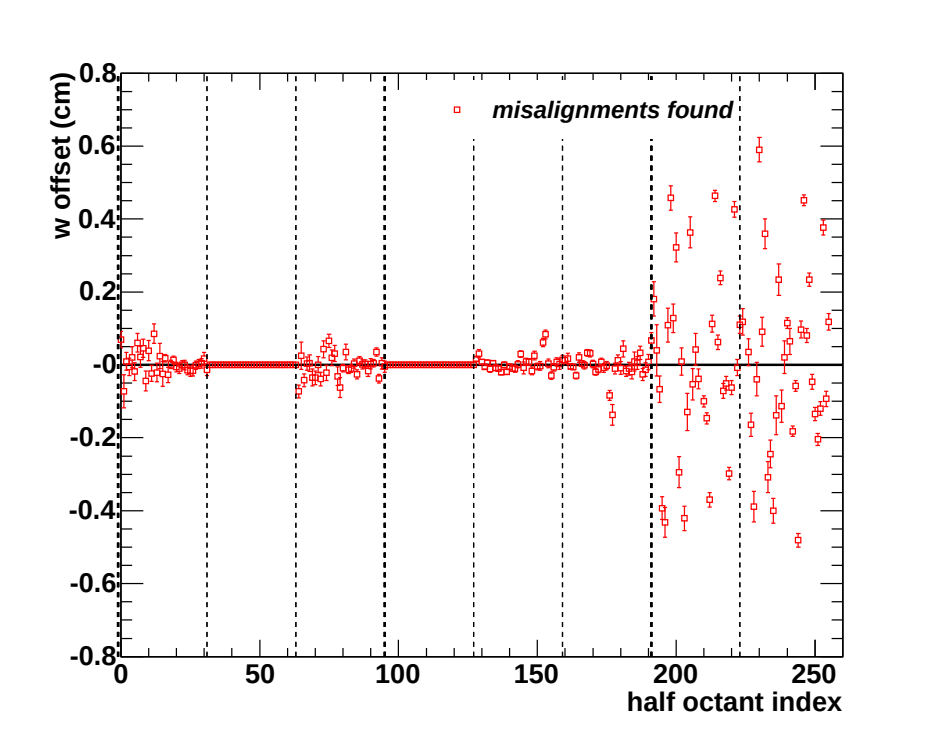
Simulation

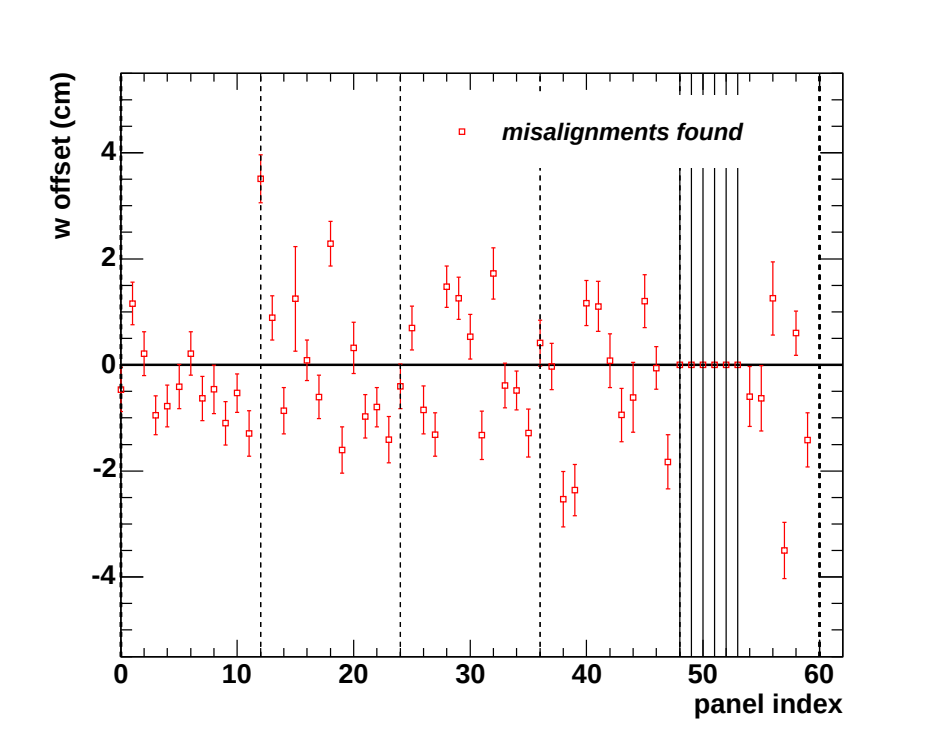




	Précision	Résolution	# traces utilisées
MuTR	200 μm	500 μm	7 000
MuID	1 mm	1 cm	140 000

Données réelles

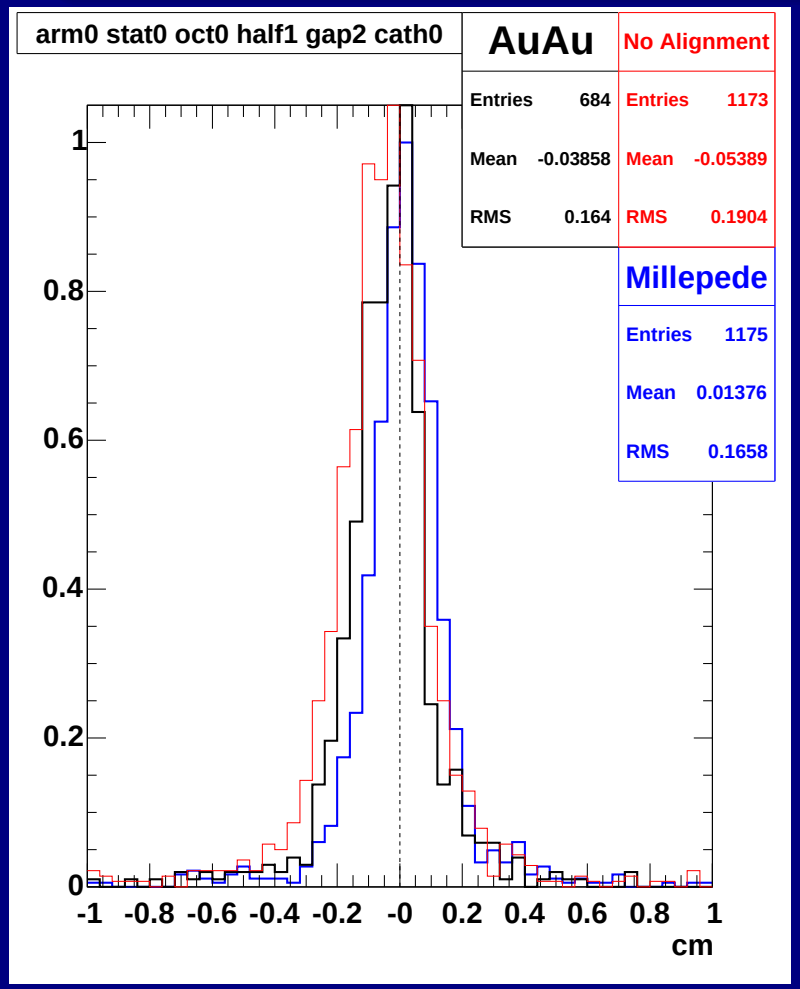




	Précision	Désalignements	# traces utilisées
MuTR	500 μm	$<$ 1 mm à 1 cm	1 300
MuID	1 cm	jusqu'à 4 cm	3 000

Comparaison avec l'alignement traditionnel

Distribution des résidus dans un demi-octant.



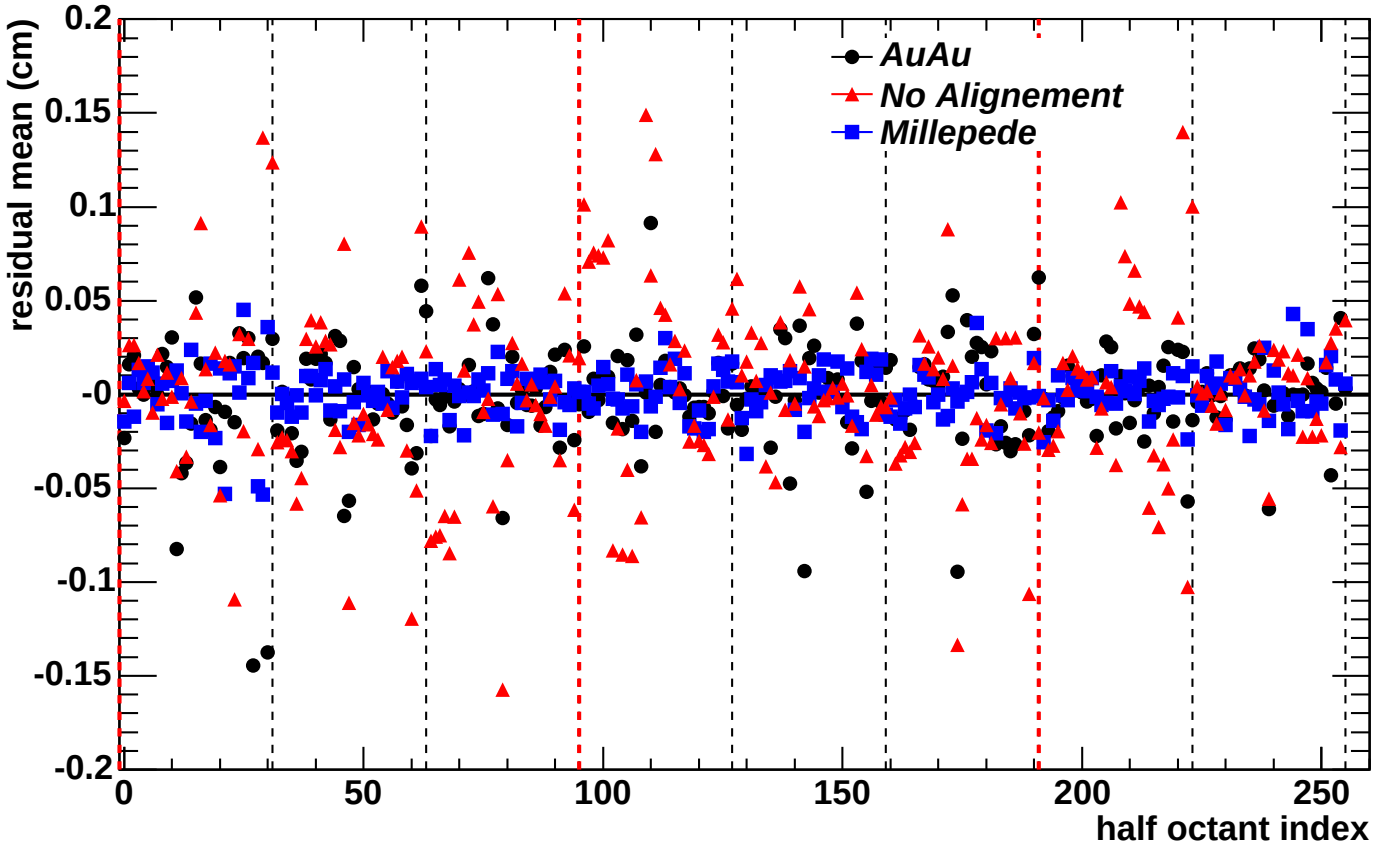
Résidus:
différence entre les coups mesurés dans un détecteur et l'extrapolation de la trace à ce détecteur

Offsets

- -530 μm sans correction
- -380 μm avec l'alignement précédent
- 130 μm avec Millepede

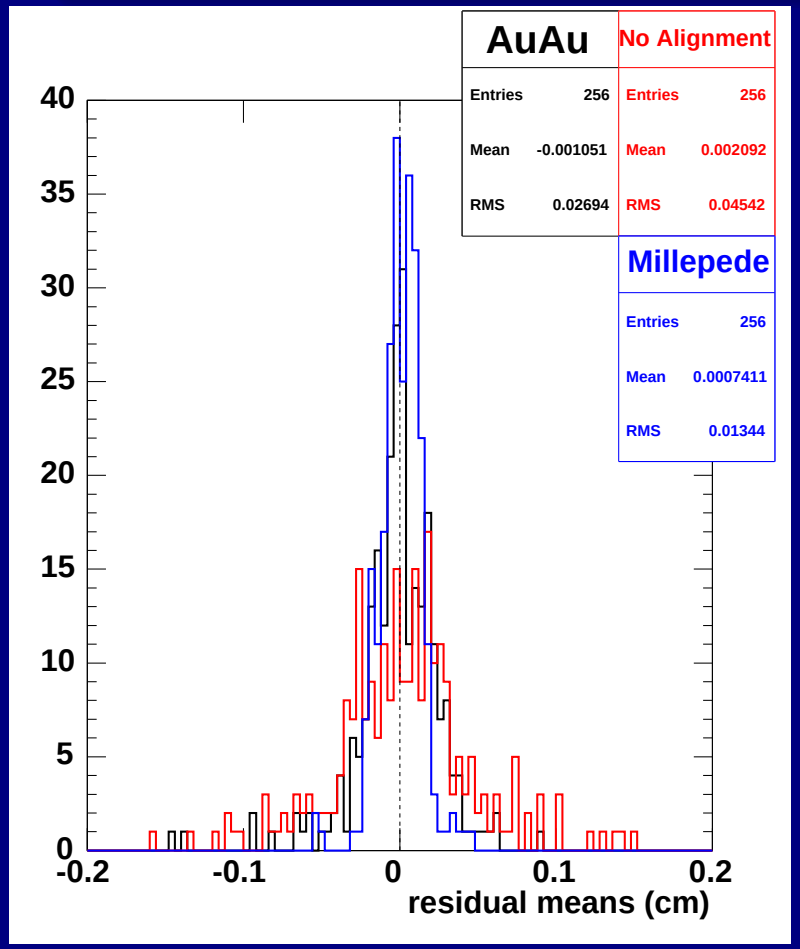
Comparaison avec l'alignement traditionnel

Distribution des valeurs moyennes des résidus par demi-octant.



Comparaison avec l'alignement traditionnel

Distribution des valeurs moyennes des résidus par demi-octant.



Offsets

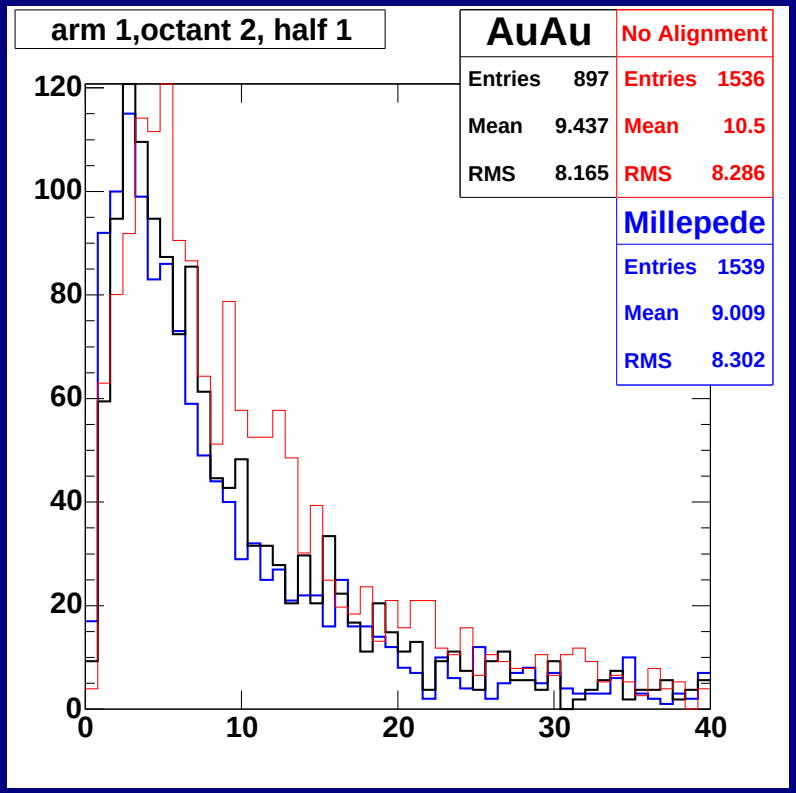
- -209 μm sans correction
- -105 μm avec l'alignement précédent
- 75 μm avec Millepede

RMS

- 0.046 mm sans correction
- 0.027 mm avec l'alignement précédent
- 0.013 mm avec Millepede

Comparaison avec l'alignement traditionnel

Amélioration du χ^2_{traces}



Le χ^2_{traces} s'améliore de 10% avec l'alignement précédent (manuel) et s'améliore de 4.6% supplémentaires avec Millepede.

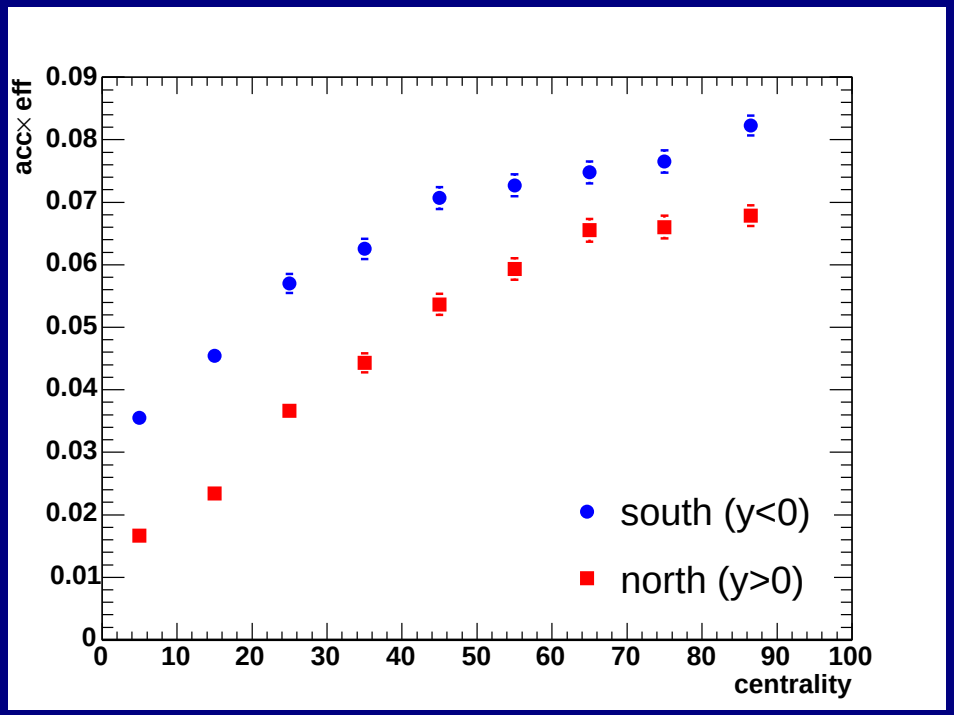
Bilan de l'alignement

Bilan positif:
Alignement utilisé dès le Run 6.
Note d'analyse en cours.

Futur:
Étude de l'alignement en θ et z avec plus de statistique sans champ magnétique.
Alignement avec champ magnétique.

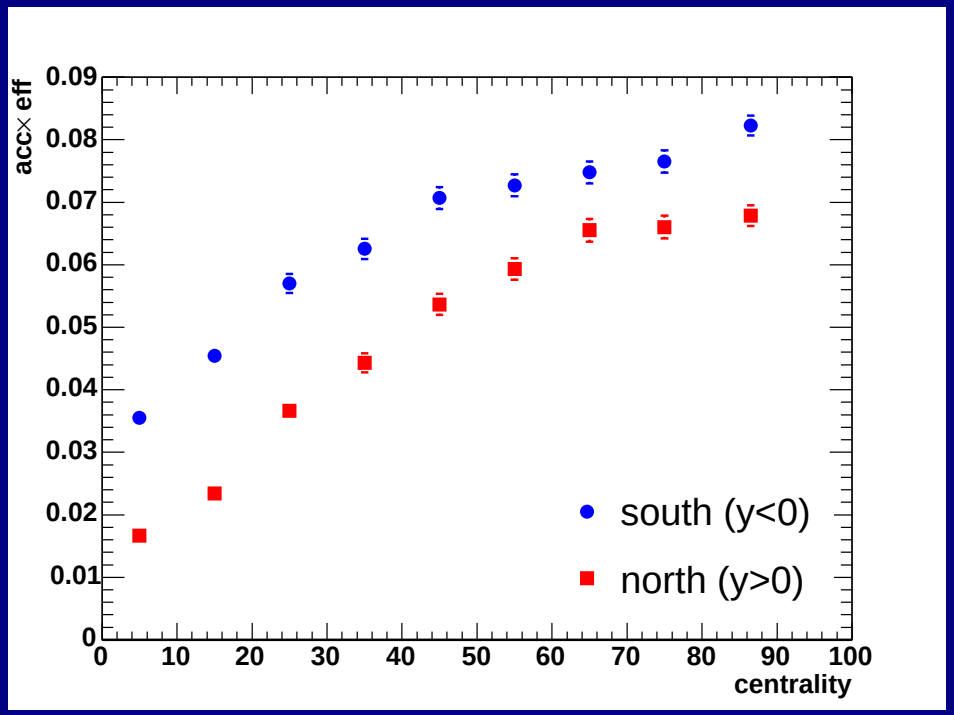
Acceptance $\times$ efficacité

Acceptance × efficacité



Par définition, l'acceptance (∼10%) est plate en fonction de la centralité.
L'efficacité diminue pour les collisions les plus centrales car le taux d'occupation dans les détecteurs augmente.
L'effet est + marqué dans le bras nord car à même centralité, la multiplicité est + grande.

Acceptance × efficacité

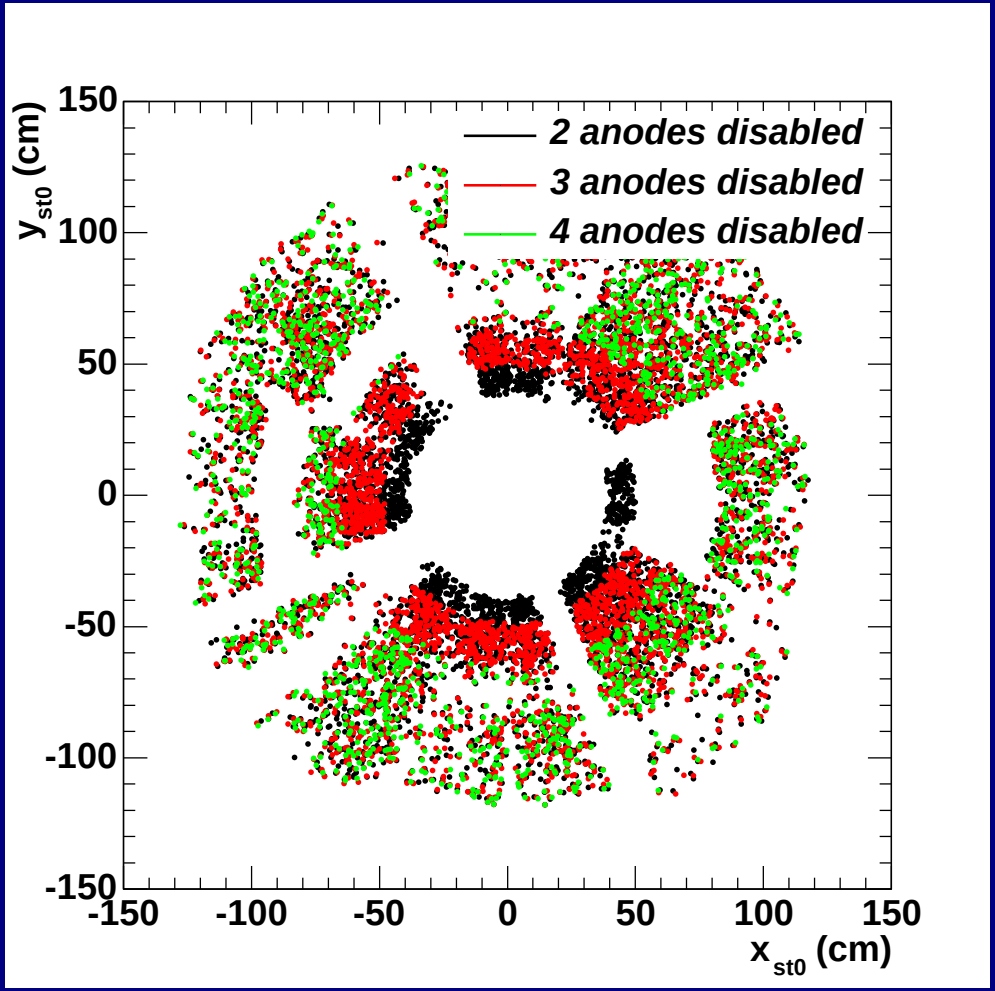


Par définition, l'acceptance (∼10%) est plate en fonction de la centralité.
L'efficacité diminue pour les collisions les plus centrales car le taux d'occupation dans les détecteurs augmente.
L'effet est + marqué dans le bras nord car à même centralité, la multiplicité est + grande.

Peut on augmenter l'efficacité en réduisant la multiplicité et l'occupation du détecteur ?

Efficacité de reconstruction

Desactivation de couches d'anodes supplémentaires

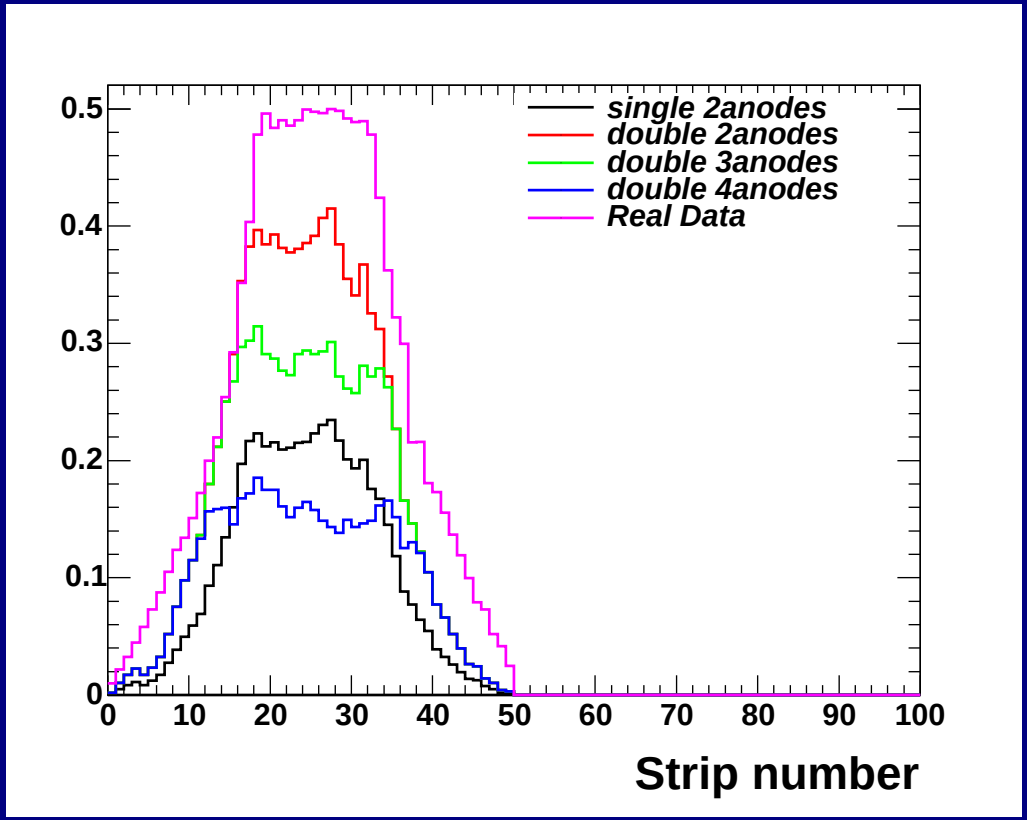


Efficacité de reconstruction

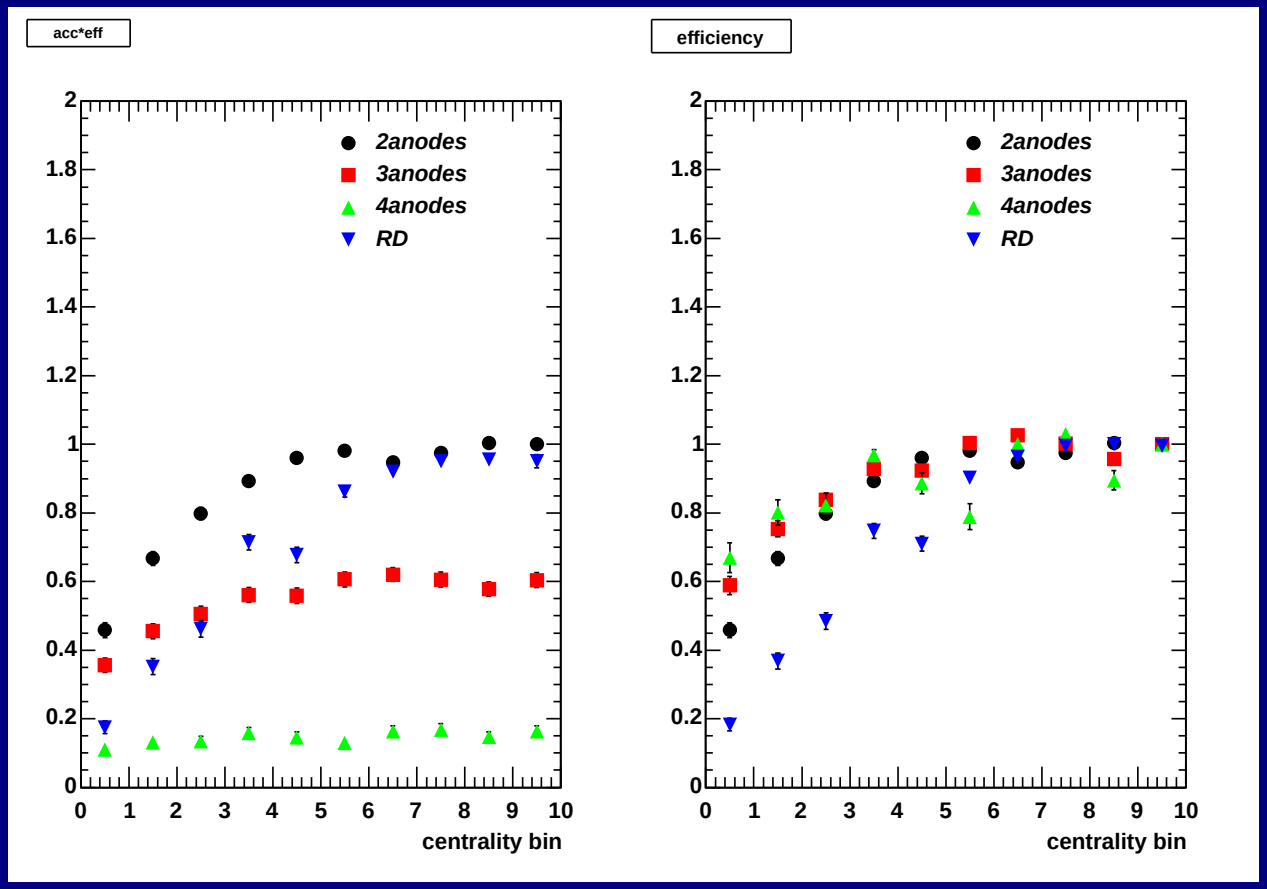
Taux d'occupation vs # de couches d'anodes désactivées.

Mélange de J/ψ simulés par PYTHIA dans du bruit de fond (double) Hijing à multiplicité proche de Au+Au.

Occupation: # coups par piste, par évènement
50% dans les évènements centraux AuAu



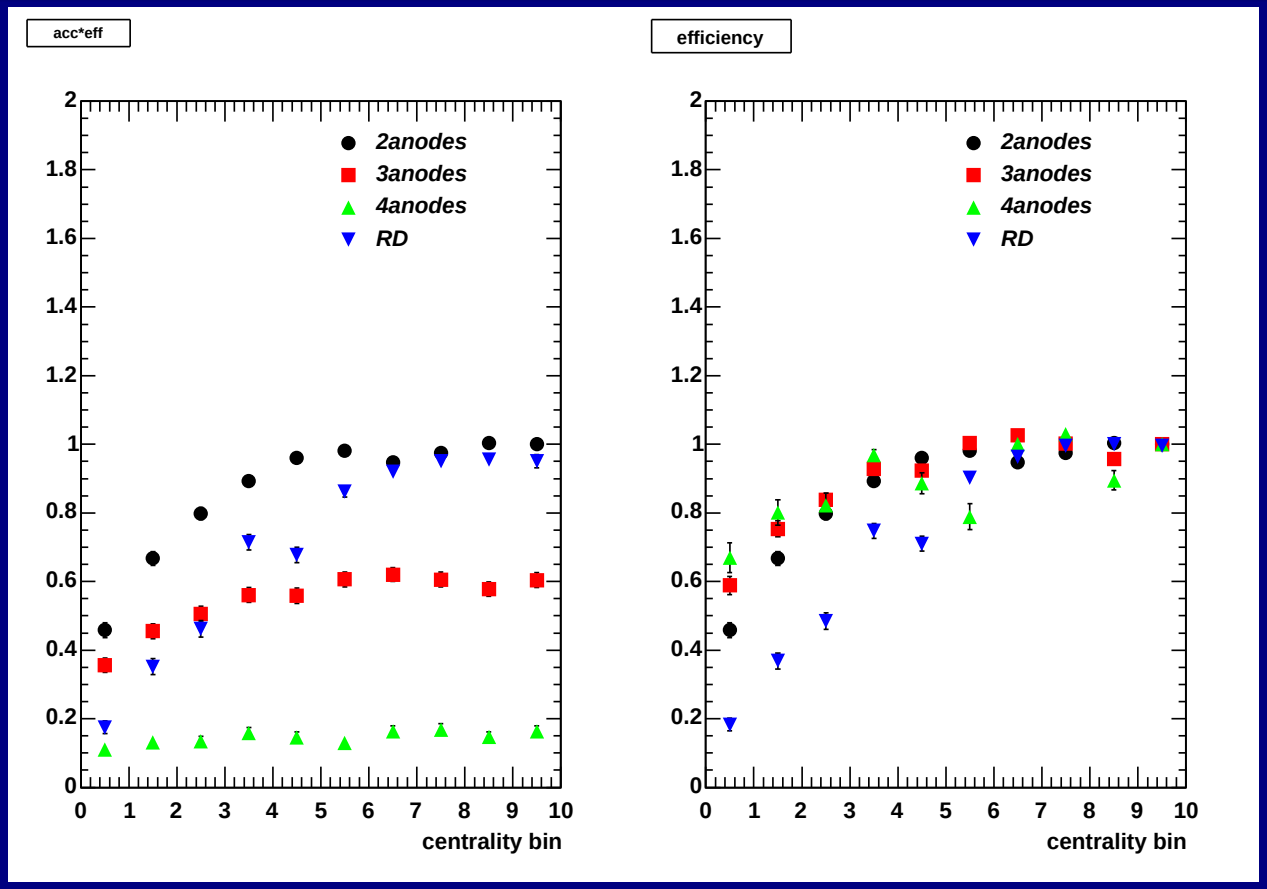
Efficacité de reconstruction



En désactivant 3 couches d'anodes au lieu de 2:

- perte d'acceptance de 40%
- gain relatif d'efficacité de 20% pour les evènements centraux.

Efficacité de reconstruction



En désactivant 3 couches d'anodes au lieu de 2:

- perte d'acceptance de 40%
- gain relatif d'efficacité de 20% pour les evènements centraux.

Pas assez de gain en désactivant des anodes supplémentaires
Mais multiplicité Hijing $<$ données réelles $\Rightarrow$ test sur faisceau Run 7

Modifications de l'algorithme de reconstruction

Comment l'efficacité de reconstruction est elle affectée par la précision sur la position des coups dans les détecteurs ?

Modifications de l'algorithme de reconstruction

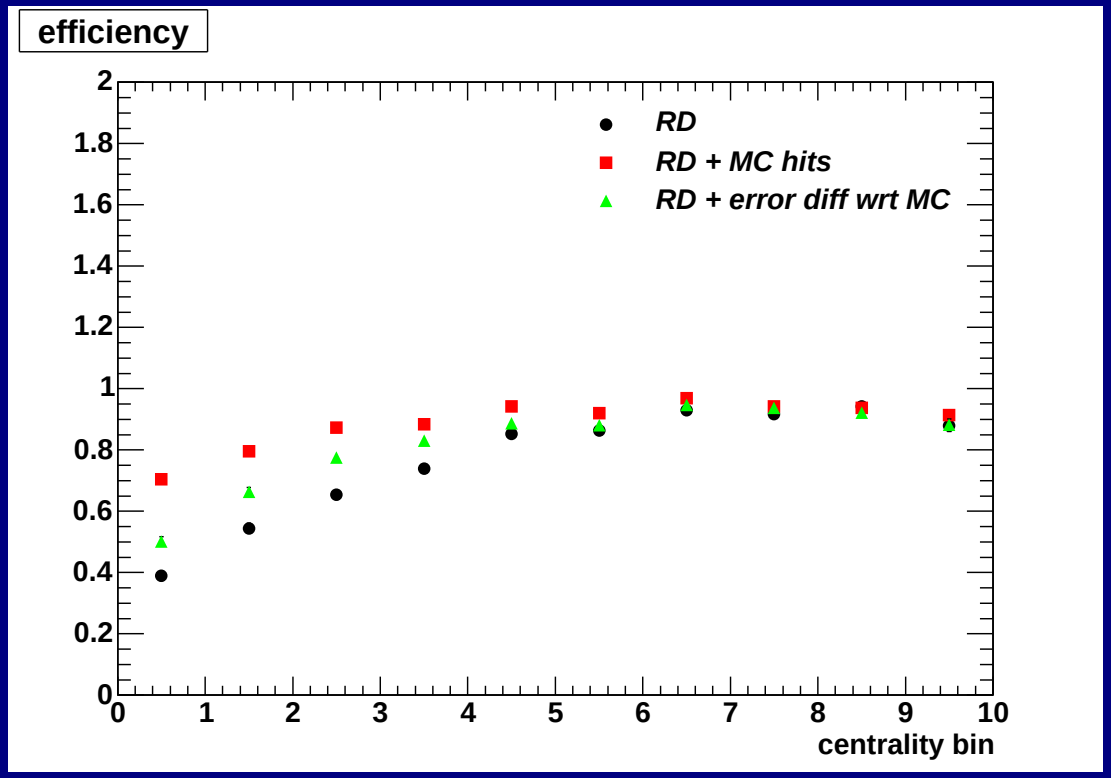
Comment l'efficacité de reconstruction est elle affectée par la précision sur la position des coups dans les détecteurs ?

Mélange de J/ψ simulés dans les données réelles du Run 4.

1/ Étude de la qualité de l'ajustement des clusters:
utilisation des coups MC (information optimale) détériorée par la résolution des cathodes.

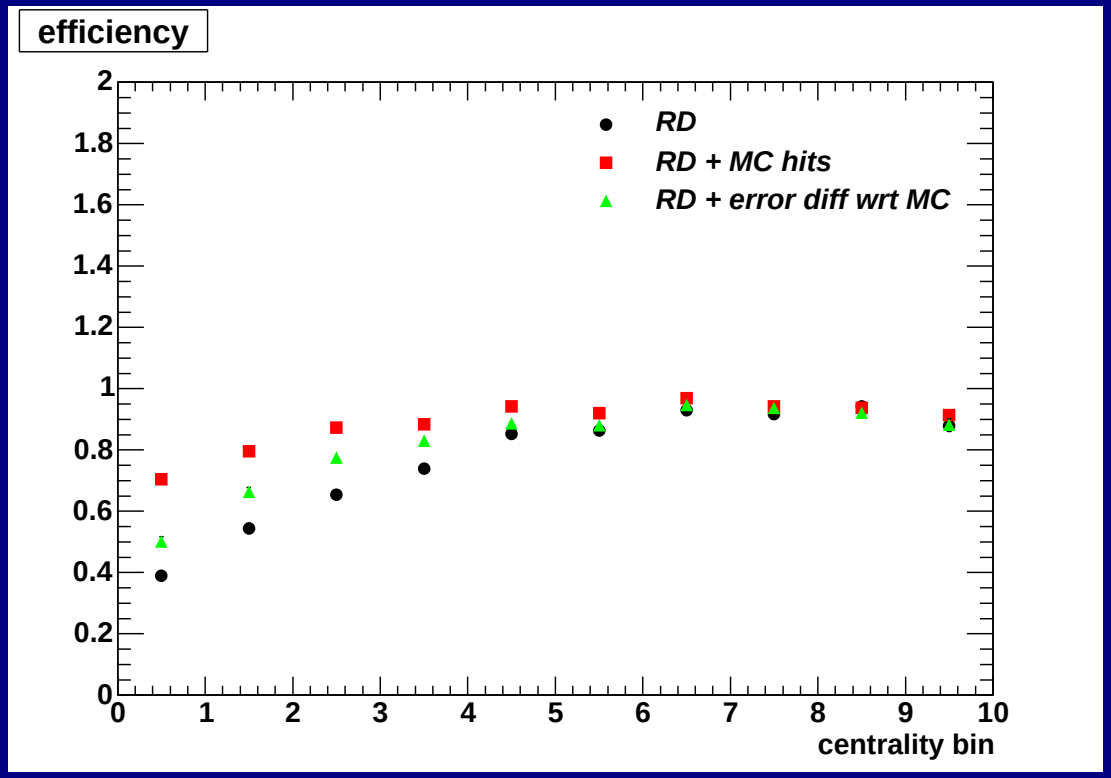
2/ Étude de l'erreur affectée à l'ajustement des clusters:
utilisation de la différence entre la position donnée par l'ajustement et le vrai coup MC comme erreur (erreur idéale caractérisant la qualité de l'ajustement).

Modifications de l'algorithme de reconstruction



- Efficacité meilleure en utilisant les vraies informations
- 25% d'amélioration en utilisant une erreur vraie correspondant à l'ajustement.

Modifications de l'algorithme de reconstruction



- Efficacité meilleure en utilisant les vraies informations
- 25% d'amélioration en utilisant une erreur vraie correspondant à l'ajustement.

Travaux en cours

- pour améliorer l'erreur sur l'ajustement
- pour améliorer l'ajustement

Perspectives

Début du Run 7 en février (?) : Au+Au, 4 $\times$ luminosité Run 4

- Facteur 2 sur l'erreur statistique
- Meilleur contrôle des systématiques
- Possibilité de mesures à plus haut p_T
- Plus de points en rapidité
- Possibilité de mesurer le flot (nouveau « reaction plane detector » en plus du BBC)

Perspectives

Début du Run 7 en février (?) : Au+Au, 4 $\times$ luminosité Run 4

- Facteur 2 sur l'erreur statistique
- Meilleur contrôle des systématiques
- Possibilité de mesures à plus haut p_T
- Plus de points en rapidité
- Possibilité de mesurer le flot (nouveau « reaction plane detector » en plus du BBC)

Référence p+p run 6

$\Rightarrow \Upsilon$? Ψ' ?

Algorithme

Position de la trace à z_j

$$\begin{cases} x_j = x_0 + t_{x,0}(z_j - z_0) \\ y_j = y_0 + t_{y,0}(z_j - z_0) \end{cases}$$

Algorithme

Position de la trace à z_j

$$\begin{cases} x_j = x_0 + t_{x,0}(z_j - z_0) \\ y_j = y_0 + t_{y,0}(z_j - z_0) \end{cases}$$

Minimisation du χ^2 des traces

Distance entre la position de la traces résultant de l'ajustement et celle mesurée par le détecteur w_j:

$$F_j = (cos\phi.x_j + sin\phi.y_j) - (w_j - \delta w_j)$$

Algorithme

Position de la trace à z_j

$$\begin{cases} x_j = x_0 + t_{x,0}(z_j - z_0) \\ y_j = y_0 + t_{y,0}(z_j - z_0) \end{cases}$$

Minimisation du χ^2 des traces

Distance entre la position de la traces résultant de l'ajustement et celle mesurée par le détecteur w_j:

$$F_j = (cos\phi.x_j + sin\phi.y_j) - (w_j - \delta w_j)$$

On cherche donc à minimiser:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{N_{det}} \frac{|F_j(w_j, \alpha_t, \alpha_a)|^2}{\sigma_j^2}$$

avec σ_j la résolution du détecteur j.

Algorithme

χ^2 minimisation $\Rightarrow$ annulation des dérivées partielles

$$\begin{pmatrix} \sum \frac{1}{\sigma_j^2} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} & \cdots & \sum \frac{1}{\sigma_j^2} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} & \cdots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \sum \frac{1}{\sigma_j^2} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} & \cdots & \sum \frac{1}{\sigma_j^2} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} & \cdots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_i \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \frac{1}{\sigma_j^2} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} w_j \\ \vdots \\ \sum \frac{1}{\sigma_j^2} \frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} w_j \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Algorithme

χ^2 minimisation $\Rightarrow$ annulation des dérivées partielles

$$\begin{pmatrix} \sum \frac{1}{\sigma_j^2}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} & \cdots & \sum \frac{1}{\sigma_j^2}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} & \cdots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \sum \frac{1}{\sigma_j^2}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} & \cdots & \sum \frac{1}{\sigma_j^2}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} & \cdots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_i \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \frac{1}{\sigma_j^2}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_1} w_j \\ \vdots \\ \sum \frac{1}{\sigma_j^2}\frac{\partial F_j}{\partial \alpha_i} w_j \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Minimisation globale

$$\chi_i^2 = \sum_{i=1}^{N_{traces}} \chi_i^2(\alpha_t^i, \alpha_a)$$

Algorithme

- Pour chaque trace: 1 jeu différent de paramètres de traces
- Pour chaque détecteur : 1 jeu unique de paramètres d'alignement

Algorithme

- Pour chaque trace: 1 jeu différent de paramètres de traces
- Pour chaque détecteur : 1 jeu unique de paramètres d'alignement

$$\begin{pmatrix} \sum C_i & \dots & G_i & \dots \\ \vdots & \ddots & 0 & 0 \\ G_i^T & 0 & \Gamma_i & 0 \\ \vdots & 0 & 0 & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_a \\ \vdots \\ \alpha_{t,i} \\ \vdots \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \sum b_i \\ \vdots \\ \beta_i \\ \vdots \end{pmatrix}$$

- C_i et b_i fonctions de $\partial F_j/\partial\alpha_a$; seulement
- Γ_i et β_i fonction de $\partial F_j/\partial\alpha_t$ seulement;
- G_i inclus des termes croisés $(\partial F_j/\partial\alpha_a)(\partial F_j/\partial\alpha_t)$.

Temps d'inversion de la matrice proportionnel au carré de sa dimension

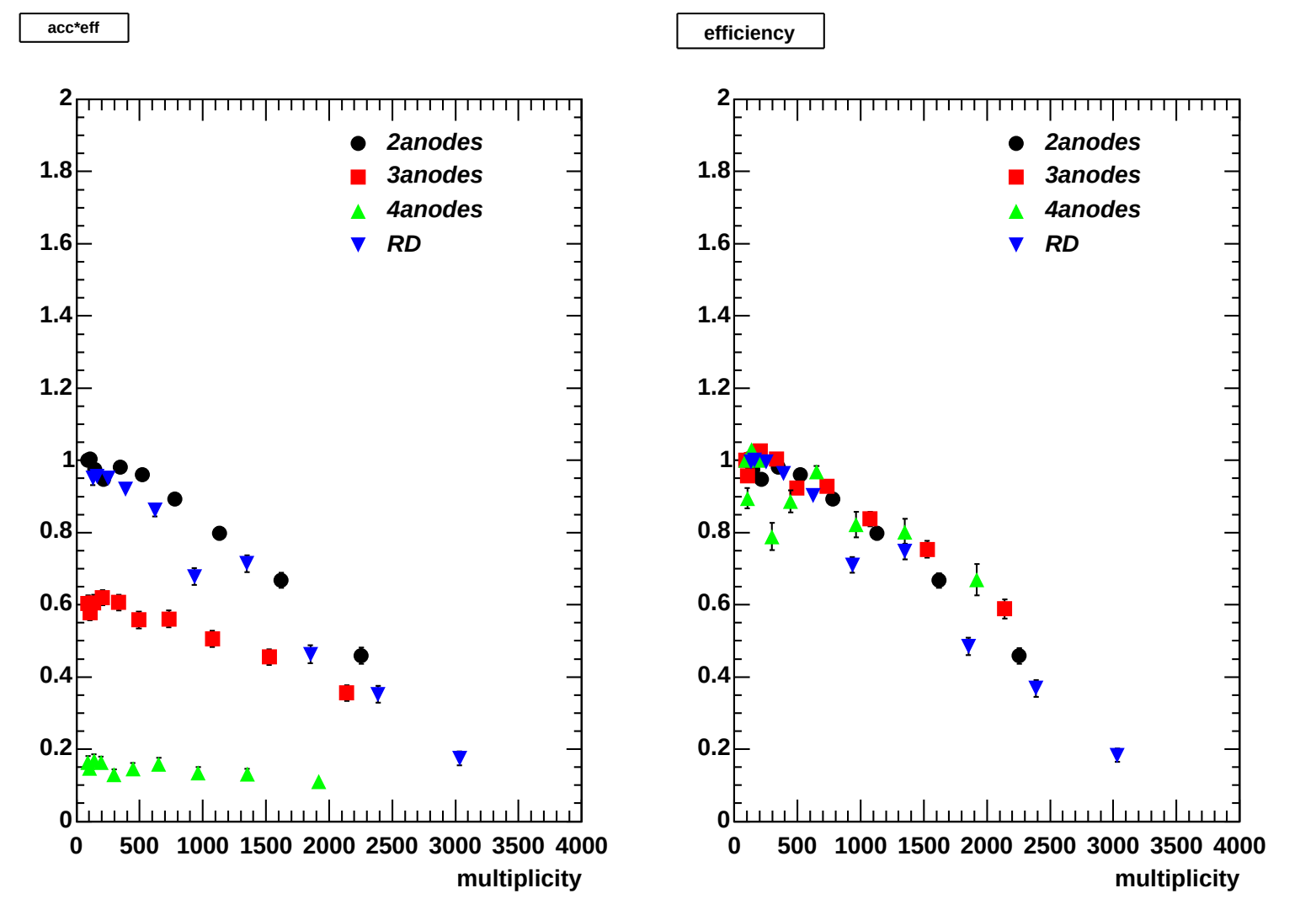
Algorithme

- Pour chaque trace: 1 jeu différent de paramètres de traces
- Pour chaque détecteur : 1 jeu unique de paramètres d'alignement

$$\begin{pmatrix} \sum C_i & \dots & G_i & \dots \\ \vdots & \ddots & 0 & 0 \\ G_i^T & 0 & \Gamma_i & 0 \\ \vdots & 0 & 0 & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_a \\ \vdots \\ \alpha_{t,i} \\ \vdots \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \sum b_i \\ \vdots \\ \beta_i \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Grâce à l'indépendance des traces, les matrices Γ_i peuvent s'inverser séparément.

$$\alpha_a = C'^{-1} b'$$

avec $C' = \sum_i C_i - \sum_i G_i \Gamma_i^{-1} G_i^T$ et $b' = \sum_i b_i - \sum_i G_i \Gamma_i^{-1} \beta_i$

Acc.eff vs multiplicity