

Recherche de Vertex

1. motivations
2. Recuit Déterministe
3. Problème de “topologie” : points APEX
4. Résultats
 - efficacités comparées
 - empilement

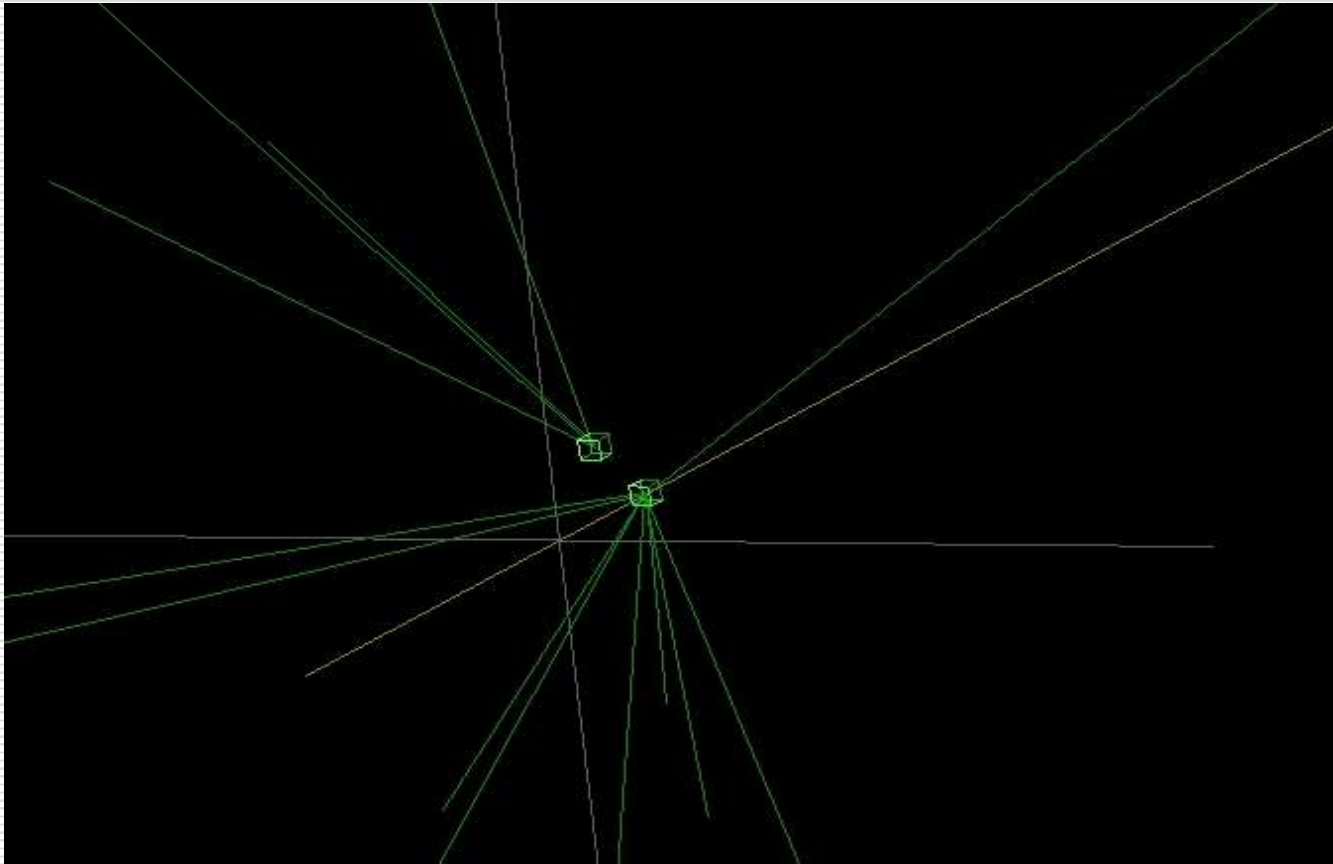
Identification des b

- La physique du(des) Higgs
 - $\text{BR}(h \rightarrow b\bar{b}) \sim 75\%$
 - $\text{BR}(H^{\pm} \rightarrow bc) \sim 1\%$ si $m_{H^{\pm}} < m_t$
 - $\text{BR}(H^{\pm} \rightarrow tb) \sim 90\%$ si $m_{H^{\pm}} > m_t$
- La physique du top
 - $V_{tb} > 0.9990$

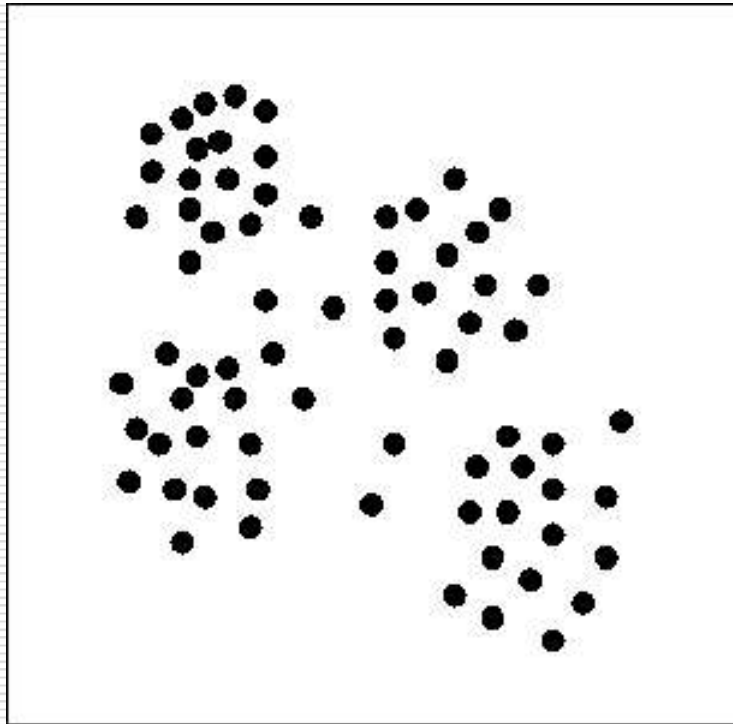
Vertex déplacés

- Fragmentation du b extrêmement dure:
 - Le méson emporte $\langle 70\% \rangle$ de l'énergie du jet
 - Long temps de vie des B : $\tau \sim 1.5$ ps
 - 1 jet de 100GeV : $\gamma \sim 16 \rightarrow \gamma c \tau \sim 1\text{cm}$
- Avant de se désintégrer, un B peut parcourir quelques cm

La situation



“Clustering” - Recherche d'amas



Definitions

- $\{x\}$ vecteurs d'entrées (les points)
- $\{y\}$ prototypes
- $d(x,y)$ distance entrée-prototype
- $p(y|x)$ probabilité d'association
- $p(x)$ poids d'une entrée ($1/N$)
- $p(y)$ poids d'un prototype

Analogie Physique Statistique

- Energie - Distorsion

$$D = \sum_x p(x) \sum_y p(y|x) d(x, y)$$

- Entropie - Information

$$H(X, Y) = - \sum_x \sum_y p(x, y) \log p(x, y)$$

- Minimisation

$$F = D - TH$$

Association point/prototype

- Minimisation / $p(y|x)$: distribution de Gibbs

$$p(y_i|x) = \frac{p(y_i)}{Z_x} \exp \left(-\frac{d(x, y_i)}{T} \right)$$

$$Z_x = \sum_i p(y_i) \exp \left(-\frac{d(x, y_i)}{T} \right)$$

recuit

Calcul des positions

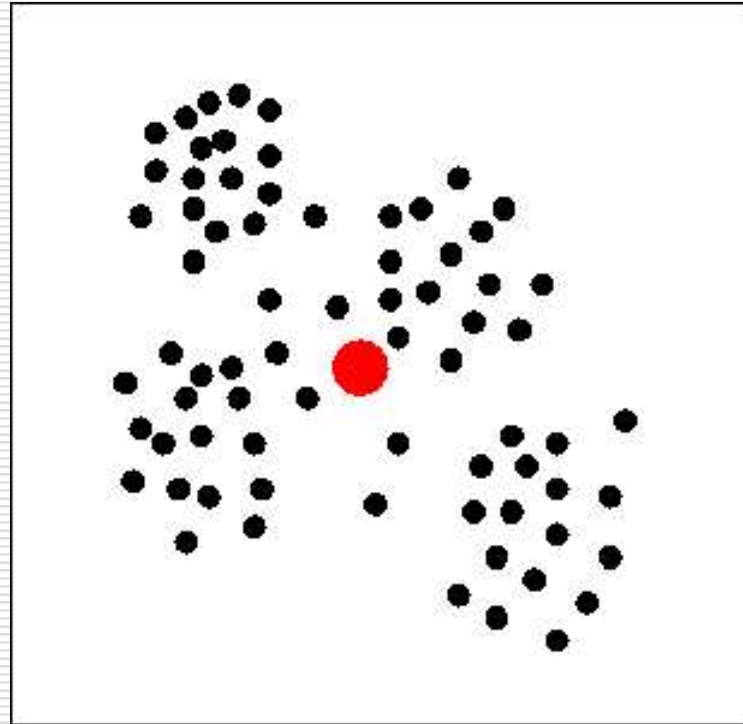
- Minimisation / position des prototypes

$$y_i = \frac{\sum_x x p(x) p(y_i|x)}{p(y_i)}$$

- les positions sont calculées directement à partir des associations

Exemple 1 prototype

- Le prototype se place au centre de gravité de tous les points.
- Il faut trouver un critère de création de nouveau prototype



Transitions de phase

- perturbation du système par ajout d'un prototype

$$\frac{d^2}{d\varepsilon^2} F^*(Y + \varepsilon\Psi)|_{\varepsilon=0} = 0$$

- condition de transition de phase

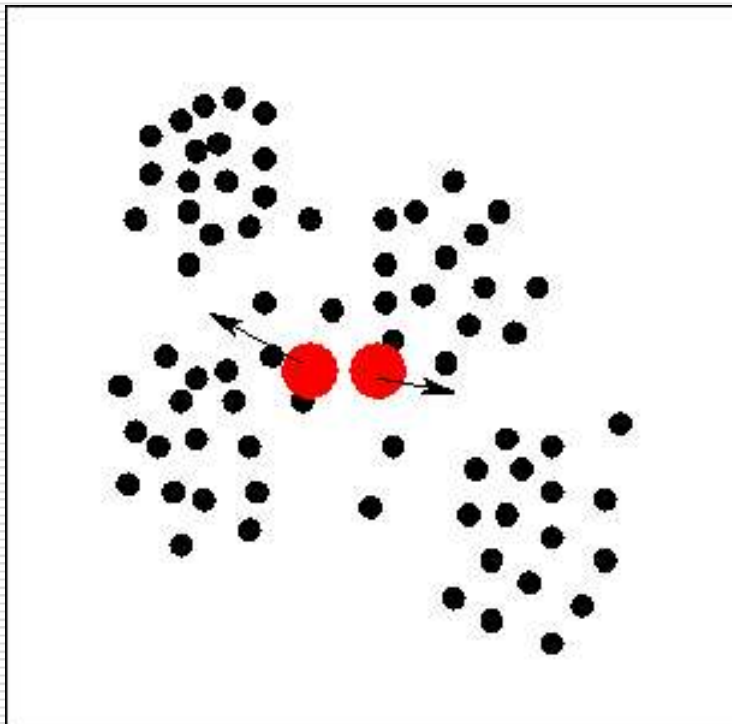
$$\det \left[I - \frac{2}{T} C_{x|y_i} \right] = 0$$

- expression de la température critique

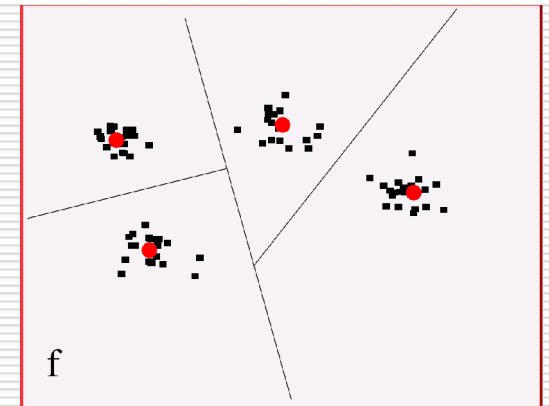
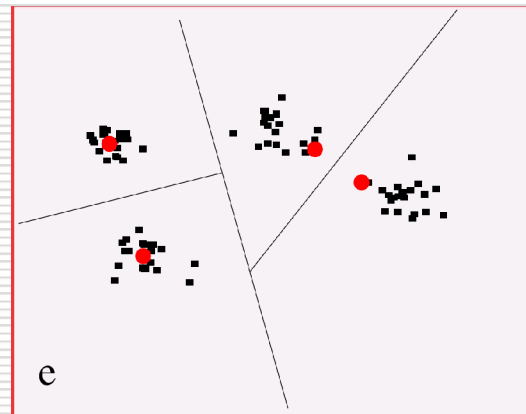
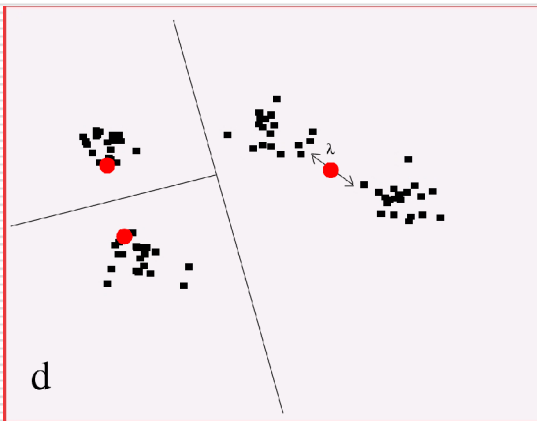
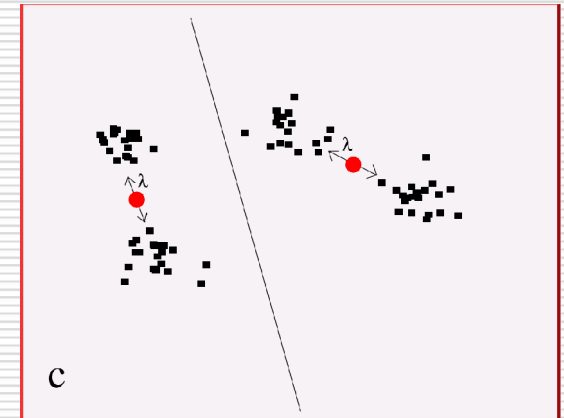
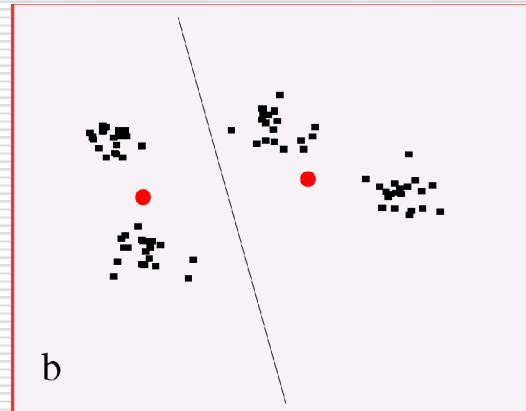
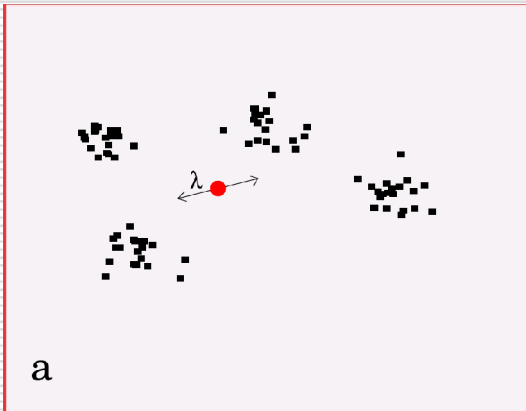
$$T_c = 2\lambda_{max}$$

Exemple – création d'un prototype

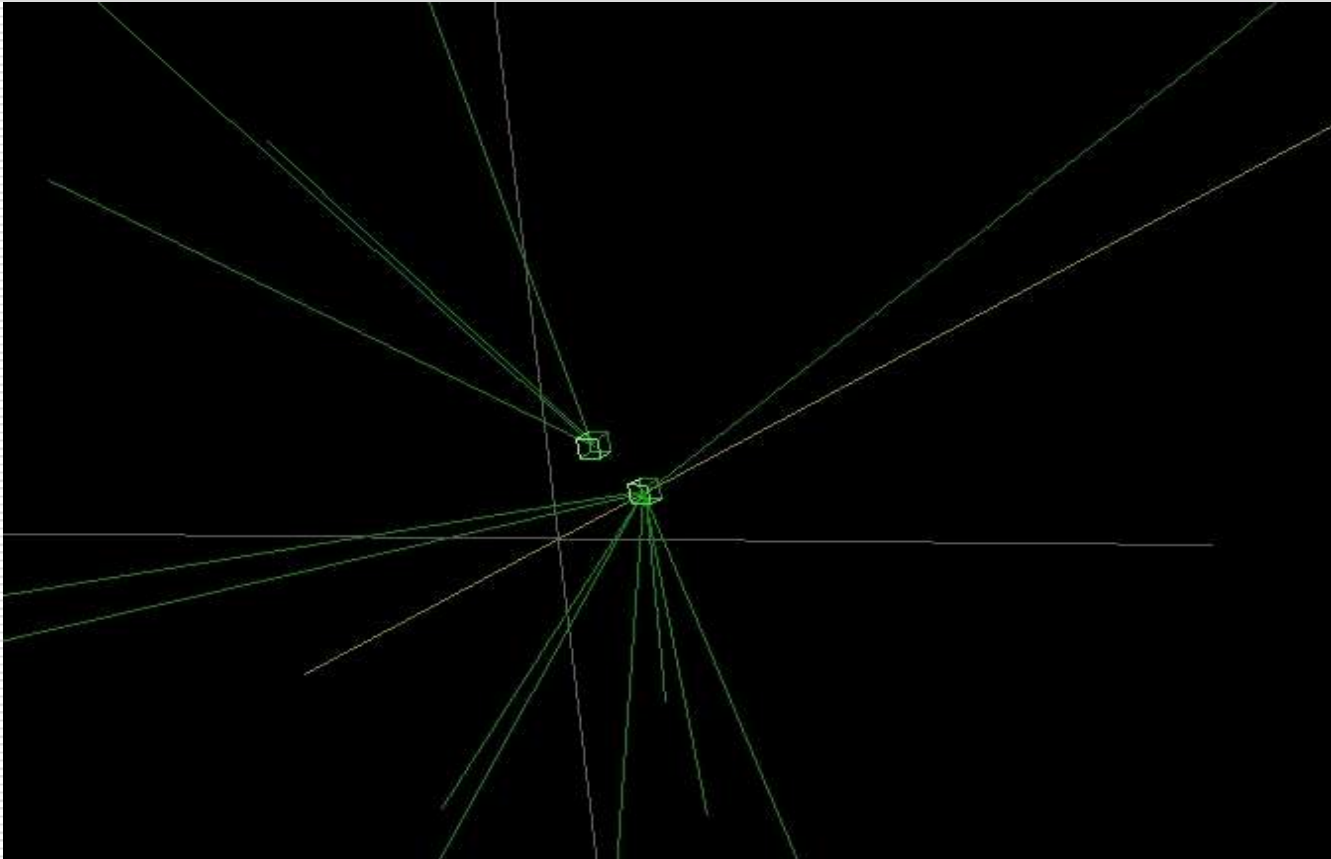
- lorsque la température passe par T_c



Exemple complet

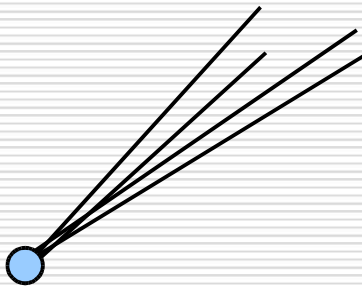


Amas de traces



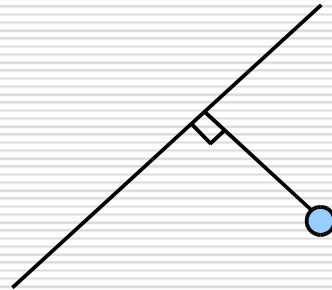
Application aux vertex

- amas de traces et non de points



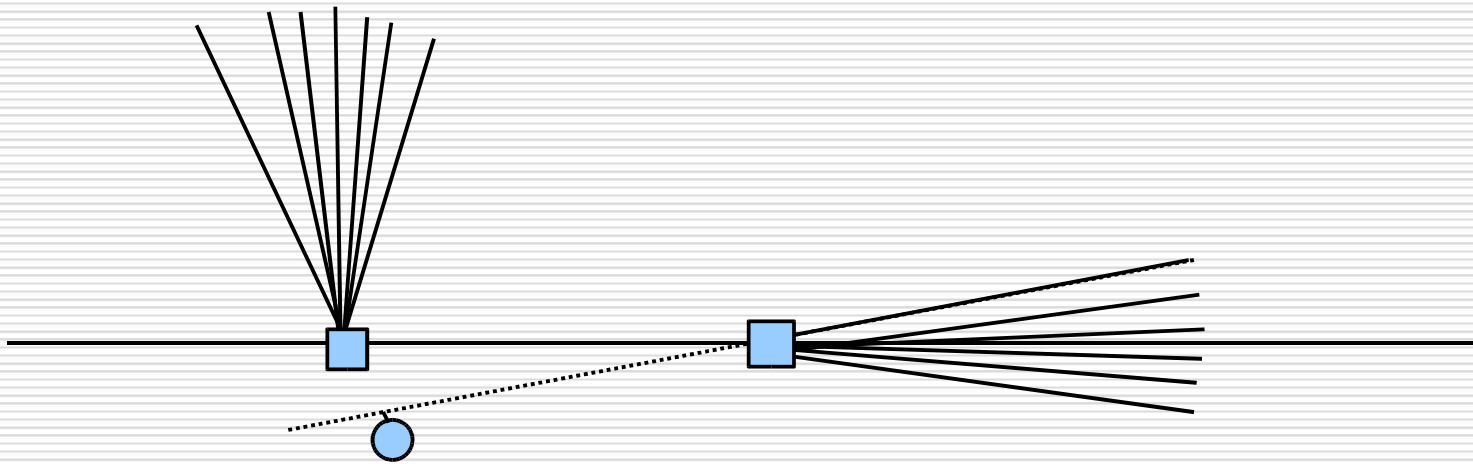
le prototype reste un point mais il faut calculer la distance entre un point et une trace

- distance point-trace



problème de “topologie”

la distance point-trace n'est pas bien définie. Ne permet pas de se rapprocher du vertex



le point est proche de la trace mais loin du vertex

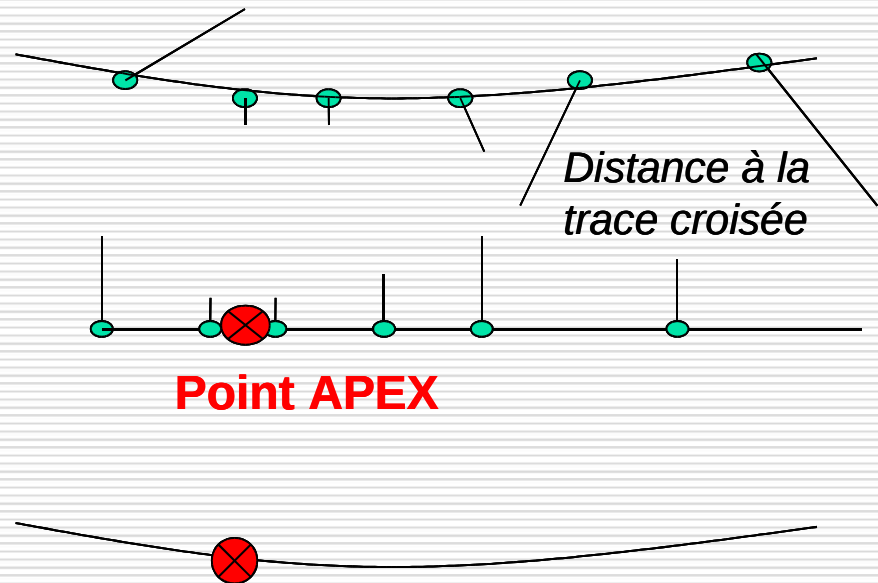
Points APEX

- **Principe** : on substitue à chaque trace un(des) point(s) représentatif(s) : le(s) point(s) **APEX**.
- Ces points représentent au mieux la trace dans le **contexte de la recherche de vertex**.

Pour chaque trace, on calcule tous les points de projection des autres traces

La recherche d'apex devient un problème de minimisation à une dimension

La trace est remplacée par son point APEX



En pratique

- Calcul des points APEX (1a-1t)
- Recuit déterministe sur ces points
 - on obtient les prototypes finaux
 - seuls les points avec $p(y|x) > 0.5$ sont affectés à un prototype
 - les prototypes associés à – de 2 traces sont enlevés
- Ajustement par “fit adaptatif”
 - les points sont remplacés par les traces
 - le prototype devient le vertex des traces qui lui sont associées

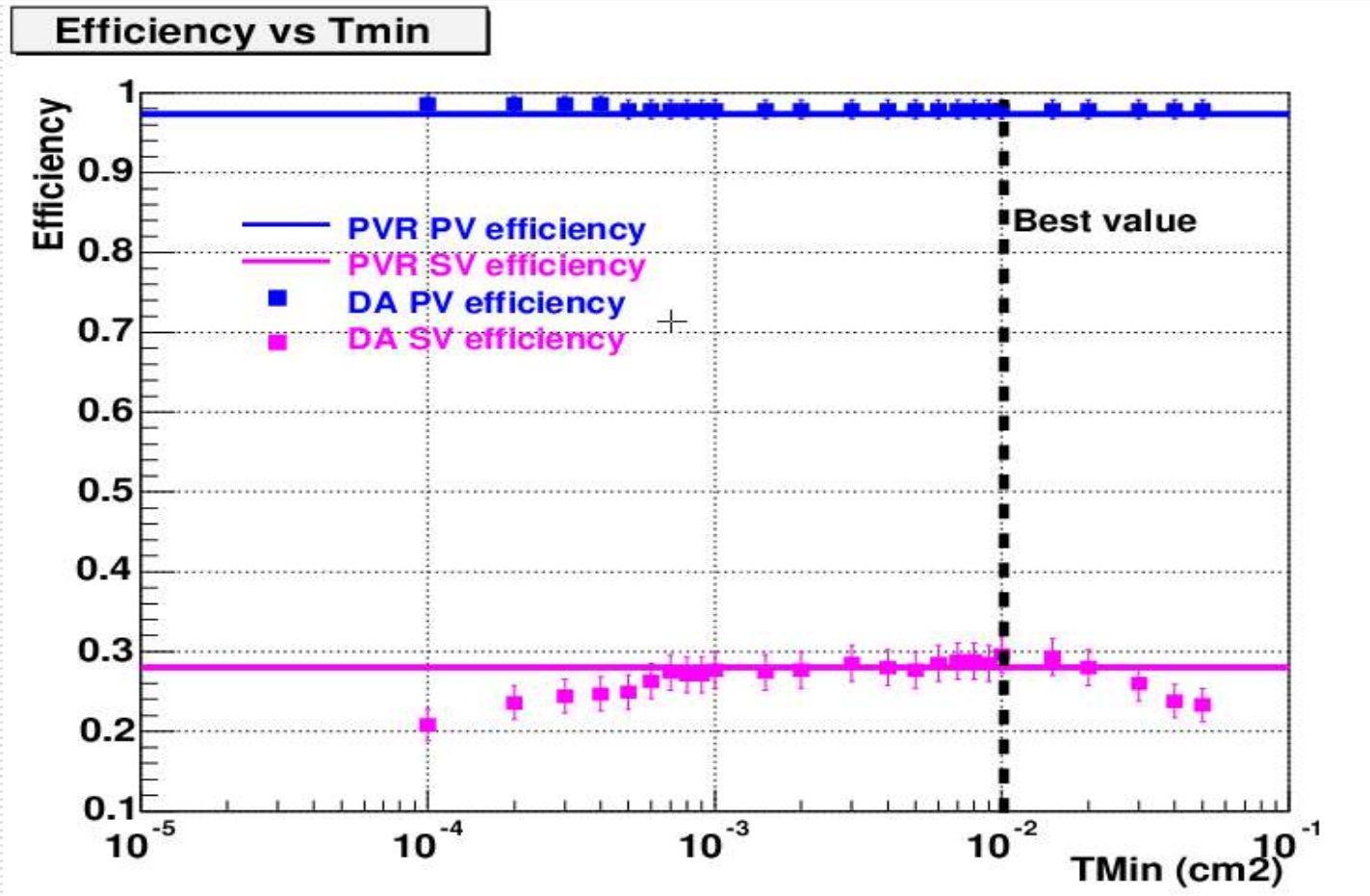
Evenement “réalistes”

- Evénements $b\bar{b}$
 - Génération : Pythia
 - $E_t=100$ GeV , pseudo-rapacité <1.4 , pas d'empilement
 - Simulation réaliste du détecteur : CMSIM 133
 - Reconstruction des traces : DAF
 - Comparaison avec l'algorithme PVR

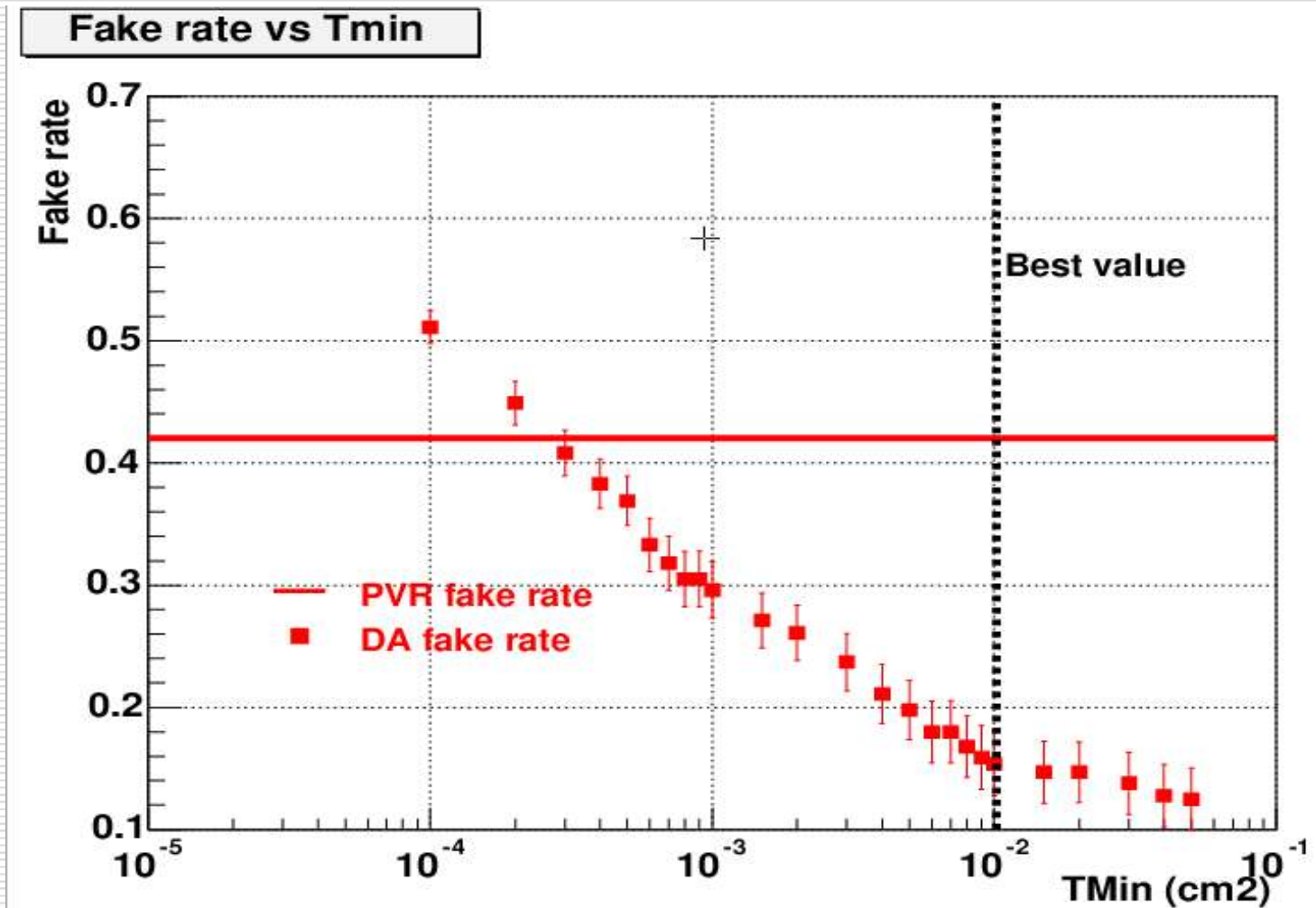
Paramètres du modèle

- Température minimale
 - fixe l'échelle des amas
 - fin de la recherche
- Coefficient de “refroidissement”
 - fixe la vitesse de décroissance de T
- Coupure sur la probabilité d'association
 - l'association finale est “dure”

Efficacité



Les “faux”

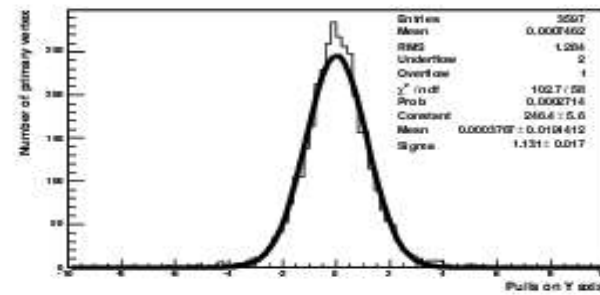
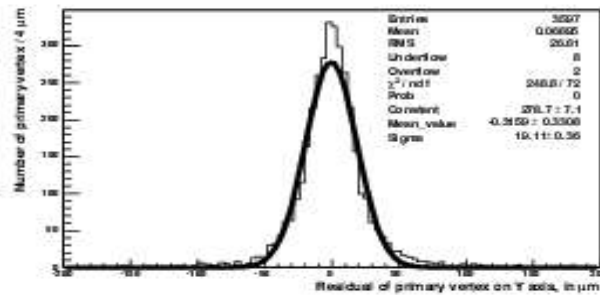
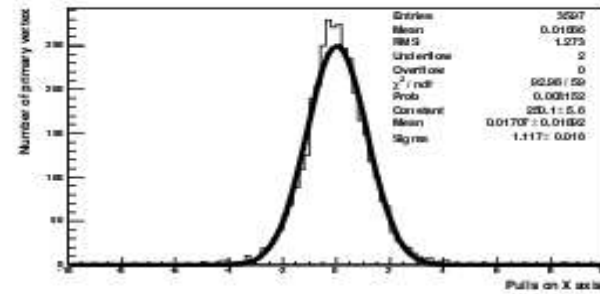
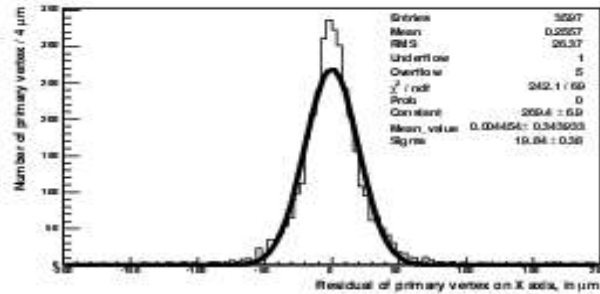


Recherche globale

	DA	PVR
PV efficiency	$92.75 \pm 0.42 \%$	$94.97 \pm 0.35 \%$
SV efficiency	$27.80 \pm 0.43 \%$	$29.19 \pm 0.44 \%$
PV purity	$91.64 \pm 0.12 \%$	$89.99 \pm 0.11 \%$
SV purity	$88.64 \pm 0.23 \%$	$90.80 \pm 0.18 \%$
PV track assignment efficiency	$93.57 \pm 0.08 \%$	$43.59 \pm 0.10 \%$
SV track assignment efficiency	$82.19 \pm 0.25 \%$	$75.95 \pm 0.23 \%$
Fake rate	$17.12 \pm 0.42 \%$	$44.01 \pm 0.45 \%$

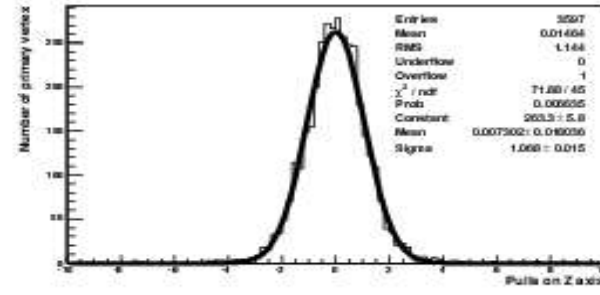
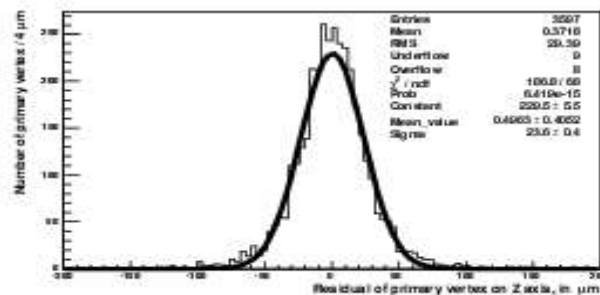
Résolutions et pulls DA – Vertex primaire

$\sigma \sim 19\mu\text{m}$

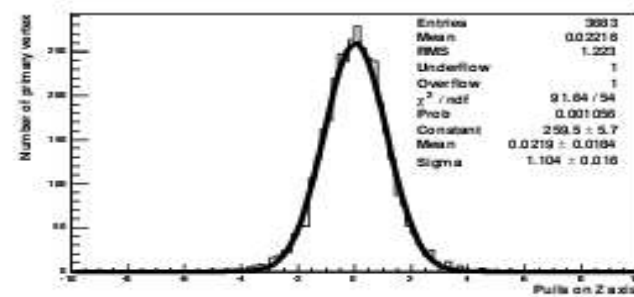
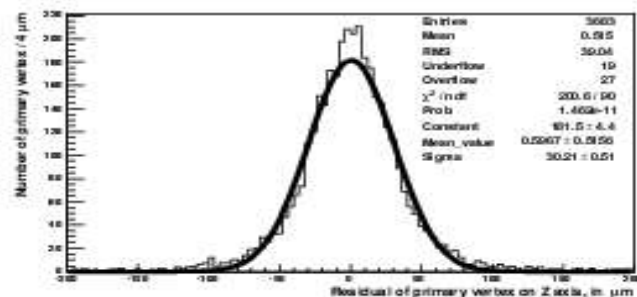
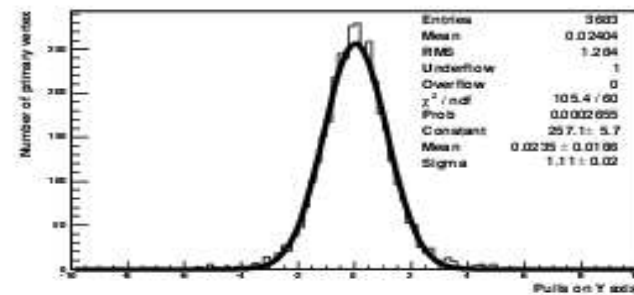
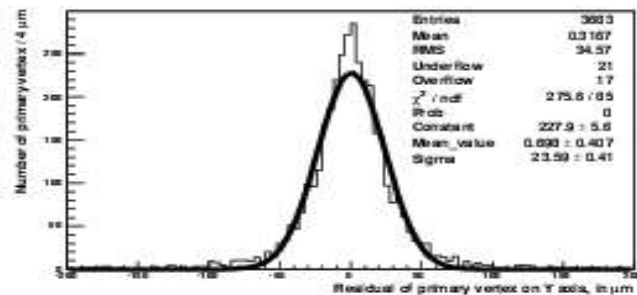
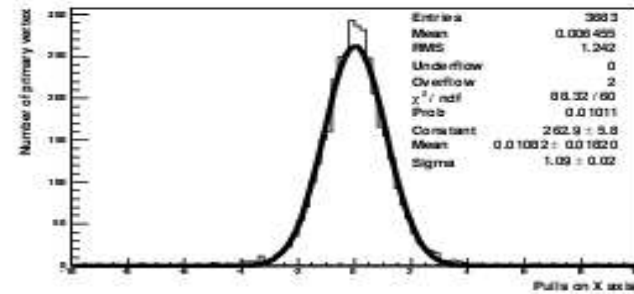
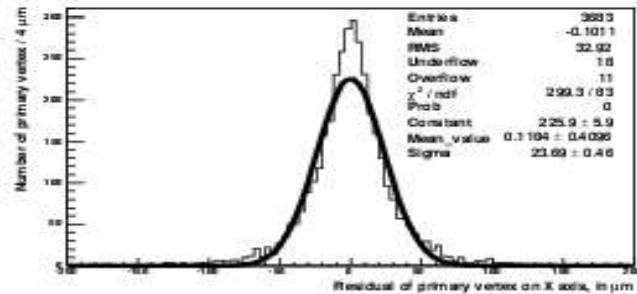


$\sigma \sim 1.1$

$\sigma \sim 23\mu\text{m}$



Résolution et pulls PVR – Vertex primaire



$\sigma \sim 23 \mu\text{m}$

$\sigma \sim 1.1$

$\sigma \sim 30 \mu\text{m}$

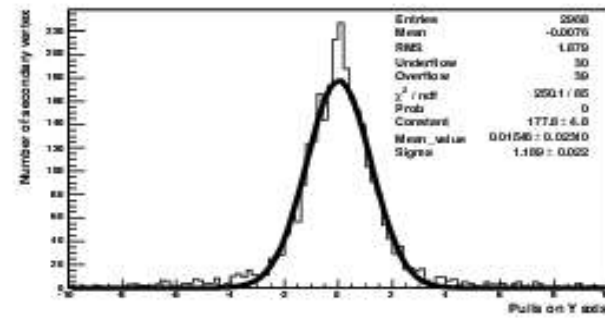
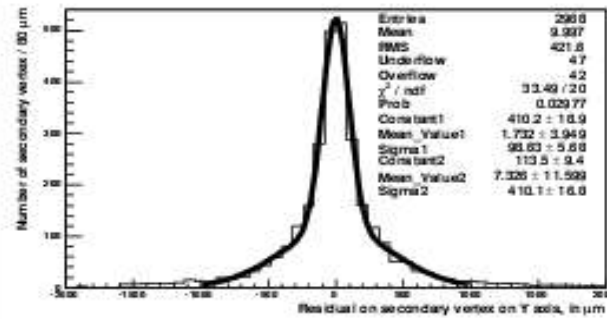
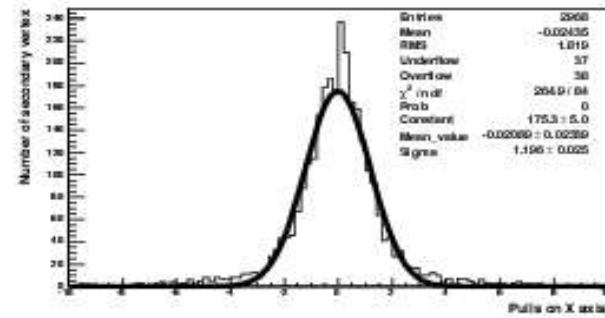
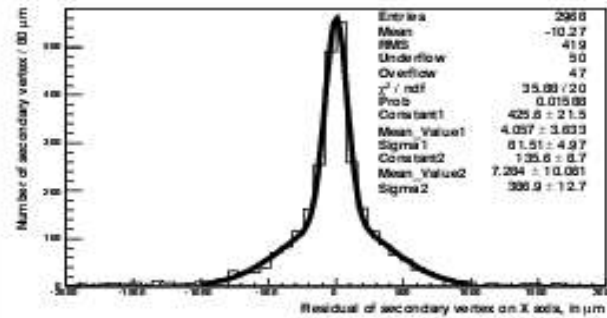
Résolution et pulls – Vertex secondaires DA

$\sigma_1 \sim 90 \mu\text{m}$

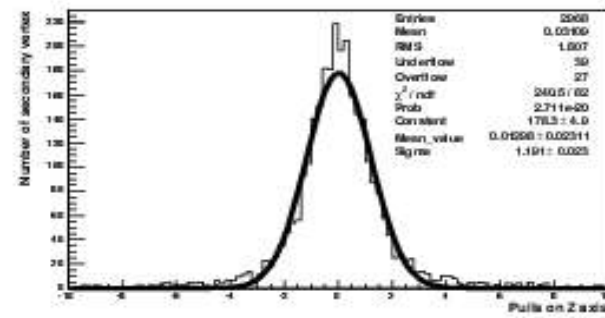
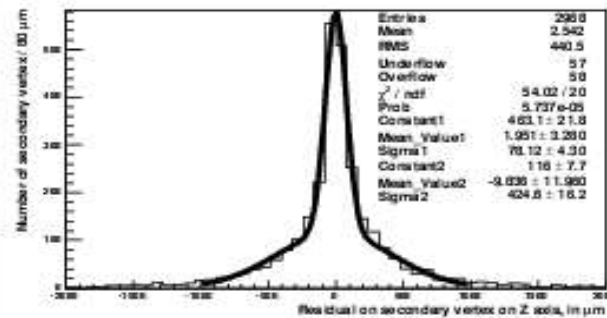
$\sigma_2 \sim 400 \mu\text{m}$

$\sigma_1 \sim 78 \mu\text{m}$

$\sigma_2 \sim 425 \mu\text{m}$



$\sigma \sim 1.1$



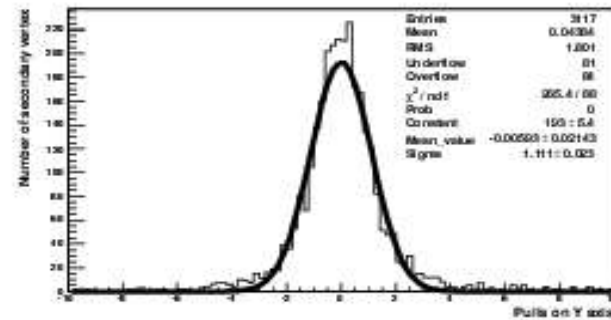
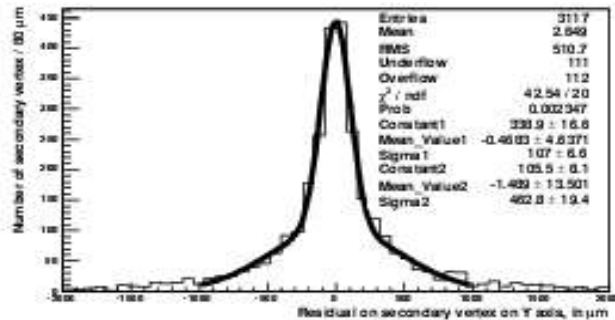
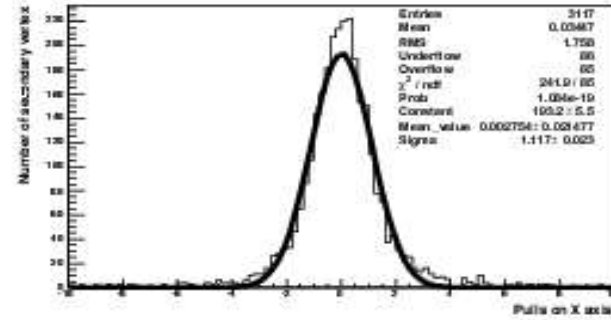
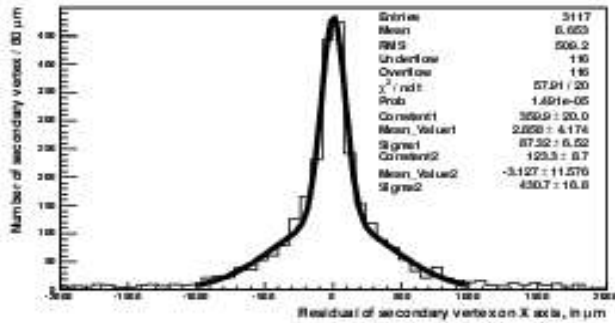
Résolutions et pulls – Vertex secondaires PVR

$\sigma_1 \sim 97 \mu\text{m}$

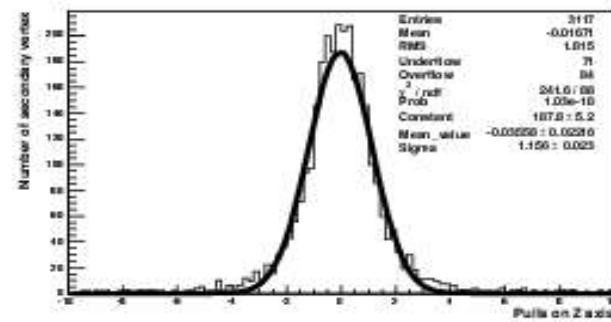
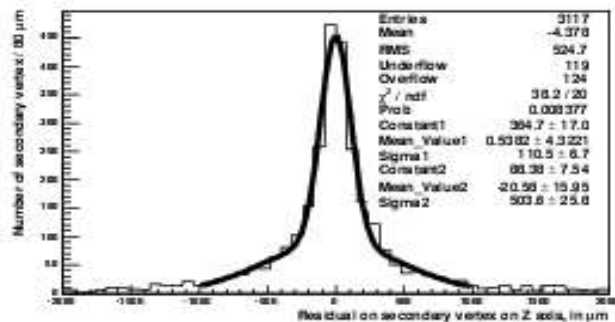
$\sigma_2 \sim 445 \mu\text{m}$

$\sigma_1 \sim 110 \mu\text{m}$

$\sigma_2 \sim 500 \mu\text{m}$



$\sigma \sim 1.1$



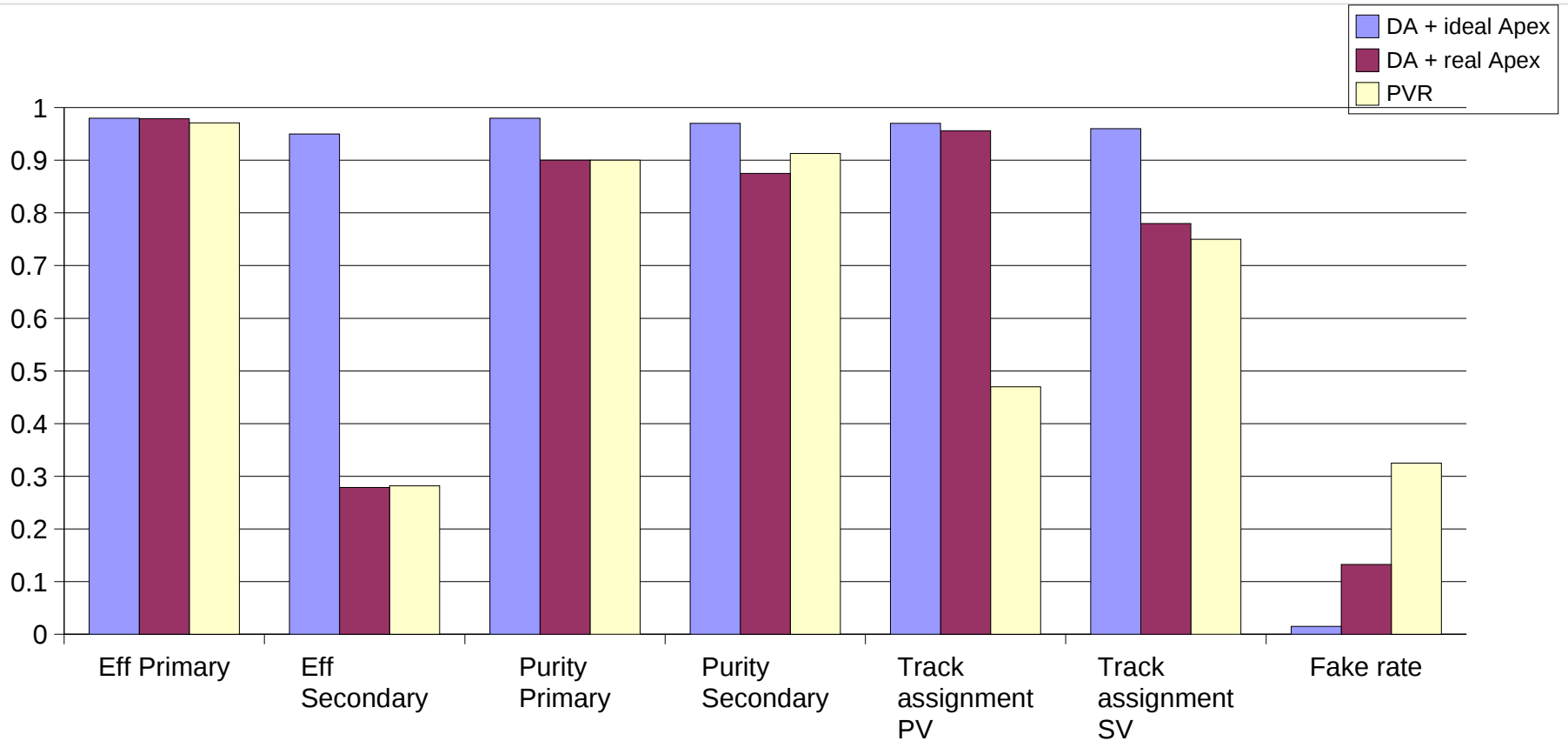
Résumé comparaison PVR/DA

- efficacités similaires
- Taux de faux divisé par 2 pour DA
 - meilleure association de traces pour DA
 - meilleures résolutions
- puretés similaires (les vertex sont bons)
- efficacité d'association meilleure pour DA
 - plus de traces bien associées dans un vertex

Cause de l'inefficacité

- la position des points APEX !
 - rappel : le point APEX d'une trace est le point médian des projections de toutes les autres traces.
 - pour chaque trace, on remplace le point APEX par le point de la trace le plus proche du vertex simulé. on appelle cela point **APEX idéal**.

Résultats – Points APEX idéaux



Amélioration : recherche “locale”

- position du vertex primaire estimée (pixels)
- trigger L2 donne les jets
- reconstruction des traces autour de la direction des jets et dans un petit domaine autour du z du vertex primaire
- vertex primaire reconstruit avec toutes les traces
- vertex secondaires reconstruits avec les traces non associées au primaire et jet par jet.

Résultats – reconstruction locale

Reco Setup	Algorithm	PV eff	SV eff	Fake rate
Global	DA	$92.75 \pm 0.42 \%$	$27.80 \pm 0.43 \%$	$17.12 \pm 0.42 \%$
Global	PVR	$94.97 \pm 0.35 \%$	$29.19 \pm 0.44 \%$	$44.01 \pm 0.45 \%$
Regional	DA	$91.3 \pm 0.4 \%$	$42.1 \pm 0.3\%$	$16.1 \pm 0.4\%$
Regional	PVR	$92.5 \pm 0.4 \%$	$48.7 \pm 0.3\%$	$31.2 \pm 1.3\%$

Etude à basse luminosité

- luminosité : $2.10^{33}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- reconstruction locale obligatoire

Algorithm	PV eff	SV eff	Fake rate
DA	$86.2 \pm 1.6\%$	$42.4 \pm 1.3\%$	$17.9 \pm 1.3\%$
PVR	$82 \pm 1.8\%$	$48.2 \pm 1.3\%$	$32.7 \pm 1.3\%$

En conclusion

- DA présente les mêmes performances que PVR
 - seule différence : taux de faux divisé par 2
 - meilleures résolutions
- Avantages/Inconvénients
 - ne dépend pas des erreurs sur les traces
 - dépend de la définition des points APEX
- Il faudrait affiner la notion de points APEX