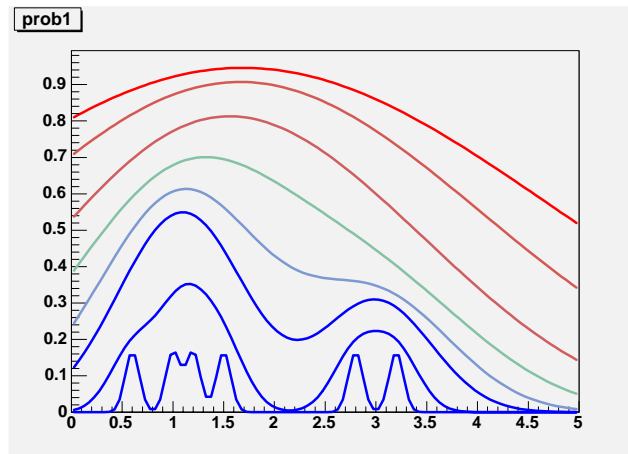


La recherche de vertex dans CMS : le recuit déterministe





La recherche de vertex dans CMS : le recuit déterministe

- La beauté au LHC
- Importance des vertex déplacés
- Trajectographe de CMS
- Le recuit déterministe
 - Mise en oeuvre
 - Résultats
- Conclusion - améliorations



La beauté au LHC

- L'identification des b est nécessaire pour :
 - La physique du(des) Higgs
 - BR($h \rightarrow bb$) ~ 75 %
 - BR($H^{+/-} \rightarrow bc$) ~ 1 % si $m_{H^{+/-}} < m_t$
 - BR($H^{+/-} \rightarrow tb$) ~ 90 % si $m_{H^{+/-}} > m_t$
 - La physique du top
 - $V_{tb} > 0.9990$
- Reconstructions précises d'événements beaux
 - Pour la reconstruction d'un signal
 - Pour les mesures de précisions (violation CP)



Les 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 : $\gamma \sim 16 \rightarrow \gamma c \tau \sim 1$ cm
- Avant de se désintégrer, un B peut parcourir quelques cm

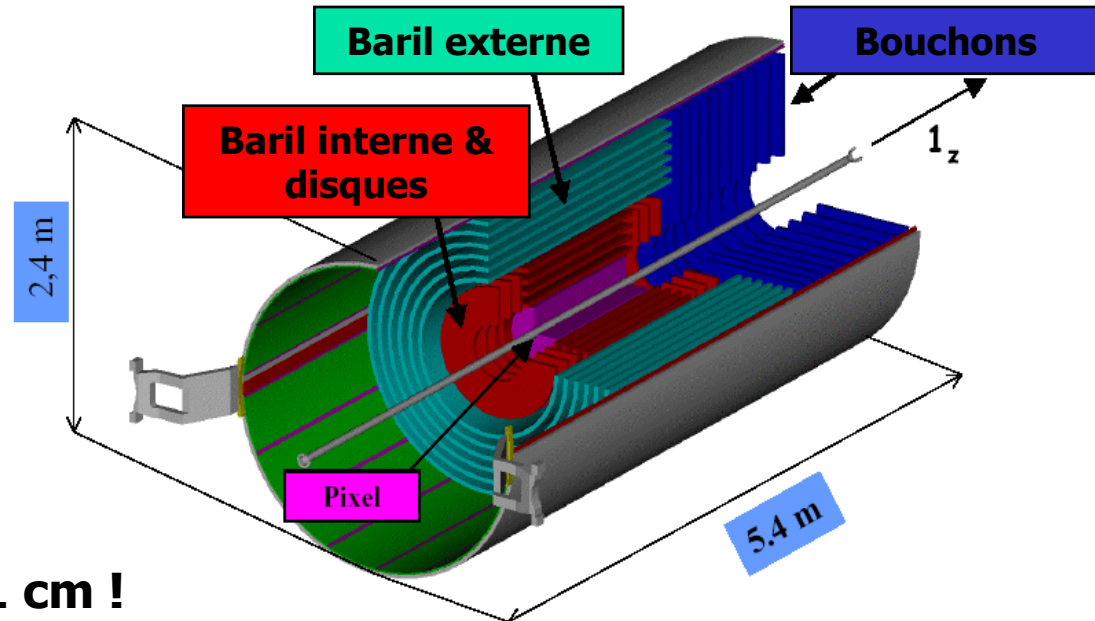
La recherche de vertex : Le trajectographe

Micro-pistes :

$$\sigma_{r\phi} = 10 - 60 \mu\text{m}$$

$$\text{Pixel : } \sigma_{r\phi} = 10 \mu\text{m}$$

$$\sigma_z = 20 \mu\text{m}$$



3 couches de pixel à 4, 7 et 11 cm !

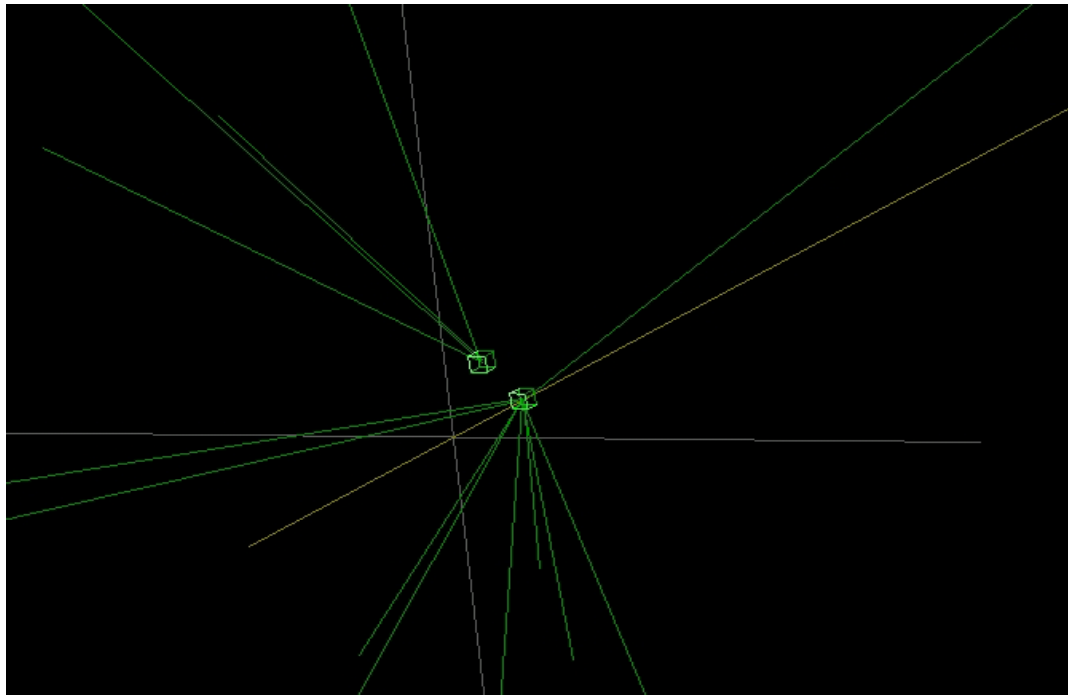
- > **séparation des vertex primaires : à haute luminosité, $\langle 17 \rangle$ V.P.**
- reconstruction de « germes » de traces dans les trois couches de pixel**
- sélection du signal : + grand nb de traces, + grand Pt**
- suppression des traces qui ne pointent pas vers ce vertex**

-> **Eff > 95%**, $\sigma_z \sim 50 \mu\text{m}$

-> **détection très proche des vertex secondaires !!**

La recherche de vertex : principe

- Partitionner un ensemble de traces en sous-ensembles





Le recuit déterministe

- Le recuit déterministe produit une réponse efficace et stable au problème général du partitionnement de données.
- Le nombre d'amas à trouver n'est pas connu
- Il est peu dépendant du bruit



Quelques définitions

**But : obtenir une représentation simplifiée des données
qui soit la plus fidèle possible**

- X ou $\{x\}$ ensemble des entrées (ex : traces)
- Y ou $\{y\}$ ensemble des prototypes
(candidats au vertex)
- $d(x,y)$ distance entrée-prototype
- $p(y|x)$ probabilité d'association
- $p(x)$ poids d'une entrée (en général $1/N_x$)
- $p(y)$ poids d'un prototype

Analogies avec la physique statistique (1)

- Energie – Distorsion

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

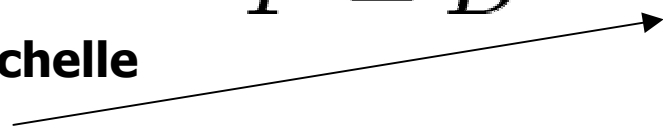
- Entropie (entropie de Shannon)

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

- Minimisation de l'énergie libre

$$F = D - TH$$

**La température T est un paramètre d'échelle
diminué tout au long du processus**



Analogies avec la physique statistique (2)

- Minimisation par rapport aux associations

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

Partie recuit : à mesure que T décroît, les associations sont mises à jour

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

- Minimisation par rapport aux positions

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

Partie déterministe : Les positions sont mises à jour

Analogies avec la Physique statistique (3)

- Une perturbation Ψ entraîne une transition de phase si (création d'un prototype) :

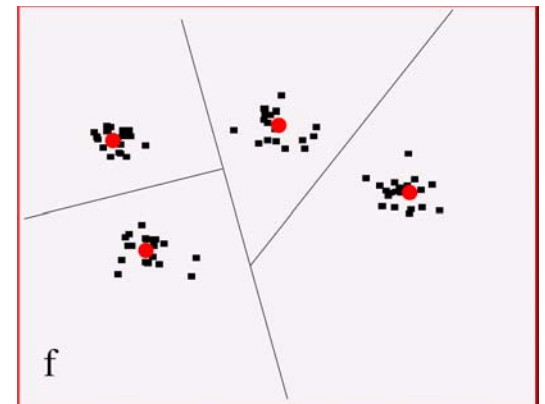
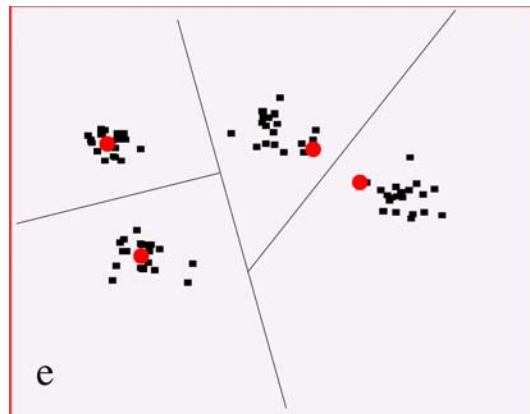
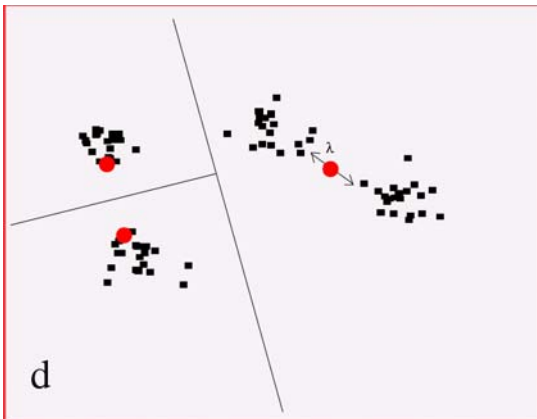
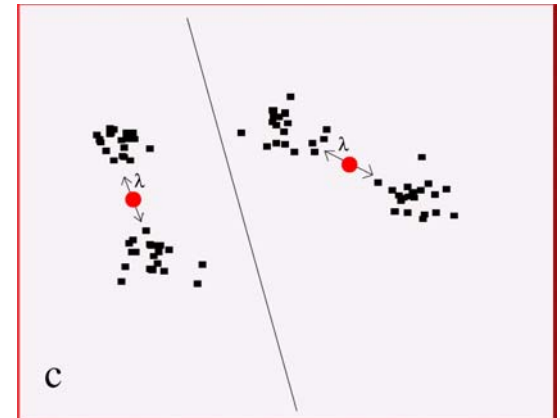
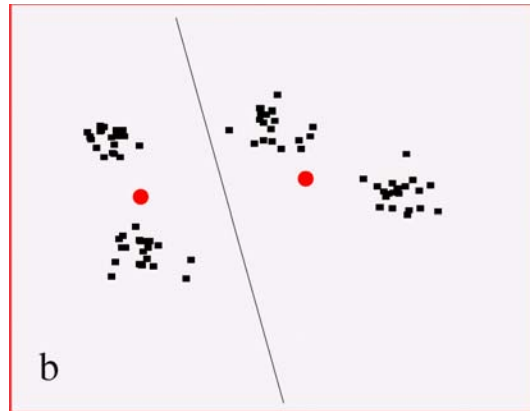
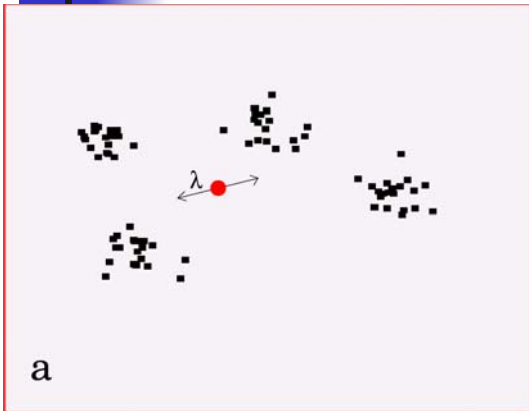
$$\frac{d^2}{d\varepsilon^2} F^*(Y + \varepsilon\Psi)|_{\varepsilon=0} = 0$$

- La température critique de chaque prototype peut être calculée :

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

← La plus grande valeur propre de la matrice de Covariance de l'amas

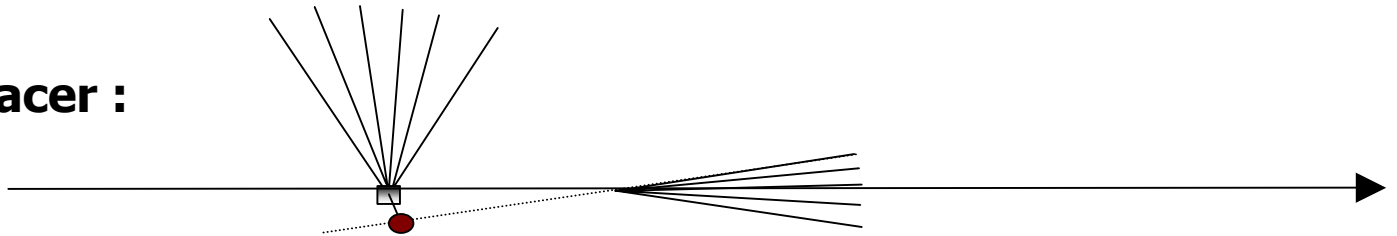
Algorithme : illustration



Choix d'une métrique (1)

- Problème topologique : la distance minimale d'approche n'est pas une bonne métrique pour le partitionnement.
- Il faut une métrique représentant la distance entre deux vertex.

Il faut remplacer :



Par :



Formalisme des points APEX

Choix d'une métrique (2) : le point 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

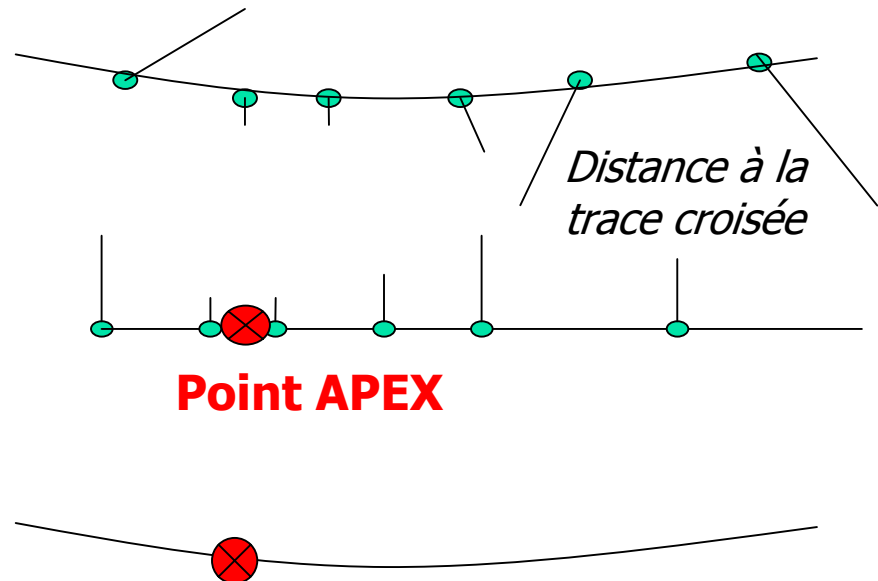


Illustration ...

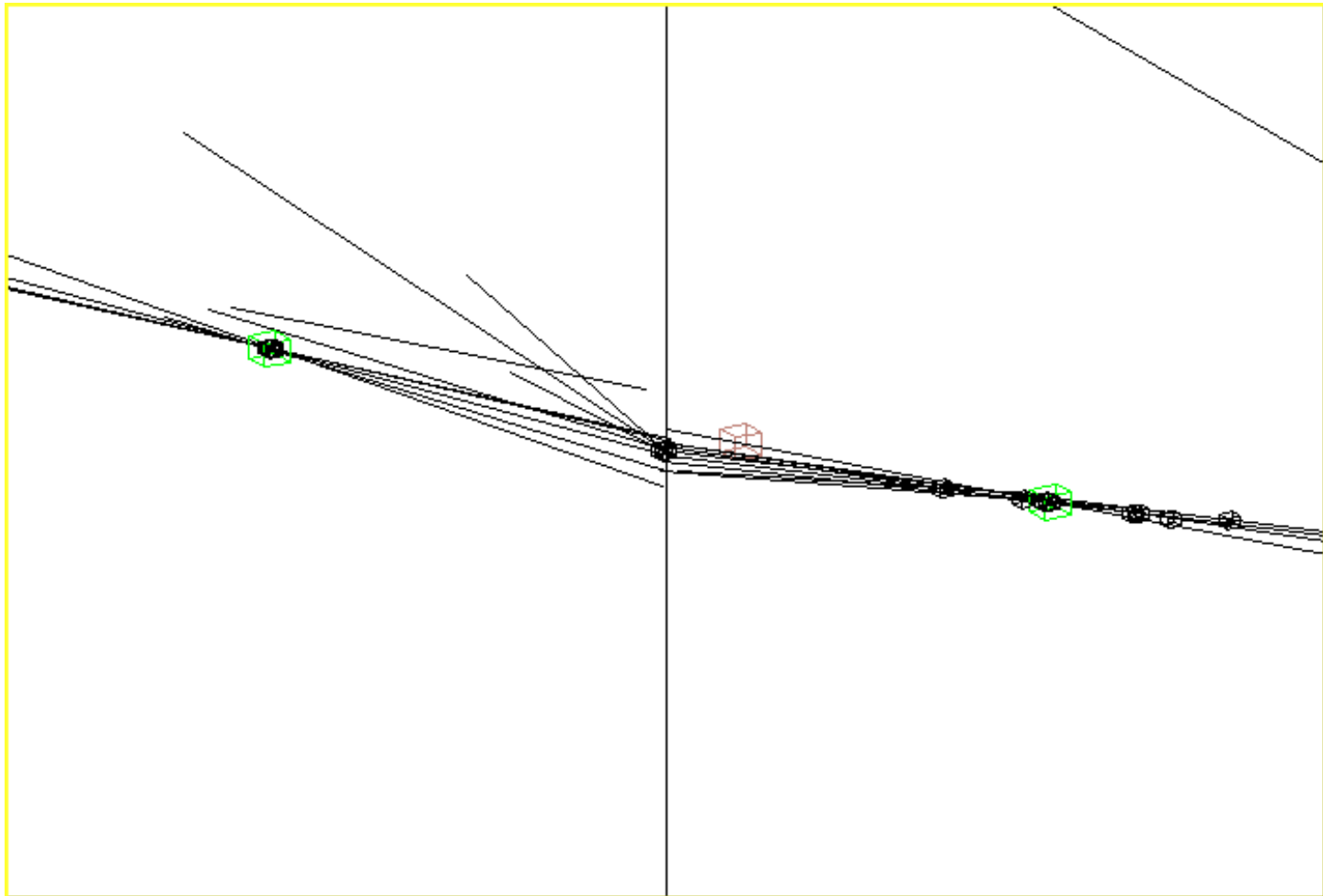
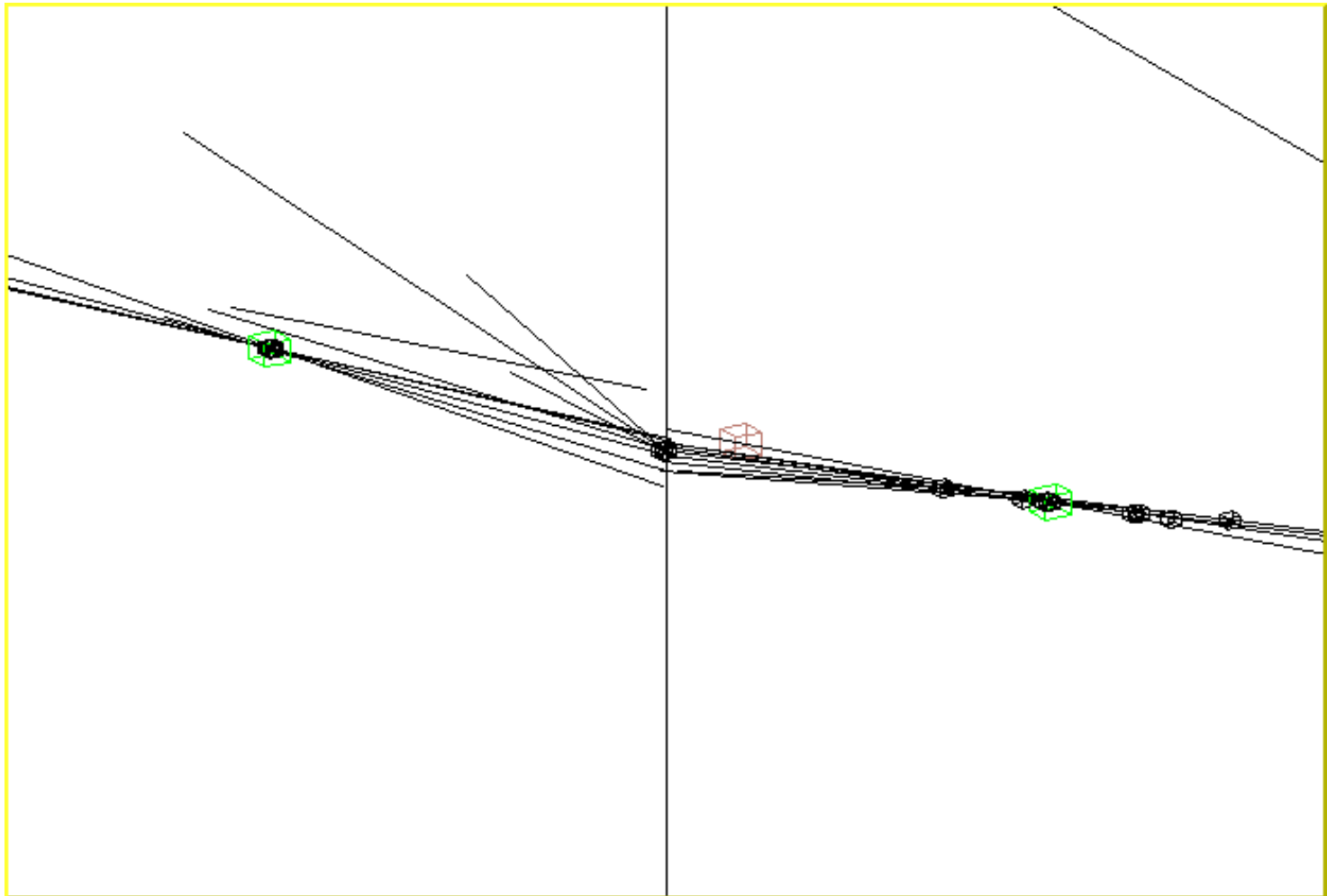


Illustration ...

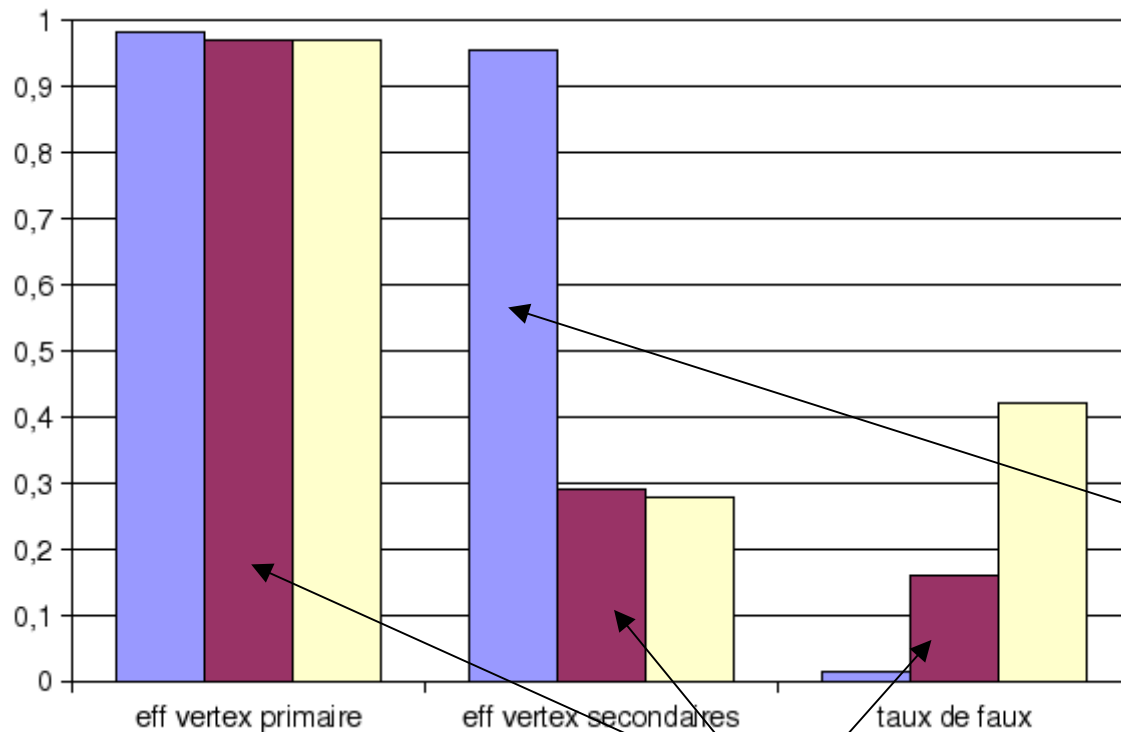




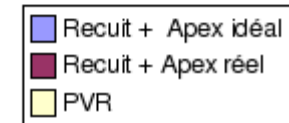
Resultats

- Comparaison
 - Recuit Déterministe + points Apex
 - Algorithme standard (PVR)
 - Recuit Déterministe + Apex idéaux : Points de plus proche approche au vertex simulé

Résultats sur 500 ev B-Bbar



**Simulation détaillée
Sans empilement**

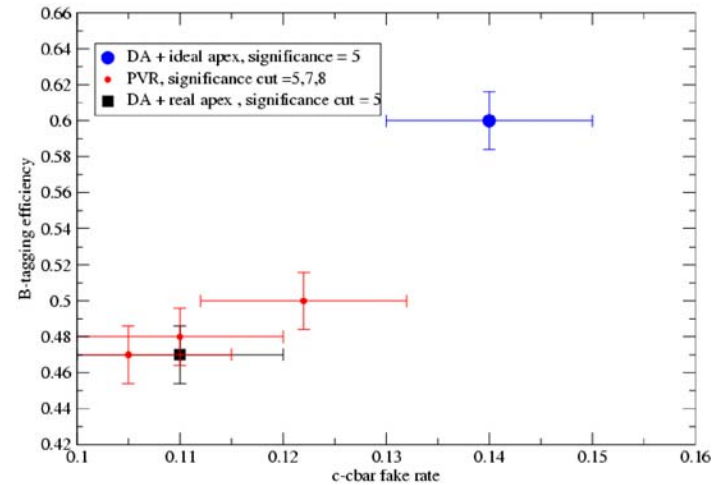
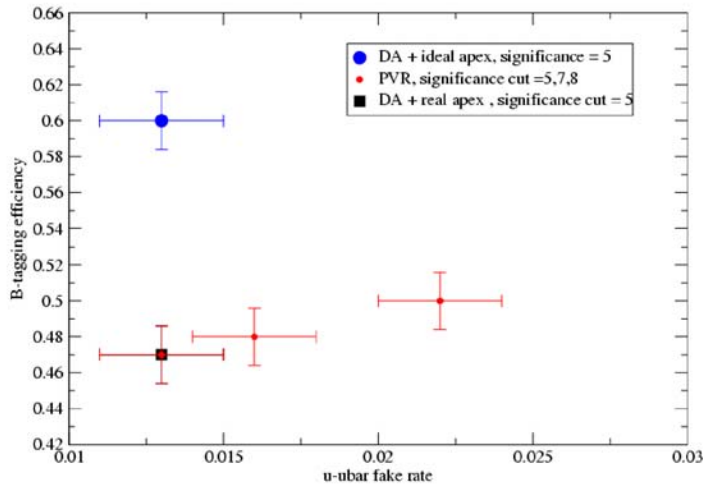


*La plus grande
amélioration viendra de
la recherche d'apex !!*

*Avec des efficacités similaires,
le recuit produit deux fois moins de faux que
l'algorithme standard*

B tagging

Reconstruction de vtx jet par jet, coupure sur la signficance de La longueur de vol.



Eff Btagging : 47 % (cas idéal : 60%)



Conclusion

- Le recuit déterministe est plus « propre » que l'algorithme standard PVR (Reconstruction de Vertex Principal) : mêmes efficacités et deux fois moins de faux.
- Il est plus rapide (temps de calcul réduit de 40%)
- Inclus dans le programme officiel de reconstruction (O.R.C.A.)
- Avec une meilleure recherche d'Apex, les efficacités de reconstruction pourraient devenir excellentes