

# LA RECHERCHE DU BOSON de HIGGS dans le CANAL HZ→bbvv avec l'EXPERIENCE DØ

*Alexandre Zabi*

*Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire d'Orsay.*

JOURNEES JEUNES CHERCHEURS 2003

La Roche-en-Ardenne, BELGIQUE.



## Le Plan:

- *Phénoménologie du Higgs dans le canal HZ→bbvv.*
- *Système de déclenchement de l'expérience DØ.*
- *Comment déclencher sur des événements avec vertex déplacés?*
- *Développement d'une méthode de déclenchement pour l'Analyse de Physique.*
- *Conclusion*

# Phénoménologie: Production et Désintégration du Higgs

**Modele Standard:** Le Higgs est un champ scalaire permettant la brisure de la symétrie électrofaible.

⇒ Termes de masse pour Bosons et Fermions

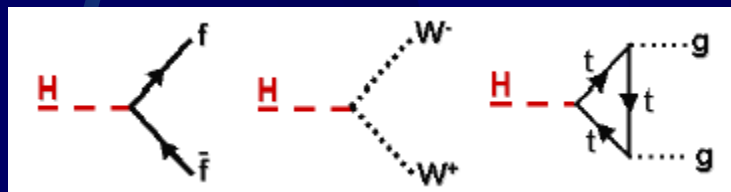
⇒ Couplages entre le Higgs et Bosons/Fermions

## Production du Higgs au TeVatron (collisionneur $p\bar{p}$ ):



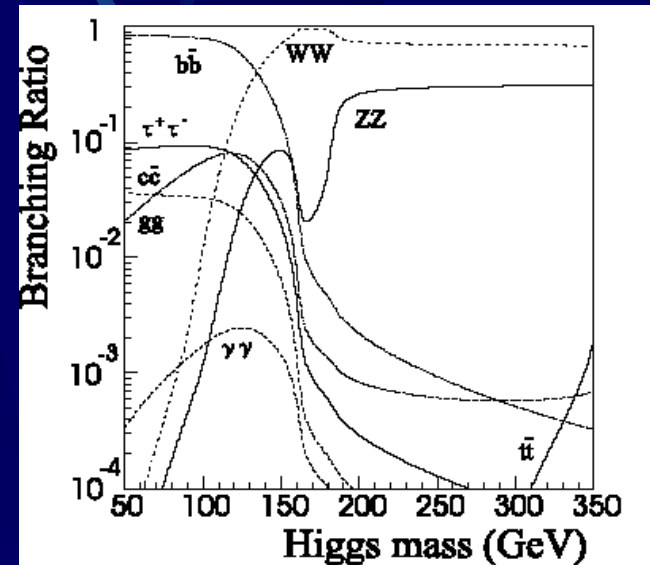
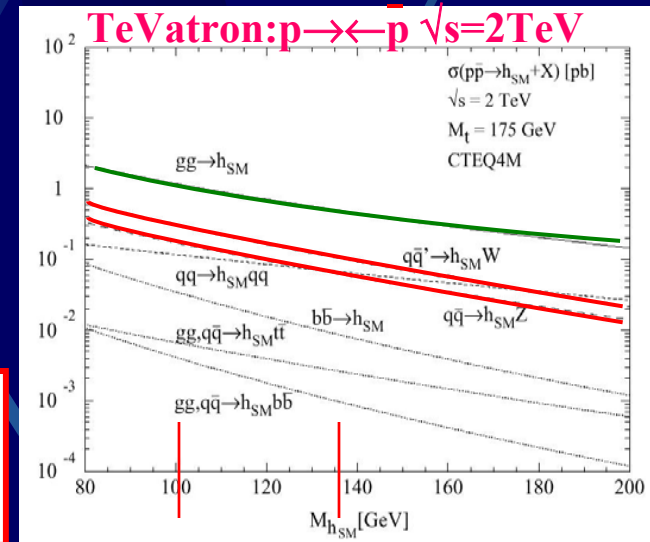
⇒ Sections efficaces importantes dans la région de Masse:  $100\text{GeV} \leq M_h \leq 135\text{GeV}$  (**Higgs Léger**)

## Désintégration du Boson de Higgs:



$H \rightarrow b\bar{b}$  domine dans la région de faible Masse.

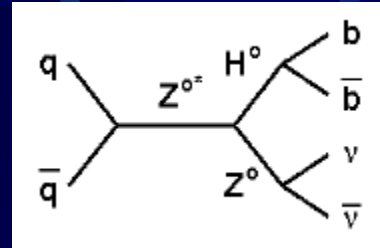
⇒ États finals  $qq \rightarrow H(\rightarrow b\bar{b})Z$  et  $qq \rightarrow H(\rightarrow b\bar{b})W$  sont plus Facilement identifiables que  $gg \rightarrow H(\rightarrow b\bar{b})$  noyé dans bruit de fond  $qq \rightarrow b\bar{b}$



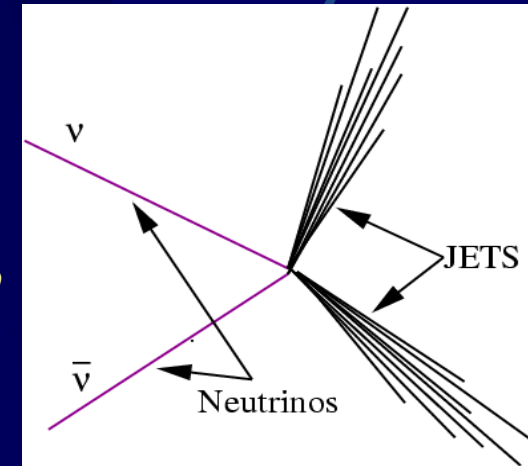
# Phénoménologie: Le processus $HZ \rightarrow (H \rightarrow bb)(Z \rightarrow \nu\nu)$

## Description de l'état final:

- Production de **2 Jets** venant de l'hadronisation des quarks b (des Jets supplémentaires peuvent être produits si les quarks rayonnent des gluons).
- Les **2 Neutrinos** venant du boson Z ne sont pas détectés et produisent alors de l'énergie manquante transverse (**MET**).

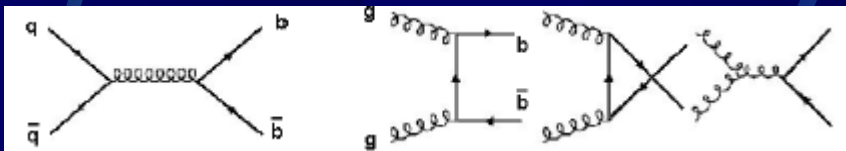


*Section efficace = 0.1pb pour  $M_h = 120 \text{ GeV}/c^2$*



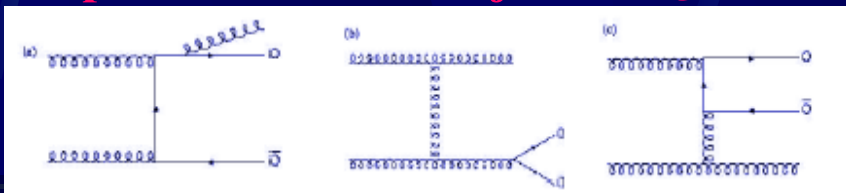
## Bruits de fond:

- **La production QCD  $pp \rightarrow bb$**  : C'est le bruit de fond dominant! La section efficace est de plusieurs ordre de grandeur au dessus du signal (qq 100  $\mu\text{b}$ ).



*Dans ce cas l'énergie manquante est issue de la mauvaise mesure de l'énergie d'un des jets.*

- **La production Multi-jets de QCD :**

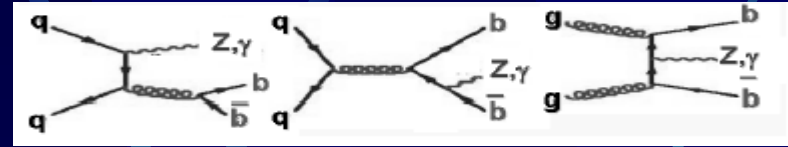


*Fausse Énergie manquante mais aussi une mauvaise identification d'un quark léger (u,d) en un quark b est possible.*

# Phenomenologie: Le processus $HZ \rightarrow (H \rightarrow bb)(Z \rightarrow \nu\nu)$

## Autres Bruits de fond:

- $pp \rightarrow Wbb$  ou  $pp \rightarrow Zbb$ .
- Double production de Boson:  $pp \rightarrow WW, ZZ$  et  $WZ$ .
- Mais aussi  $pp \rightarrow W + \text{Jets}, Z + \text{Jets}, tt \dots$

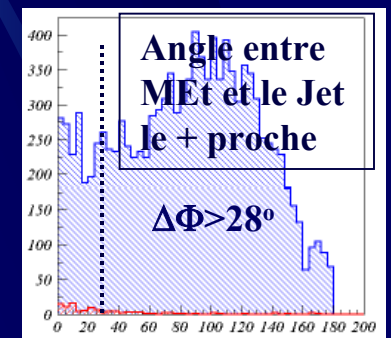
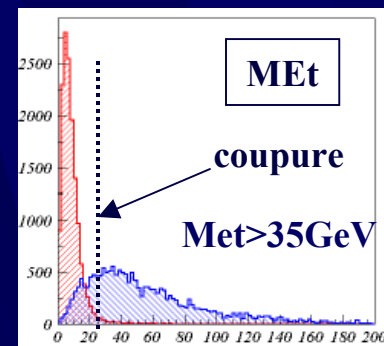
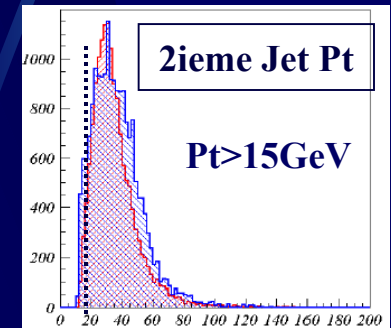
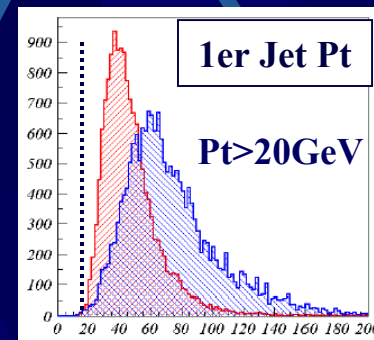


## Comment s'affranchir du bruit de fond?

- Coupures Cinématiques sur l'impulsion transverse des Jets et sur la MET:
  - $\Rightarrow$  Réduction du bruit de fond QCD.
- Identification des Jets provenant de b:
  - $\Rightarrow$  Réduction de Multi-Jet QCD et  $Z(W) + \text{jets}$
- Mesure de la masse invariante  $M_{bb}$ 
  - $\Rightarrow$  Réduction de QCD,  $Wbb, Zbb$ : dans ces cas  $M_{bb}$  est un fond continu.
  - $\Rightarrow$  Réduction  $ZZ, WW, ZW$  ou  $M_{bb}$  est égale à  $M_z$  ou  $M_w$ .

## Exemple pour le bruit $pp \rightarrow bb$ :

 signal  
 bruit



Coupures standards efficaces à  $\approx 40\%$

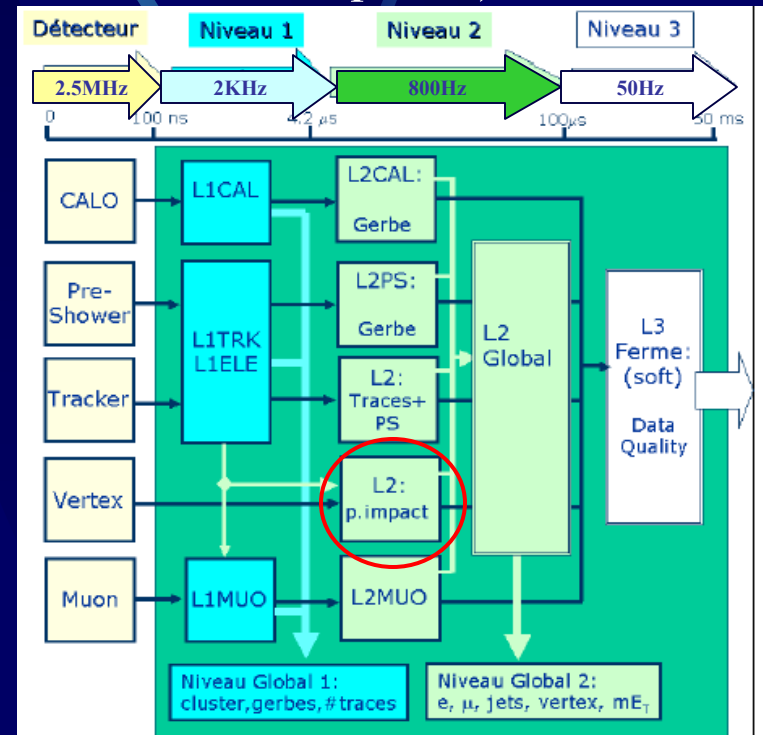
# Le Déclenchement: Definitions

## A quoi sert le système de déclenchement?

- Il est techniquement très difficile (impossible!) d'enregistrer et de reconstruire le résultat de l'ensemble des collisions  $\Rightarrow$  il y a une collision toutes les **396ns** au TeVatron!
- Le système de déclenchement permet une sélection des collisions ayant un potentiel de physique intéressant (Signature SUSY, HIGGS, Top etc..).

## Le système de déclenchement de DØ:

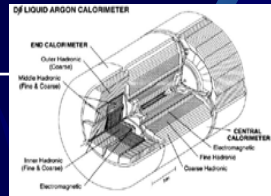
- $\Rightarrow$  Il y a 3 Niveaux de déclenchement avec une résolution croissante: du dépôt d'énergie à l'objet physique (électron, muon etc..).
- $\Rightarrow$  Chaque Niveau à un taux d'acceptante fixé: Niv1=2KHz, Niv2=800Hz, Niv3=50Hz  
Ces taux ne peuvent être déplacés pour des raisons techniques.



# Le Déclenchement: Description

**NIVEAU1:** *Chaque Sous-Détecteur à un Système de déclenchement correspondant: Le Calorimètre, le détecteur de Muons, le détecteur de traces chargées etc.. (sauf le détecteur de Micro Vertex).*

*⇒ La décision est prise sur des dépôts d'énergies, des traces mais aussi des combinaisons de ces derniers.*



**NIVEAU2:** *L'information du Niveau 1 est traitée par des algorithmes permettant une reconstruction d'objet Physique comme des Jets, des électrons des muons, des vertex etc..*

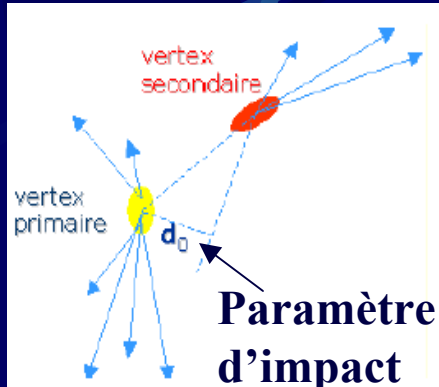
*⇒ La décision peut être prise sur le nombre d'objets physiques, leurs énergies mais aussi sur des variables combinant ces informations comme l'énergie manquante, l'angle entre deux Jets par exemple.*

**NIVEAU3:** *Ce Niveau reconstruit complètement l'événement à l'aide de nombreux ordinateurs. Des algorithmes reconstruisent précisément chaque particule ainsi que les quantités physiques associées.*

*⇒ La décision s'effectue sur des objets et variables physiques plus précises.*

# Le Déclenchement: Déclencher sur les quarks b

⇒ De nombreux canaux de physique comme la désintégration de particules SUSY Higgs, Top.. ont des états finals impliquant des quarks b qui s'hadronisent après avoir parcourue qq mm formant ainsi un vertex déplacé ou secondaire.

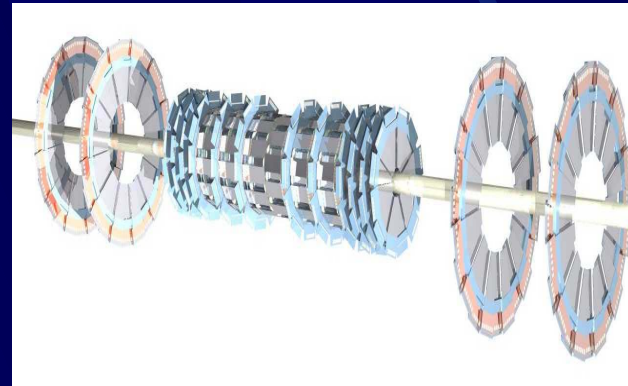
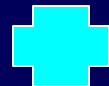
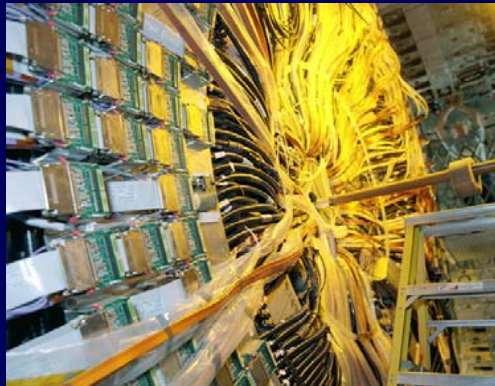


⇒ Les traces issues du vertex secondaire ont un grand paramètres d'impact.

⇒ **Déclencher sur ce genre de traces augmenterait de manière significative l'efficacité de sélection de ce type d'événements à l'aide du système de déclenchement!**

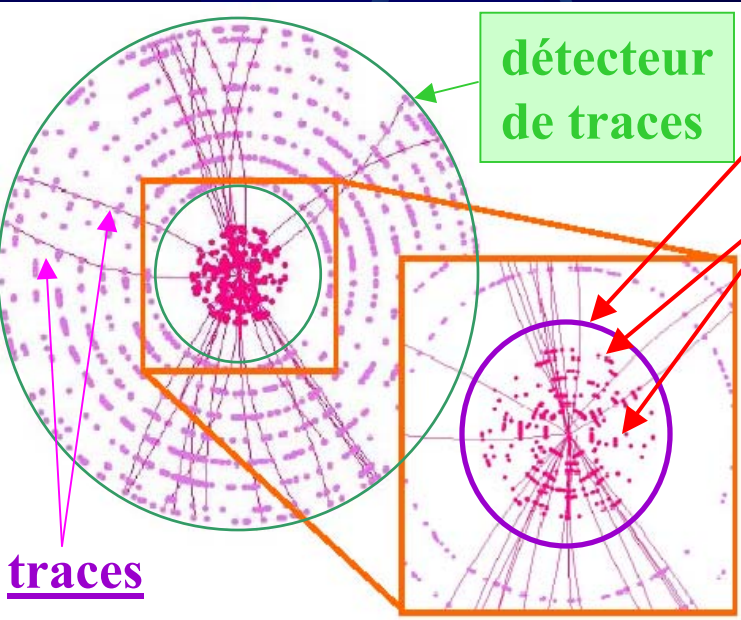
⇒ Le système de déclenchement sur les traces à grands paramètres d'impacts combine les infos du détecteur de traces et du détecteur de micro vertex

Détecteur  
de  
traces



Détecteur  
de  
Micro  
Vertex

# Le Déclenchement: Déclencher sur les quarks b



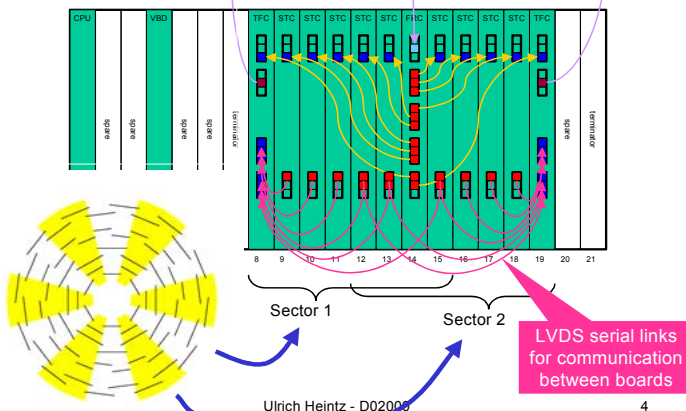
**Détecteur de Micro Vertex**

**Points d'interactions des Particules dans le détecteur de Micro-Vortex.**

**Principe:** *Les traces du détecteur de traces sont extrapolées jusqu'au détecteur de micro-vertex. Seuls les points d'interactions des particules dans le détecteur de micro-vertex qui coïncident avec une trace sont conservés.*

**⇒ Points d'interactions + Traces sont utilisés dans l'ajustement de la trajectoire des particules dans le plan transverse avec l'équation d'un cercle.**

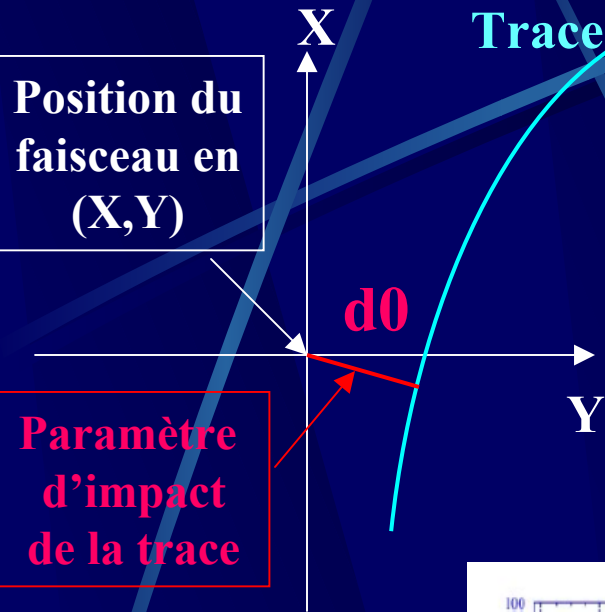
L2STT Crate



**⇒ Carte effectuant la reconstruction des points d'interactions des particules dans le détecteur de Micro-Vertex.**



# Le Déclenchement: Déclencher sur les quarks b

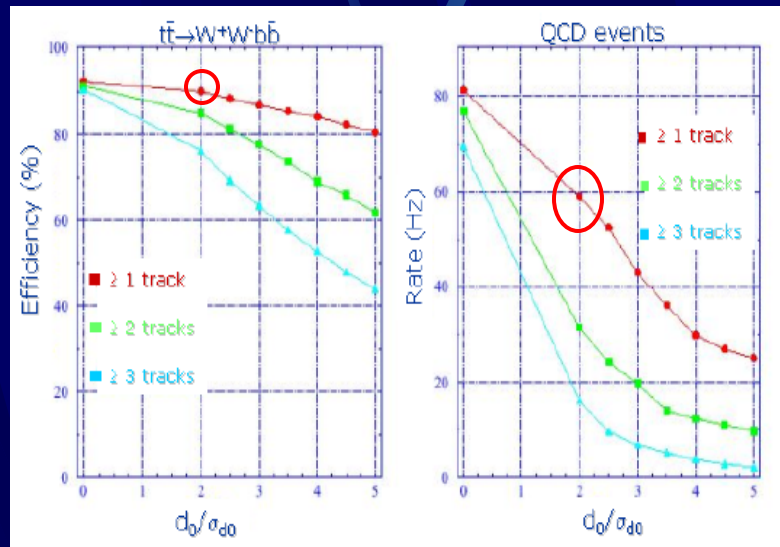
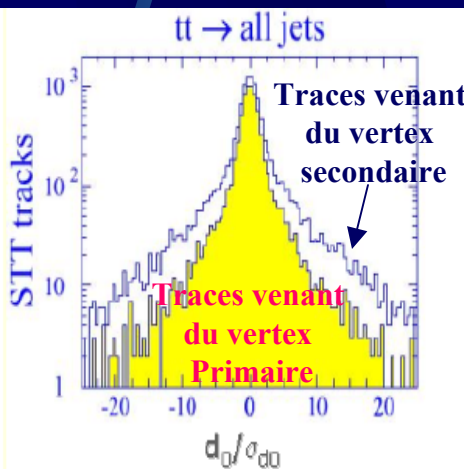


⇒ Connaissant l'équation de la Trace, il est donc possible d'évaluer la distance la plus proche à la position du faisceau en (x,y). Cette distance est le paramètre d'impact  $d_0$  de la trace.

⇒ La résolution sur  $d_0$  est de  $35\mu\text{m}$ :

→ Résolution sur la position du faisceau =  $30\mu\text{m}$

→ Résolution du Micro-Vertex =  $15\mu\text{m}$



## Points Considères

⇒ Très Bonne Rejection du bruit de fond au Niveau 2 sans toucher au signal en ne demandant qu'une trace avec un  $d_0/\sigma_{d_0} \geq 2$ .

# Méthode de Déclenchement: Présentation

## ⇒ Comment mettre à profit le système de déclenchement pour une analyse de physique donnée?

La démarche consiste à choisir des termes de déclenchement (ou conditions) aux trois niveaux de telle sorte que:

- 1) **L'efficacité de déclenchement** soit maximum pour le signal considéré.
- 2) **Le taux de déclenchement** soit le plus faible possible ou alors raisonnable par rapport à la bande passante totale du système (2kHz au Niveau1, 800Hz au Niveau2 et 50Hz au Niveau3).

(Le choix des conditions peut être guidé par la topologie du signal).

### Mesure de l'efficacité de déclenchement:

*A partir d'un fichier Monte-Carlo (simulation d'événements) du signal considéré, il suffit de déterminer le nombre d'événements survivant aux conditions de déclenchement choisies (à l'aide d'une simulation du système de déclenchement).*

*Remarque: L'efficacité est souvent mesurée par rapport à des coupures cinématiques standards appliquées à un signal donné.*

### Mesure du taux de déclenchement:

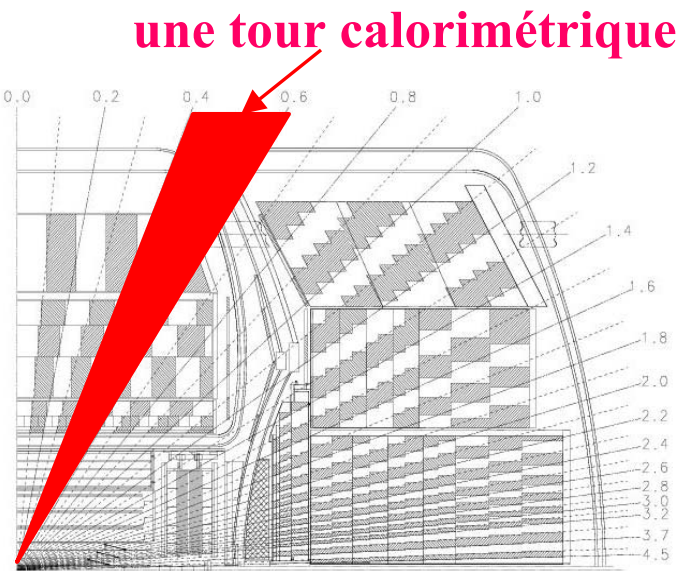
*Les données du détecteur sont utilisées directement, il suffit de constituer un lot non biaisé pour les conditions de déclenchement choisies.*

# Méthode de Déclenchement: Exemple HZ→bbvv

⇒ Point de départ: on dispose d'un fichier Monte-Carlo de 8000 événements HZ→bbvv générés avec une masse du Higgs  $M_h=115\text{GeV}/c^2$ .  
Après coupures cinématiques (voir transparent 4), il reste 3000 événements soit 38% du lot initial ⇒ **L'efficacité sera mesurée par rapport à ce chiffre.**

NIVEAU1 (la Luminosité =  $40.10^{30}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

*L'état final étant constitué de 2 Jets, la condition de niveau1 peut être de demander un certain nombre de tours calorimétriques au dessus d'un seuil en énergie donner.*



**Le Calorimètre**

<u>Condition</u>	<u>Taux de déclenchement</u>	<u>Efficacité</u>
2 Tours avec Énergie >5GeV	440Hz*	94%
3 Tours avec Énergie >5GeV	140Hz*	80%

⇒ *La condition avec 3tours > 5GeV est retenue car elle utilise seulement 7% de la bande passante totale.*

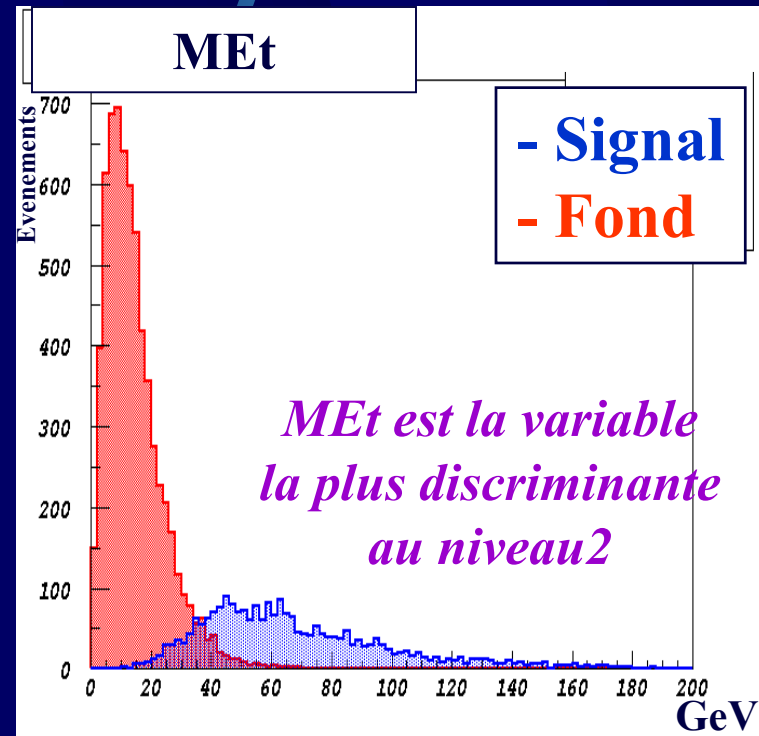
\* Ces taux de déclenchements ont été mesurés

# Méthode de Déclenchement: Exemple $HZ \rightarrow b\bar{b}\nu\nu$

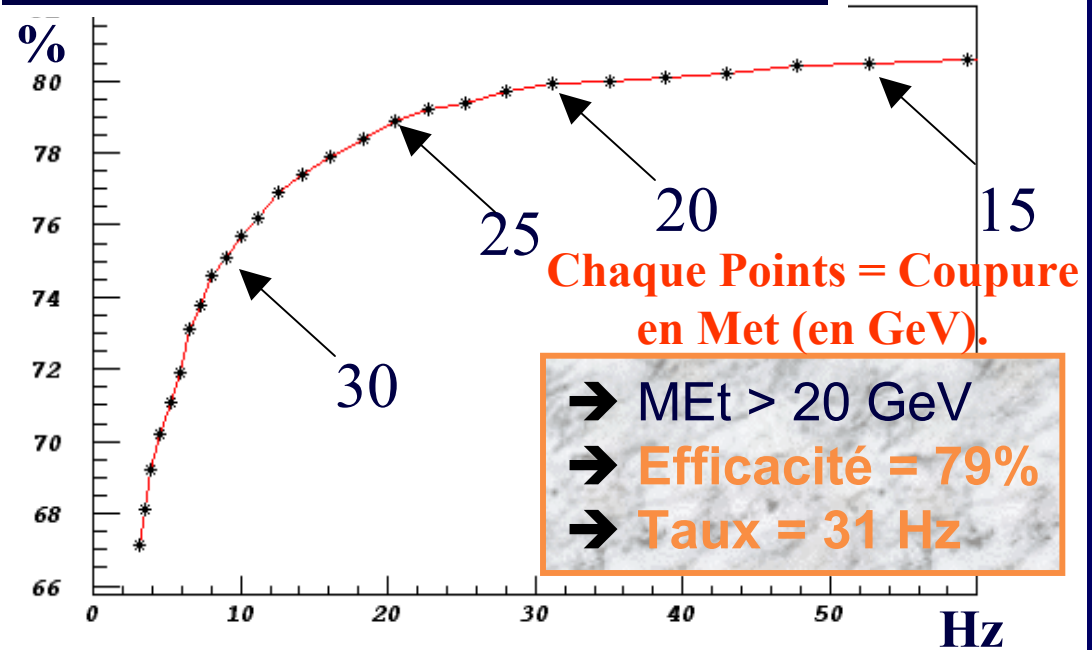
**NIVEAU2:** On dispose de 6k événements de données satisfaisant la condition de niveau1 et contenant principalement du bruit  $pp \rightarrow b\bar{b}$  (QCD) pour la mesure du taux de déclenchement.

*⇒ Il suffit de trouver la variable la plus discriminante pour conserver le plus de signal (Efficacité) mais réduire le plus possible le bruit de fond (Taux).*

*Le Niveau2 permet d'avoir une condition basée sur des variables comme l'énergie manquante calculée à partir des Jets:  $MEt = |\sum \vec{P}_{t_{Jets}}|$ .*



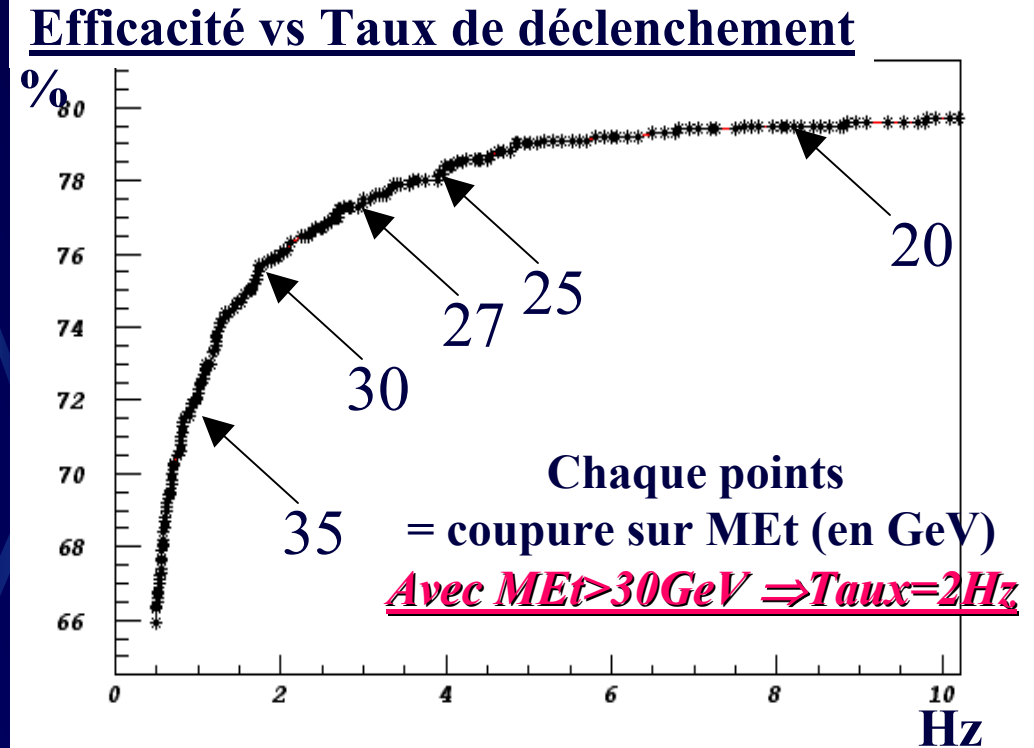
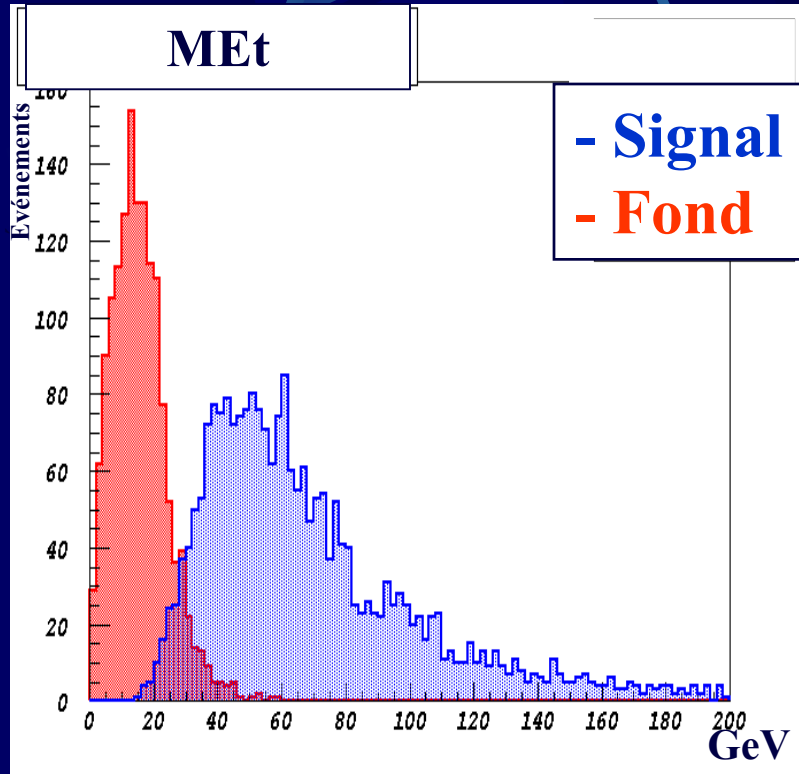
## Efficacité vs Taux de déclenchement



# Méthode de Déclenchement: Exemple $HZ \rightarrow bb\nu\nu$

## NIVEAU3

La même démarche est effectuée a ce niveau,  $MEt$  est aussi la variable la plus discriminante.



$\Rightarrow$  L'efficacité totale est de 75% pour le signal  $HZ \rightarrow bb\nu\nu$  avec un taux de déclenchement de 2 Hz.

# CONCLUSION

- ⇒ Une méthode de déclenchement est donc mise en place pour le signal  $HZ \rightarrow bb \nu \nu$  basée sur des conditions purement calorimétriques. Son efficacité est de 75% avec un taux de 2Hz. Elle a donc permis de collecter  $100 \text{pb}^{-1}$  de données depuis Mars 2003.  
Elle est aussi efficace pour la recherche de  $s\text{bottom} \rightarrow b\chi$  et de  $\text{Leptoquark} \rightarrow q\nu$  dont les états finals ont la même topologie.
- ⇒ Le déclenchement sur les traces à grands paramètres d'impact sera possible très prochainement. Cet outil permettra le déclenchement sur des événements impliquant la présence d'objets à longue durée de vie style quark  $b$  ou lepton  $\tau$ . Des termes basés sur le paramètre d'impact des traces au Niveau 2 viendront améliorer l'efficacité de la méthode de déclenchement pour le signal  $HZ \rightarrow bb \nu \nu$ .
- ⇒ Les challenges de la recherche du Higgs au TeVatron: identification des quarks  $b$  luminosité de l'accélérateur, la résolution en Masse ( $M_{bb}$ ).