

Étude préparatoire à l'appariement électromagnétique des photons ME/PS à travers le canal $Z \rightarrow \mu^+ + \mu^- + \gamma$

C. Bâty S. Gascon M. Lethuillier

(IPNL, Université Lyon 1, Université de Lyon)

J. Tao

IHEP (Beijing)

M. Moretti F. Piccinini R. Pittau

(Univ. Ferrara/INFN, Univ. Pavia/INFN, Univ. Torino/INFN & Univ. Grenada)

Institut de Physique Nucléaire de Lyon
Université Claude Bernard Lyon 1
Université de Lyon

29 Avril 2008

Plan de la présentation

- 1 Présentation de l'étude
- 2 Résultats de l'étude
- 3 Conclusions et Perspectives

Plan

- 1 Présentation de l'étude
- 2 Résultats de l'étude
- 3 Conclusions et Perspectives

Présentation de l'étude

Un aperçu global

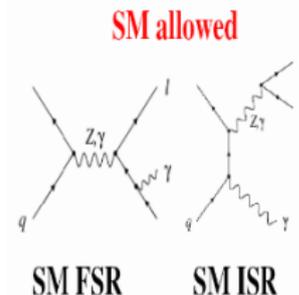
- De nos jours, la génération de processus physiques impliquent de plus en plus :
 - ME** la génération d'un « évènement dur » avec un générateur à élément de matrice (ALPGEN(1), MadGraph(3) ...)
 - PS** la fragmentation et l'hadronisation à l'aide d'un algorithme de gerbe partonique (PYTHIA(2), Herwig ...)
- Le problème de double comptage entre les **jets** traités par les générateurs ME & PS est géré par des sélections d'« appariement QCD » faites au niveau « particule » (après création de la gerbe partonique)).
- Le problème du double comptage des **photons** lors de l'application de générateurs successifs, n'as pas encore été implémenté, → « même technique » pour les **photons** que pour les **jets** .

But : Sélectionner les photons des générateurs de type ME ou PS dans l'espace de phase cinématique où ils sont les plus pertinents tout en évitant le double comptage.

Notre canal d'essai : $Z \rightarrow \mu\mu + \gamma$, son intérêt au LHC :

Utilisation des « *bremstrahlungs internes* » pour permettre de faire les mesures suivantes à partir des données réelles :

- Efficacité des processus de déclenchement sur les photons
- Détermination de l'échelle d'énergie des photons
- Détermination de l'efficacité d'identification des photons
- Détermination des corrections en énergies pour les photons
- Intervalle pertinent pour E_T : 5 – 200 GeV (calibration en énergie d'**ECAL** entre l'énergie des π_0 et celle des γ du boson de Higgs).



Présentation de l'étude

Plus de détails sur notre étude

Nous étudions la simulation du canal à travers deux procédés différents de génération :

- Le premier procédé utilise dans un premier temps le générateur `ALPGEN` dans le canal inclusif $Z \rightarrow \mu\mu$ et ensuite le générateur `PYTHIA` pour permettre une gerbe partonique. L'échantillon obtenu par ce processus sera appelé Z_0 car il s'agit de la désintégration d'un Z qui ne comporte pas explicitement de γ dans l'événement dur.

Présentation de l'étude

Plus de détails sur notre étude

Nous étudions la simulation du canal à travers deux procédés différents de génération :

- Le premier procédé utilise dans un premier temps le générateur `ALPGEN` dans le canal inclusif $Z \rightarrow \mu\mu$ et ensuite le générateur `PYTHIA` pour permettre une gerbe partonique. L'échantillon obtenu par ce processus sera appelé Z_0 car il s'agit de la désintégration d'un Z qui ne comporte pas explicitement de γ dans l'événement dur.
- L'autre procédé utilise `ALPGEN` pour générer explicitement le processus $Z \rightarrow \mu\mu + \gamma$ (ISR/FSR éteint lors du passage ultérieur dans `PYTHIA`). Cet échantillon sera appelé Z_1 car le générateur `ALPGEN` force la création d'un γ par élément de matrice.

Présentation de l'étude

Plus de détails sur notre étude

Nous étudions la simulation du canal à travers deux procédés différents de génération :

- Le premier procédé utilise dans un premier temps le générateur `ALPGEN` dans le canal inclusif $Z \rightarrow \mu\mu$ et ensuite le générateur `PYTHIA` pour permettre une gerbe partonique. L'échantillon obtenu par ce processus sera appelé Z_0 car il s'agit de la désintégration d'un Z qui ne comporte pas explicitement de γ dans l'événement dur.
- L'autre procédé utilise `ALPGEN` pour générer explicitement le processus $Z \rightarrow \mu\mu + \gamma$ (ISR/FSR éteint lors du passage ultérieur dans `PYTHIA`). Cet échantillon sera appelé Z_1 car le générateur `ALPGEN` force la création d'un γ par élément de matrice.

Dans les deux procédés, donc, nous utiliserons `PYTHIA` et `ALPGEN` mais en forçant la création d'un photon (ou pas) par générateur à élément de matrice. L'événement sous jacent et l'hadronisation sont supprimés afin de se limiter à l'observation déconvoluée des photons ME et PS.

But de cette étude

- Déterminer l'espace de phase des observables où les descriptions ME/PS diffèrent : $\Delta_R(\gamma, \mu)$ et γ_{PT}
- Déterminer les zones d'accord entre les descriptions PS/ME afin de définir une région où un « cutoff » pourra être choisi
- Vérifier si ces intervalles sont robustes sous le procédé de veto « anti-double-comptage » qui va être décrit en étudiant la stabilité de :
 - La section efficace totale en utilisant : $\sigma_f = \sigma_i \times \frac{N_{final}}{N_{generated}}$
 - Les allures des courbes combinées ($Z_0 + Z_1$) après l'application du veto, afin de vérifier leurs insensibilités aux coupures.
- Si tout cela est correct, sélectionner un « cutoff » – au niveau générateur – aussi élevé que possible pour améliorer l'efficacité de génération.

Présentation de l'étude

Paramètres des échantillons

Échantillons de références

Générés pour chacun des deux procédés de génération (Z0 & Z1) avec les coupures lâches suivantes :

$$PT_{\mu} > 15\text{GeV}$$

$$\eta < 3.0$$

$$\Delta_R(\mu\gamma) > 0.05$$

$$PT_{\gamma} > 1\text{GeV}$$

$$\eta_{\gamma} < 3.0 \text{ (pour Z1 seulement)}$$

$$M_{\mu\mu} 20\text{GeV} < M_{\mu\mu} < 150\text{GeV}$$

Par ailleurs nous utilisons les paramètres suivants :

- Le « Parton Shower » est effectué avec PYTHIA 6.408
- Dans chaque événement on n'affiche que le γ de plus haut PT ayant $\Delta_R > 0.05$ & $PT_{\mu\mu} > 1\text{GeV}$ & $|\eta| < 3.0$
- Les deux échantillons sont normalisés à l'unité.

Paramètres de génération

$$M_{(W)} = 80.419, \Gamma_{(W)} = 2.4807653,$$

$$M_{(Z)} = 91.188, \Gamma_{(Z)} = 2.44194427,$$

$$M_{(H)} = 120, \Gamma_{(H)} = 0, g_W = 0.65323291,$$

$$\sin^2(\theta_W) = 0.222246533,$$

$$\frac{1}{\alpha_{em} \times (M_Z)} = 132.50698, m_t = 174.3,$$

$$m_b = 4.7, PDFset = CTEQ5L,$$

$$\alpha_s(M_Z)[n_{loop} = 1] = 0.127003172$$

Pourcentages d'événements résistants à ces coupures

$$Z \rightarrow \mu\mu \text{ Z0 : } \simeq 52K/500K \simeq 11\% \text{ avec } \gamma \text{ provenant de PYTHIA PS}$$

$$Z \rightarrow \mu\mu + \gamma \text{ Z1 : } \simeq 50K/52K \simeq 96\% \text{ avec } \gamma \text{ provenant de ALPGEN ME}$$

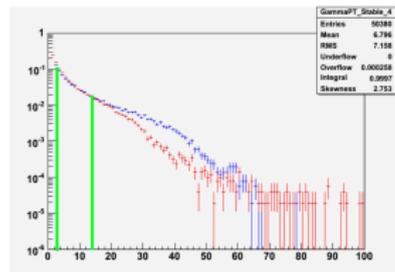
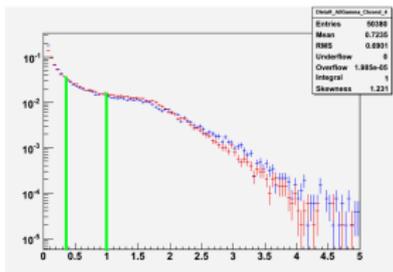
Plan

- 1 Présentation de l'étude
- 2 Résultats de l'étude
- 3 Conclusions et Perspectives

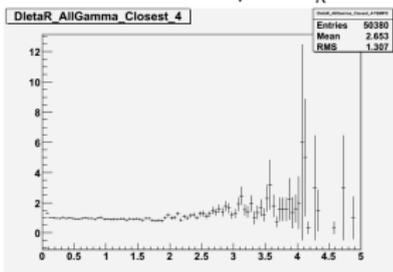
Résultats de l'étude

Premiers résultats : zone de stabilité et choix des points de tests de la robustesse

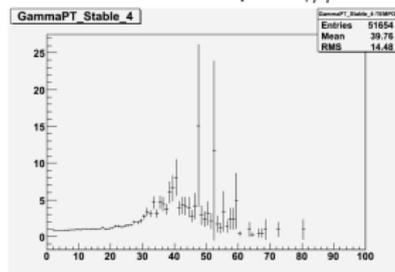
I/VIII



Points d'étude pour Δ_R



Points d'étude pour γ_{PT}



PYTHIA PS / ALPGEN ME (Δ_R)

PYTHIA PS / ALPGEN ME (γ_{PT})

Zone d'accord entre les descriptions :

$$\Delta_R : 0.15 < \Delta_R(\gamma_{closest}, \mu) < 1.8$$

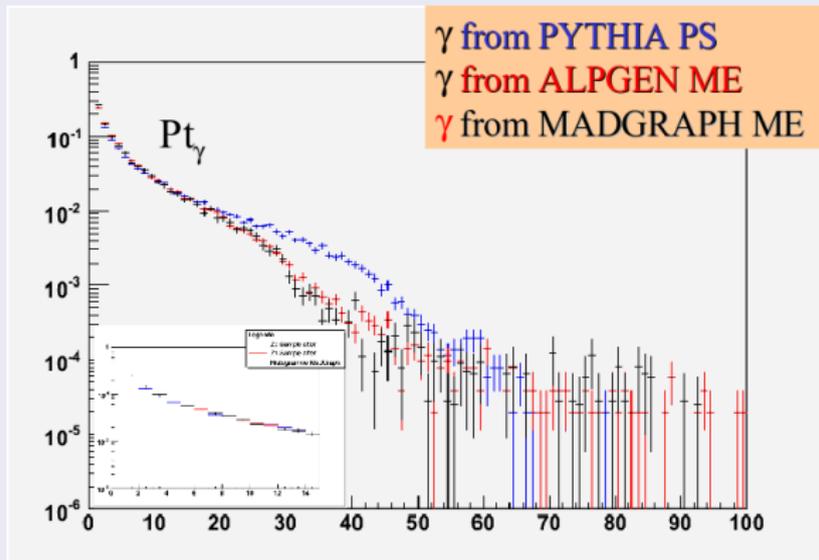
$$\gamma_{PT} : 1 < \gamma_{PT} < 16 \text{ GeV}$$

Résultats de l'étude

Vérification de la validité de notre canal dans ALPGEN

II/VIII

Vérification de la forme de la courbe des γ_{PT} par le générateur MadGraph



Les paramètres appliqués pour MadGraph sont les mêmes que précédemment. Nous avons, un accord important entre les deux générateurs à éléments de matrices.

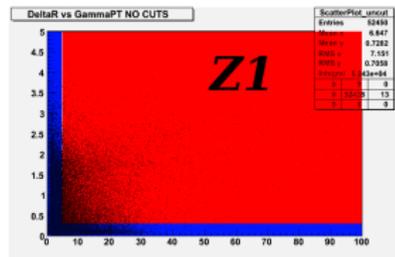
Résultats de l'étude

Véto anti-double-comptage et stratégie pour les tests de robustesse

Procédé de véto utilisé (préconisé par l'équipe ALPGEN) :

- Z₀** **conservation** uniquement des évènements n'ayant aucun γ avec $\Delta_R > \Delta_R \text{ Cut}$ et $\gamma_{PT} > \gamma_{PT} \text{ Cut}$ et $\eta_\gamma > \eta_\gamma \text{ Cut}$
- Z₁** **conservation** uniquement des évènements ayant au moins un γ avec $\Delta_R > \Delta_R \text{ Cut}$ et $\gamma_{PT} > \gamma_{PT} \text{ Cut}$ et $\eta_\gamma > \eta_\gamma \text{ Cut}$

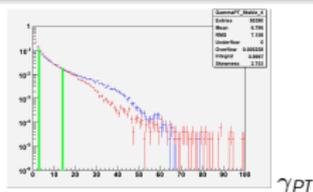
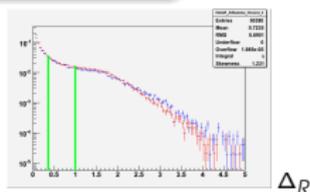
Nous regardons ensuite la section efficace totale et la forme de la distribution combinée (**Z₀** + **Z₁**) pour les variables Δ_R et γ_{PT} pour les évènements survivant au véto.



Stratégie pour les tests de robustesse :

Choix de 4 points de coupures dans l'espace de phases (Δ_R , γ_{PT}). Générations des 4 échantillons Z1 dédiés. On applique le procédé de véto sur les échantillons Z0 et Z1 correspondant.

Échantillon	Δ_R Cut	γ_{PT} Cut	η_γ Cut
Point A	0.35	3 GeV	2.7
Point B	0.35	14 GeV	2.7
Point C	1.00	3 GeV	2.7
Point D	1.00	14 GeV	2.7

 γ_{PT}  Δ_R

Les valeurs limitantes lors de la génération sont choisies plus lâches que celles au niveau des « coupures » afin de s'affranchir des biais de bord (valable pour Z1 seulement).

Résultats de l'étude

Résultats obtenus après les coupures : sections efficaces

IV/VIII

Point	Z ₀	Z ₁
A	3.832 %	28.2 %
B	1.214 %	29.5 %
C	2.067 %	37.1 %
D	0.684 %	36.0 %

Évènements comptés deux fois

Point	$\sigma_{Tot} = \sigma_{Z0_f} + \sigma_{Z1_f}$
A	983.094 ± 0.542 fb
B	985.746 ± 0.517 fb
C	986.326 ± 0.526 fb
D	988.213 ± 0.514 fb

Tableau des sections efficaces TOTALES
selon les points d'études

Point	σ_{Z0_i}	σ_{Z0_f} (veto only)
A	991.402 ± 0.514 fb	953.411 ± 0.494 fb
B	991.402 ± 0.514 fb	979.365 ± 0.508 fb
C	991.402 ± 0.514 fb	970.905 ± 0.503 fb
D	991.402 ± 0.514 fb	984.619 ± 0.510 fb

Tableau des sections efficaces selon les échantillons Z0

Point	σ_{Z1_i}	σ_{Z1_f}
A	41.34 ± 0.067 fb	29.683 ± 0.048 fb
B	9.056 ± 0.013 fb	6.381 ± 0.009 fb
C	24.51 ± 0.037 fb	15.421 ± 0.023 fb
D	5.619 ± 0.006 fb	3.594 ± 0.004 fb

Tableau des sections efficaces selon les échantillons Z1

Remarque : conservation de la section efficace

On voit que les sections efficaces finales restent compatibles ($\approx 5^0/_{00}$) malgré une légère augmentation selon les points d'études.

$\sigma_{Z0_i/Z1_i}$ = section efficace de génération Z0 / Z1.

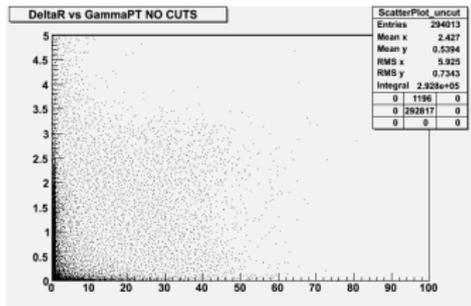
$$\sigma_{Z0_f/Z1_f} = \sigma_{Z0_i/Z1_i} \times \frac{N_{total} - N_{veto}}{N_{total}}$$

Pour Z1, le haut pourcentage de coupures provient de la différence entre le niveau « généré » et « matché » (c'est à dire le niveau où l'on applique les coupures de sélection).

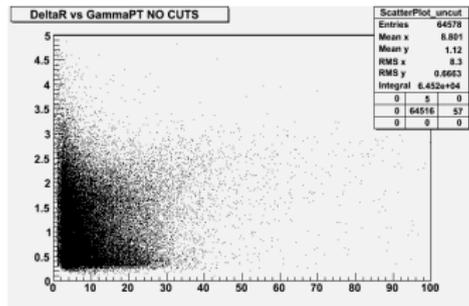
Résultats de l'étude

Indépendance des variables étudiées

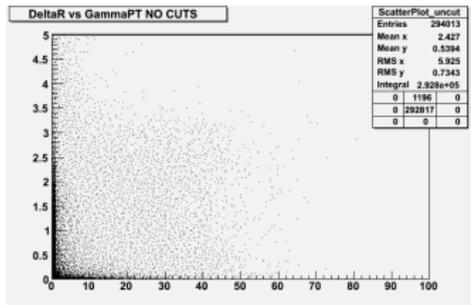
V/VIII



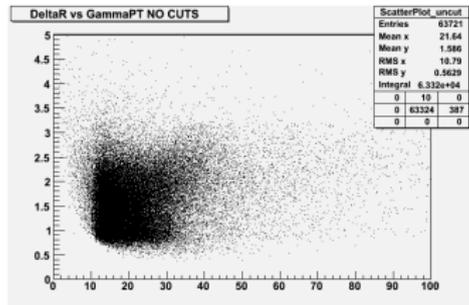
Échantillon Z0 Point A



Échantillon Z1 Point A



Échantillon Z0 Point D

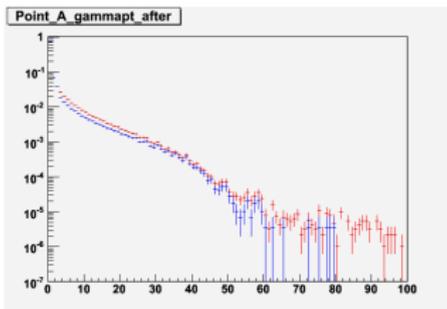


Échantillon Z1 Point D

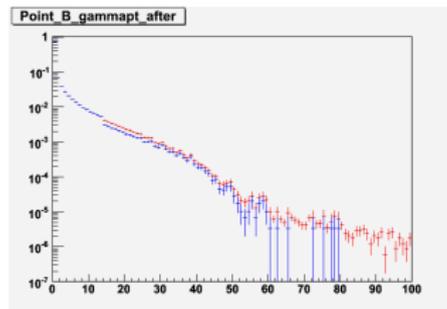
Résultats de l'étude

Formes des courbes pour les variables γ_{PT} selon Z0 et Z1

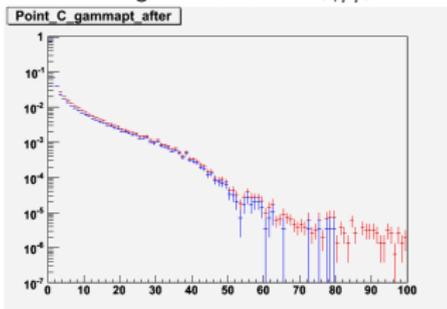
VI/VIII



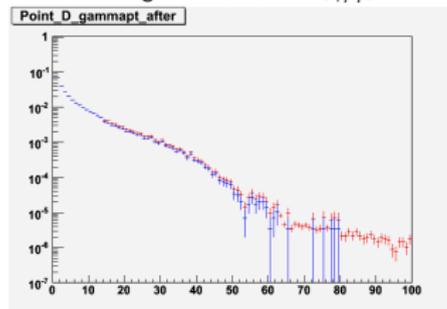
Histogramme Point-A (γ_{PT})



Histogramme Point-B (γ_{PT})



Histogramme Point-C (γ_{PT})

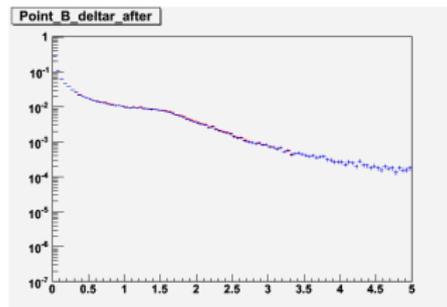
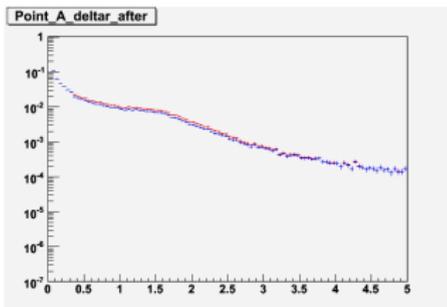


Histogramme Point-D (γ_{PT})

Résultats de l'étude

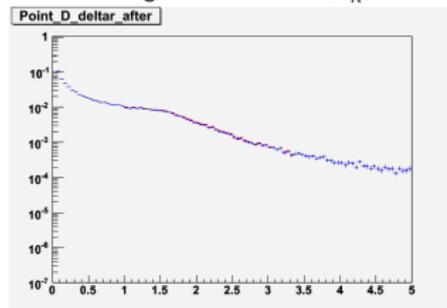
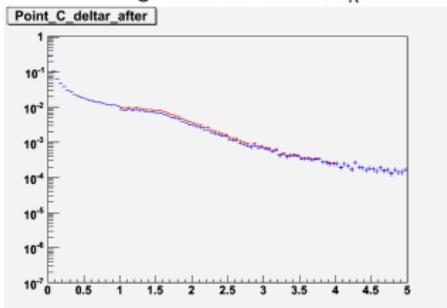
Formes des courbes pour les variables Δ_R selon Z0 et Z1

VII/VIII



Histogramme Point-A (Δ_R)

Histogramme Point-B (Δ_R)

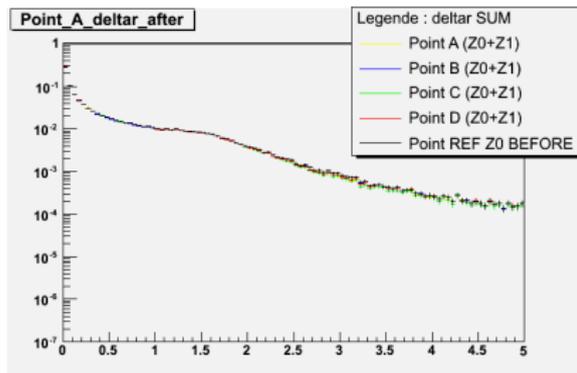


Histogramme Point-C (Δ_R)

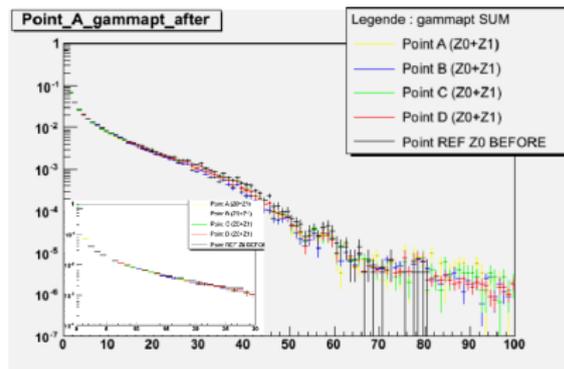
Histogramme Point-D (Δ_R)

Résultats de l'étude

Tests de la robustesse : formes des courbes pour γ_{PT} & Δ_R



Histogramme comparaison des allures (Δ_R)



Histogramme comparaison des allures (γ_{PT})

Formes des courbes γ_{PT} & Δ_R

- les courbes pour chaque point d'étude sont très similaires (notamment pour Δ_R) → le véto peut se baser sur la seule variable γ_{PT} .
- dans la zone de stabilité de γ_{PT} , on observe une meilleure corrélation entre les échantillons A → D entre eux qu'entre un de ces échantillon et le REF.

Remarque : La courbe REF utilisée ici contient uniquement des photons provenant de PYTHIA PS seul avant application d'un véto.

Plan

- 1 Présentation de l'étude
- 2 Résultats de l'étude
- 3 Conclusions et Perspectives

Conclusions

Aujourd'hui nous avons pratiquement fini cette étude car les étapes suivantes ont été effectuées :

- 1 Déterminer l'espace de phase des observables où les descriptions ME/PS diffèrent.
- 2 Déterminer la zone de validité où l'on peut choisir le « cutoff ».
- 3 Vérifier si la zone sélectionnée est robuste.
- 4 Décider de la coupure finale à mettre pour maximiser l'efficacité de génération

Conclusions

Aujourd'hui nous avons pratiquement fini cette étude car les étapes suivantes ont été effectuées :

- 1 Déterminer l'espace de phase des observables où les descriptions ME/PS diffèrent. Δ_R et γ_{PT} OK
- 2 Déterminer la zone de validité où l'on peut choisir le « cutoff ». OK
- 3 Vérifier si la zone sélectionnée est robuste. OK
- 4 Décider de la coupure finale à mettre pour maximiser l'efficacité de génération Imminent

Conclusions :

- **Investigation de la différence** de caractère inattendue dans la distribution de la pt du photon selon le type de générateur utilisé (PS vs ME) (Cross-Check avec MadGraph en accord avec ALPGEN)
- **Ordre de grandeur du double-comptage** : 0.7 – 4% des événements dans la zone d'accord. Besoin du véto pour aboutir à un double-comptage inférieur à 0.5% dans les zones proches de l'extérieur de la zone d'accord.
- **Stabilité de la section efficace après véto** : section efficace stable à l'intérieur de $\approx 5^0/00$ avec une légère tendance à augmenter.
- **Stabilité de la forme après véto (Δ_R)** : la quasi absence de différence pour la variable Δ_R conduit à une utilisation possible, du seul γ_{PT} pour le véto.
- **Stabilité de la forme après véto (γ_{PT})** : les spectres pour chaque point d'étude sont compatibles (limites des erreurs statistiques). Il existe toutefois une différence marquée entre le spectre des photons PS seuls avant véto et ceux des points d'études.

Perspectives

- **Extension à d'autres ordres de photons explicites** : $Z + 2\gamma$, $Z + 3\gamma$, ...
- **Extension à d'autres canaux potentiellement affectés par le double comptage** : $m\gamma + njets$, $W + n\gamma + mjets$, ...
- **Mise en œuvre dans ALPGEN de l'appariement EM PS/ME (en discussion avec les auteurs d'ALPGEN)**

Remerciement : Nous voudrions remercier toute l'équipe d'**ALPGEN** qui nous as notamment inclus le canal $Z + \gamma$ (version privée 2.11) et nous prévoit l'inclusion PS/ME dans une future version d'ALPGEN.

Fin de la présentation . . .

Backup slides

Présentation de l'étude

Les outils de générations dans les études Z_0 & Z_1

- **PYTHIA** : générateur d'évènement utilisé actuellement pour l'hadronisation et la simulation de la fragmentation.
- **ALPGEN** : un générateur au niveau élément de matrice, utilisé pour simuler des évènements complexes au premier ordre (LO) (*particulièrement dans les canaux multi-partons durs*)

Nous essayons de trouver leurs régions de validités en sachant que **PYTHIA** est pensé être plus performant à bas PT et Δ_R et que **ALPGEN** à des problèmes pour simuler les évènements à très faible PT .

Dans cette étude nous avons effectués les choix suivants :

- nous avons décidé de ne simuler ni l'hadronisation ni la fragmentation pour les deux études (Z_0 & Z_1),
- nous avons décidé de ne pas autoriser les ISR & FSR dans les évènements Z_1 .

Détails sur l'étude

Résultats intermédiaires

Échantillon	σ_{Z_0}	σ_{Z_0} (veto only)	σ_{Z_0}
Point A	991.402 ± 0.514 fb	953.411 ± 0.494 fb	562.666 ± 0.292 fb
Point B	991.402 ± 0.514 fb	979.365 ± 0.508 fb	588.620 ± 0.305 fb
Point C	991.402 ± 0.514 fb	970.905 ± 0.503 fb	580.160 ± 0.301 fb
Point D	991.402 ± 0.514 fb	984.619 ± 0.510 fb	593.874 ± 0.308 fb

Tableau des sections efficaces selon les Échantillons Z0

Échantillon	Z_0	Z_1
Point A	3.832 %	28.2 %
Point B	1.214 %	29.5 %
Point C	2.067 %	37.1 %
Point D	0.684 %	36.0 %

Pourcentages des événements comptés
deux fois selon les points d'études

Échantillon	σ_{Z_1}	σ_{Z_1}
Point A	41.34 ± 0.067 fb	29.683 ± 0.048 fb
Point B	9.056 ± 0.013 fb	6.381 ± 0.009 fb
Point C	24.51 ± 0.037 fb	15.421 ± 0.023 fb
Point D	5.619 ± 0.006 fb	3.594 ± 0.004 fb
Point REF	97.43 ± 0.210 fb	89.878 ± 0.202 fb

Tableau des sections efficaces selon les échantillons Z1

The Δ_R cut to be free of double-counting is significantly higher than that used in our study → Cannot live
w/o matching

Bibliographie



L. Michaelangelo, L. Mangano, M. Moretti, R. Pittau, A. Polosa *ALPGEN TEAM*.

JHEP 0307 :001, 2003 ALPGEN, a generator for hard multiparton processes in hadronic collisions

<http://mlm.home.cern.ch/mlm/alpgen>



T. Sjöstrand, S. Mrenna, P. Skands *THE PYTHIA TEAM*.

JHEP 05 :026, 2006 PYTHIA 6.4 physics and manual

<http://project.hepforge.org/pythia6>



J. Alwall, P. Demin, S. de Vissher, R. Frederix, M. Herquet, F. Maltoni, T. Stelzer *MadGraph TEAM*.

JHEP 0709 :028, 2007 MadGraph, MadEvent v4 : The New Web Generation

<http://madgraph.hep.uiuc.edu/index.html>