



Le TDR et la Prospective de Physique dans CMS



TDR de Physique de CMS ... fin 2005

Principaux objectifs:

- Développement des outils de reconstruction et d'analyse et d'une stratégie détaillée (e.g. calibration, poids statistique de événements, etc.) pour quelques canaux sur le chemin critique de CMS, e.g. $H \rightarrow \gamma\gamma, \mu\mu, \tau\tau, ZZ^*, WW^* \dots$)
- Favoriser l'émergence de sous-groupes de CMS susceptibles de préparer ou garantir à moyen ou long terme une couverture des principaux canaux de mesures ou de découvertes
- Rendre CMS plus attractif vue de l'intérieur (e.g. CERN fellows, phénoménologistes, ...) et de l'extérieur (LHC Workshops, rattraper ATLAS sur nombre de sujets ..., attirer et conserver les post-docs, ...)

Montée en puissance pour la prospective de physique essentielle dès 2004 !!!

Planning à moyen et long terme $\Rightarrow$

- « seniors » + post-docs (nouveaux postes) + thésards
e.g. recrutement dans les groupes CMS en France sur postes permanents de jeunes post-docs en provenance H1, ZEUS, D0, CDF ...



Analyse Détaillée: e.g. $H \rightarrow \gamma \gamma$, $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4e$



Stratégie actuelle de CMS e.g. $H \rightarrow \gamma \gamma$

- **Approche intégrée globale:**

- o figer l'ensemble des paramètres de la mesure (e.g. clustering simple, coupures fixes) en « absorbant » les défauts (leakage, collection partielle de l'énergie, etc.)
- o procédure de calibration relative et absolue in situ basée (presqu') exclusivement sur des données réelles ($Z \rightarrow ee$, $W \rightarrow e\nu$, symétrie azymutale, ...) $\Leftrightarrow$ vise à dépendre aussi peu que possible du Monte Carlo (i.e. d'une connaissance *a priori* détaillée du détecteur)

Difficultés techniques diverses: e.g. inter-calibration relative et absolue

Limitations des performances pour la physique?: e.g. combinaisons likelihoods ...

Nécessité d'une approche complémentaire e.g. $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4e$

- Ré-évaluer la stratégie de mesure du quadri-vecteur de l'e incident (Bremsstrahlung recovery, constant fraction of energy collection?, E-P combinations, etc.) + e ID. etc.
- Développer une méthode complète intégrant des poids statistiques (cinématique et mesure des événements) événement par événement (likelihood combinations)

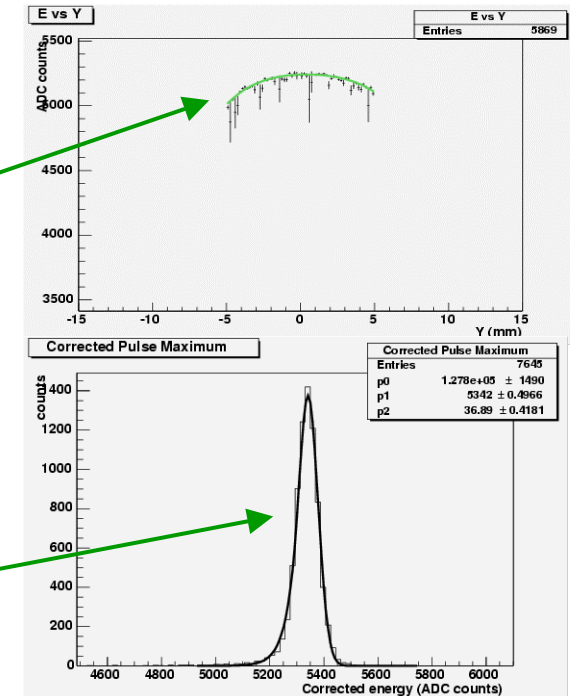


Calibration $W \rightarrow e \nu$: oui mais comment ?

e.g. C. Seez, CPT week May 2004



- En faisceau test:
 - » 10^3 électrons par cristal
 - On regarde un cristal à la fois
 - Lissage de l'énergie vs. point d'impact
 - en deux dimensions séparément
 - On détermine la position du maximum de réponse ... facteur de correction vs. position
 - suffisant pour une zone centrale de $7 \times 7 \text{ mm}^2$ (i.e. $\sim 10\%$ de la surface d'un cristal)
 - Lissage de l'énergie corrigée

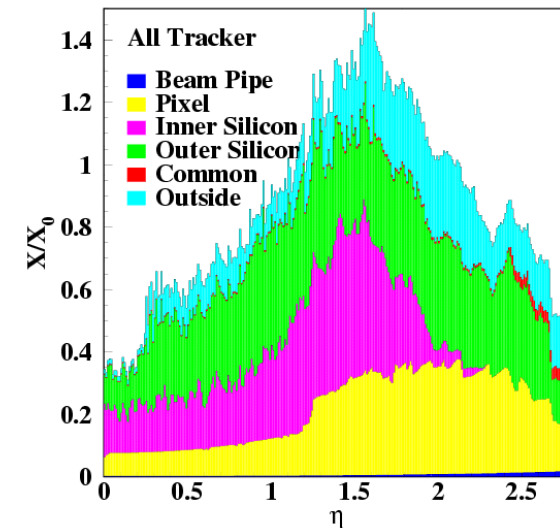
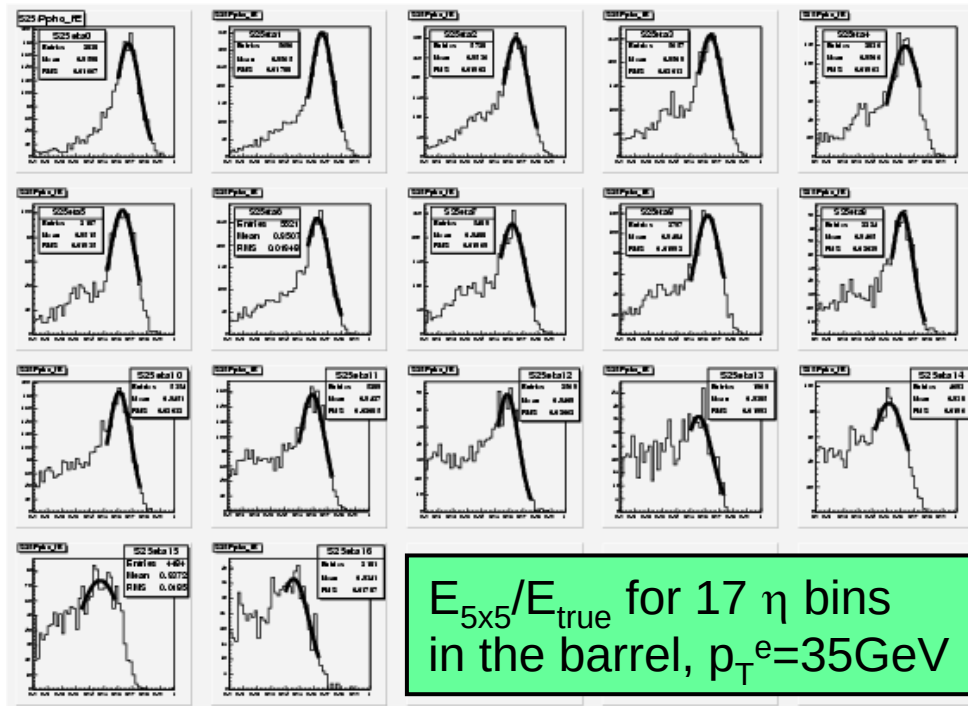


Plots from Alessio Ghezzi
(WACH4, Milan, Mar 2004)

- In situ:
 - On devra travailler avec 10 à 10^2 électrons par cristal
 - On doit donc résoudre le problème de la “mesure d'énergie vs. le point d'impact” en reconstruisant toute la gerbe
 - Il faut déterminer les constantes de calibration sur plusieurs cristaux
 - Il faut développer des techniques itératives



Radiations dans le matériel du trajectomètre



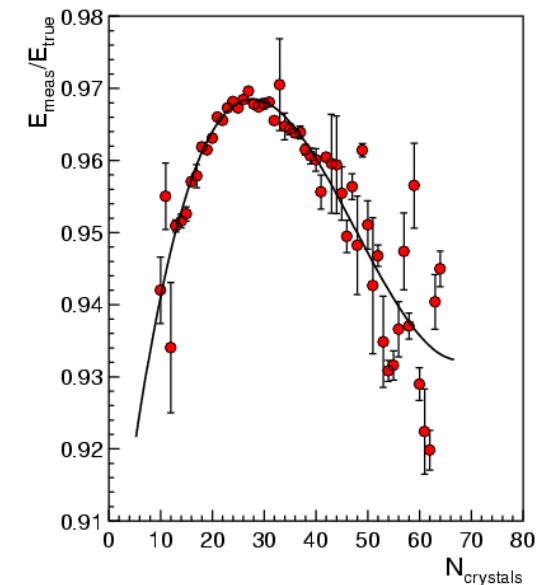
- La queue de $E_{\text{meas}}/E_{\text{true}}$ varie avec le matériel du trajectomètre
- $P_{\text{meas}}/P_{\text{true}}$ dépend aussi du Bremms et du matériel dans le trajectomètre
 - Aim is to inter-calibrate in small regions where tracker material is $\sim$ constant
 - Then inter-calibrate these regions with each other using very tight selection which largely excludes brem
- There are other η -dependent effects, besides bremsstrahlung



L'échelle d'énergie et les algorithmes de clustering [1]



- Les algorithmes de clustering ne collectent **pas** 100% de l'énergie déposée dans le ECAL
 - Once enough energy is collected to reduce sampling fluctuations, there is no special benefit in collecting more... (“enough” $\geq \sim 90\%$)
 - Most important: collect a constant fraction!
 - Spatial uniformity
 - Energy linearity
- “Energy scale” correction needed for Monte-Carlo data
- Variation of the fraction of energy contained (for whatever reason) can be corrected at the same time
 - Electron super-clustering algorithms corrected by $f(N_{\text{cry}})$ — compensate for brems loss
 - Recent studies show current corrections only valid for a very limited energy

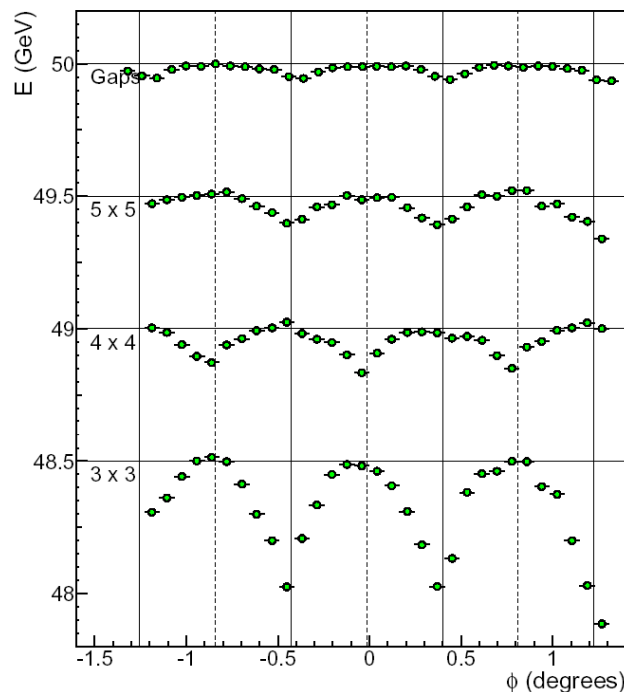




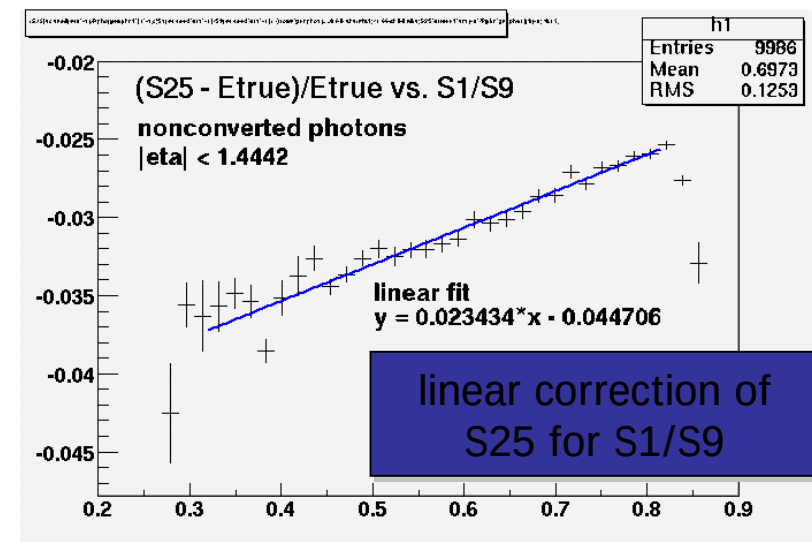
L'échelle d'énergie et les algorithmes de clustering [2]



- Unconverted photon 5x5 clusters can be corrected for lateral containment variation as $f(\Sigma 1/\Sigma 9)$
 - $\Sigma 1/\Sigma 9$ measures the impact position w/r to the crystal centre



MC containment study (1998)
(arbitrary vertical axis)



Example from J. Branson et al
in $H \rightarrow \gamma\gamma$ analysis

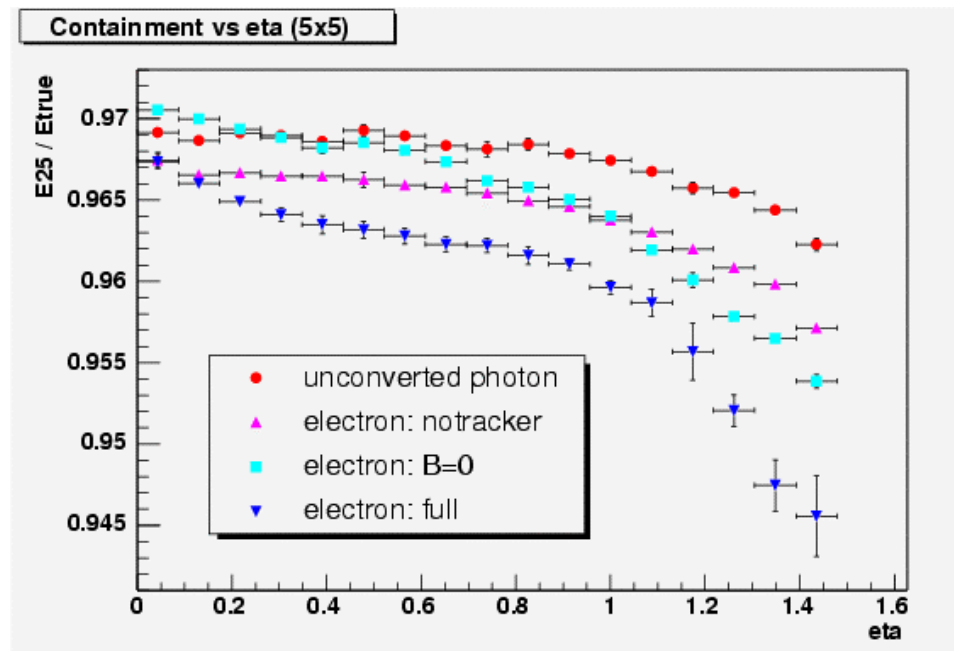
- No current implementation in ElectronPhoton



Dépendance en η



- The large variation of e response versus η due to variation of thickness of tracker material is not the ONLY η -dependence in the barrel



Study of Maiko Takahashi

“Umbrella effect” mentioned by
Alain Givernaud, Elizabeth Locci et al
(see CMS TN1995/151)

- Conclusion: global inter-calibration depends on particle type and reconstruction algorithm
 - Or: push these corrections into the reconstruction algorithms

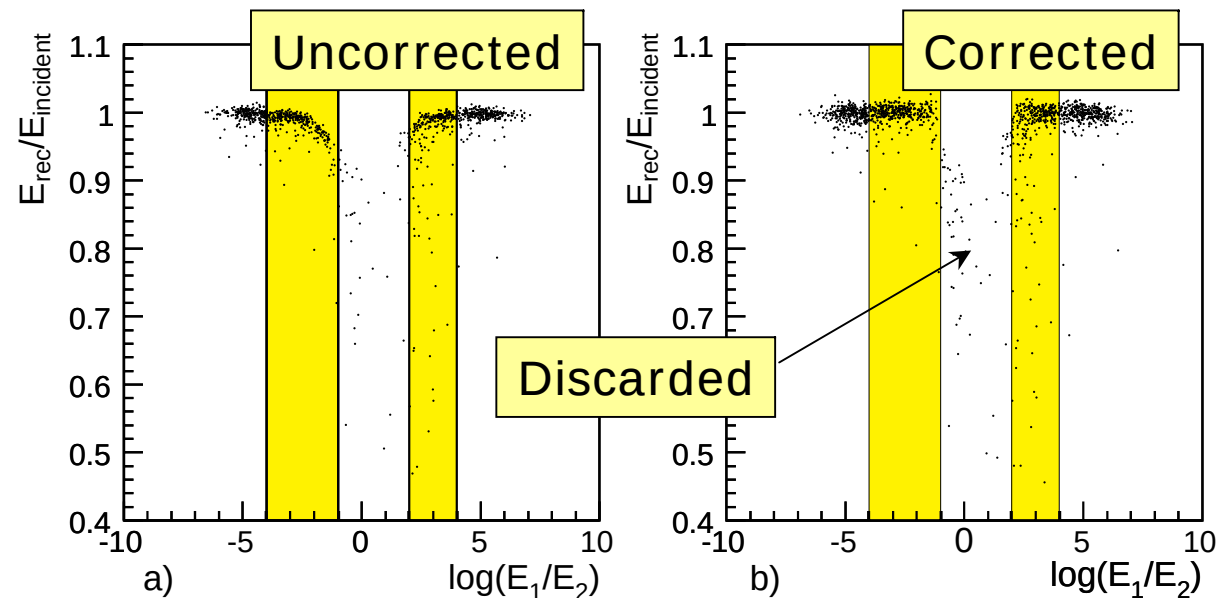


Energie des Photons en Bords de Modules



- Pertes d'énergie pour les gerbes traversant les bords de modules;
- La perte d'énergie peut être corrigée en fonction de $\ln(E_{\text{one side}}/E_{\text{other side}})$ **Daponte, Givernaud, Locci CMS Note-1997/087.**
- Correction déjà appliquée pour les études du ECAL TDR (outils implémentées dans ElectronPhoton de ORCA)

ECAL TDR:

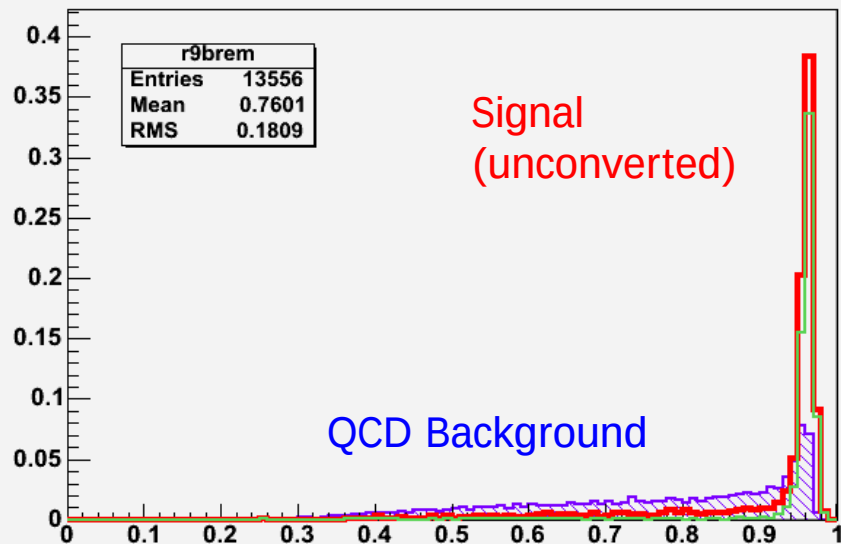




Event-by-event likelihoods



r9 for qcd bkg

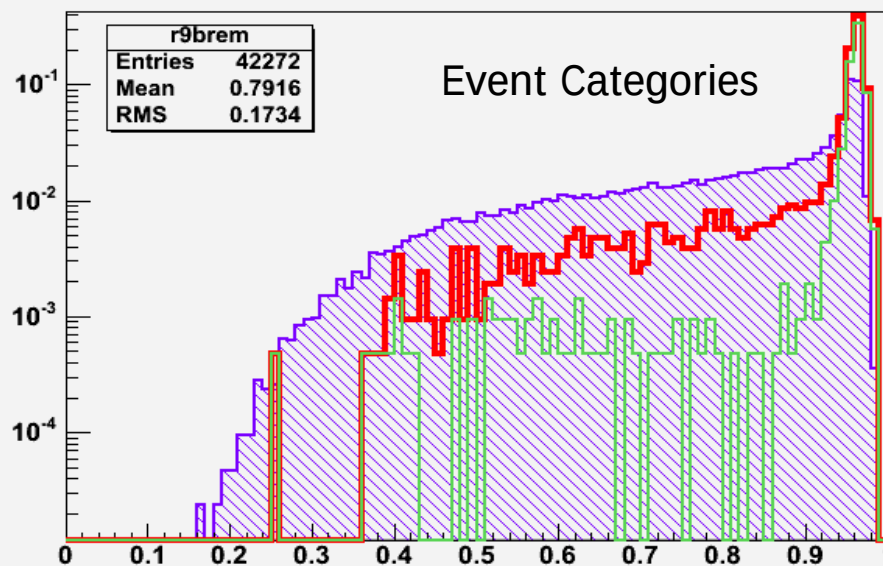


Selection des événements avec photon non-convertie ou convertie plus ou moins tôt (étalement du dépôt d'énergie, pouvoir de discrimination du bruit QCD, ...):

Analyse $H \rightarrow \gamma \gamma$

USCD / Caltech

r9 for brem bkg



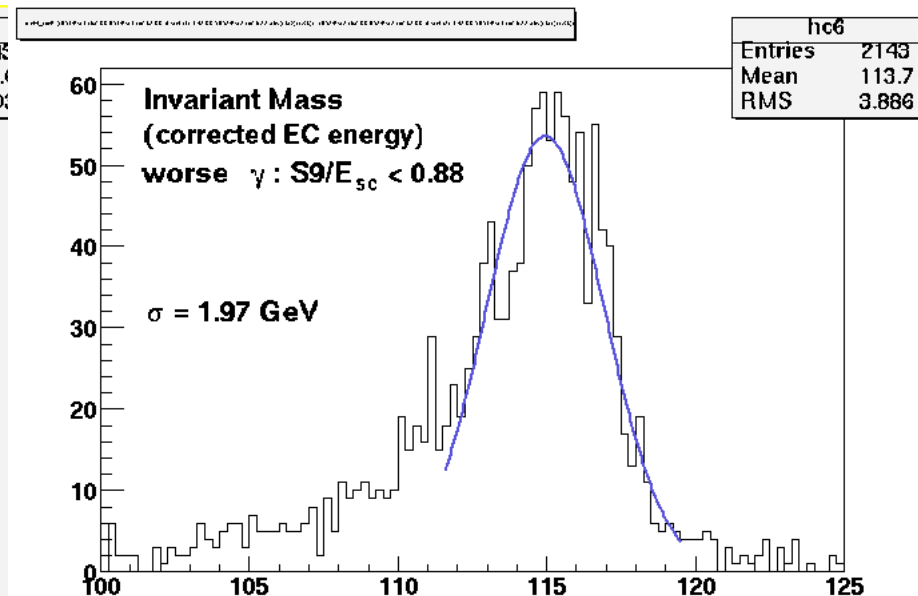
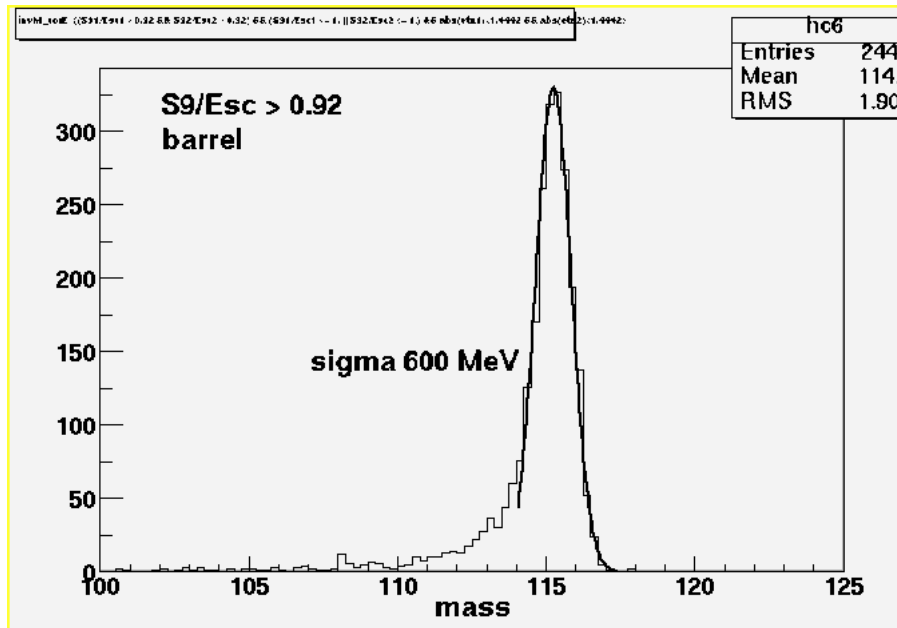
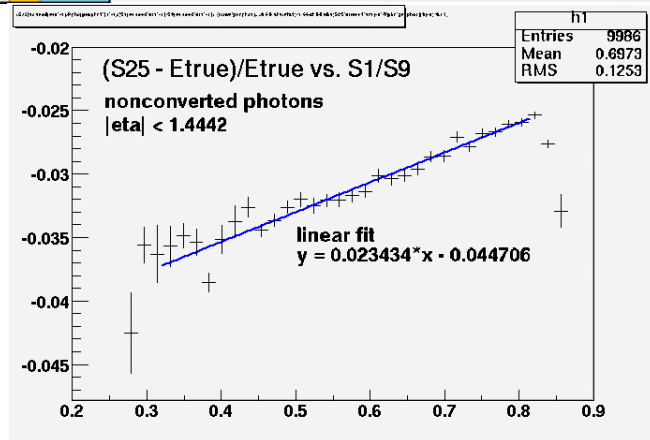


Event-by-event likelihoods

J. Branson, UCSD Caltech

« Gain a factor 2 (conservative) to 5 (actual simulations) in luminosity reduction for a 5σ discovery ...
i.e. $< 10 \text{ fb}^{-1}$ instead of 20 to 40 fb^{-1} » !!!

CPT Week May 2004





Track finding efficiency

- specific algorithm development
- track parameter optimization

e ID

- track-cluster matching
- resolving ambiguities
- shower profile

Isolation

- Ecal, Tracker, Hcal and Combined isolation
- underlying events ...

Internal Bremsstrahlung recovery

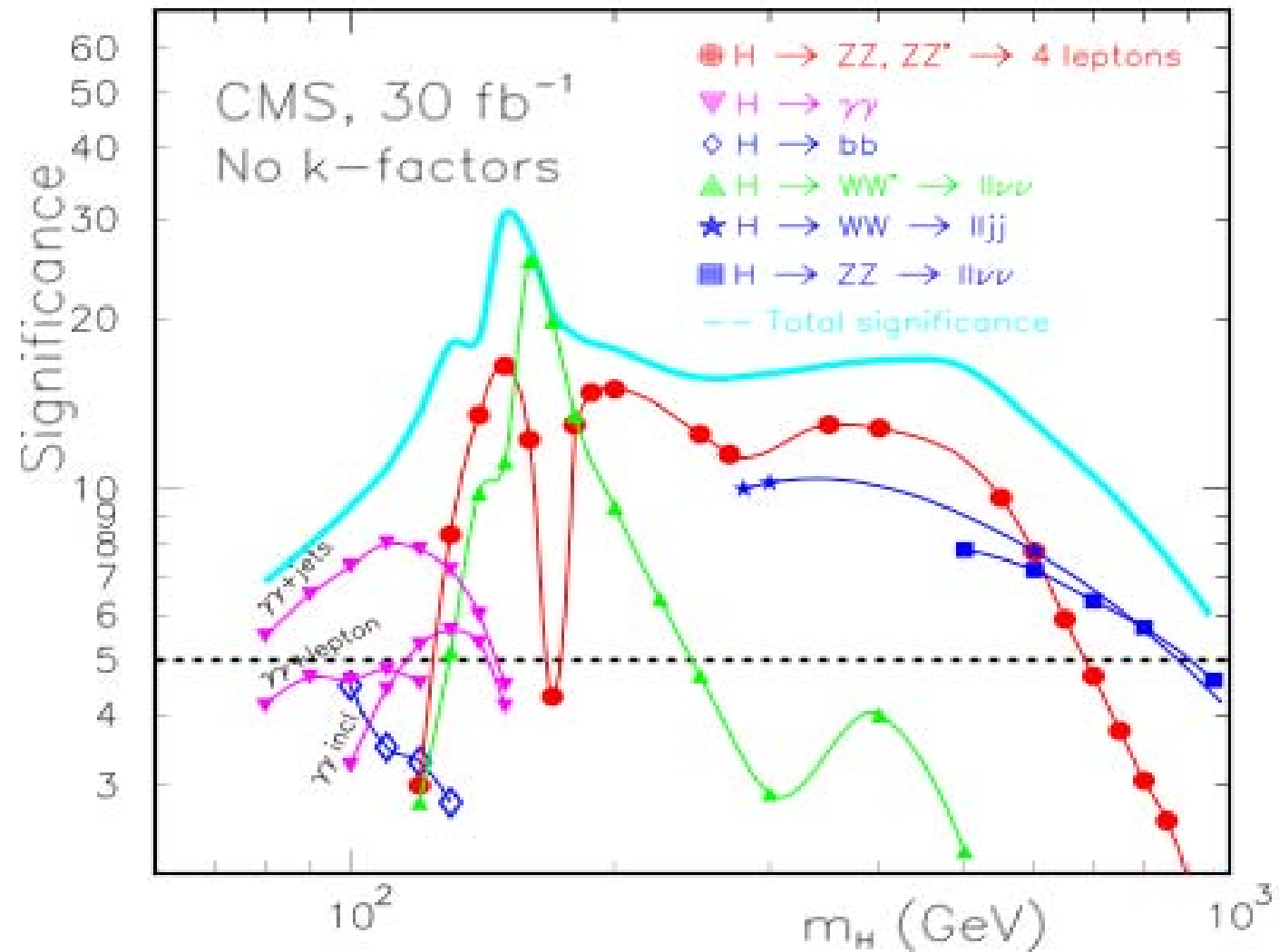
Energy-momentum estimation

- Ecal E estimation
- Tracker P estimation
- Combination E-P



Search for Single Higgs Boson Production in $H \rightarrow ZZ^*$ and WW^* with final state leptons

LLR Palaiseau - FESB Split





Search for Single Higgs Boson Production in $H \rightarrow ZZ^*$ and WW^* with final state leptons



LLR Palaiseau - FESB Split

**S. Bimbot*, P. Busson, C. Charlot, F. Ferri*,
N. Godinovitch, P. Paganini, I. Puljak, C. Rovelli*, Y. Sirois**

Goal: perform a complete prospective analysis to optimize the Higgs boson discovery potential and measurements in the channels $pp \rightarrow H + X \rightarrow ZZ^*$ or $WW^* + X$ in event topologies containing at least two high $P_\perp$ leptons

Profit some specific expertise of the LLR-CMS group:

- Ecal detector and CMS triggering system, e reconstruction and identification, data reduction, etc.

Extend from previous LLR-SPLIT work on prospective for the Higgs boson:

- $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4e$
 - I. Puljak (LLR, supervisor C. Charlot); ... first detailed study of discovery potential
 - N. Godinovitch (Split, supervisor I. Puljak), ... measuring Higgs Spin and CP

Connect with LLR activities (C. Collard, Ph. Miné et al.) on Extra-Dimension Searches:

- Common focusing/expertise on event topologies containing at least two (very) high $P_\perp$ leptons (possibility to extend to $G \rightarrow l^+l^-, ZZ^*, \dots$)



Thèses en cours au LLR



- **$H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4e$** S. Bimbot (LLR, supervisor P. Paganini)
 - ▶ **e reconstruction in the Ecal** (clustering, Bremmstrahlung recovery, ...)
 - ▶ **lowest possible $P_{\perp}$ threshold** (effects from selective readout, noise etc.),
 - ▶ control of systematics (trigger and measurements efficiencies, intercalibration, ...)
 - ▶ optimize **discovery potential down to lowest possible M_H** (versus $\mathcal{L}$)
(e.g. with sequential set of cuts)
 - ▶ extend to **$H \rightarrow Z\gamma$** (high $\mathcal{L}$)
- **$H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4 \text{ leptons}^{\pm}$** F. Ferri (LLR-Milano, supervisors Y.Sirois/A. Pullia)
 - ▶ **combination of l^+l^- final states** including τ leptons (μ or e-like modes);
 - ▶ **e and τ lepton identification** (isolation, cluster-track matching)
 - ▶ optimize **discovery potential in intermediate M_H range** (versus $\mathcal{L}$)
(e.g. with likelihood combination of observables and decay channels)
 - ▶ constraints and measurements of Spin and CP quantum numbers (high $\mathcal{L}$)
- **$H \rightarrow WW^* \rightarrow l^+ \nu l^- \bar{\nu}$** C. Rovelli (LLR-Milano, supervisors P. Busson/S. Ragazzi)
 - ▶ **global Eflow variables**
 - ▶ **l^+l^- final states** including τ leptons (**hadronic modes**);
 - ▶ optimize **discovery potential for $130 < M_H < 2 M_Z$** (versus $\mathcal{L}$)
 - ▶ exploit spin-chirality induced final state correlations
 - ▶ extension **$H \rightarrow ZZ^* \rightarrow l^+l^- \nu \bar{\nu}$** (discovery potential at $M_H \gg 2 M_Z$)

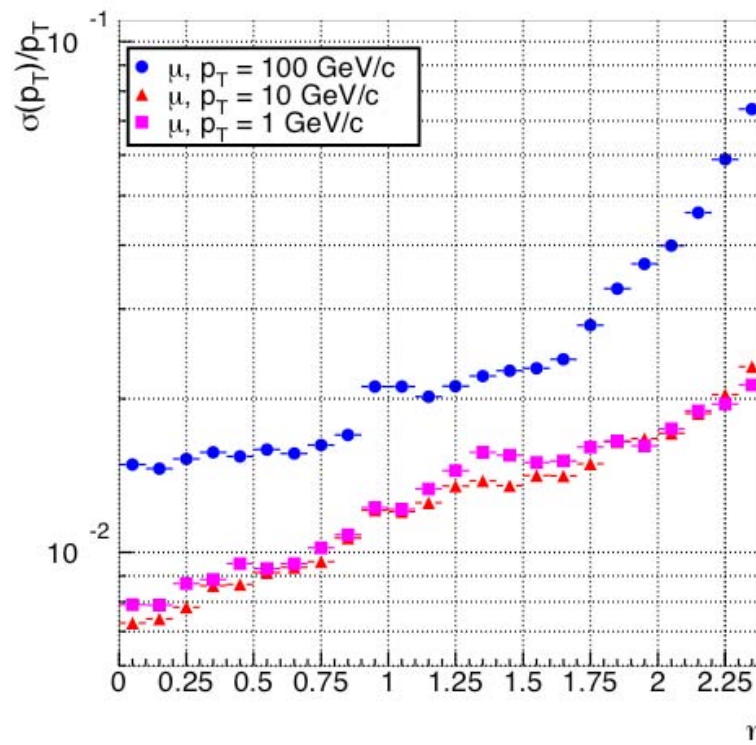


Measuring electrons for ZZ^* channel in CMS

« A la recherche du lepton perdu » Marcel Proust 1923 (!)



- In $ZZ^* \rightarrow 4 e^\pm$ channel, preserving the highest possible efficiency ε is essential
- Sharp Z^* threshold for $H \rightarrow ZZ^* \Rightarrow$ in most cases $M_H \sim M_Z + M_{Z^*}$ for $M_H < 2 M_Z$
- Main challenge: lowest $P_\perp$ electron (generally originating from Z^*)



Lowest $P_\perp$ electron:

4-momentum measurement $\equiv$

tracker issue for single isolated tracks
(most precise $\mathbf{P}$, easy signed)

but

tracker + calorimetry issue for early
showering electrons ?

Pattern Recognition $\equiv$

calorimetry issue for single isolated
tracks (known showering profile)

but

tracker + calorimetry issue for early
showering electrons (?) and isolation

Q ? Can we recover substantial ε in $H \rightarrow ZZ^*$ by **relaxing pattern recognition and isolation requirements on the lowest $P_\perp$ e** while preserving proper rejection power for misidentified background ?



Search for Extra-Dimensions at the LHC



Towards a LLR Palaiseau - CERN Global Effort ?

C. Charlot, C. Collard, P. Miné, A. DeRoeck, Y. S.

Short term Goal: perform a complete prospective overview of the field and of the corresponding status of the analyses in CMS

Mini-Workshop au LLR le Vendredi 28 Mai 2004 !!!

Spectrum of Studies at LHC

