



CMS Physics in France & Some Associated Theory Issues

Yves Sirois*
LLR Ecole Polytechnique
CNRS-IN2P3

Théorie LHC-France
24-25 Septembre 2009

* Responsable projet CMS-IN2P3, Représentant Français au Management Board de CMS



DISCLAIMER #1

The CMS French groups have been and are still heavily involved in the commissioning of the detector (including global runs with cosmic data)

CMS experiment is ready for first collisions with (proven) detector performances at or beyond expectation !

Physics prospective is affected by things better constrained from data (e.g. lepton fake rates, underlying events, absolute QCD rates, etc.)



CMS et les Contributions Françaises

Choix techniques:

Solénoïde 4 Tesla

Détecteur compact

(eg ECAL en cristal de PbWO₄)

Modularité

Résolution optimale: γ , e , μ

Trajectomètre \forall silicum

Trajectomètre - IPHC, IPNL

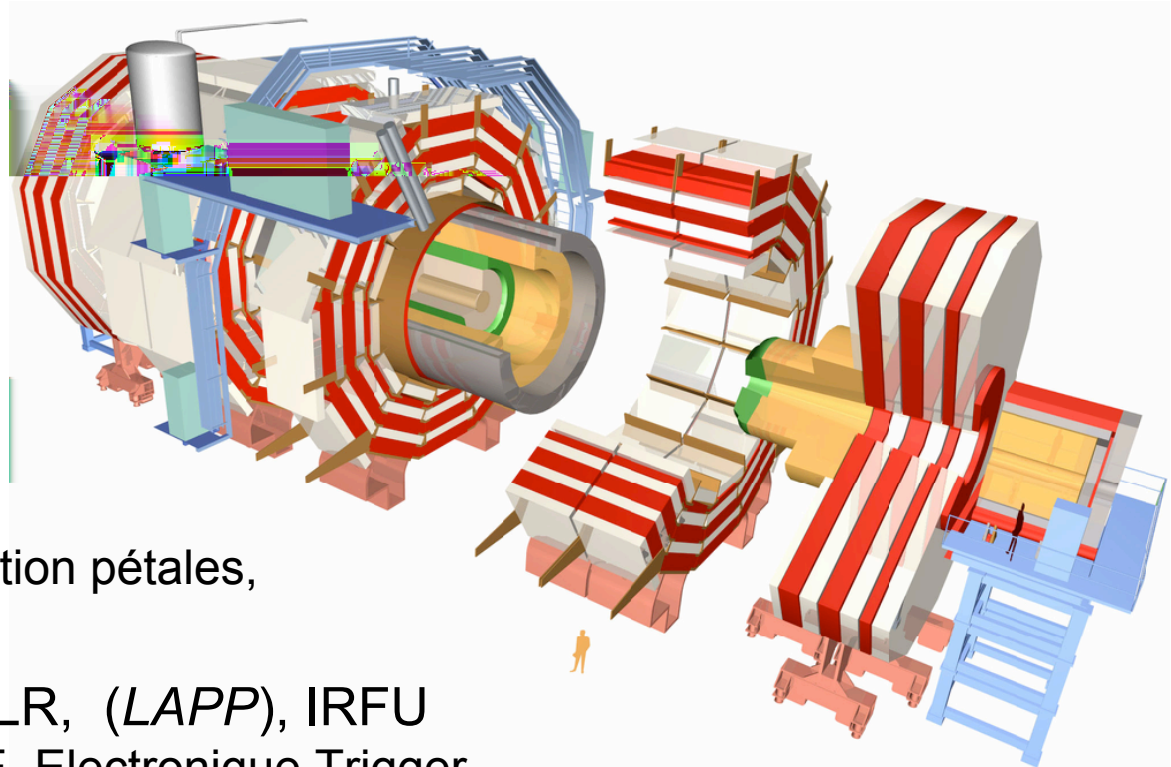
(production hybrides; construction pétales, intégration bouchons, ...)

Calorimètre ECAL - IPNL, LLR, (LAPP), IRFU

Mécanique, Electronique VFE, Electronique Trigger, Selective Readout, Monitoring

Superconducting Solenoid Magnet - IRFU

Conception, montage, ...



“Software”/Calcul \leftrightarrow \forall CMS-France



CMS et les Contributions Françaises

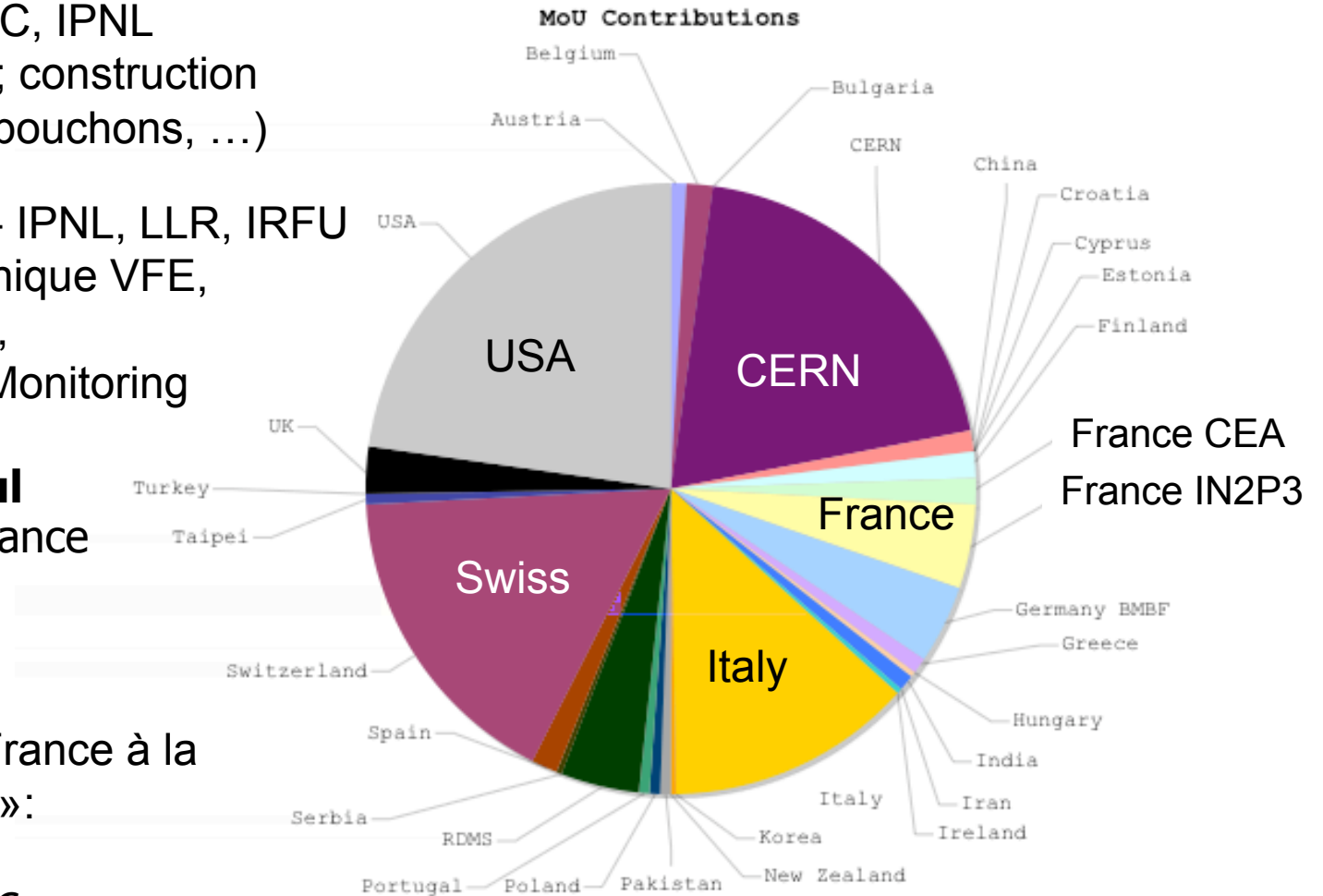
Trajectomètre - IPHC, IPNL
 (production hybrides; construction pétales, intégration bouchons, ...)

Calorimètre ECAL - IPNL, LLR, IRFU
 Mécanique, Electronique VFE,
 Electronique Trigger,
 Selective Readout, Monitoring

"Software"/Calcul
 ↔ ∇ CMS-France
 [~ 10% of CMS]

Contribution CMS-France à la construction « core »:

17.2 + 5.6 M€



... mais sait profiter de ses ressources

Data Placement in CMS

	T2_AT	T2_BE	T2_BR	T2_DE	T2_CH	T2_CN	T2_EE	T2_ES	T2_FI	T2_FR	T2_IT	T2_KR	T2_PT	T2_RU	T2_UK	T2_US	Totals
FWD phys				1												1	2
QCD				1						1						2	4
Higgs								1		1	1					1	4
EWK								1		1	1				1	1	5
SUSY	1			1							1				1	1	5
Top		1		1				1		1						1	5
Exotica										1				1	1	1	4
B Physics					1	1			1							1	4
Heavy Ions														1		0	1
egamma										1	1				1	2	5
Jets/MissET				1					1			1		1		1	5
Muons								1			1			1		2	5
B-Tagging	1		1							1						1	4
Tracker				1						1	1					1	4
Tau / Pflow							1			1	1					1	4
Trigger DPG								1							1	1	3
Reserve																2	2
Unallocated		?											1			1	2
Current Resources	0	1	1	3	0	0	1	5	2	8	5	1	0	1	4	15	47
Fall Resources (*)	2	1	1	6	1	1	1	5	2	9	7	1	1	4	5	21	68
POGs/DPGs	1	0	1	3	0	0	1	2	1	4	4	1	0	2	2	10	30
POG fraction	0,5	0	1	0,5	0	0	1	0,4	0,5	0,44	0,6	1		0,5	0,4	0,48	0,441
Country Fraction	0,9	2,3	0,7	6	2,3	0,7	0,1	2,9	1,1	4,3	15	1		6,8	4,6	35,2	84,3
Expected Sites by fraction	0,61	1,56	0,48	4,08	1,564	0,476	0,07	1,972	0,75	2,92	10	0,68		4,62	3,13	23,9	

I. Fisk / N.I. Geddes

CMS analyses ↔ Tier-2 Centers ! (Tier-0/Tier-1 for central processing)

Data Placement at Tier-2 = Hybrid model (central + POG/PAG/DPG management)



CMS IN2P3 Resp. Projet: Y.S.
Soft./Computing: C. Charlot

IPHC Strasbourg Resp. **Daniel Bloch**
13 Physiciens (dont 2 post-docs) et **3 Thésard(e)s**
Permanents: 6 CNRS / 5 Enseignants-Chercheurs

IPN Lyon Resp. **Didier Contardo**
16 Physiciens (dont 2 post-docs) et **5 Thésards**
Permanents: 10 CNRS / 4 Enseignants-Chercheurs

LLR Polytechnique Resp. **Philippe Busson**
13 Physiciens (dont 2 post-doc) et **3 Thésard(e)s**
Permanents: 13 CNRS

IRFU Saclay Resp. **Marc Dejardin**
17 Physiciens et **2 Thésards**

~ 70 Physiciens [130 « Scientists »]

DISCLAIMER #2

Having best individual detector performances is not sufficient ! The main challenge at the LHC is to best COMBINE the detectors to reconstruct physics objects !

In recent years the CMS French groups have been heavily involved (with world leadership in some areas) in reconstruction developments for electrons, photons, tau's and jets

This should have major and decisive consequences for our rôle in CMS Physics



Reconstruction Objects

~ Current Activities*

Electrons:

LLR : Florian Beaudette, Clémentine Broutin, **Claude Charlot**,
David Sabès, ...

IRFU: Federico Ferri, ...

Photons:

IPNL: Nicola Chanon, Morgan Lethuillier, **Susan Gascon-Shotkin**, ...

IRFU: **Federico Ferri**, Serguei Ganjour , Elisabeth Locci, ...

Pflow/Tau ID:

LLR: **Colin Bernet** ¹⁾ , Florian Beaudette ¹⁾

IPHC: **Jean-Laurent Agram**, Auguste Besson

b-tag: **IPHC**: **Daniel Bloch**, Jérémy Andrea

1) Now at CERN

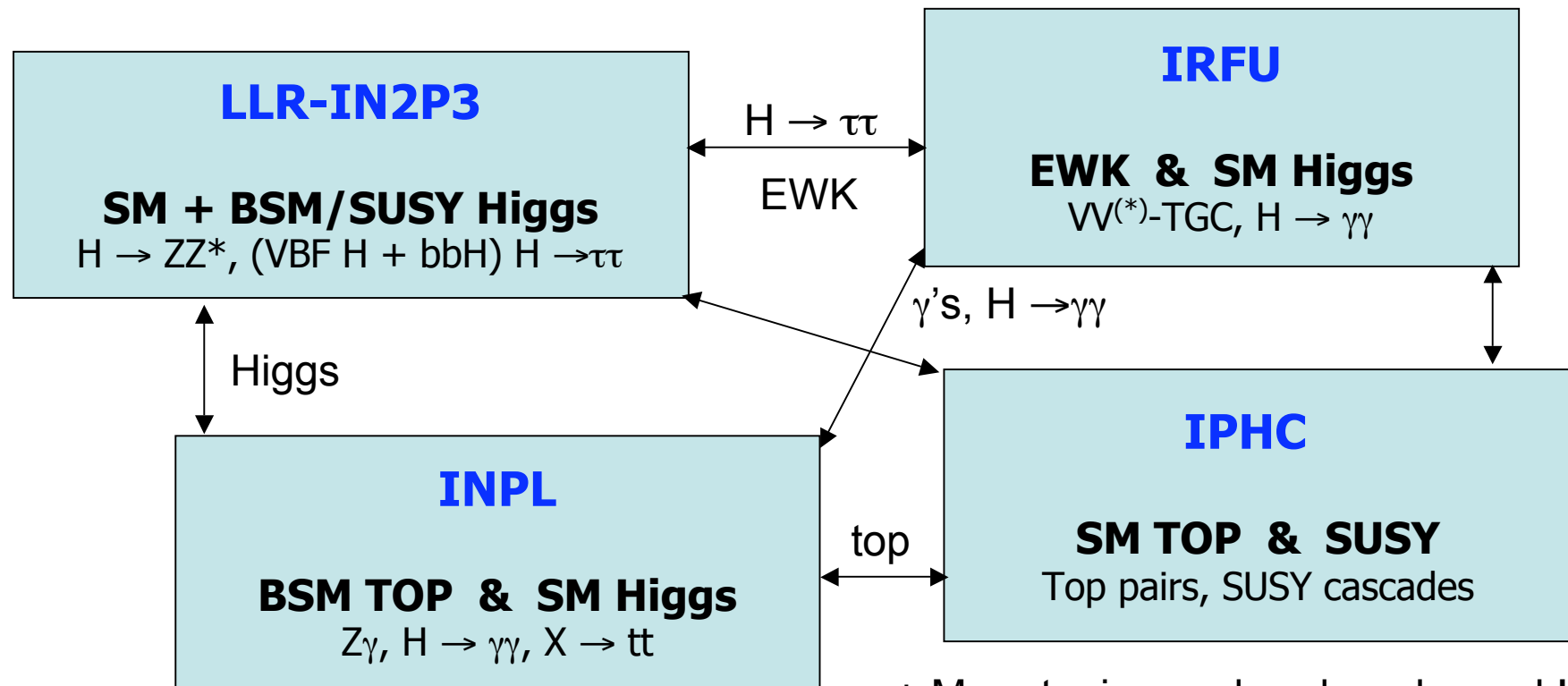
* Many more important French contributors at various stages !



PÔLES de PHYSIQUE

Rappel: La grande majorité des physicien(ne) de CMS est encore mobilisée par le commissioning du détecteur **[disclaimer #1]**, les algorithmes de reconstruction et l'analyse des performances en rayons cosmiques **[disclaimer #2]**

Principales contributions actuelles à la physique:



+ More topics explored or planned !!



CMS Event Generators (1)

[Co-responsable 2008-09: R. Chierici, IPN Lyon]

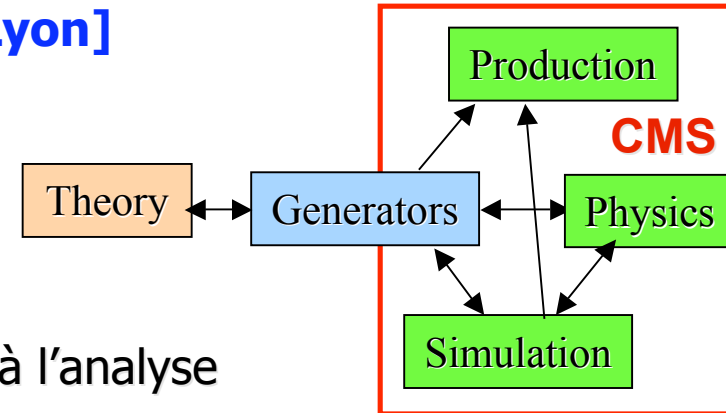
- Responsabilité des productions MC standard de CMS pour son programme de physique
- Interface naturelle entre CMS et les groupes de théorie et phénoménologie

e.g. Rôle pour la production MC en 2009 menant à l'analyse des premières données

- Interface et validation des Monte Carlo dans le software de CMS
- Choix des requêtes, préparation et validation des productions
 - Choix des générateurs, standardisation des configurations
 - Couverture du Modèle Standard et des modèles principaux de nouvelle physique
 - Préparation à l'ajustement des paramètres avec les premières données (PDFs, radiation, fragmentation, UE, ...)

e.g. Interface pour la collaboration avec la communauté TH

- Déjà plusieurs collaborations en place
- Priorité à l'exploitation des premières données pour mieux comprendre (et contraindre) la description du MS au LHC





CMS Event Generators (2)

e.g. Collaborations en CMS Générateurs et les phénoménologues/théoriciens

- Développement/validation des générateurs et leurs interface et validation des MC dans le software de CMS
- Richesse du programme de physique de CMS se reflète dans le nombre de générateurs utilisés
 - Matching ME/PS: ALPGEN, MadGraph, Sherpa (Mangano et al., Maltoni et al., ...)
 - MC NLO: MC@NLO, POWHEG (Frixione, Oleari, ...)
 - PYTHIA (esp. PYTHIA 8): Sjostrand
 - etc ...

- ✓ pp General purpose: Pythia6, Herwig6, (Pythia8, Herwig++), Sherpa
- ✓ pp HLO: Alpgen, MadGraph, Helac, Sherpa
- ✓ pp NLO: MCatNLO, POWHEG
- ✓ pp Others: CompHEP, TopRex, Phantom
- ✓ Diffractive physics: Pomwig, Exhume, EDDE
- ✓ Decayers: EvtGen, Tauola, Photos
- ✓ Heavy Ions: Hydjet, Pyquen
- ✓ Detector specific: Cosmics, particle guns, beam halo, beam-gas
- ✓ New physics specific: Charybdis

∃ collaboration privilégiée entre « Montecarlistes » (e.g. dans CMS) et « phénoménologues »

Q? La communauté TH française est-elle représentée d'une façon satisfaisante ?

DISCLAIMER #3

There is little new phase space opened for searches and discoveries in 2010 (low \sqrt{s} , low L) and 2011 (shut-down)

The CMS-French groups (& Theses) will have to concentrate on very early data (re-discover the SM ... tag-and-probe studies and background for futur searches etc.) ... and be prepared to address bigger issues in 2012

**Moriond 2010 ... ICHEP 2010 (Paris) ...
EPS HEP 2011 (Grenoble) ... HCP2011 (Paris)**



Higgs Physics @ CMS in France

LLR Polytechnique - IN2P3:

~ Current Activities*

SM H in ZZ*

Stéphanie Baffioni), Clémentine Broutin, Claude Charlot,
Nicola De Filippis, David Sabès, Yves Sirois, ...

SM VBF H + SUSY bb H; H \rightarrow $\tau\tau$

Michael Bluj, Lorenzo Bianchini, Artur Kalinowski, Y.S.

SUSY H \rightarrow neutralinos:

Claude Charlot, Y.S., ...

IRFU Saclay:

SUSY bb H; H \rightarrow $\tau\tau$: Marc Besançon, Maxim Titov

H \rightarrow $\gamma\gamma$: Federico Ferri, **Serguei Ganjour**, ...

IPN Lyon - IN2P3:

H \rightarrow $\gamma\gamma$, ZZ*: Nicolas Chanon, Morgan Lethuillier,

Susan Gascon-Shotkin, ...

IPHC Strasbourg - IN2P3:

t \rightarrow H⁺ b; H⁺ \rightarrow $\tau\nu$ Sebastien Greder, Cristina Ferro, D.B., A.-C.L. ...

* Many more important French contributors at various stages !

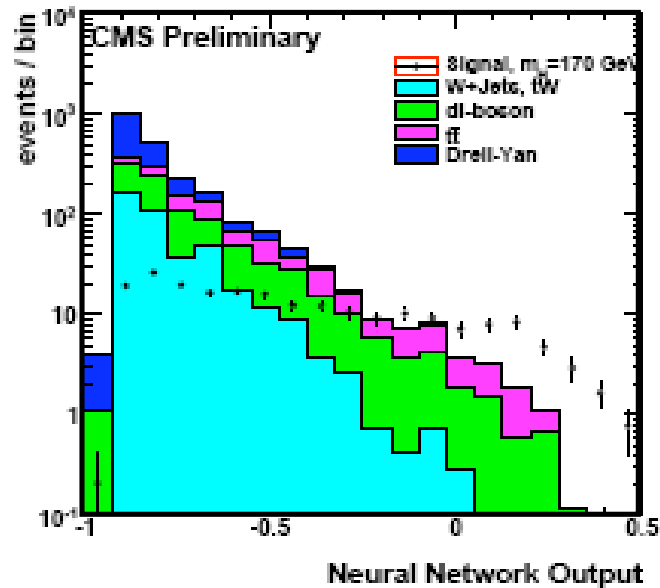
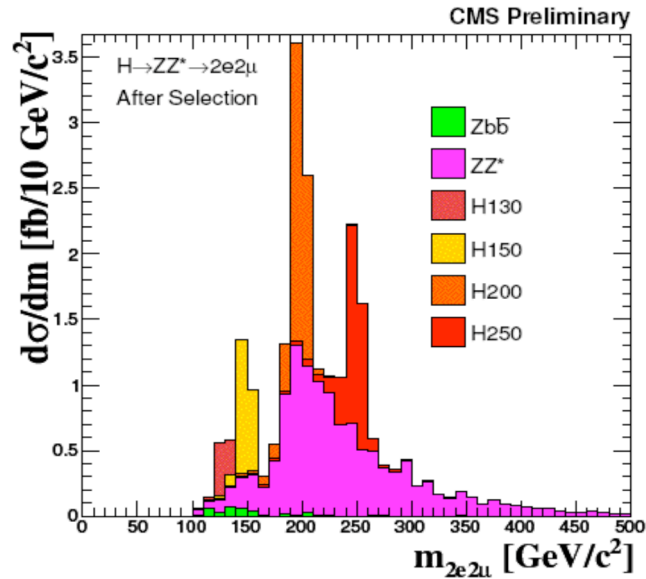


Some Recent Highlights

Prospective for SM $H \rightarrow ZZ^{(*)} / WW^{*}$

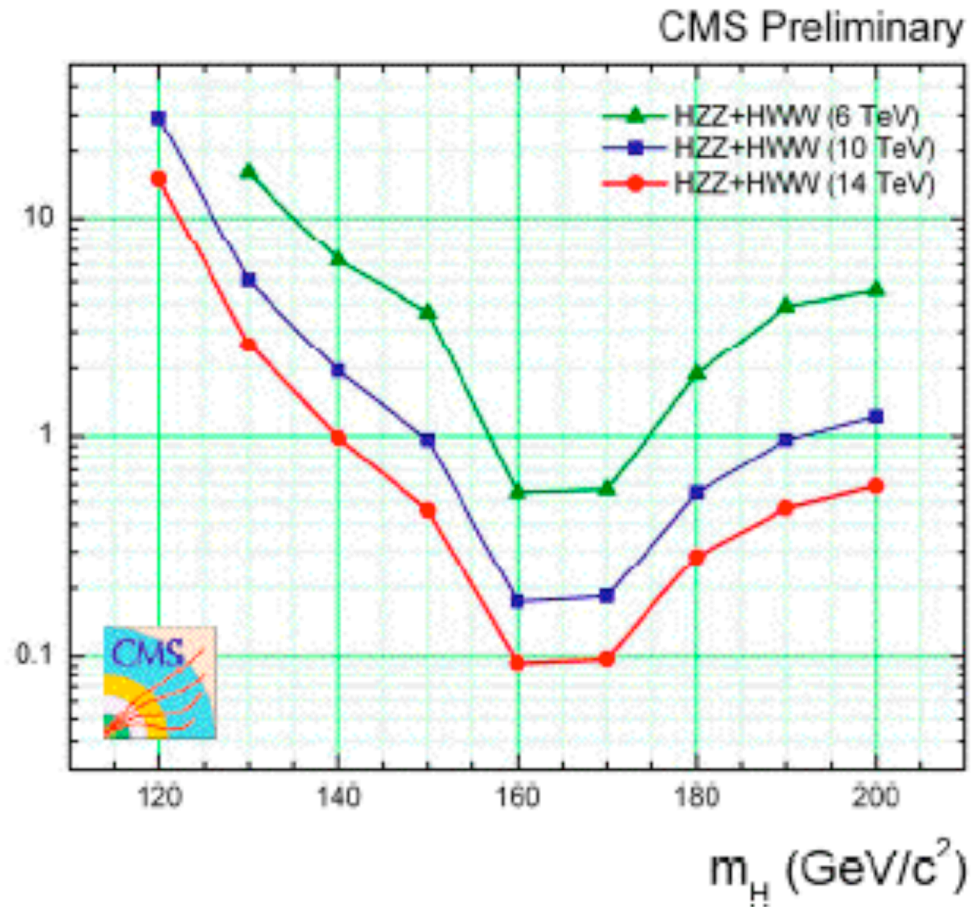
LLR

N. De Filippis et al.



Luminosity for 95% CL exclusion (fb⁻¹)

Combined $H \rightarrow WW + H \rightarrow ZZ$: lumi for 95% CL

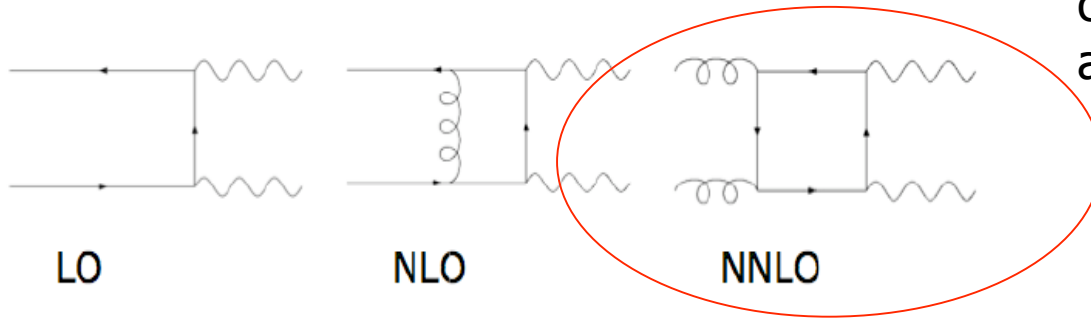




NNLO $gg \rightarrow ZZ^{(*)}$ Contribution to 4l Analyses

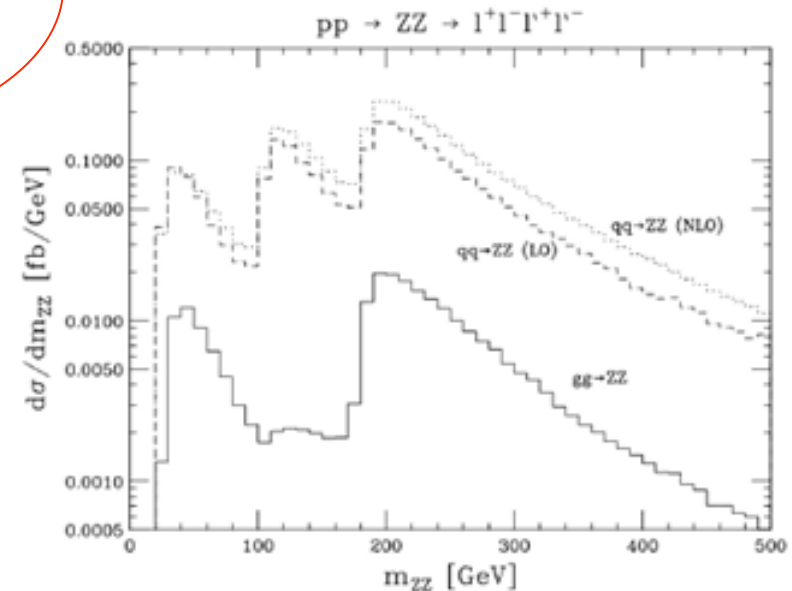
Concerned:: $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ analysis, ZZ/ZW - TGC

Previous analysis: rescale $qq \rightarrow ZZ^*$ cross section by 1.2 at the NLO to absorb the contribution of $gg \rightarrow ZZ$



NEW: generator from Binoth, Kauer, Mertsch

CMS Interface by: F. Stoeckli, N. De Filippis etc.



$ZZ \rightarrow 2e2\mu$	qq (LO)	qq (NLO)	gg (LO*)	$\frac{\sigma^{\text{NLO+gg}}}{\sigma^{\text{NLO}}}$
σ^{tot} [fb]	28.66 ± 0.10	38.43 ± 0.06	2.56 ± 0.02	1.07

$E_{\text{CM}}=10$ TeV

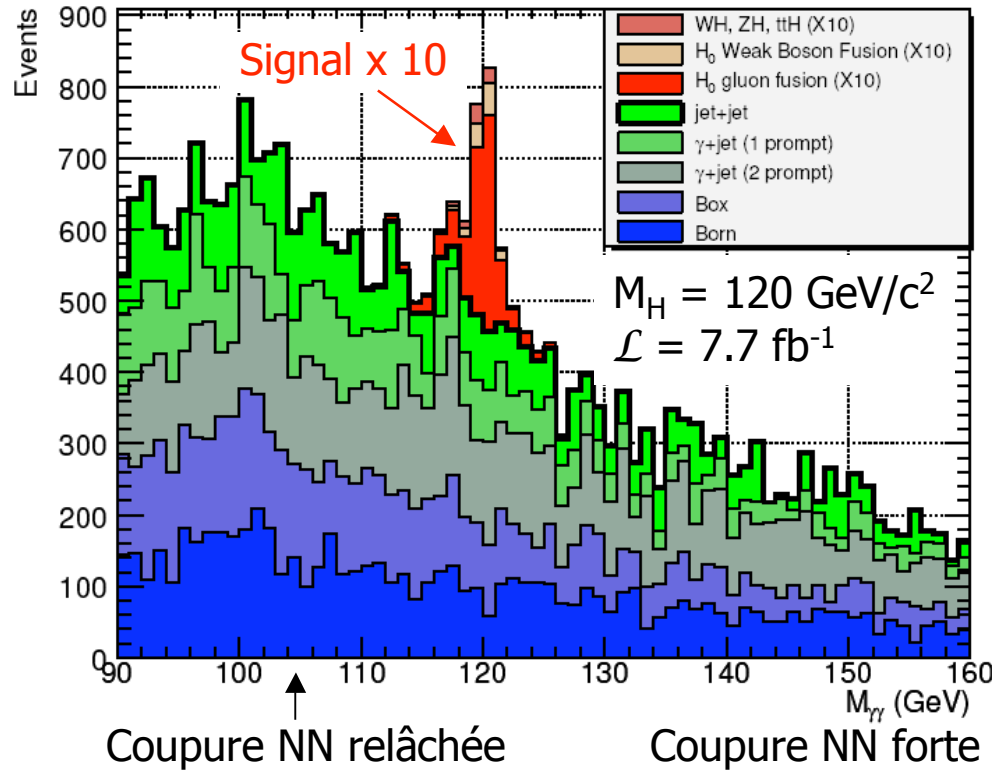
$\mu_R=\mu_F=\mu_0=m_Z$

CTEQ6L1(M) PDF $m_{ll} > 10$ GeV

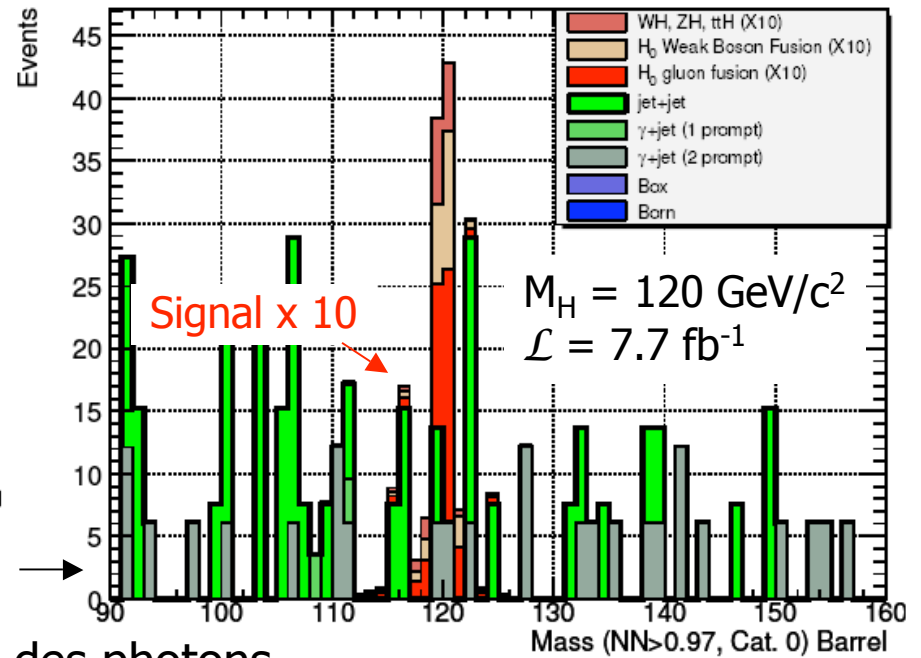


Prospective for SM $H \rightarrow \gamma\gamma$

CMS-Note 2006/112



Background suppression \Rightarrow γ ID and Isolation; measure from "side-bands"



Réseau de Neurones exploitant classification des photons
 + propriétés spécifiques du signal (implicite $P_{\gamma\gamma}^T$, $\Delta\phi_{\gamma\gamma}$, VBF/gg, ...)

Significance pour $M_H = 130$ GeV avec 30 fb^{-1}

CMS ECAL TDR	CMS PTDR		ATLAS		
ECAL TDR NLO (count.)	NLO cut based	NLO optimized*	TDR (LO)	New, NLO Cut based	New, NLO likelihood
~ 7.5	6.0	8.2	3.9	6.3	8.7



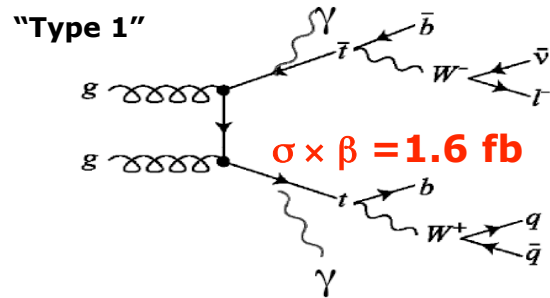
Production de paires de photons

e.g. Production associée ttH, qqWH ... avec $H \rightarrow \gamma\gamma$

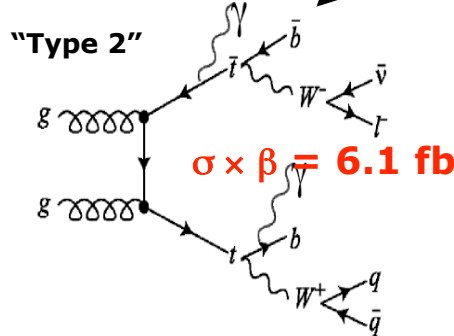
Axes de travail en liaison avec la théorie:

- Amélioration de la description MC des photons
- Exploitation des effets cinématiques provenant des contributions d'ordres supérieurs
- Anticipation des bosons de Higgs BSM

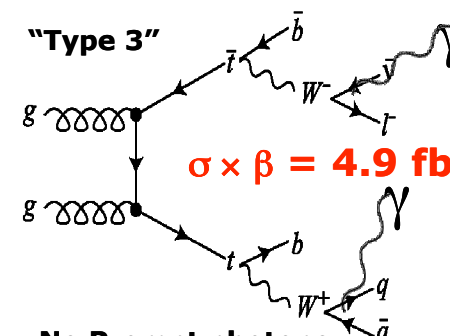
Importante contribution de l'équipe ALPGEN (Mangano, M. Moretti, Piccinini, Pittau, Polosa) 1ière introduction des processus $tt\gamma\gamma$ '2' et '3' (représentent $\sim 90\%$ des $tt\gamma\gamma$), $qqW\gamma\gamma$, etc.



Two Prompt photons

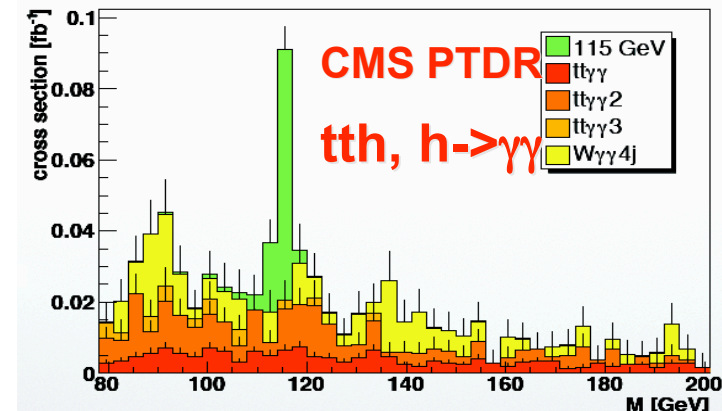


One Prompt photons



No Prompt photons

Nécessite $O(100) \text{ fb}^{-1}$ pour une découverte ... mais nécessaire pour une couverture complète de MSSM/mSUGRA [e.g. suppression de la production par fusion gg par des interférences Entre boucle de top et de stop]

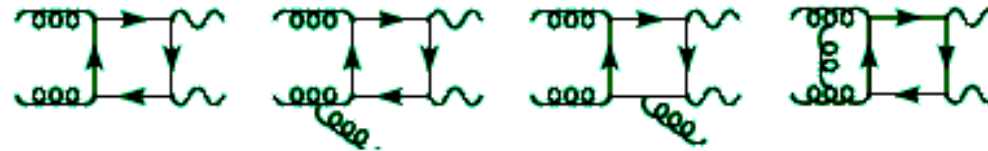




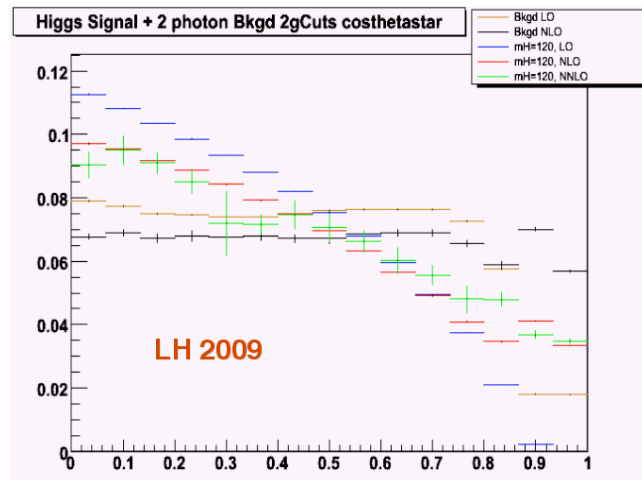
Prospective for SM $H \rightarrow \gamma\gamma$

S. Gascon-Shotkin, N. Chanon, M. Lethuillier

Objectif: exploitation des effets cinématiques provenant des corrections d'ordre supérieur



PTDR	σ_{LO} (pb)	σ_{NLO} (pb)
Direct Born DIPHOX	5.86	14.39
Direct BornBox DIPHOX	9.11	16.93
Direct Born DIPHOX + Box Gamma2MC	9.03	19.79
Onefrag DIPHOX	1.56	3.10
Twofrag DIPHOX	0.03	0.10
Direct BornBox DIPHOX + Onefrag + Twofrag	10.71	20.13
Direct Born DIPHOX + Box Gamma2MC + Onefrag + Twofrag	10.62	22.99



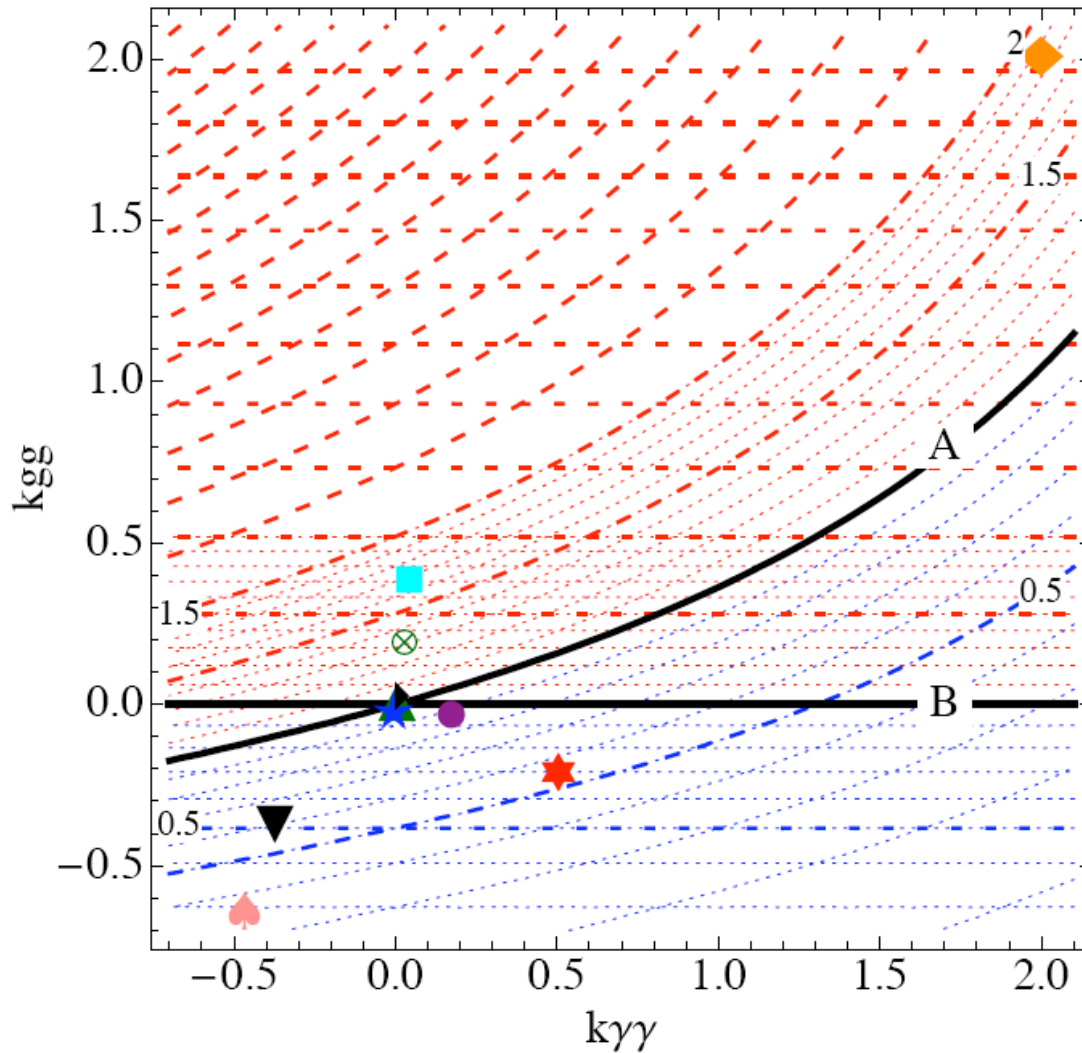
- Incorporate kinematic implications of >LO calculations ($H \rightarrow \gamma\gamma$, $\gamma\gamma + X$, $\gamma + X \dots$) on analysis observables ($pt_{2\gamma}$, $\Delta\phi_{2\gamma}$, $m_{2\gamma}$, $\cos\theta^* \dots$). Collaboration avec l'équipe de LAPTH (J-Ph. Guillet, E. Pilon), Z. Bern/L.Dixon/C. Schmidt, M. Grazzini....

- Sujet de travail ..LH 2009 Isolation (S. Frixione...)



H → γγ / Prospective BSM

G. Cacciapaglia, A. Deandrea, S. De Curtis JHEP 0906:054,2009.



Nouvelle paramétrisation
 'model-independent'
 implementable dans
 MadGraph

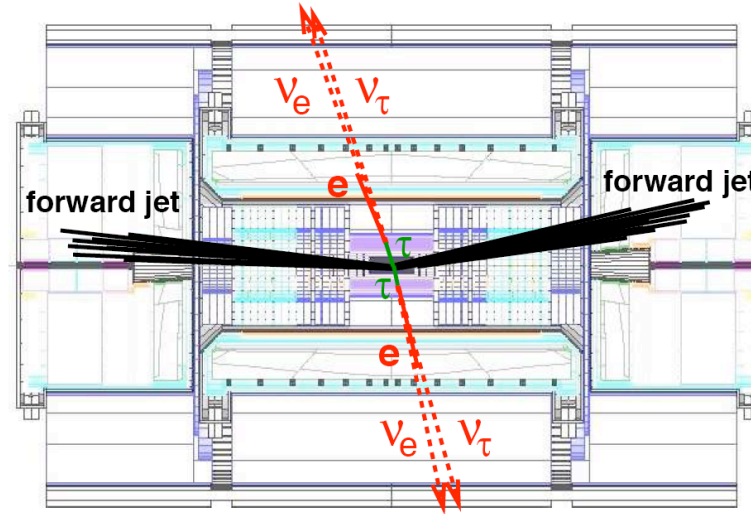
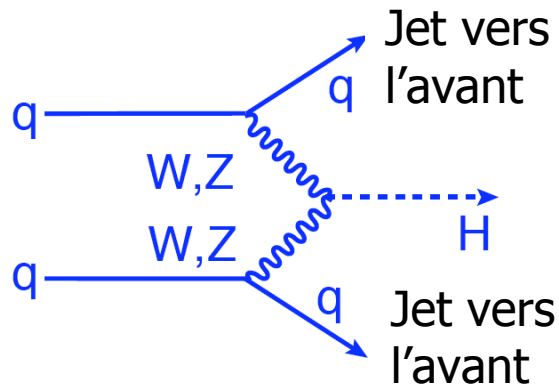
$$\kappa_{\gamma\gamma} = \sum_{NP} \frac{3}{4} N_{c,NP} Q_{NP}^2 \frac{v}{m_{NP}} \frac{\partial m_{NP}}{\partial v} \frac{A_{F,W,S}(m_{NP})}{A_t}$$

$$\kappa_{gg} = \sum_{NP} 2C(r_{NP}) \frac{v}{m_{NP}} \frac{\partial m_{NP}}{\partial v} \frac{A_{F,W,S}(m_{NP})}{A_t}$$

- 4th generation ◆
- SUSY in the MSSM golden region ♣
- Simplest Little Higgs model ▲
- Littlest Higgs ★
- Color Octet ■
- Univ. Extra Dimension ⊗
- Minimal Comp. Higgs ●
- Brane Higgs with flavor:
 - In flat space ▼
 - In warped space ♠



Zeppenfeld et Rainwater (1997)



Déclenchement profitant des produits de la désintégration du Higgs dans la région centrale

Modes de désintégration étudiés:

$$qq (V V^*) \rightarrow qq'H; H \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow (l^+\bar{\nu}) (l^-\bar{\nu}) \rightarrow (l^+\bar{\nu}) (\text{jet } \nu)$$

$$H \rightarrow \gamma\gamma$$

$$H \rightarrow WW^* \rightarrow (l^+\nu)(l^-\bar{\nu}) \rightarrow (l^+\nu)(\text{jet jet}')$$

$M_{\tau\tau}$: possible via e.g. approx. colinéaire pour les produits de désintégration des τ (si les τ ne sont pas acolinéaires) ...
résolution dépendant de E_T^{miss}



e.g. selection:

2 jets à grande énergie vers l'avant

"rapidity gap" dans la région centrale

Dokshitzer, Khoze, Troyan (1987)

Dokshitzer, Khoze, Sjostrand (1992)

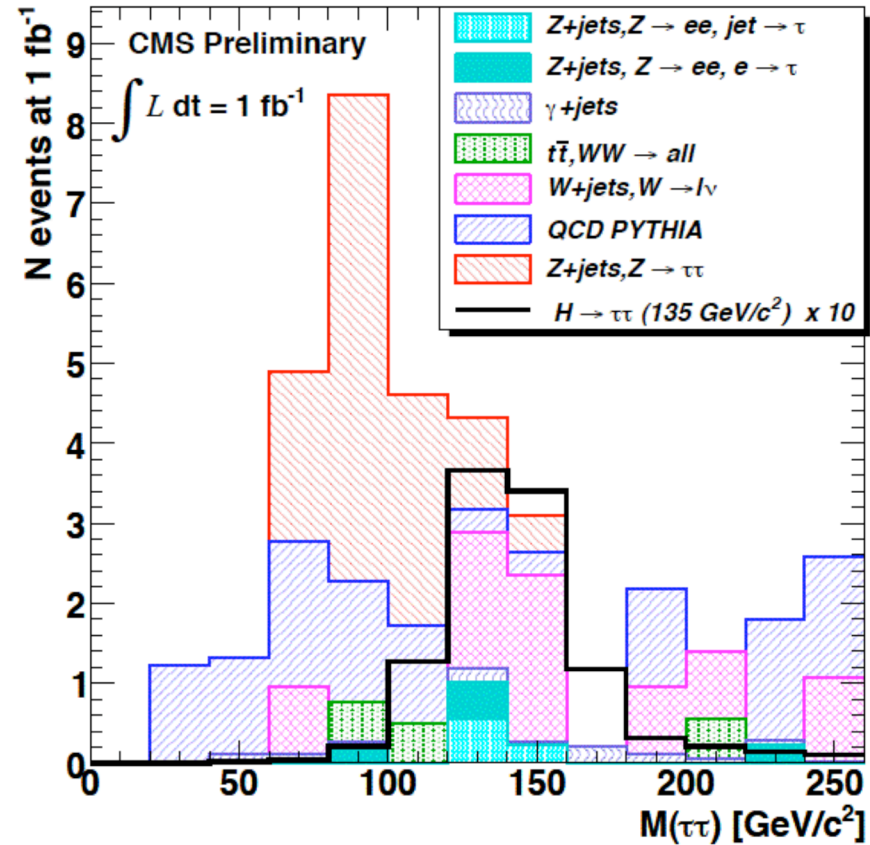
⇒ jet veto

Attention: perte ε signal dûes aux faux jets liés aux empilements (mais ... différence de Vertex)

e.g. $M_{12} > 500-700 \text{ GeV}$

$\eta_{j1}\eta_{j2} < 0 \quad |\Delta\eta_{j1j2}| > 3.4 - 4$

Plus de "3 σ " pour $115 < M_H < 140 \text{ GeV}$
avec $30 \text{ fb}^{-1} / \sqrt{s_{pp}} = 14 \text{ TeV} !$



Amélioration très significative de la résolution (séparation $Z \rightarrow \tau\tau / H \rightarrow \tau\tau$) et de l'efficacité (solutions $M_{\tau\tau}$ pour l'approximation des débris de τ co-linéaires) avec le Particle Flow [analyse en cours au LLR + collaboration LLR/IRFU] !!!

**VBF H \rightarrow $\tau\tau$**

e.g. CMS

M_H [GeV]	115	125	135	145
Production σ [fb]	4.65×10^3	4.30×10^3	3.98×10^3	3.70×10^3
$\sigma \times \text{BR}(H \rightarrow \tau\tau \rightarrow lj)$ [fb]	157.3	112.9	82.38	45.37
N_S at 30 fb^{-1}	10.5	7.8	7.9	3.6
N_B at 30 fb^{-1}	3.7	2.2	1.8	1.4
Significance at 30 fb^{-1} ($\sigma_B = 7.8\%$)	3.97	3.67	3.94	2.18
Significance at 60 fb^{-1} ($\sigma_B = 5.9\%$)	5.67	5.26	5.64	3.19

Challenges pour l'interprétation:

Experimental

- Queue de $Z \rightarrow \tau\tau$ dans la zone du signal (e.g. pour $M_H < 130 \text{ GeV}$)
Contrôle à partir des données en utilisant des vrai/faux $Z \rightarrow \tau\tau$ construit à partir d'événements réel $Z \rightarrow \mu\mu$ en remplaçant les μ par une simulation MC de τ

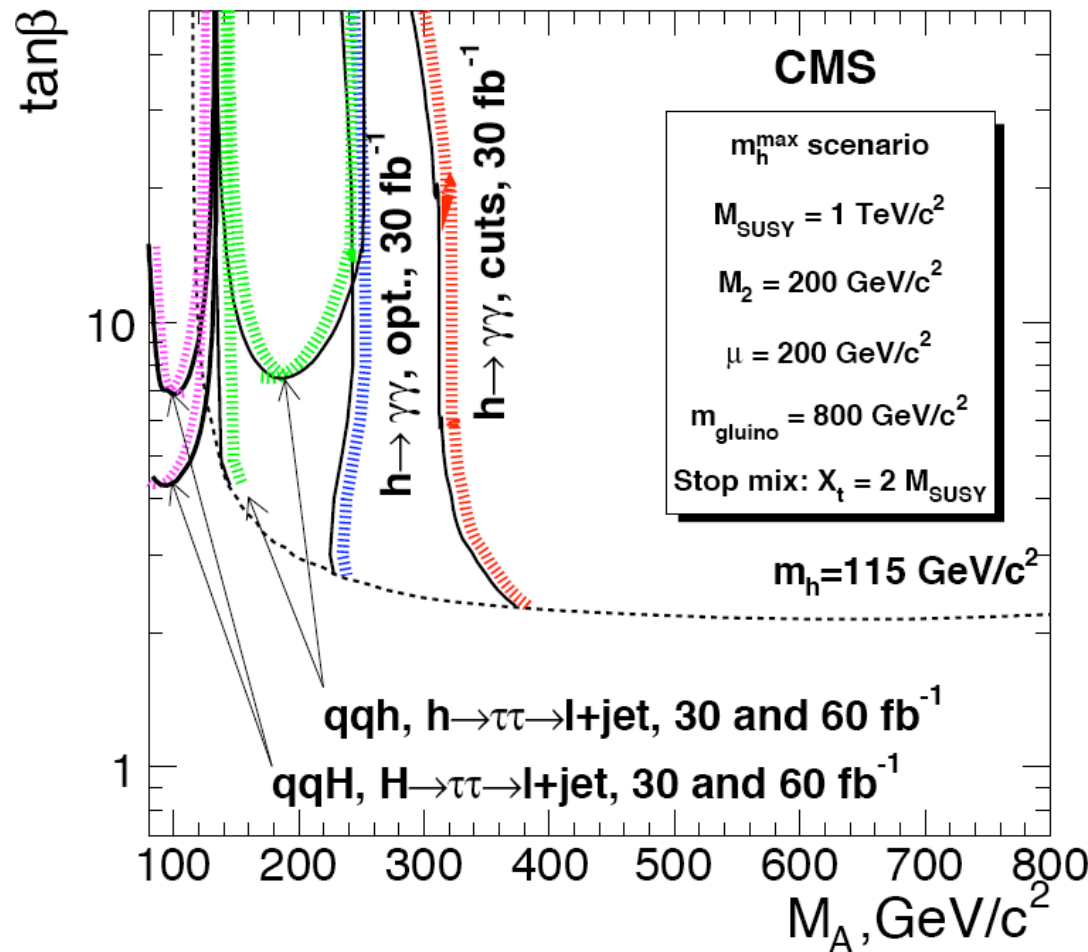
Théorique [contact avec le groupe de Zeppenfeld à Karlsruhe]

- Bruit de fond dû à la "double parton scattering" (e.g. $gg + Z + \text{jets}$, etc.)
- Incertitudes liés aux jets au NLO et événements sous-jacents
Contrôle en relaxant ou en modifiant le Jet Veto



Measurements and Constraints

- Combinations of decay channels beyond the SM
- Re-interpretation of SM-like channels in SUSY scalar sector



A “most wanted” light Higgs boson could become essentially ruled out by the combination of $H \rightarrow \gamma\gamma$ and VBF $H \rightarrow \tau\tau$

Message from Unitarity:
 \exists strong Interest for the study of WW scattering at the TeV and models for VV resonances & Higgsless models, etc. in case we find no “light” boson



Electroweak & Top Physics @ CMS in France

~ Current Activities *

IRFU Saclay:

ZZ/WW - TGC : **Gauthier Hamel de Monchenault**, ...

IPN Lyon - IN2P3:

$Z\gamma$; $Z \rightarrow ll$: Clément Baty, **Susan Gascon-Shotkin**, ...

$M_{\text{di-top}}$: Djamel E. Boumediene, **Roberto Chierici**,
Stephane Perries, ...

IPHC Strasbourg - IN2P3:

Top pair di-leptons: **Denis Gelé**, Jérémy Andrea, Daniel Bloch, ...

LLR Polytechnique - IN2P3:

$Z \rightarrow ee$; $Z + \text{jets}$: **Alexandre Zabi**, Clémentine Broutin,
Claude Charlot, David Sabès, ...

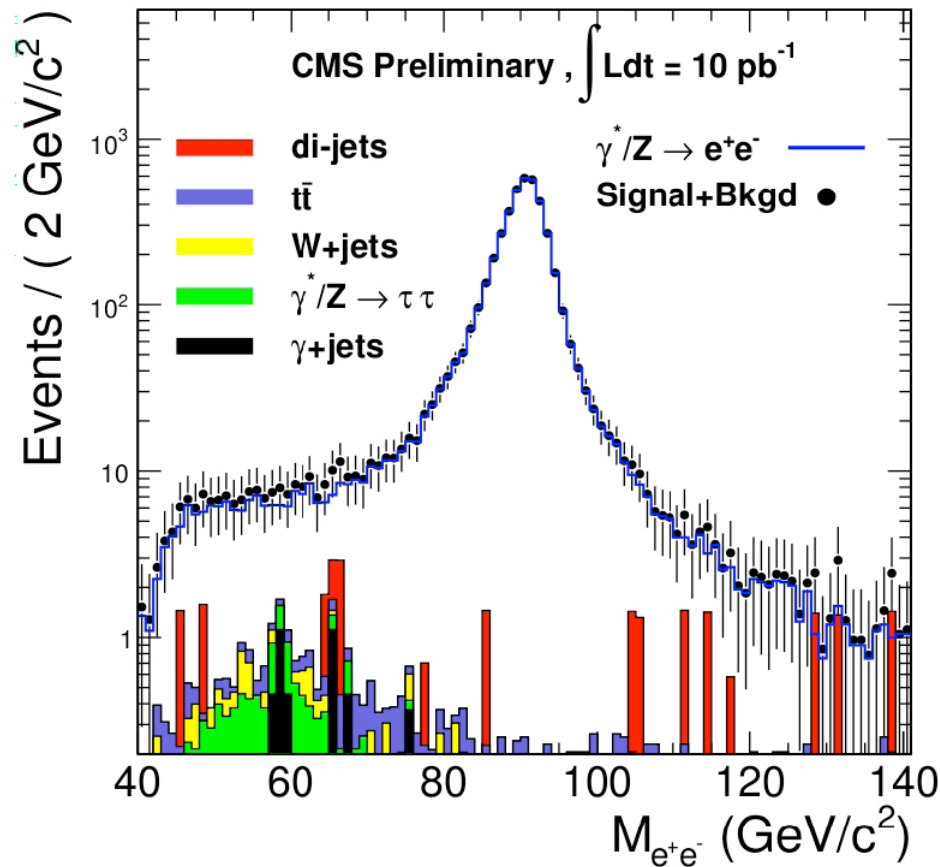
* Many more important French contributors at various stages !



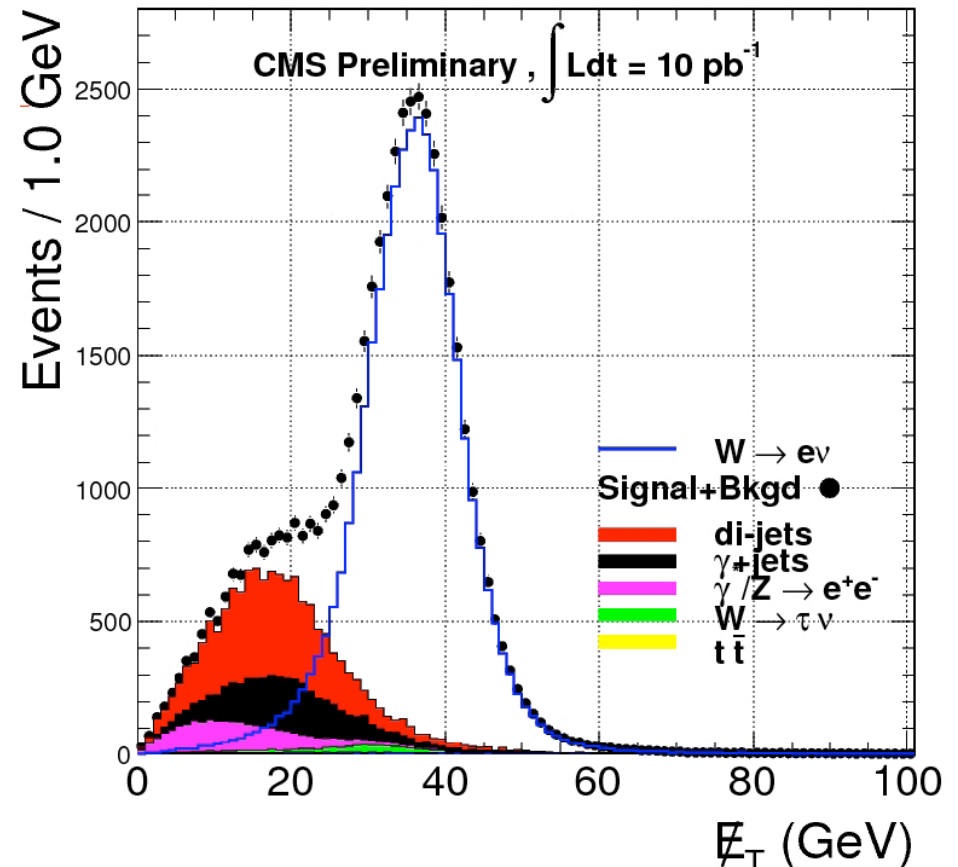
Z/W Inclusive Analysis @ LHC

LLR

SM candles on the path towards discoveries at the LHC



$\text{Sigma} \sim 1.5 \text{ nb @ } 10 \text{ TeV}$



$\text{Sigma} \sim 15.0 \text{ nb @ } 10 \text{ TeV}$



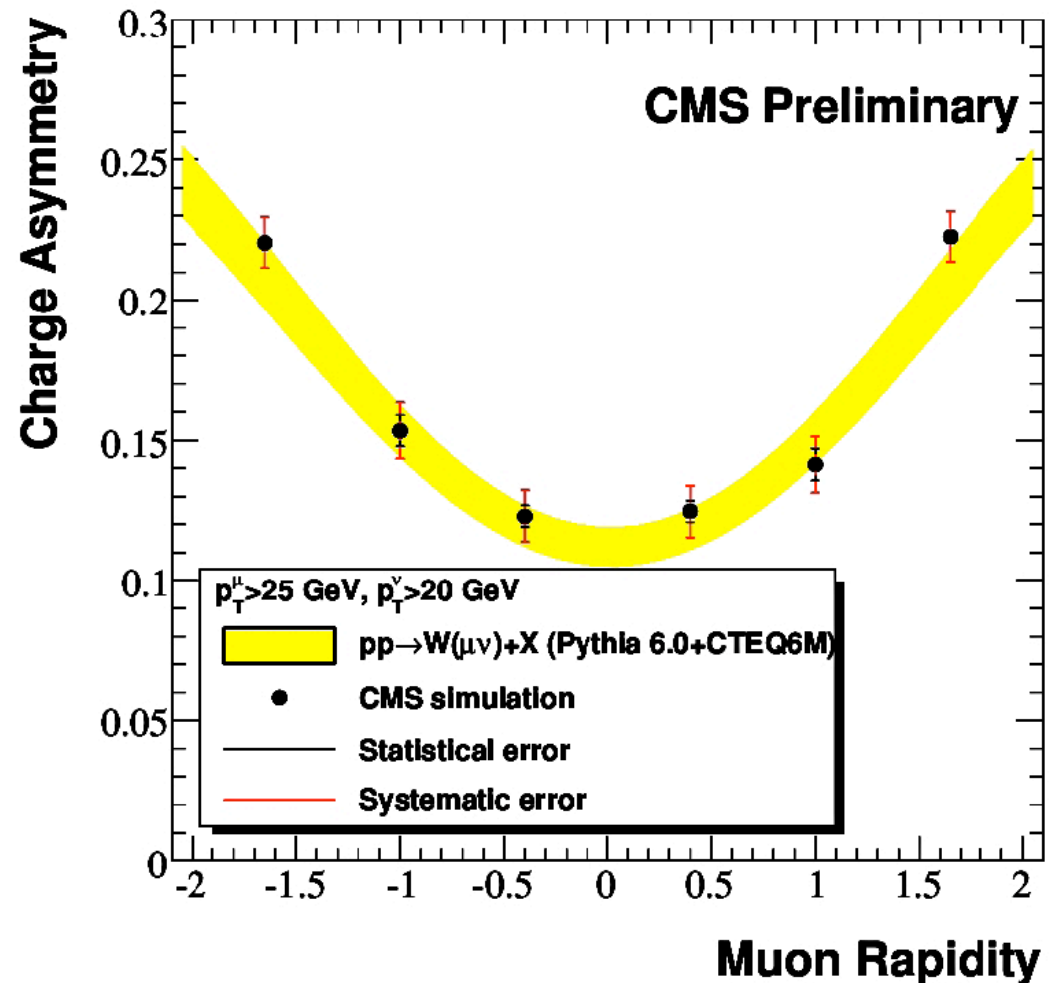
M_W and Charge Asymmetry

PDF's more W^+ than W^-
(proton = uud)

Set constraints on PDFs

Use charge asymmetry ratio where most systematics cancel

The systematics for M_W measurements at the LHC can be controlled using Z templates:
 $d\sigma_Z/dM$ and $d\sigma_Z/dydp_T$



Expect $\delta M_W \sim 7 \text{ MeV}$ for $L=10 \text{ fb}^{-1}$!!! [ATLAS, N. Besson et al. 2008]



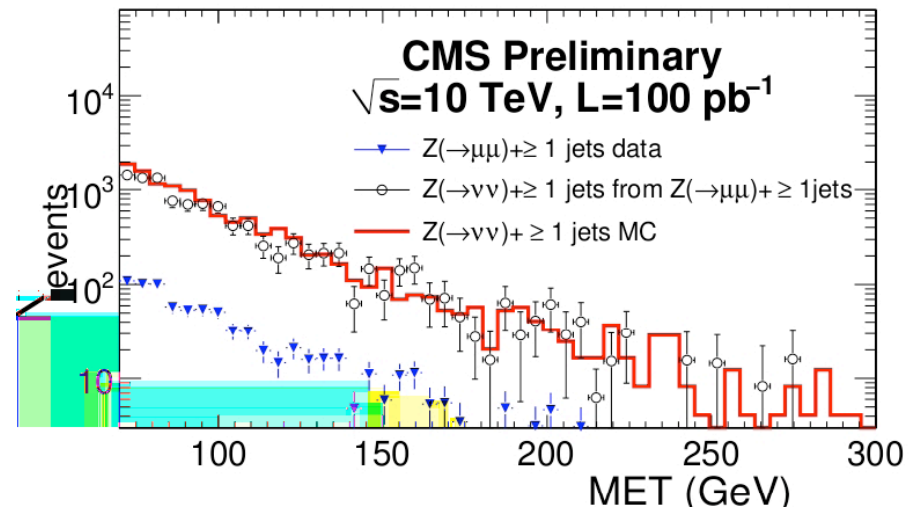
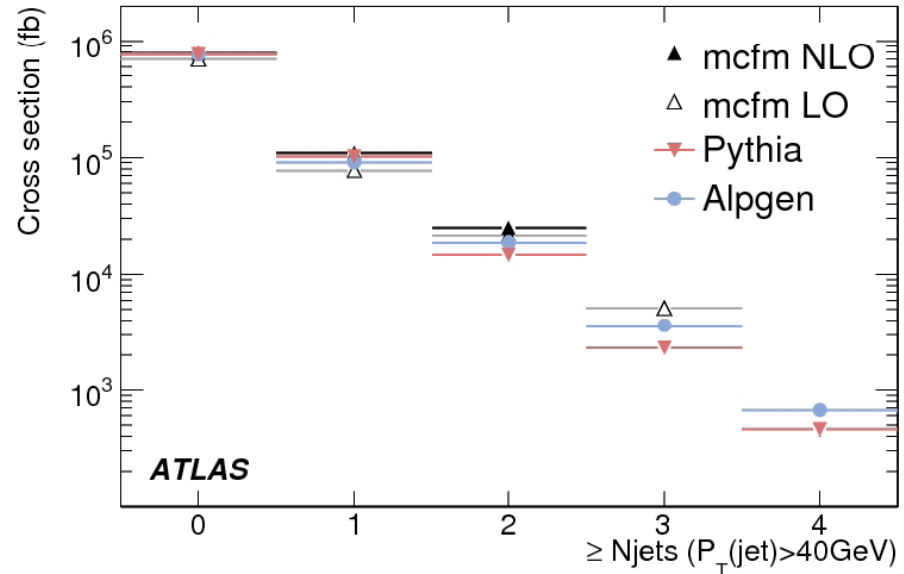
V + Jets at the LHC

On the road towards new physics

“Berends-Giele” scaling
 $\sigma(Z + (n+1) \text{ jets}) / \sigma(Z + n \text{ jets}) \sim \alpha_s$

MET distribution of $Z(\rightarrow\nu\nu) + \geq 1$ jet events compared to the background-subtracted (*sPlots*) distribution of $Z(\rightarrow\mu\mu) + \geq 1$ jet.

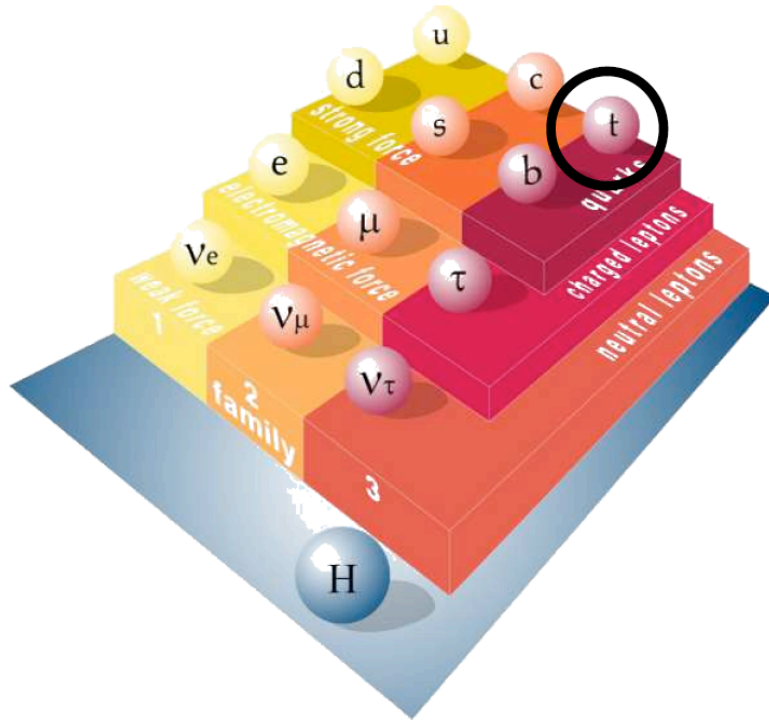
The Z analysis provides a measurement of the $Z(\rightarrow\nu\nu) + \text{jets}$ irreducible background





A Top Priority at the LHC

IPHC/IPNL



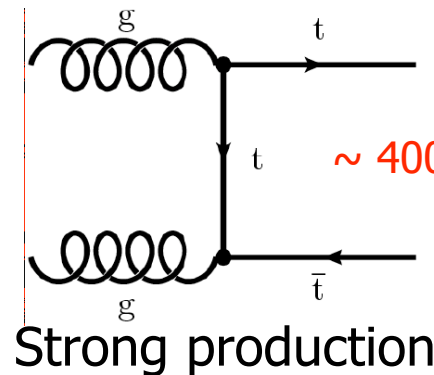
The top is as heavy as gold !

M_{top} = most precisely measured quark mass

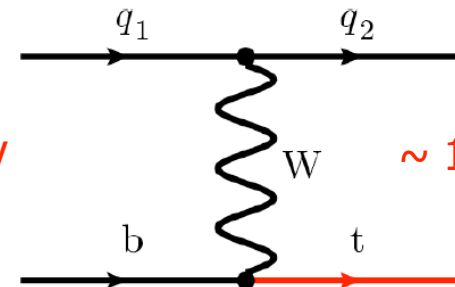
Possibly deeply connected to EWSB
Possible rôle in « strong » dynamics
(TC, Topcolor, Top see-saw, Little Higgs)

The top decays before it hadronizes \Leftrightarrow test ground for QCD, spin, couplings, CP properties ...

At LHC:



$\sim 400 \text{ pb @ } 10 \text{ TeV}$



$\sim 150 \text{ pb @ } 10 \text{ TeV}$

+ 50 pb W+t



From the Tevatron to the LHC

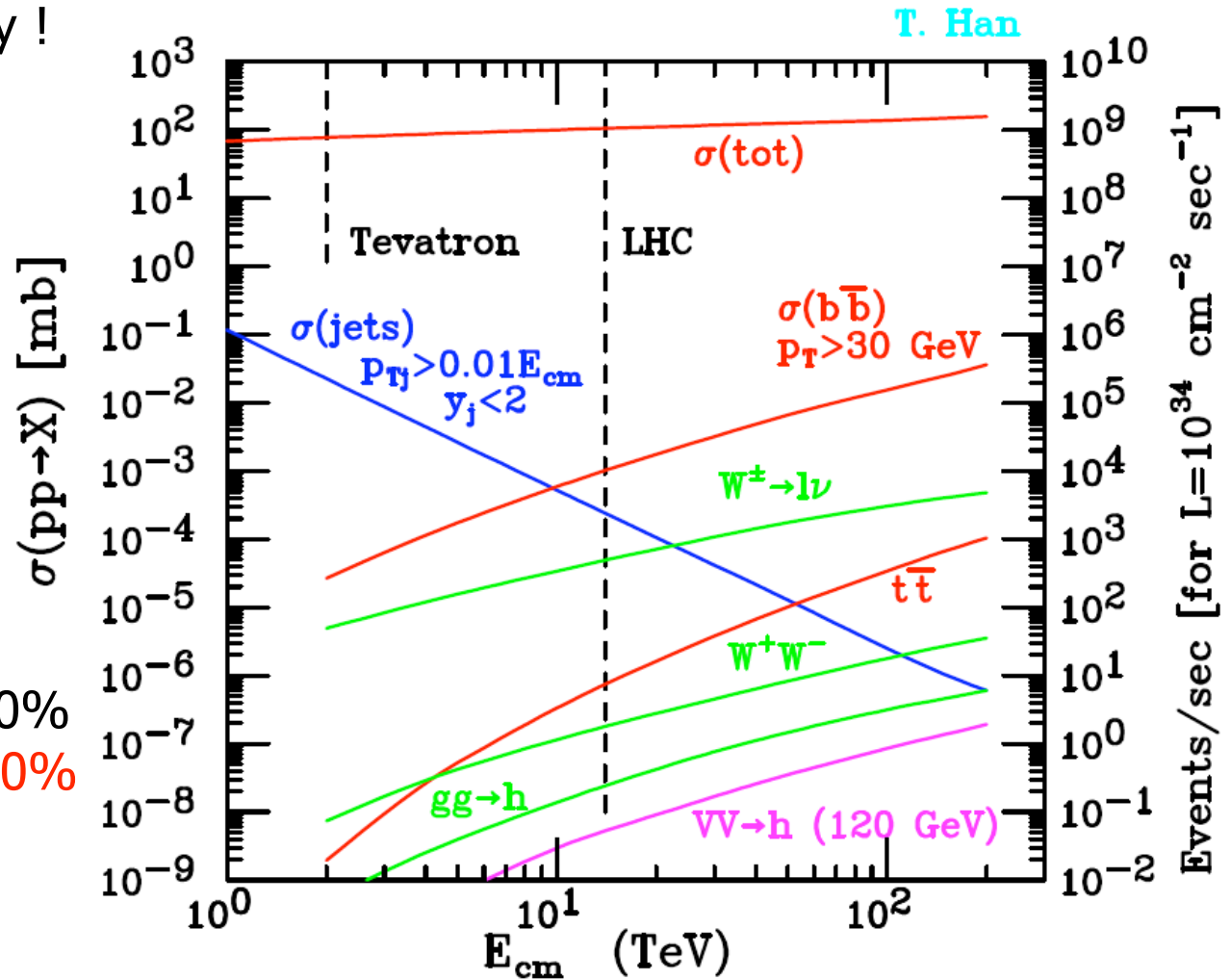
The LHC is a top factory !

800k top pairs / fb-1

8 Hz @ 10^{34} cm²/s
(« high » lumi.)

LHC / Tevatron =
× 100 for top pair
× 10 for EWK physics

At LHC: gg 90% $q\bar{q}$ 10%
Tevatron: gg 10% $q\bar{q}$ 90%





Top Cross-section @ LHC

IPHC

Day 1

LHC « commisioning » phase

Dilepton channel:

2 isolated OS lepton

Z boson mass veto

Combined uncertainty

For 10 pb^{-1} :

$$(\Delta\sigma/\sigma)^{\text{di-lep}} = (\pm 15_{\text{(stat)}} \pm 10_{\text{(syst)}} \pm 10_{\text{(lumi)}}) \%$$

Top mass:

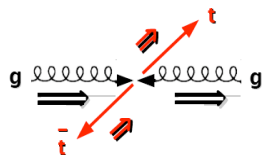
$$\Delta m_{\text{top}} = (\leq 0.4 \text{ (stat)} \pm 1 \text{ (syst)}) \text{ GeV}$$

Competitive with Tevatron

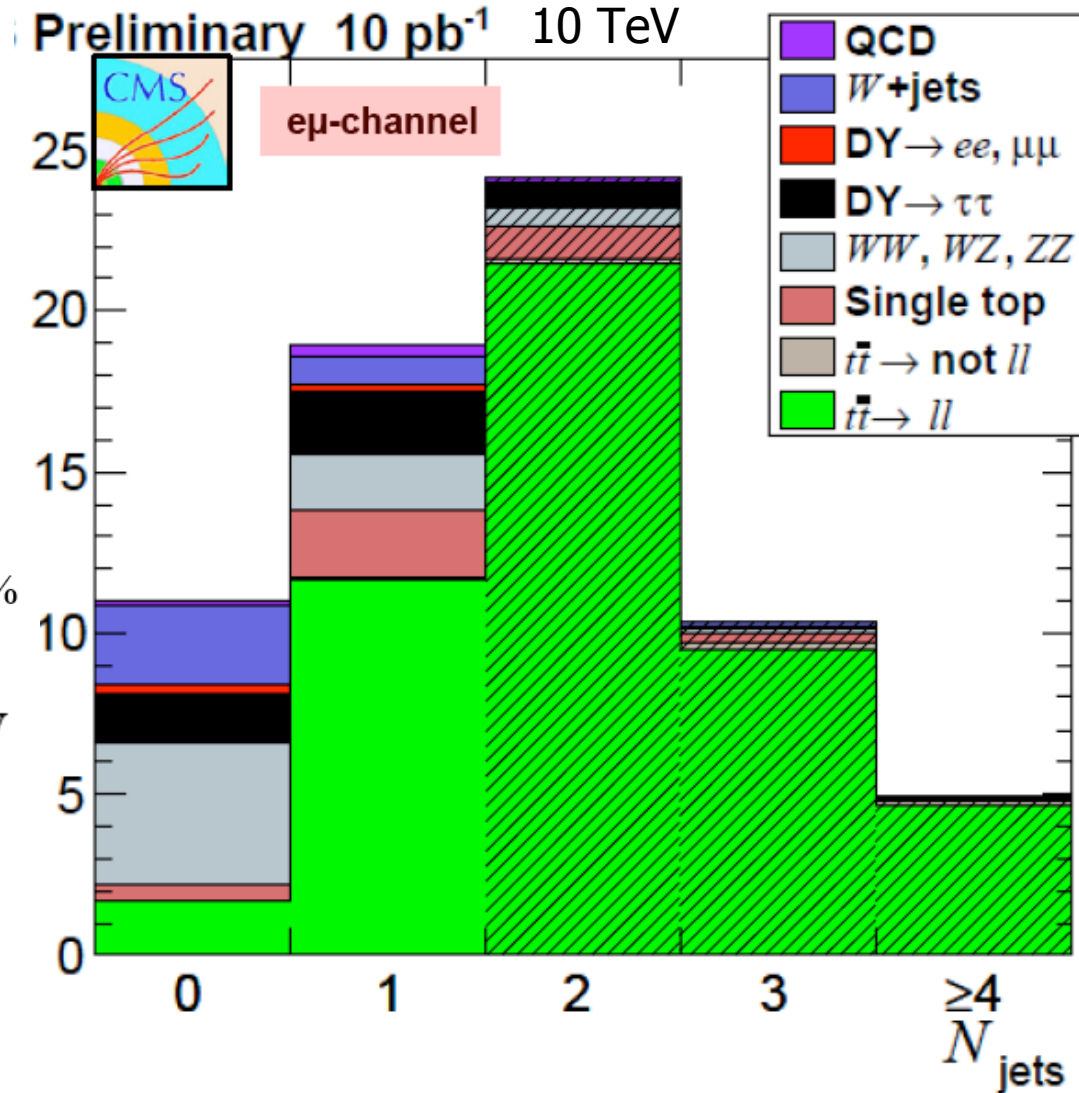
already for $L = 1 \text{ fb}^{-1}$... but

systematics limited ... Tevatron

will be hard to beat ...



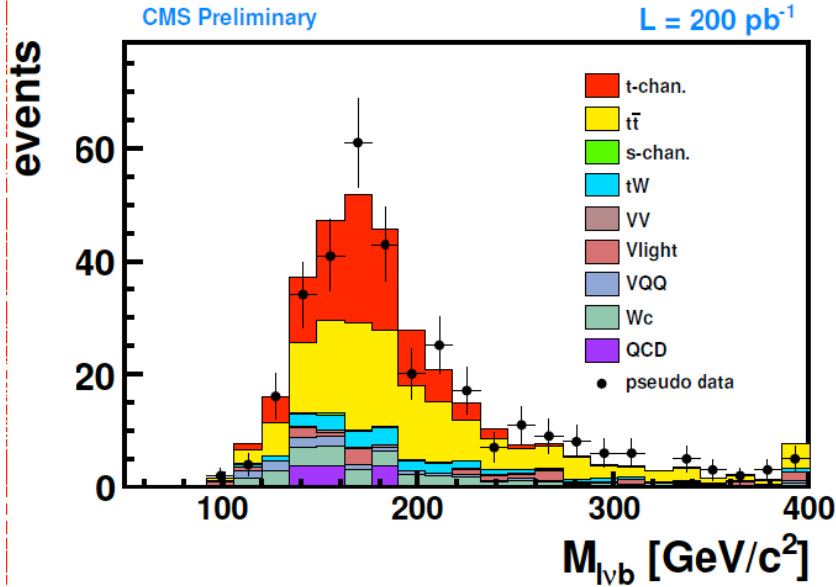
First measurement of spin correlation possible @ LHC !





Single Top @ LHC

4 Single top / day @ TeVatron 40000 / day @ LHC !



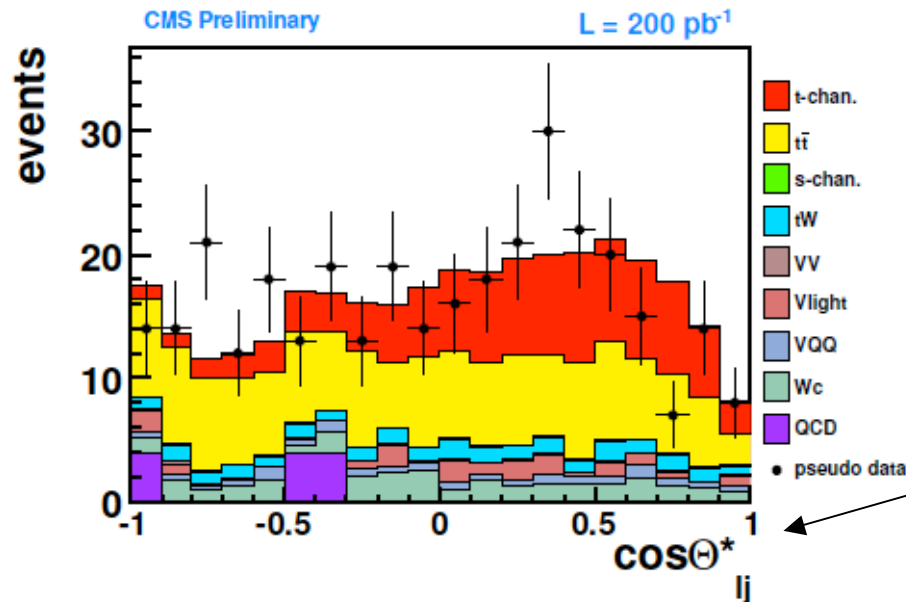
$$M_T = \sqrt{(p_{T,\mu} + p_{T,\nu})^2 - (p_{x,\mu} + p_{x,\nu})^2 - (p_{y,\mu} + p_{y,\nu})^2}$$

1 fb⁻¹

$\Delta|V_{tb}| = 12\%$ (stat+syst+theo)

Further improvement expected with control of b-tagging eff., JES and luminosity

[comparable or better than TeVatron already for 1 fb⁻¹]



France

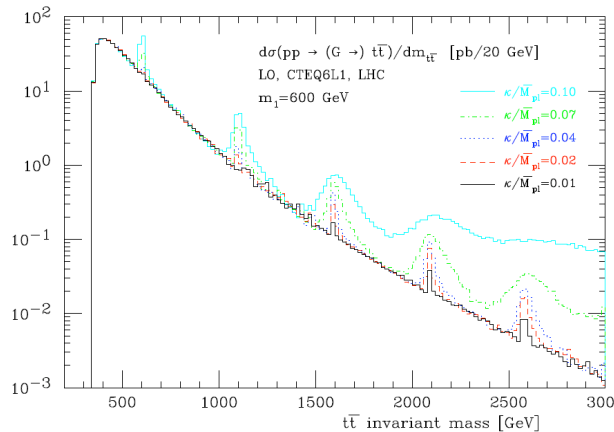
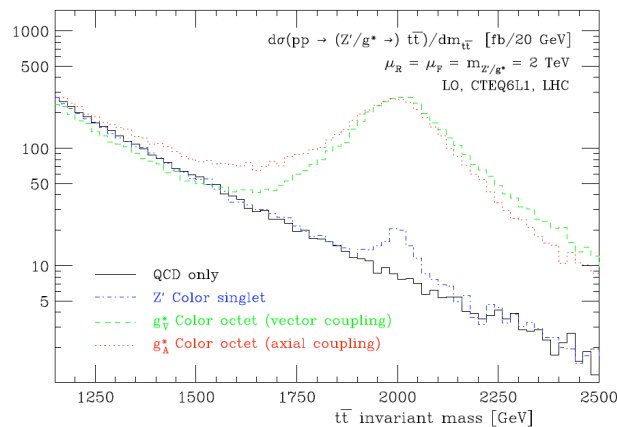


Tagging of Boosted Top Quarks

Concerned:

R. Chierici al., $d\sigma/d M_{di-top}$, TeV Resonances

- Implémentation de nouveaux modèles en production de paire de top dans MadGraph (Maltoni, Frederix, Louvain-la-Neuve)



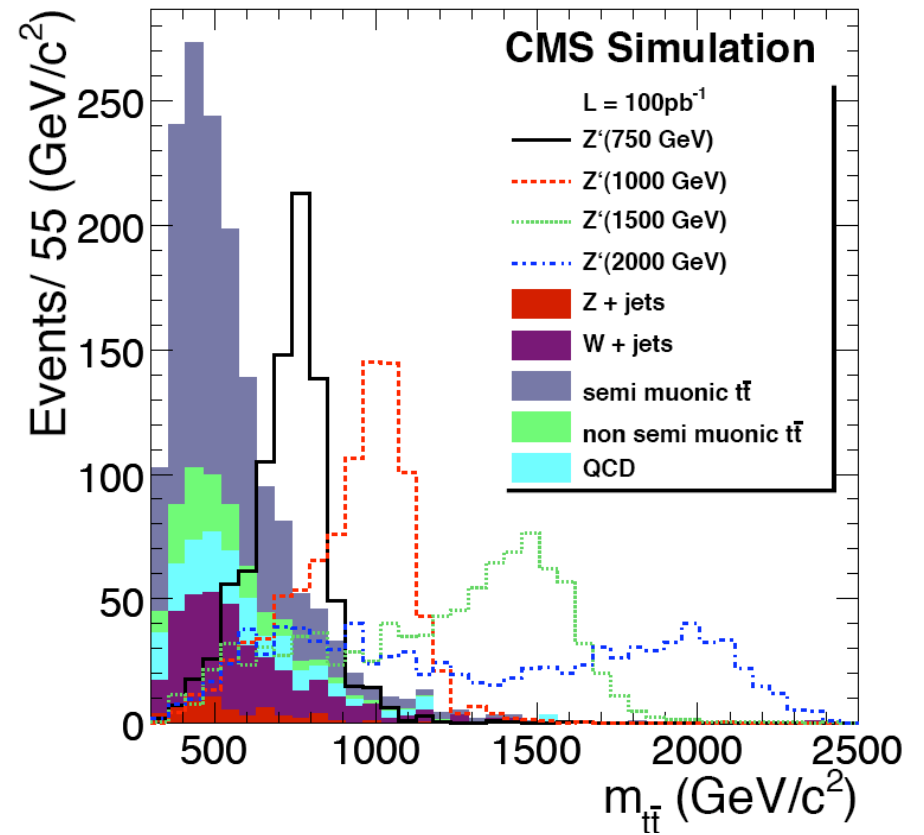
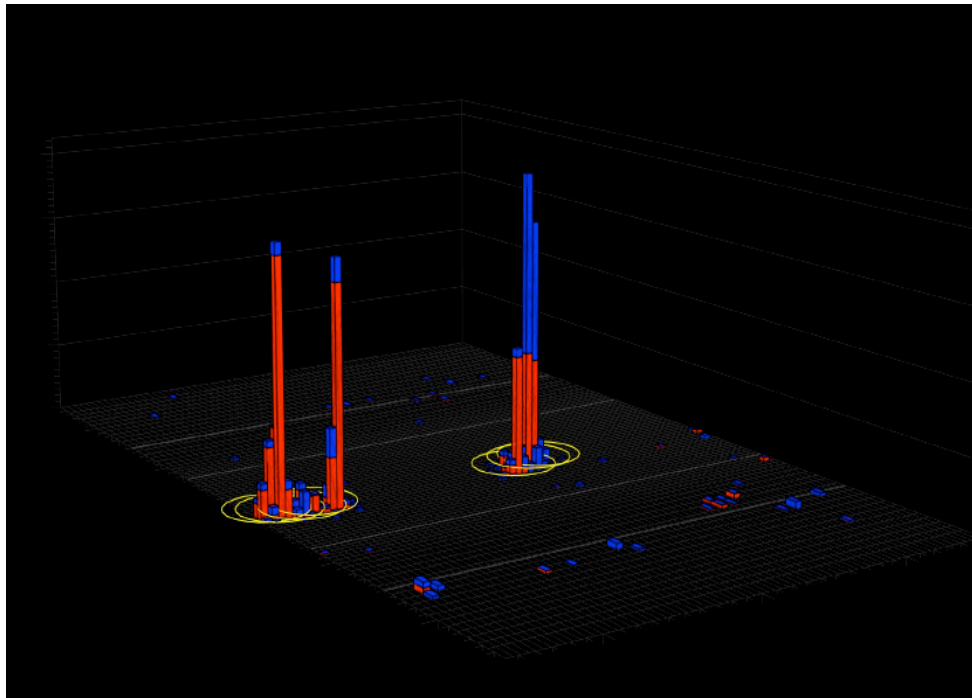
R. Frederix, F. Maltoni, JHEP 0901:047,2009.

- Nouveaux algorithmes pour jet clustering pour l'identification de tops boostés (with boosted top group at CERN & Schwartz et al., Harvard)
 - Cambridge-Aachen modifié
 - 'Epluche' les jets pour rechercher des sous-structures auxquelles appliquer des coupures en masse
 - **Très prometteur pour identifier des jets composés**



Tagging of Boosted Top Quarks

CMS TOP-09-009





SUSY & BSM Physics

~ Current Activities*

IPN Lyon - IN2P3:

$d\sigma/d M_{di-top'}$ TeV Resonances.

Djamel E. Boumediene, Roberto Chierici, Stephane Perries

IPHC Strasbourg - IN2P3:

SUSY τ + jets + MET Ulrich Goerlach, Yoshinari Mikami

SUSY multi-leptons (e ou μ) + jets + MET:

... [à terme A. Besson, J.-L. Agram, E. Conte, M. Karim]

LLR Polytechnique - IN2P3:

Z' , TeV Resonances : **Philippe Miné**, [à terme + C. Thiebaux ...]



Heavy Ion Physics

~ Current Activities*

HI (di-lepton channels ++): **Raphaël Granier de Cassagnac** (LLR)

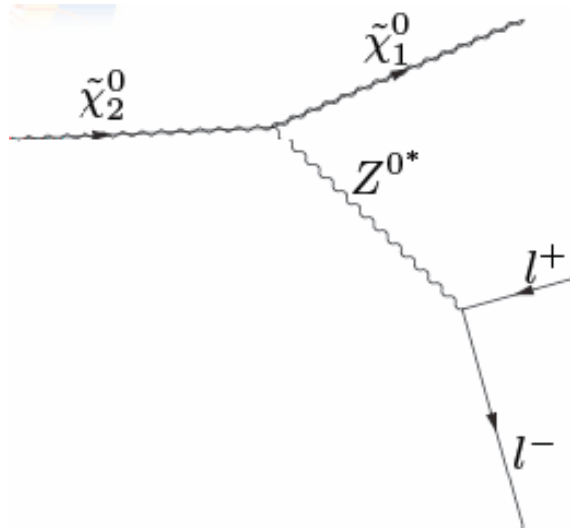
... [B. Wyslouch (MIT), ++ Sarah Porteboeuf, ...]

* Many more important French contributors at various stages !

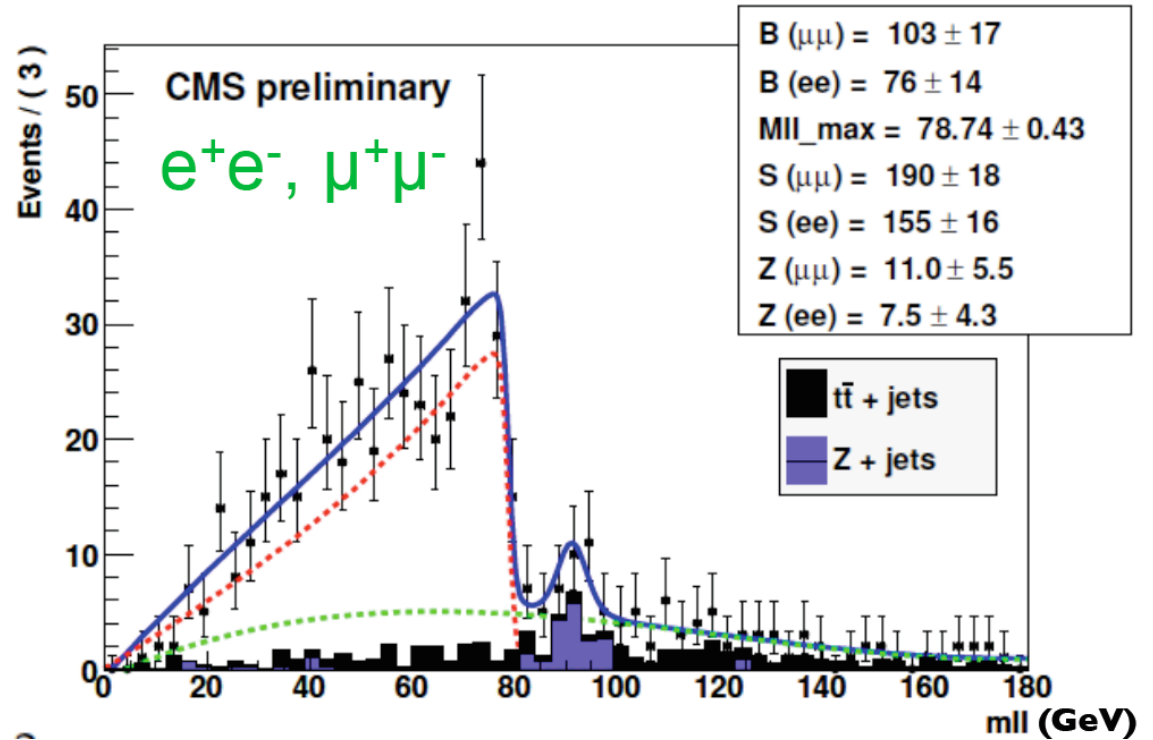


Measurement of SUSY Parameters

Q ? Which global strategy and tools ... beyond the Edges ?



$$m_{\ell\ell}^{\max} = m_{\tilde{\chi}_2^0} - m_{\tilde{\chi}_1^0}$$



CAUTION

THIS SLIDE HAS

SHARP EDGES

DO NOT TOUCH THE EDGES OF THIS SLIDE



ALSO, THE BRIDGE IS OUT AHEAD





Measurement of SUSY Parameters

Concerned:

M. Besançon et al., P. Verdier et al., U. Goerlach et al., Y.S. et al.

Assuming SUSY discovery at the LHC (or to constrain models):

- \exists Strong Interest in CMS-France to make use of global programs and get more involved in global strategies



R. Lafaye, T. Plehn, M. Rauch, D. Zerwas, ...



P. Bechtle, K. Desch, P. Wienemann, W. Porod ...

Q ? Are such programs publicly available ? How to make best use and give feed-back ?

Q ? Any possibility to contribute and/or enter in the loop ?



Interpretation des Données / BSM

Concerned:

BSM constraints, Searches: R. Chierici al.

- Réglage et fits des paramètres dans les générateurs standard
[Collaborations CMS Générateur - Theory]
 - MB-UE tuning: une des premières analyses à CMS (Field, Skands)
 - Matching PS/ME et les tuning de radiation (Skands, Mrenna)
 - PDF NLO, LO*, et leurs réglages (Thorne et al.)
- Ajustements théoriques et interface standardisé pour la nouvelle physique
[Interface entre la théorie et la génération/simulation dans CMS]
 - Réglage à travers des fits automatisés: (Buckley et al.)
 - Standardisation dans les modèles de nouvelle physique: (Fuks et al.)

∃ collaboration privilégiée entre « Montecarlistes » (e.g. dans CMS)
et « phénoménologues »

Q? La communauté TH française est-elle représentée d'une façon satisfaisante?



Interprétation des Données: FeynRules (1)

FeynRules: Automatized Theoretical Calculations for the LHC

B. Fuks et al.

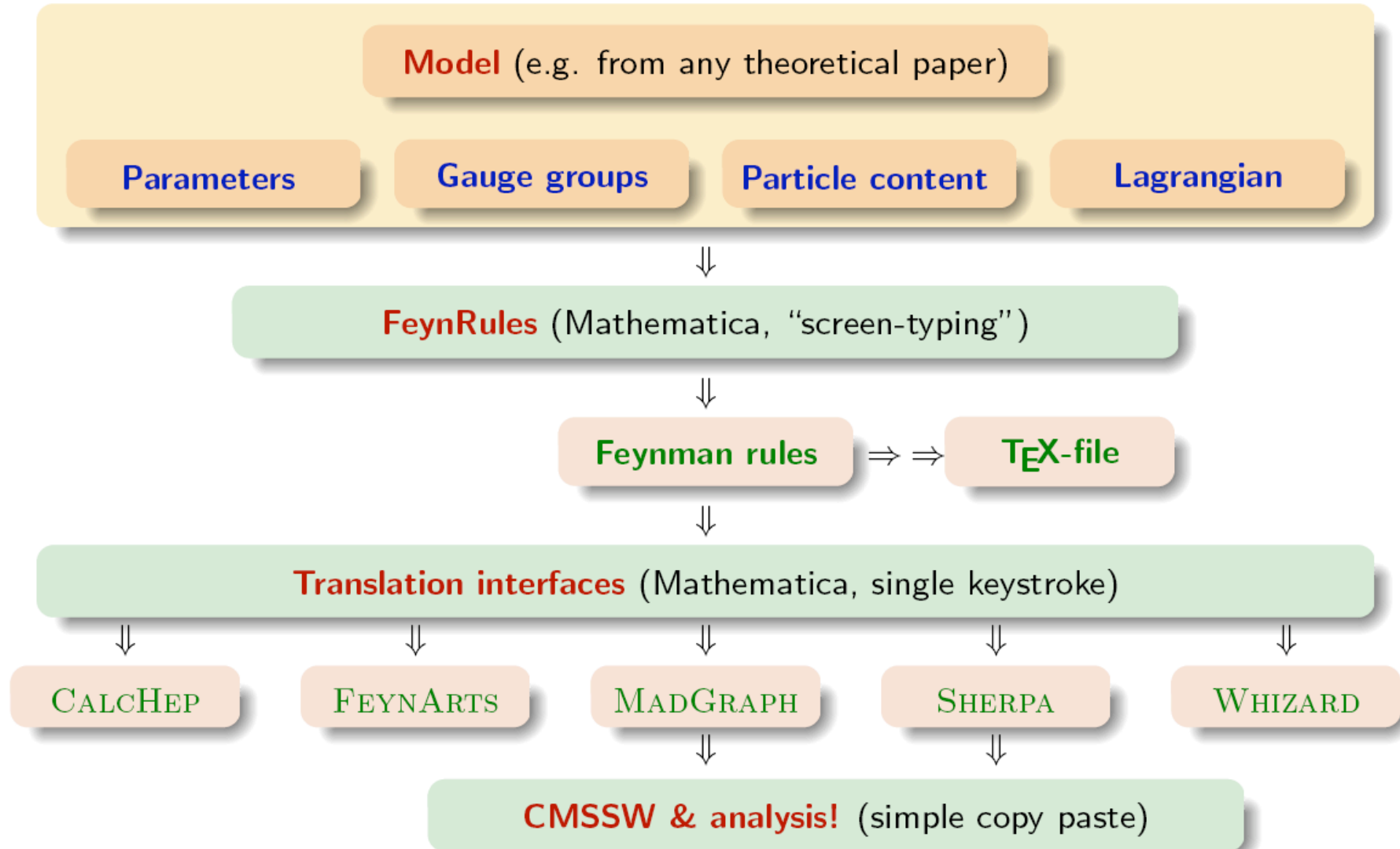
- **BSM studies at the LHC require simulation for many different BSM models.**
- **Automated Monte Carlo tools for theoretical predictions:**
 - * **Easy to use** (specification of the process and model).
 - * Simulation of the full collision environment:
Matrix element generator \Rightarrow **parton showering** \Rightarrow **detector effects.**
 - * **Easy way for BSM:** hard process from the matrix element generator.
 - * There exists a **vast zoology of tools.**
 - ◇ CALCHEP, COMHEP, MADGRAPH, SHERPA, WHIZARD, ...
 - * Model **implementation:**
 - ◇ List of **particles**, **parameters** and vertices (\equiv **Feynman rules**).
- **Assuming a validated Monte Carlo tool,**
 - * The Feynman rules have to be written one by one (**tedious, error prone**).
 - * **The validation may be long.**
 - * We need to iterate for each considered model.
 - * **Many generators have only a limited set of implemented BSM models.**



Interprétation des Données: FeynRules (2)

B. Fuks et al.

[Christensen, Duhr (2009); Christensen, de Aquino, Degrande, Duhr, Fuks, Herquet, Maltoni, Schumann (2009)].





Interprétation des Données: FeynRules (3)

B. Fuks et al.

Model Database (FeynRules v1.4.0)

[Christensen, de Aquino, Degrande, Duhr, Fuks, Herquet, Maltoni, Schumann (2009)].

- **BSM models implemented in FEYNRULES.**
 - * The most general two-Higgs-doublet model.
 - * The most general MSSM.
 - * Universal extra dimensional models.
 - * The Minimal Higgsless Model.
- **Other models (not exportable to Monte Carlo tools).**
 - * Large extra dimensional models.
 - * Chiral perturbation theory.
 - * Strongly interacting Light Higgs models.
- **Validation: full agreement has been obtained after comparing,**
 - * FEYNRULES-generated CALCHEP, MADGRAPH, SHERPA versions.
 - * Existing MADGRAPH and/or CALCHEP (stock) versions.
- **Validation: FEYNARTS investigations have been performed.**



Interprétation des Données: FeynRules (4)

B. Fuks et al.

From FeynRules to CMSSW

- **A powerful prospecting chain from theory to experiment:**
 - * **Model implementation:** FEYNRULES
 - * **Matrix element generators:** CALCHEP, MADGRAPH, SHERPA,
 - * **Parton showering:** PYTHIA, HERWIG, ...
 - * **Hadronization:** PYTHIA, ...
 - * **Detector effects:** DELPHES, PGS,...
- **CMSSW**
 - * Contains links to COMPHEP, MADGRAPH/MADEVENT and SHERPA.
 - * FEYNRULES is supported by the Monte Carlo people.
 - * **No CMSSW modification required to include FEYNRULES models.**
- **Implementation/validation of any missing important model.**
 - * General R -parity violating MSSM [Andrea, Fuks (*in prep.*)].
 - * ??



Searches and New Physics

M. Besançon et al.

Recall: best possible understanding the SM Physics at the LHC will be crucial for the search of new physics ...

NLO and possibly NNLO is highly desirable e.g. for $W + n$ jets, $Z + n$ jets, $WW/ZZ + n$ jets, top pair + n jets

Q? Can we make use of twistor-based calculations and corresponding "recent" developments ?

e.g. Maximal Helicity Violation (MHV) QCD amplitudes

R. Britto*, F. Cachazo, P. Svrcek, E. Witten - rules & recursive relations

e.g. Their analogue for massive spin 1 (W,Z) and massive fermions (top) for example for NLO multiparton $V + 3$ jets

C.F. Berger, Z. Bern, L.J. Dixon, F. Febres Cordero, D. Forde, T. Gleisberg, H. Ita, D.A. Kosower*

arXiv:0907 (July 2009); Phys.Rev.Lett.102:222001 (February 2009), etc.

* Now at IPhT Saclay



Conclusions (1)

- Les physicien (ne)s de CMS France (se) sont fortement impliqués dans le « commissioning » du détecteur et dans la finalisation des algorithmes de reconstruction ... c'est encore un travail plein temps pour une majorité des collègues
- La première tâche pour les expérimentateurs [après avoir validé & ajusté les algorithmes de reconstruction] au LHC sera de « re-découvrir » le Modèle Standard et de comprendre/étudier les bruits de fonds ... et cela concerne aussi la phénoménologie/théorie
 - Calculs N^kLO et implémentation dans des générateurs si possible
 - Réglages de MC avec les données : UE+MB, paramètres de radiations, corrélation ME/PS matching-réglages, PDFs, fragmentation, fit aux données
 - Outils: interprétation des données, algorithmes de clusterisation des jets



Conclusions (2)

- CMS France est fortement impliqué dans la préparation pour la recherche (et découverte) de nouvelle physique au LHC [top physics, Higgs and EWSB, SUSY and Exotica] ... et souhaite développer fortement les liens avec la phénoménologie/théorie [Modèles « globaux » de mesures et contraintes de paramètres, interfaces générateurs pour de nouveaux modèles etc.]

Matériel pour cet te présentation:

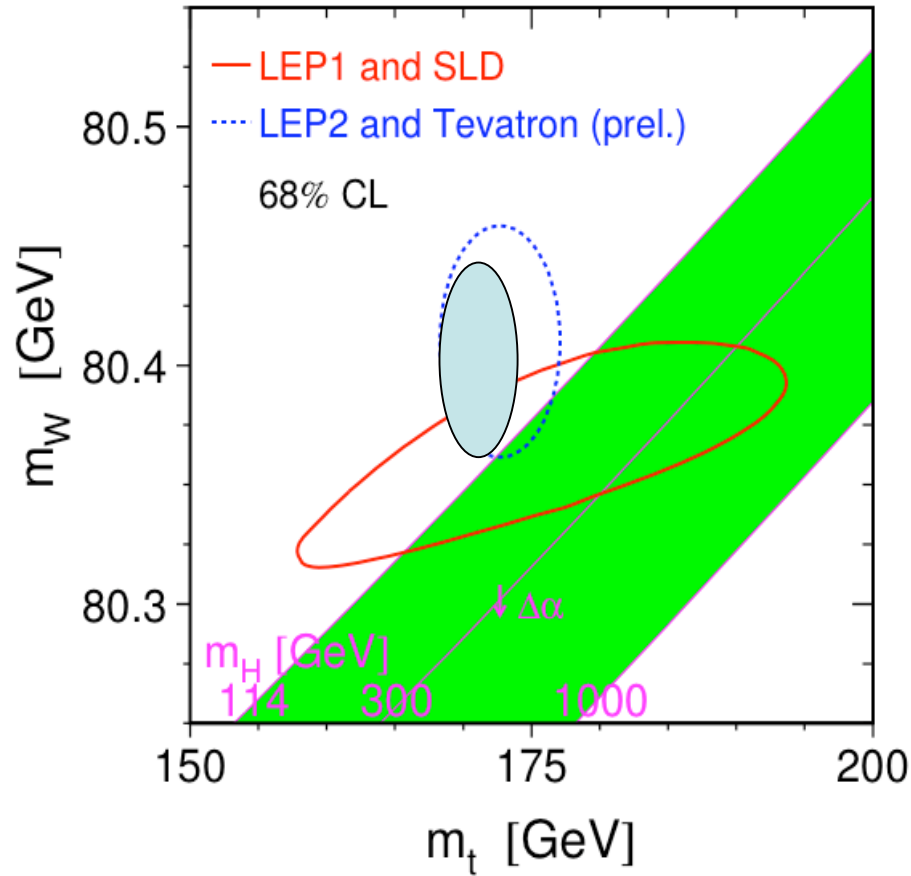
Merci à Marc Besançon, Daniel Bloch, Roberto Chierici, Nicola De Filippis, Susan Gascon-Shotkin ...

CMS @ LHC Theory



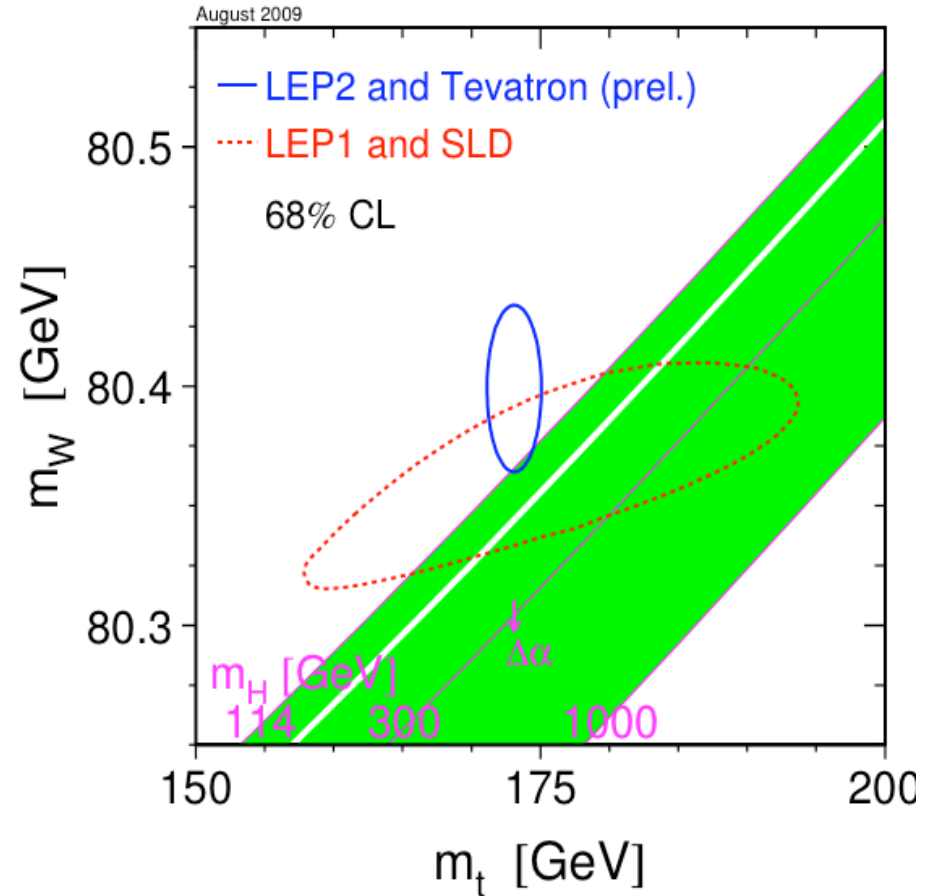
Precision Measurements ... and M_H

EPS HEP 2007



Best 'fit' $M_H = 76^{+33}_{-24} \text{ GeV}/C^2$

LP 2009

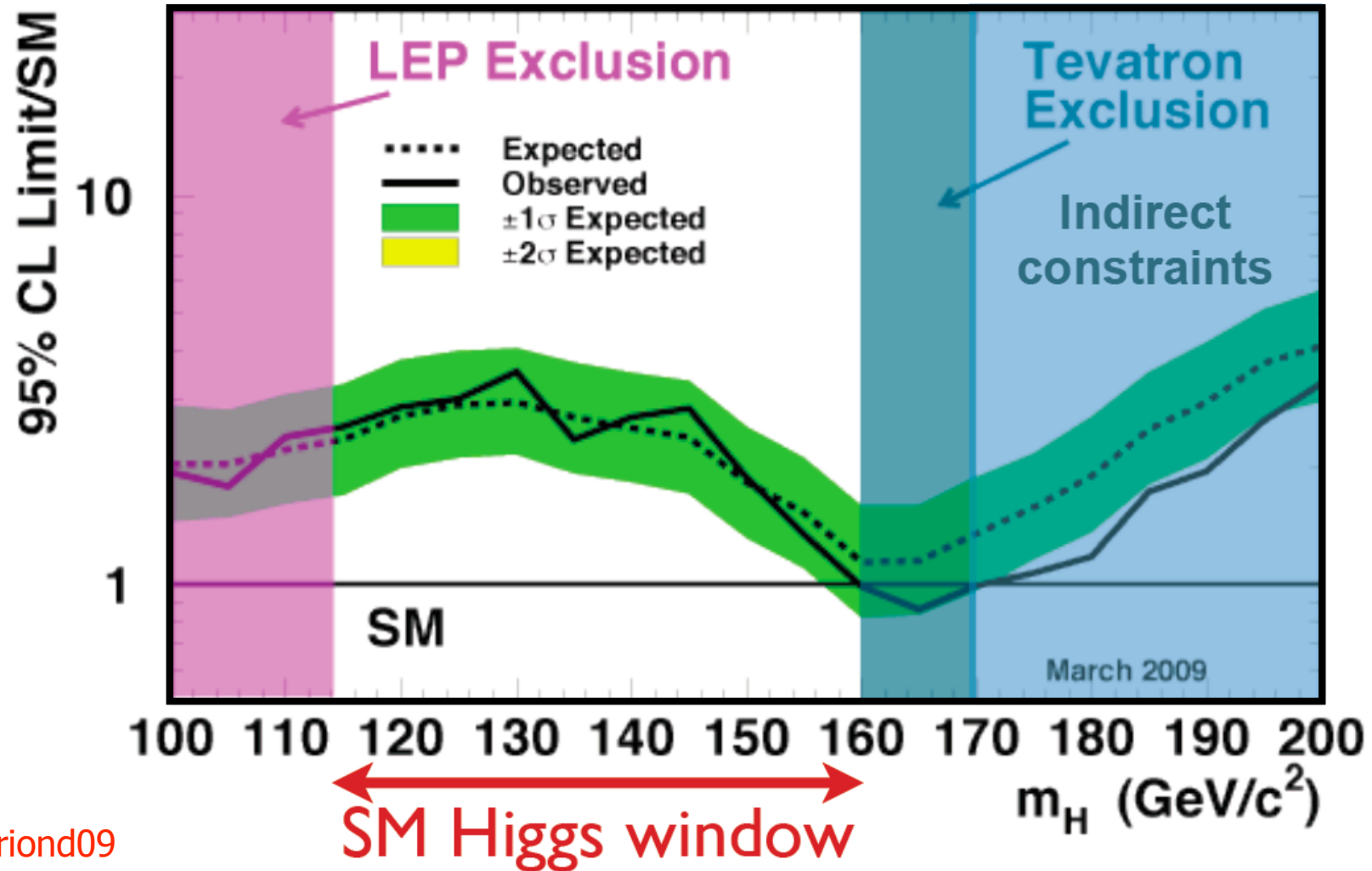


Too light ! .. Physics beyond SM ?
 \Rightarrow priority = precision on M_W



SM Higgs Search at the TeVatron

Tevatron Run 2 Preliminary, $L=0.9-4.2 \text{ fb}^{-1}$



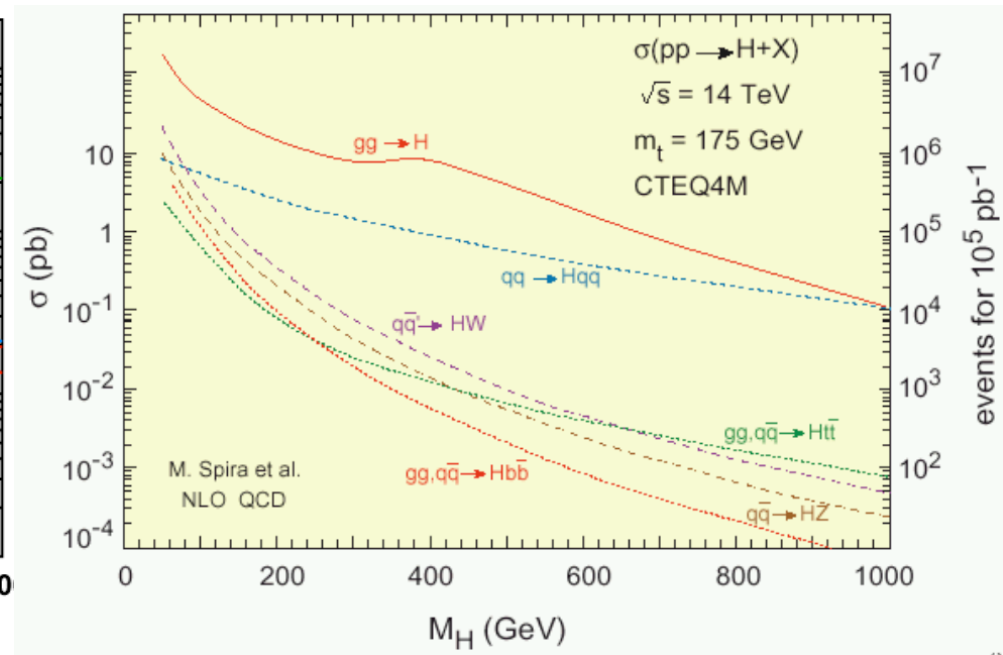
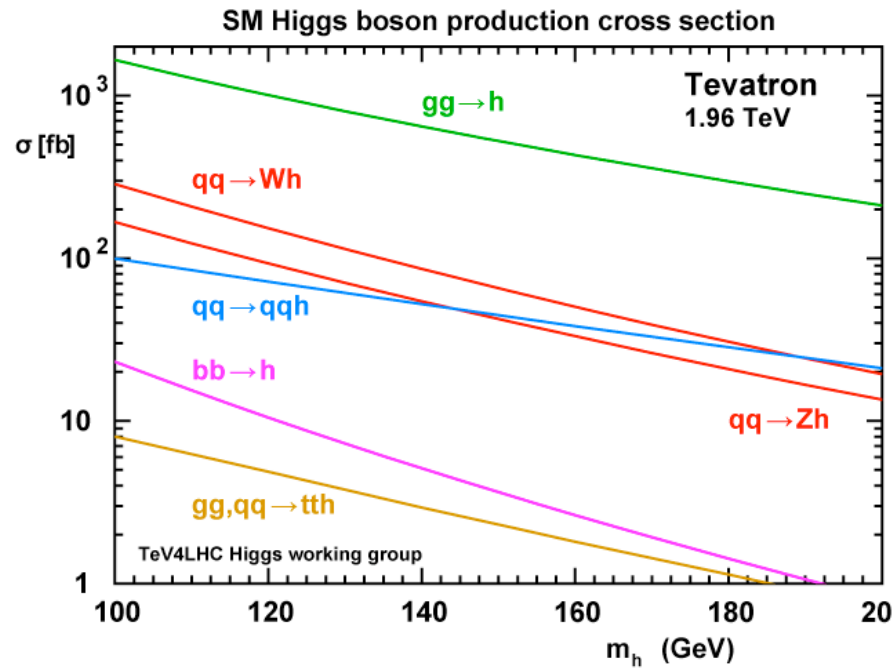
Moriond09

Y. Sirois

Théorie LHC France



Higgs Boson Production Cross-Section





$M_H \leq 130 \text{ GeV}$

H → b \bar{b}

Mode dominant ... mais bruit de fond QCD rédhibitoire, exploitable en mode associé H→t \bar{t} ?

H → $\tau^+\tau^-$

Mode exploitable à bas M_H en mode VBF

H → $\gamma\gamma$

Mode complémentaire à bas M_H , faible BR mais excellente séparation γ/Jet (γ ID, γ Iso., $M_{\gamma\gamma}$)

$M_H > 130 \text{ GeV}$

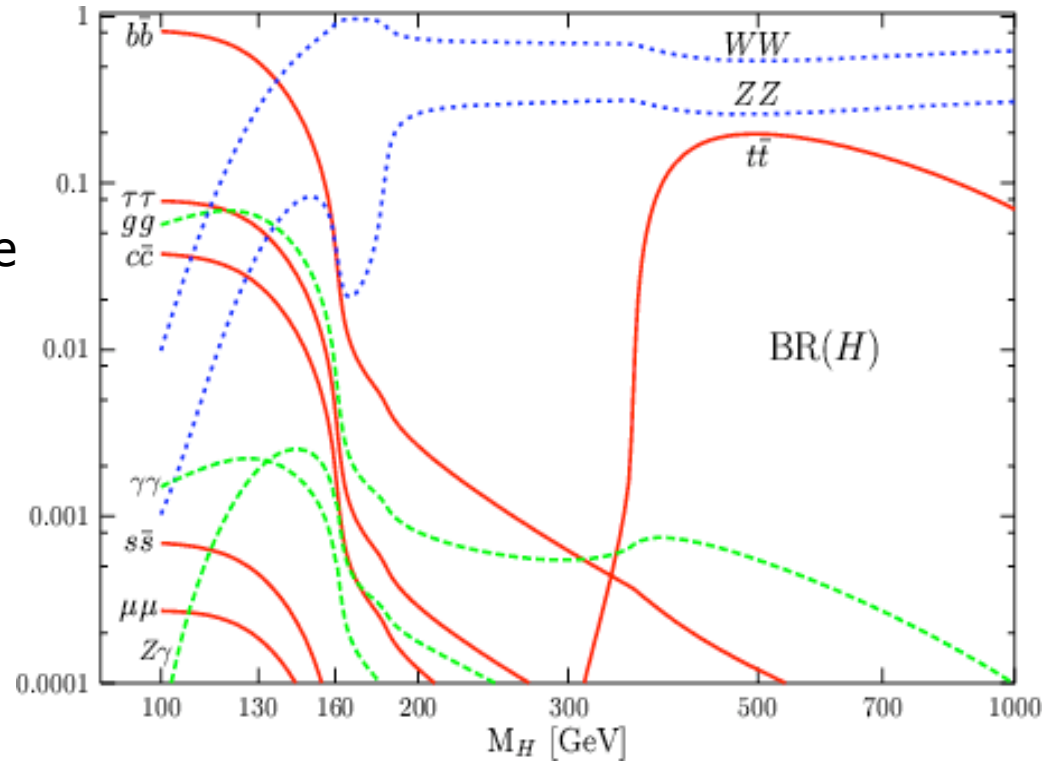
H → WW(*)

Mode dominant, voie $l^+ \nu l^- \bar{\nu}$ optimale pour $M_H = 2 M_W$
mode mixte $l^+ \nu qq'$ exploitable à grande masse

H → ZZ(*)

Faible BR mais voie royale $l^+ l^- l^+ l^-$ "golden mode"

A. Djouadi, hep-ph/0503172





The SM H Coverage @ LHC

