
Analyses de Physique au International Linear Collider

dans les laboratoires de l'In2p3 et Ifu

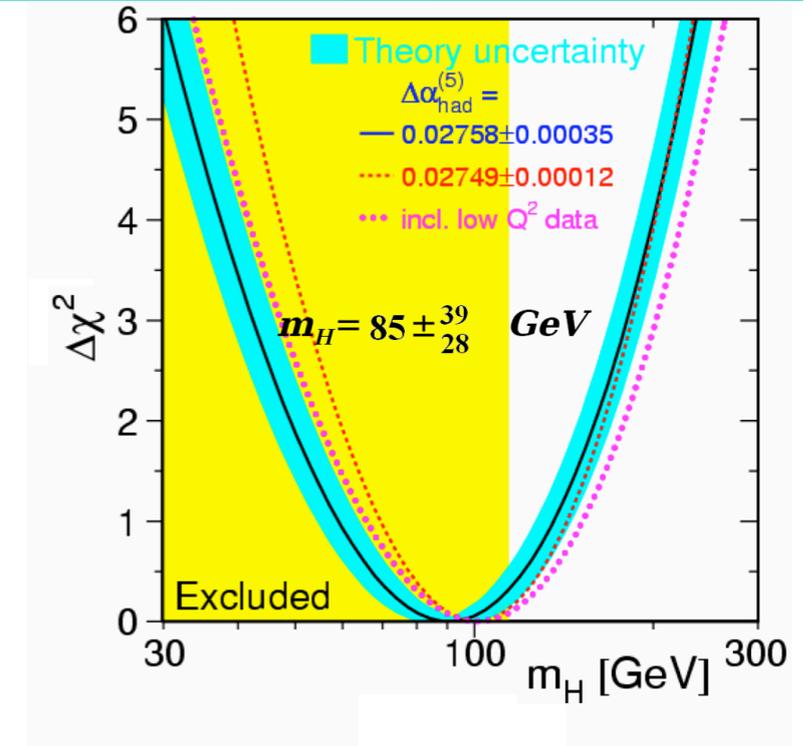
Réunion annuelle avec
les directeurs & chef de service

Pascal Gay
LPC

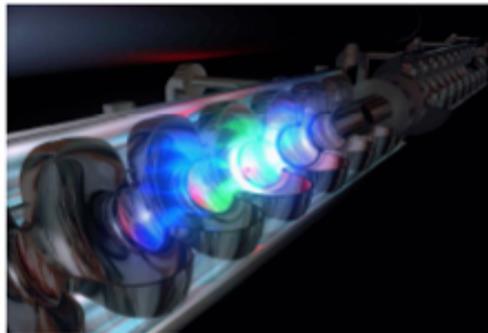
Université Blaise Pascal IN2P3-CNRS

TeV Scale probings : ILC

- **Modèle Standard ?**
Mesures de précision EW → Higgs léger
Problème de hiérarchie, divergence
- **Super symétrie ?**
MSSM Higgs léger ($\lesssim 135$ GeV)
Origine de la brisure SUSY ?
- **Secteur de Higgs étendu ?**
- **Nouvelle interaction forte ?**
- **Nouveaux bosons de jauge ?**
- **Nouvelles dimensions ?**



Éléments de réponses avec Tevatron (?) LHC (!)



International Linear Collider

Fonctionnement avec recouvrement de celui du LHC

être prêt à tester toutes les hypothèses
y compris celles qui ne sont pas encore émises

Intérêt d'un LC est clairement établi

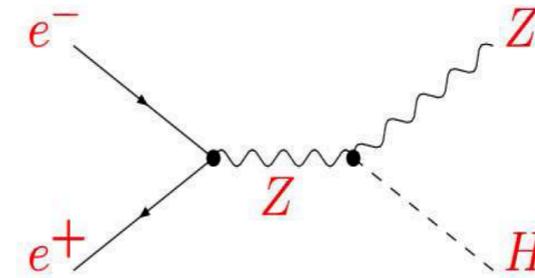
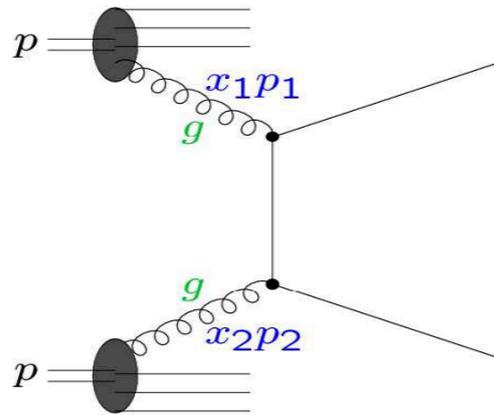
ILC Reference Design Report Volume 2: PHYSICS AT THE ILC
Editors: A. Djouadi, J. Lykken, K. Mönig, Y. Okada, M. Oreglia, S. Yamashita

Bénéfice d'un LC

caractéristiques différentes



vertus différentes



LHC collisions pp à $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$

accès aux hautes masses pour découvertes directes

- Cinématique : conservation de p_t seulement
- Nature composite des protons de collisions
→ underlying event
- \sqrt{s} des collisions pas fixé
- Particules en interaction forte
→ énorme section efficace QCD (bdf)

ILC collisions e+e- à $\sqrt{s} = 0.5-1.0 \text{ TeV}$

mesures de précision, découverte indirecte et directe

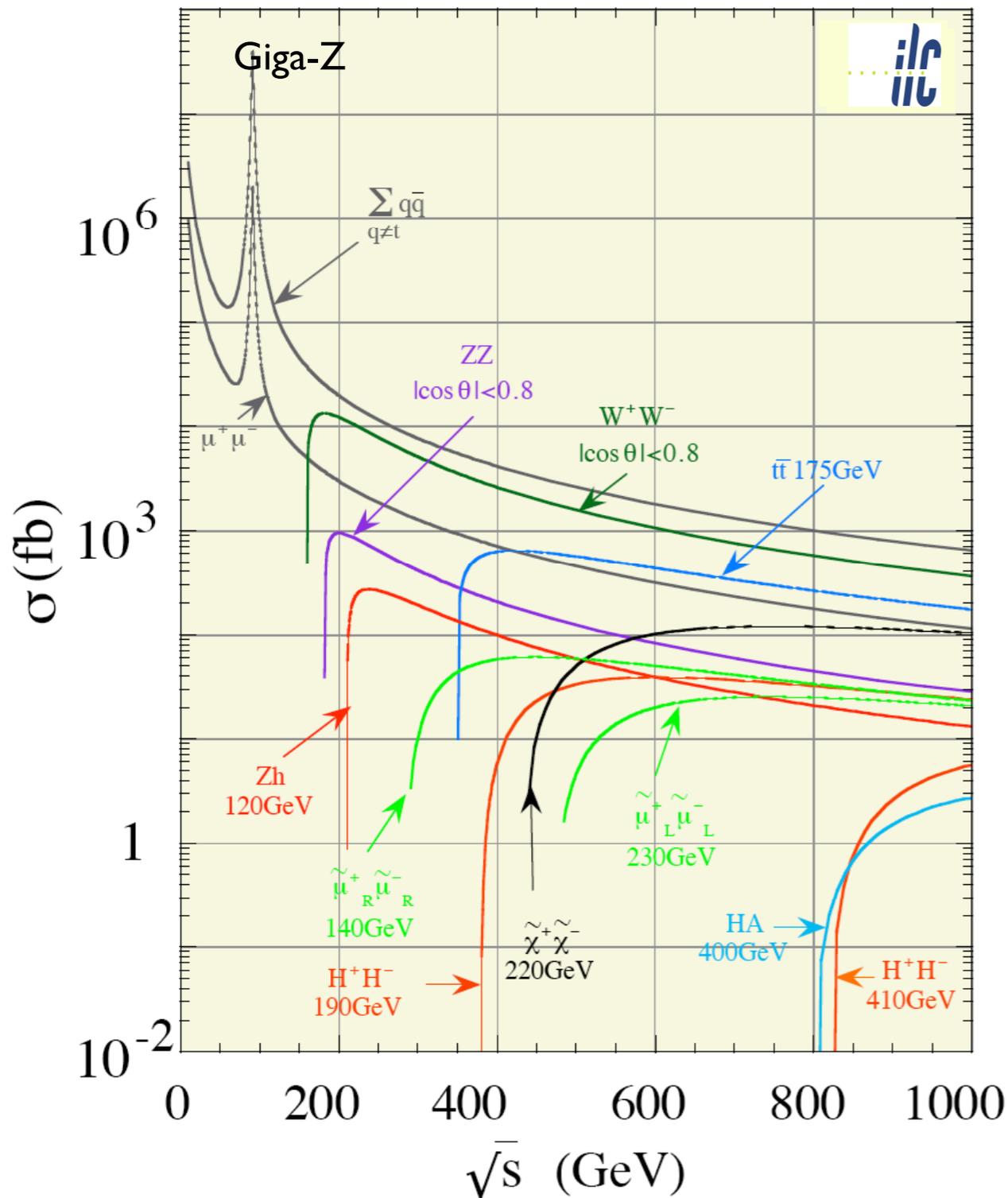
- Cinématique: conservation E,p
- Maîtrise de l'état initial
→ polarisation des électrons, \sqrt{s} ajustable,...
- Sections efficaces connues @1%
- Pas de trigger
- Bdf très faible (vis à vis LHC)
- Options: $\gamma\gamma$, $e\gamma$, e-e- colliders, GigaZ.

Programme ILC

E.c.m. de 200 GeV à 800 GeV - 1 TeV
 passant par les seuils WW , ZZ , tt , etc.
 run 500 et 800-1000 GeV

Giga-Z

haute luminosité 500 fb^{-1} (première phase 500 GeV)



- ❖ processus Modèle standard
- ❖ physique du quark top
- ❖ théories de jauge standard et non standard
- ❖ physique du boson de Higgs
- ❖ Super-symétrie
- ❖ théories alternatives

Etats finals typiques

$Z\gamma$	2 l, 2 jets
W^+W^-	1 l+2 jets, 4 jets
$t\bar{t}$	l+jets, 6 jets
$t\bar{t}h$	8 jets
hZ	2l+2 jets, 4 jets
hhZ	2l+4 jets, 8 jets
$\chi_1^0\chi_1^0$	jets + \cancel{E}
$\tilde{t}\tilde{t}$	6 jets+\cancel{E}
$R_p \chi_1^0\chi_1^0$	2l+ 4 jets, 6 jets
$R_p \chi^+\chi^-$	2l+ 6 jets, 10 jets
hZ	$\gamma\gamma$
graviton	no-pointing γ
extra-dimension	$\gamma+\cancel{E}$

Reconstruction des jets - PFA
 Etiquetage des saveurs -
séparation b/c
 ↑
 première importance

R&D sur ECAL HCAL
 VDET+Tracking

Générateurs à 6, 8, 10, n
 fermions dans l'état final

Installés CCln2p3 P. Lutz et al.

COMPHEP, WHIZARD,
 GRACE^(*), MADGRAPH,
 PANDORA, CIRCE, etc.

(*) Contr. D. Perret-Gallix LAPP

Simulation rapide du détecteur
 flexibilité des paramètres; étude de design

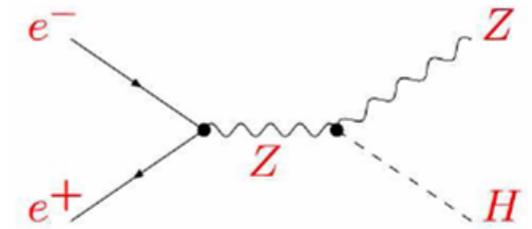
SIMDET, MARLIN, SVG^(*),
 etc., fait-maison/privé

(*) M. Berggren LPHNE-Paris

Physique du Higgs

Masse du Higgs

Higgs strahlung $e^+e^- \rightarrow HZ$
Indépendant du modèle



Measurement of the Higgs mass and $ee \rightarrow HZ$ cross section at Linear Colliders

J.C. Brient LLR

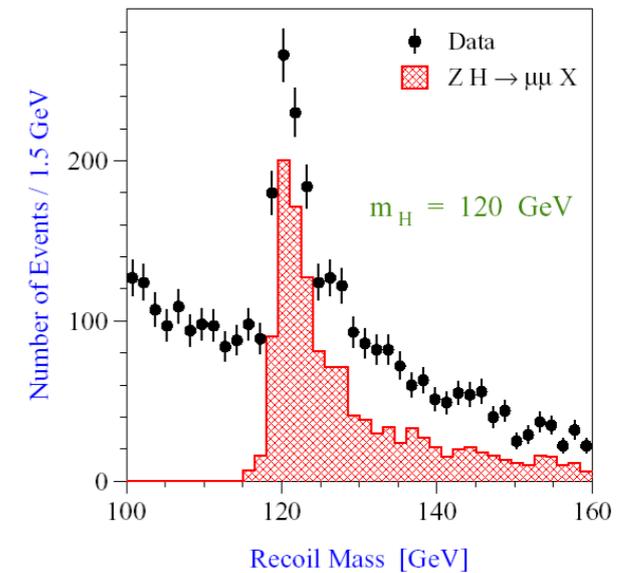
LC-PHSM-2000-049

$$Z \rightarrow e^+e^- \quad m_H = 120 \text{ GeV}/c^2 \quad \sqrt{s} = 340 \text{ GeV}$$

évaluation précise du fond Bhabha

$$\Delta M_h / M_h = 0.14\%$$

$$\Delta \sigma_{HZ} / \sigma_{HZ} = 2\%$$



Strategy to measure the Higgs mass, width and invisible decays at ILC

Ph. Bambade F. Richard LAL-Orsay

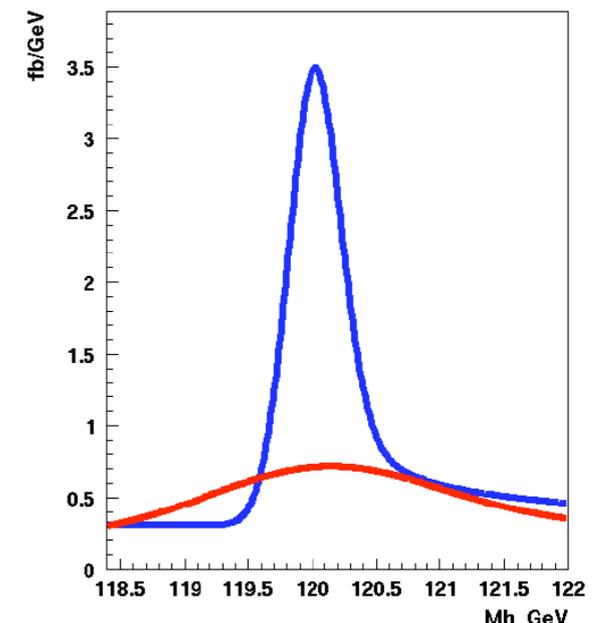
hep-ph/0703173

$$m_H = 120 \text{ GeV}/c^2 \quad \sqrt{s} = 230 \text{ GeV}$$

Run au seuil \rightarrow gain en luminosité

Higgs recoil mass

Higgs invisible, MSSM scénario, violation de CP



section eff. diff $H\mu\mu$ @ 350 et 230 GeV

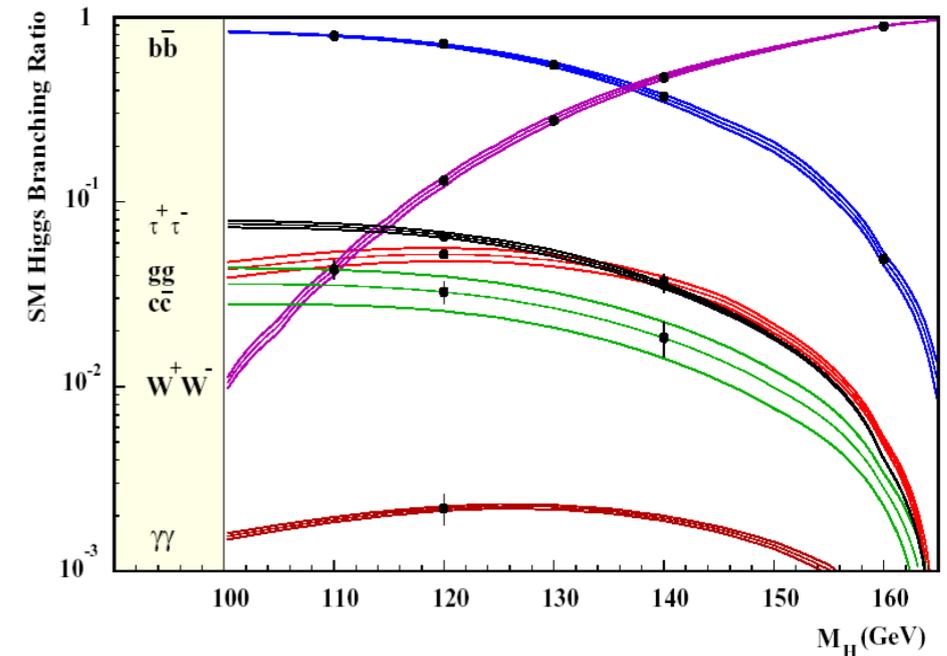
Physique du Higgs

BRs du Higgs

Test du couplage à la masse

$$\Delta BR/BR \sim 3\% \quad \Delta BR/BR(h_{240} \rightarrow WW, ZZ) = 6\%$$

$$BR(H \rightarrow gg) \sim 6\% \quad LC \sim LHC$$



Méthode directe

Direct method to measure the Higgs branching ratios at the future e^+e^- linear collider

J.C. Brient LLR

LC-PHSM-2002-003

$$m_H = 120 \text{ GeV}/c^2 \quad \sqrt{s} = 360 \text{ GeV} \quad \text{inspiré de la physique du tau @ ALEPH-LEP}$$

$BR(H \rightarrow WW^*)$

Measurement of the Higgs decays into WW^* at future e^+e^- linear colliders

J.C. Brient LLR

PREL-LC-PHSM-2004-001

Precise measurement of Higgs decay rate into WW^* at future e^+e^- linear colliders

G. Borisov, F. Richard LAL

LAL 99-26

$$e^+e^- \rightarrow HZ \quad H \rightarrow WW^* \quad \sqrt{s} = 360 \text{ GeV}$$

signature avec 4 jets et un lepton
3 modèles de détecteurs (fast sim)

$$m_H = 120 \text{ GeV}/c^2$$

Physique du Higgs

Couplage Yukawa

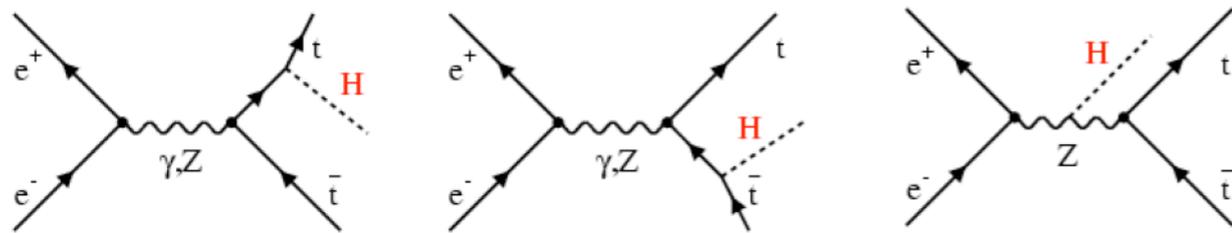
Measurement of the top-Higgs Yukawa coupling at a linear e+e- Collider

A. Gay IPHC-Strasbourg

LC-PHSM-2006-002

Top-Higgs Yukawa coupling measurement at TESLA LCWS04 Proceedings

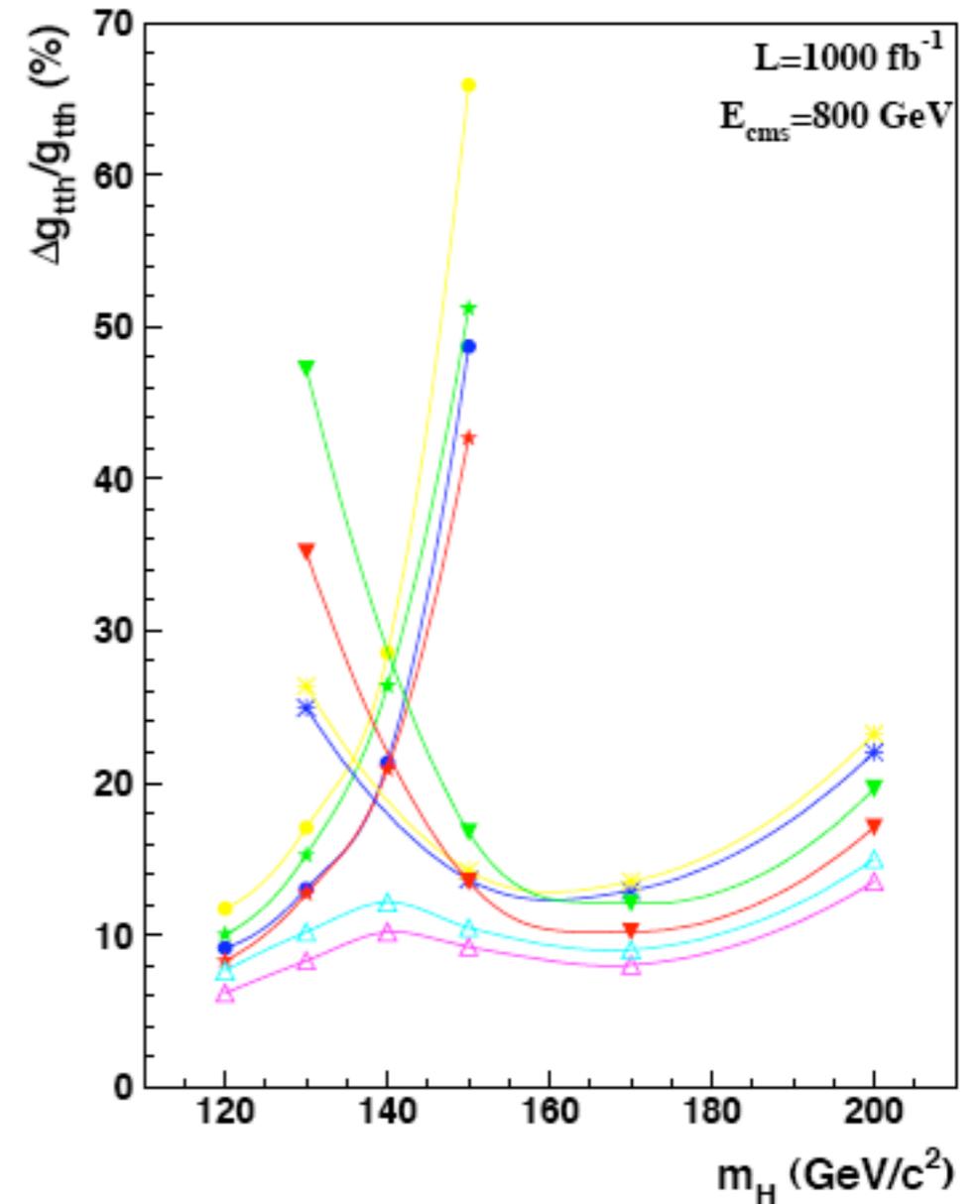
A. Gay, A. Besson, M. Winter IPHC-Strasbourg



$$e^+ e^- \rightarrow t\bar{t}H \rightarrow bWbWH \quad \sqrt{s} = 800 \text{ GeV}$$

nombreuses topologies selon decay du Higgs
 état final jusqu'à 10 jets
 qualité d'étiquetage des saveurs lourdes
 qualité de reconstruction des jets
 grande luminosité

Thèse d'Arnaud Gay



Physique du Higgs

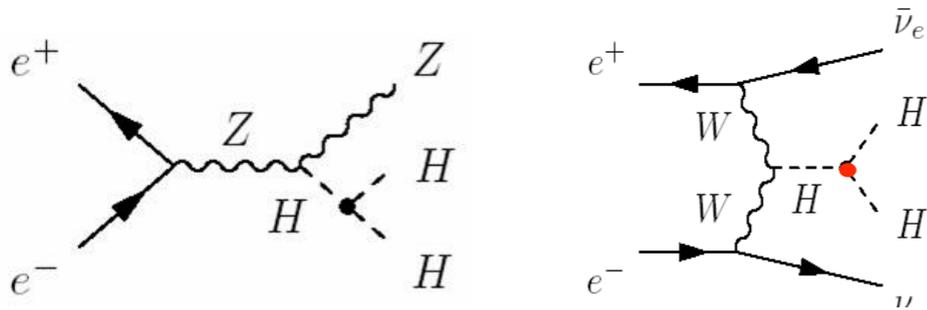
auto-couplage

détermination du potentiel de Higgs

Higgs self coupling measurement in e⁺e⁻ collisions at centre-of-mass énergie of 500 GeV

C. Castanier, P. Gay, P. Lutz, J. Orloff LPC-Clermont IRFU-Saclay

LC-PHSM-2000-61



*très faible section efficace
qualité d'étiquetage des saveurs lourdes
qualité de reconstruction des jets
analyses multi-variables
grande luminosité, haute énergie*

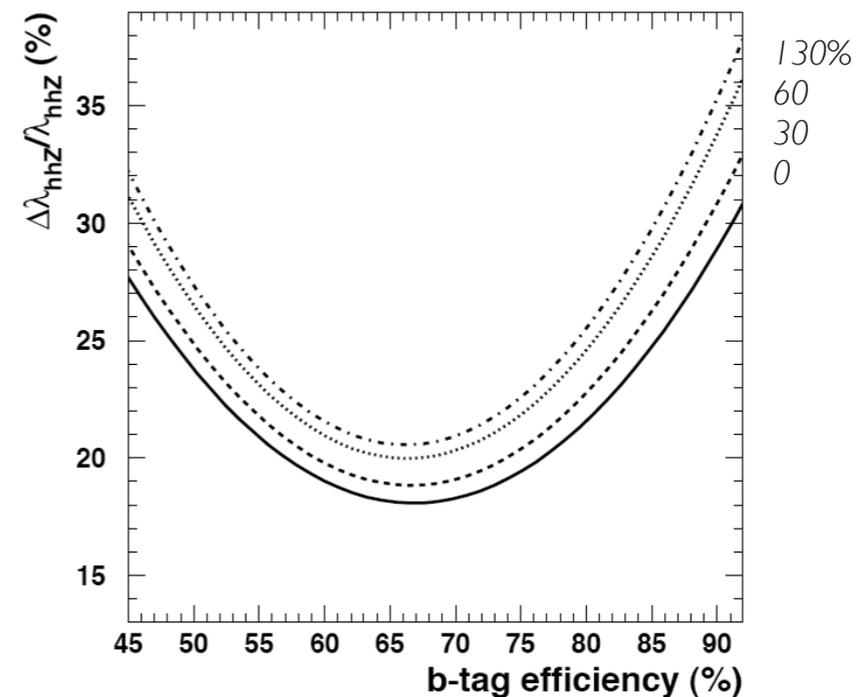
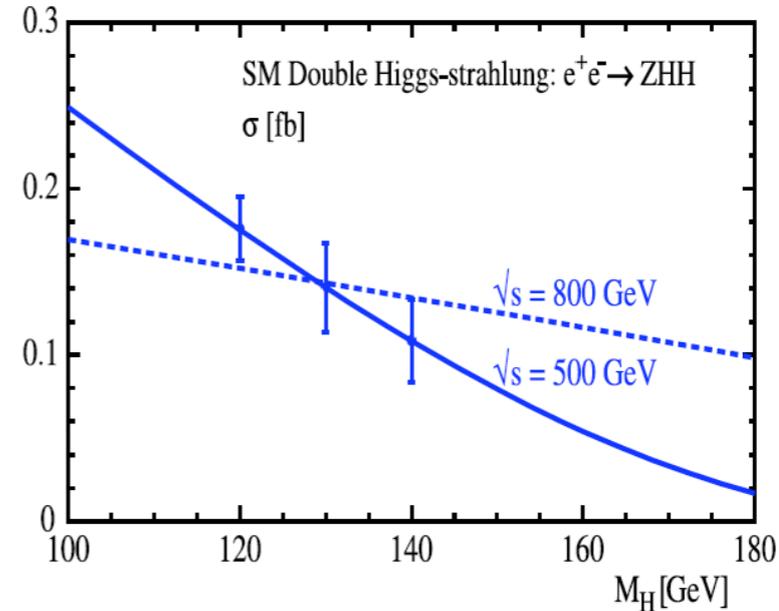
$\sqrt{s} = 500 \text{ et } 800 \text{ GeV}$ $2ab^{-1}$ $\Delta\lambda/\lambda \sim 15\%$

Higgs self coupling measurement [arXiv:0801.0866v1 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/0801.0866v1)

D. Boumediene, P. Gay LPC-Clermont

Evaluation des optima B-tag et résolution de PFA

$\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$ $m_H = 120 \text{ GeV}/c^2$



Super symétrie

Comprendre l'origine de la brisure de Susy

Déterminer **expérimentalement** les paramètres dynamiques **sans hypothèse** de classe de modèle (mSUGRA, GSMB, etc.)

LHC particules lourdes

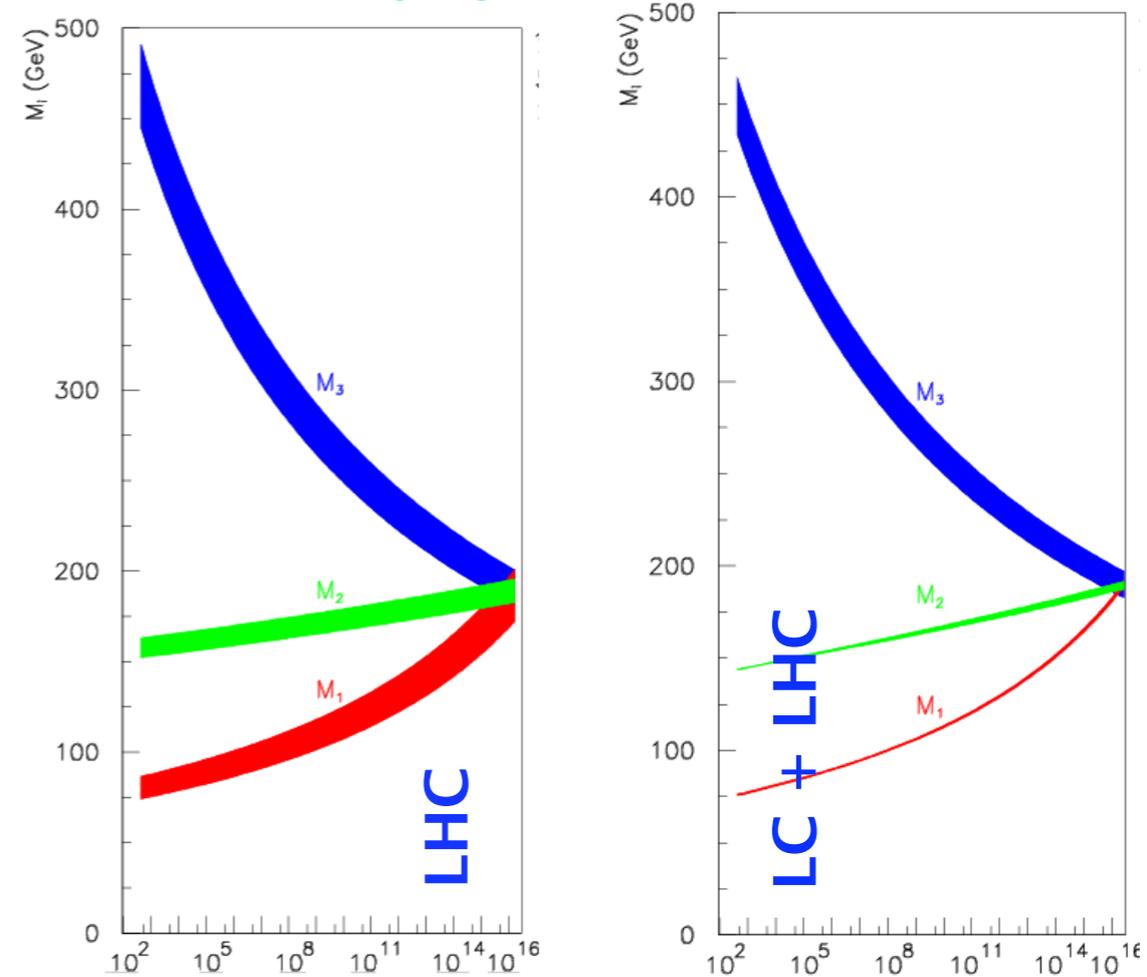
LC particules légères

→ détermine avec h^{te} précision :
masses, spins, angles de mélange,
phases, termes trilineaires, etc.

Mesures de précision essentielles pour
accéder à la Grande Unification

Candidat Dark Matter

Masses des gauginos



Discriminer les hypothèses

Super symétrie, Dark Matter

Susy-DM-ILC

Experimental implications for a linear collider of the SUSY DM scenario

P. Bambade, M. Berggren, F. Richard, Z. Zhang LAL-Orsay LPNHE-Paris

Recherche de slepton (contexte des résultats de WMAP)

leptons acoplanaires

Bdf: 4 fermions final state eetautau par ex.

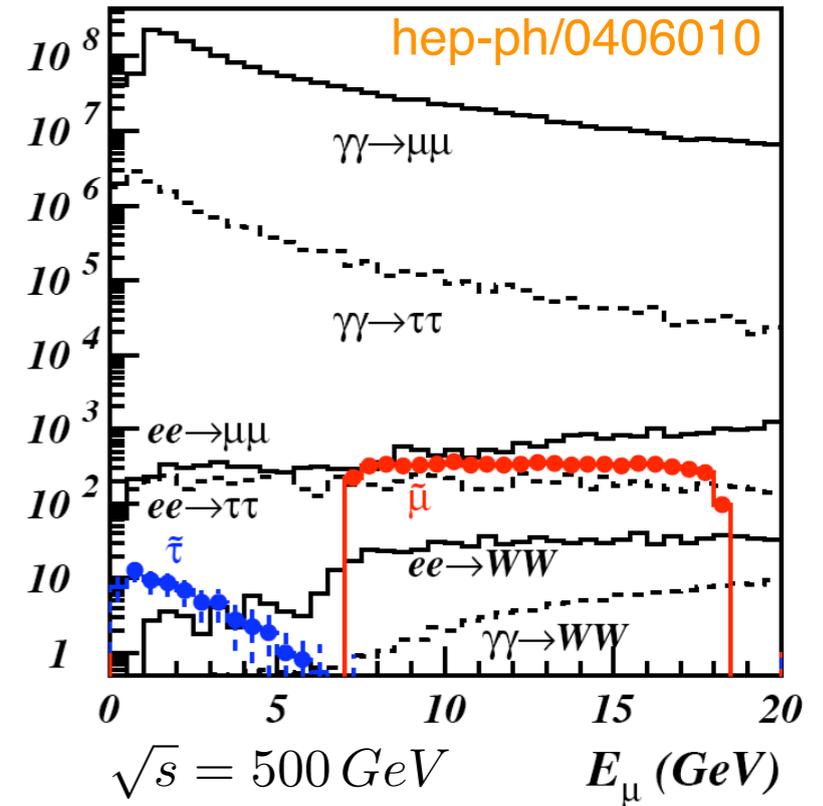
importance du tracking

Reconstruction d'électron à petit angle (veto)

→ Machine Detector Interface

Etude de collisions frontales et avec un angle de 10 mrad

Définition d'une stratégie luminosité/énergie



Impact of BeamCal Performance at Different ILC Beam Parameters and Crossing Angles on Stau Searches

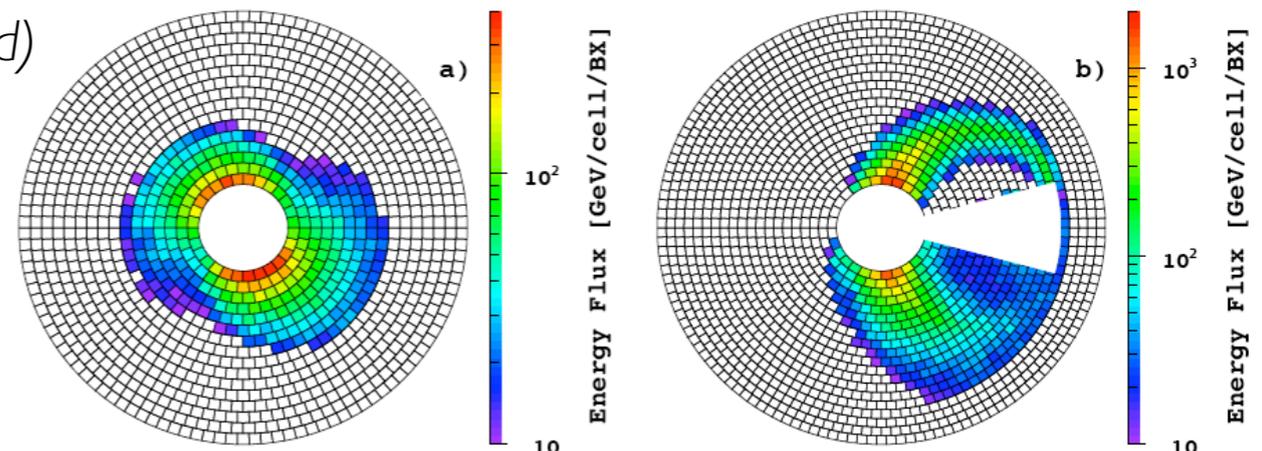
P. Bambade, M. Berggren, F. Richard, Z. Zhang LAL-Orsay LPNHE-Paris

hep-ph/0610145

Veto à petit angle → beamcal

étude des configurations de croisement (0, 2, 20 mrad)

évaluation de l'impact dans le cadre de SUSY (stau)



2 et 20 mrad avec Detector Integrated Dipôle

Etude du bruit de fond de beamstrahlung TESLA

D. Grandjean IPHC-Strasbourg

Impact of beam-beam effects on precision luminosity measurements at the ILC

C. Rimbault, P. Bambade, K. Moenig and D. Schulte LAL-Orsay, DESY, CERN EUROTEV-REPORT-2007-017



Modèle Standard au pôle du Z

Giga-Z

Determination of the strong coupling constant at Giga-Z

M.Winter IPHC-Strasbourg

LC-PHSM-2001-016

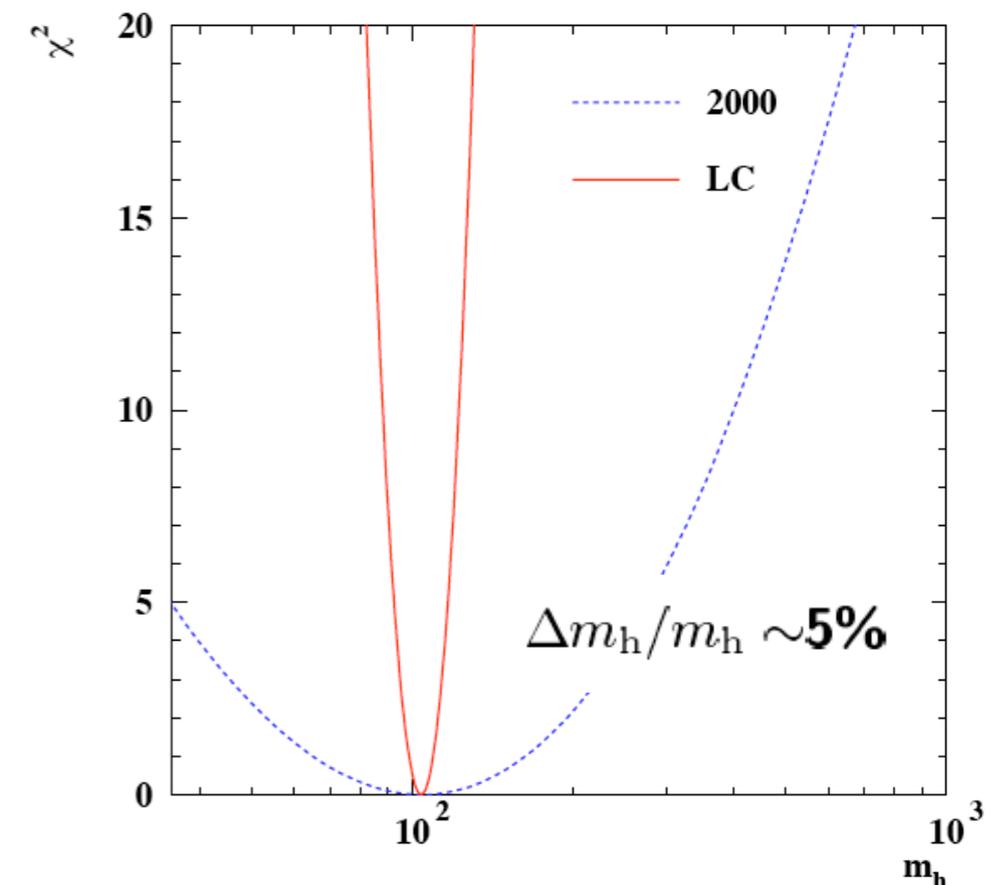
états finals hadronique et leptonique au pôle
observables à la LEP₁₀₀

grande luminosité du Giga-Z (100 LEP I)
performances des détecteurs
réduction des incertitudes systématiques
→ $\alpha_{\text{strong}}(M_Z)$

$$\Delta\alpha_s(M_Z) = \pm(0.0005 - 0.0007)$$

amélioration d'un facteur 4-6 vis à vis de LEP I

variable	$\Delta\alpha_s(M_Z)$
R_l	0.0006–0.0008
σ_0^l	0.0009–0.0014
σ_0^h	0.0027–0.0044
Γ_Z	~ 0.002
combined	0.0005–0.0007



Simulation complète

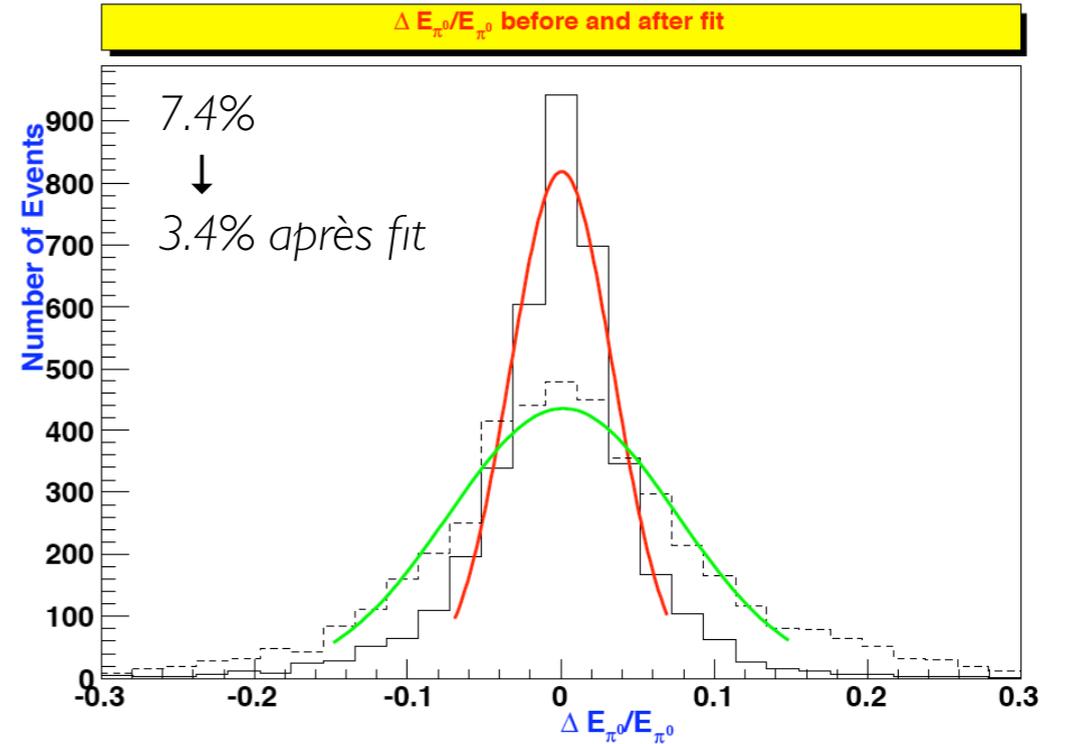
le lien vers le détecteur → cadre d'un concept détecteur → R&D

Reconstruction de pions neutres

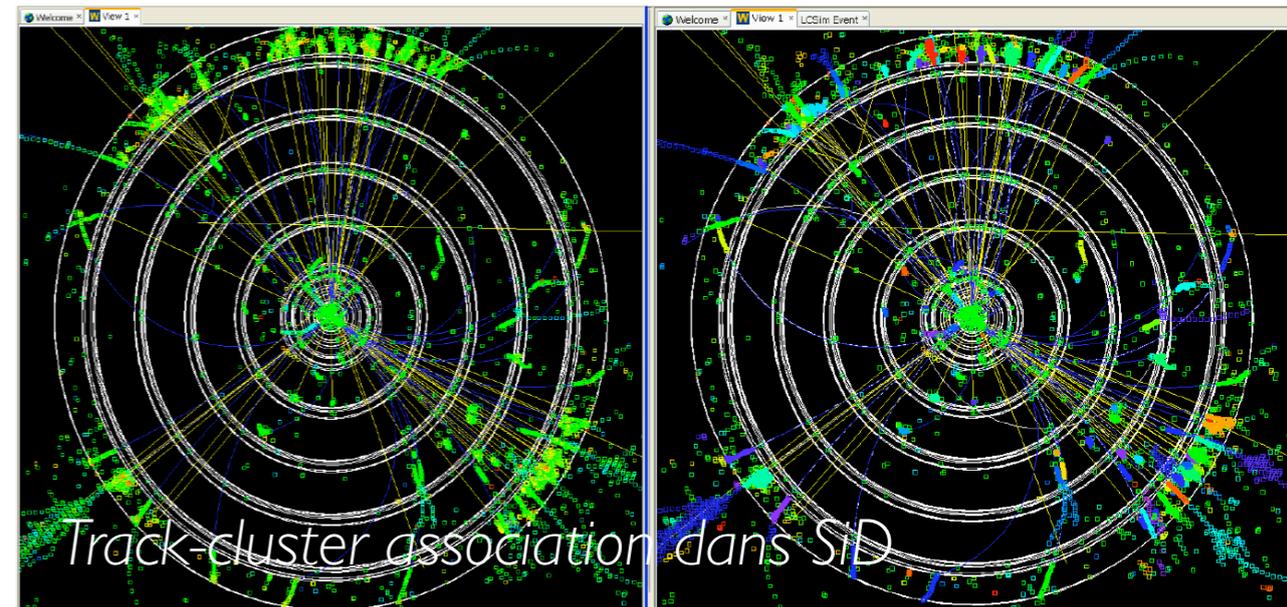
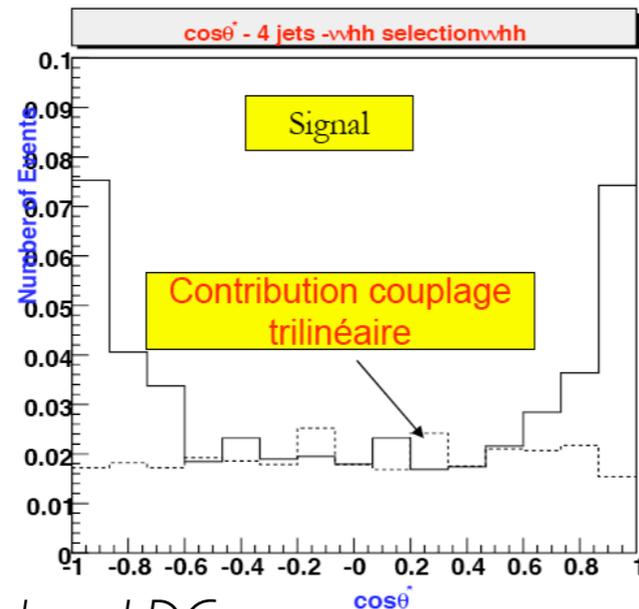
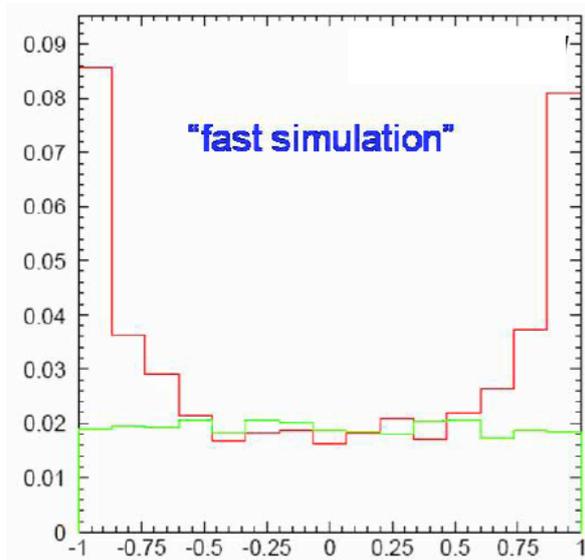
Neutral pion reconstruction within the full simulation framework
Ph. Gris LPC-Clermont LC-TOOL-2007-010

Software framework de LDC, avec ICIO
processor C++

$$e^+e^- \rightarrow HZ \rightarrow b\bar{b}\nu\bar{\nu} \quad \sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$$



Auto-couplage du Higgs



Cos theta* reconstruit dans LDC

P. Gay, Ph. Gris LPC-Clermont

C. Adloff P. Lutz LAPP-Annecy IRFU-Saclay

Simulation complète

Mass du Higgs

R. Manqi LAL-Orsay Socle 2007

$$e^+e^- \rightarrow HZ$$

signal HZ

bdf qq, ZZ et WW

ISR, BeamStrahlung

faisceaux non polarisés

500 fb-1

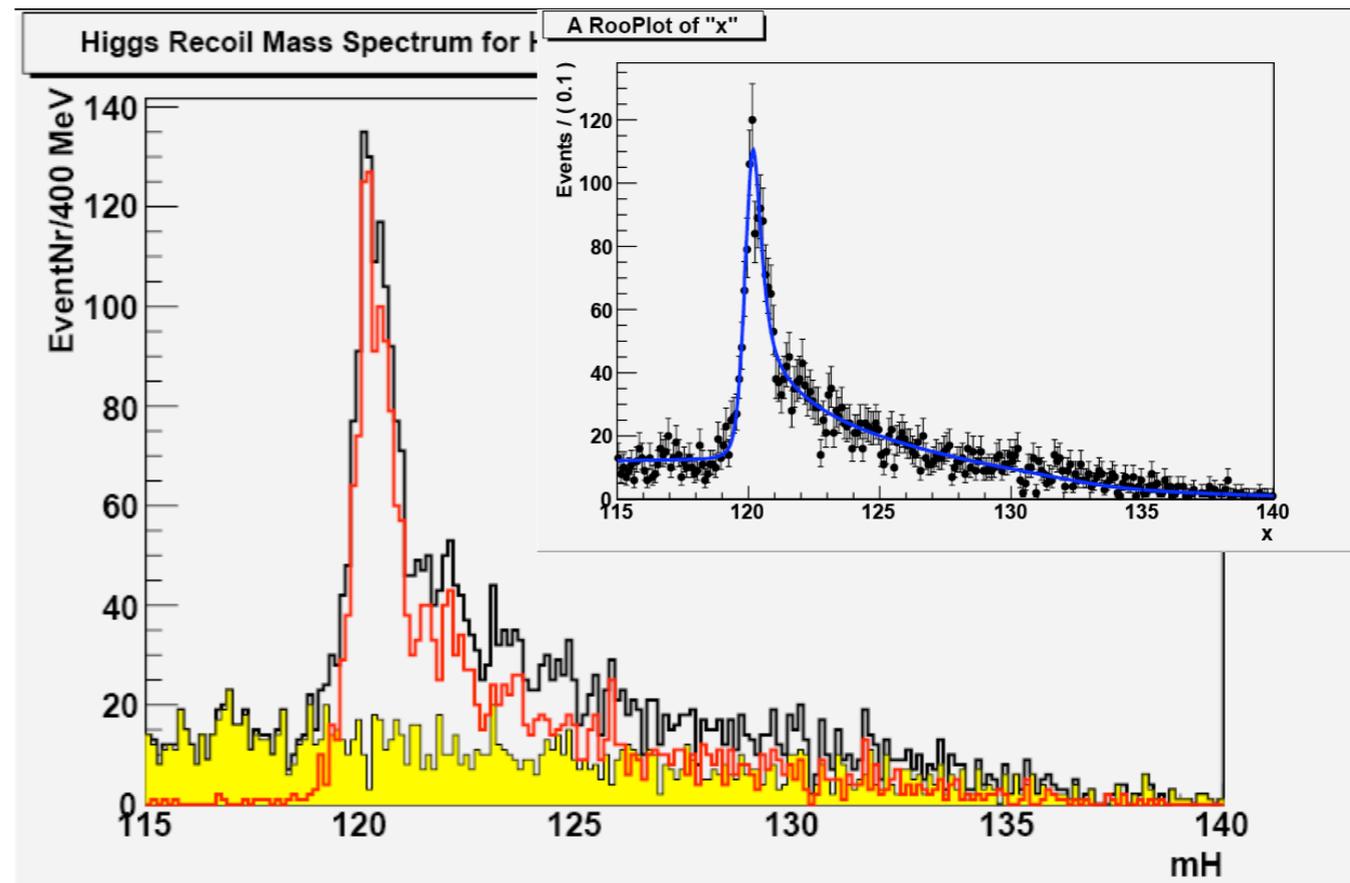
Ecm 230, 250, 350 GeV

LCD framework

sélection

fits, extraction des mesures

Thèse de Ruan Manqi



$$m_H = 119.999 \pm 0.018 \text{ GeV}/c^2$$

Section efficace 6%

Conclusions

~ un papier/an publié sur les analyses de Physique (expérimentateurs)

Effort raisonnable en phase d'investissement fort sur les R&D

Sujets couverts dans des secteurs essentiels du programme de Physique

Cohérence entre les différents laboratoires

Site Web en développement

<http://clrwww.in2p3.fr/ILC/ANALYSIS/Weblog/index.html>

Effort pour une simulation rapide réaliste

Effort pour migration vers la simulation complète

(les frameworks existent ILD, SiD)

Renforcer le travail complémentarité LHC/ILC

En phase avec les processus "benchmark" des LOI

$$e^+e^- \rightarrow ZH, H \rightarrow e^+e^- X \quad (M_H=120 \text{ GeV}, E_{\text{cms}}=250 \text{ GeV})$$

$$e^+e^- \rightarrow ZH, H \rightarrow cc, Z \rightarrow \nu\nu \quad (M_H=120 \text{ GeV}, E_{\text{cms}}=250 \text{ GeV})$$

$$e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow \tau^+\tau^- \quad (E_{\text{cms}}=500 \text{ GeV})$$

$$e^+e^- \rightarrow tt, t \rightarrow bW, W \rightarrow qq' \quad (M_{\text{top}}=175 \text{ GeV}, E_{\text{cms}}=500 \text{ GeV})$$

$$e^+e^- \rightarrow \text{Scalar muon pair production} \quad (E_{\text{cms}}=500 \text{ GeV})$$

Benchmark Reactions for the ILC LOI process

WWOC Software panel T. Behnke, N. Graf, A. Miyamoto,

Optimisation des détecteurs

Sujets pour les doctorants/
postdocs en complément des
études R&D détecteurs