

# Contributions reçues sur la thématique (merci !)

## Contribution sur la physique du quark top pour les prospectives IN2P3

Jeremy Andrea<sup>1</sup>, Samuel Calvet<sup>2</sup>, Sabine Crépe-Renaudin<sup>3</sup>, Frédéric Déliot<sup>\*4</sup>, Benjamin Fuks<sup>5</sup>, et Romain Madar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IPHC, Strasbourg

<sup>2</sup>LPC, Clermont-Ferrand

<sup>3</sup>LPSC, Grenoble

<sup>4</sup>CEA, Saclay

<sup>5</sup>LPTHE, Paris

## Di-Higgs production and Higgs boson self-coupling at the HL-LHC with the ATLAS detector.

Main contact : Elisabeth Petit, CPPM, [petit@cppm.in2p3.fr](mailto:petit@cppm.in2p3.fr), 04.91.82.72.63

Authors (expression of interest, support):

- CPPM : Georges Aad, Marlon Barbero, Yann Coadou, Arnaud Duperrin, Lorenzo Felgioni, Emmanuel Monnier, Elisabeth Petit, Thomas Strebler
- L2IT : Jan Stark
- LAPP : Nicolas Berger, Marco Delmastro, Stéphane Jézéquel, Jessica Levêque
- LPC : Djamel Boumediene
- LPNHE : Gregorio Bernardi, Giovanni Marchiori

+ contributions existantes pour ESPP

## LPNHE scientific perspectives for the European Strategy for Particle Physics

This note summarizes the activities and the scientific and technical perspectives of the Laboratoire de Physique Nucleaire et de Hautes Energies (LPNHE) at Sorbonne University, Paris. Although the ESPP is specifically aimed at particle physics, we discuss in this note in parallel the three scientific lines developed at LPNHE (Particle Physics, Astroparticles, Cosmology), first with the current scientific activities, then for the future activities. However, our conclusions and recommendations are focused on the particle physics strategy.

E. Ben Haim, G. Bernardi, E. Bertholet, J. Bolmont, M. Bomben, N. Busca, G. Calderini, R. Camacho Toro, M. Charles, J. Chauveau, R. Cornat, F. Crescioli, J. Da Rocha, L. D'Eramo, L. Delbuono, F. Derue, R. Gaïor, C. Giganti, V. V. Gligorov, M. Guigue, F. Kapusta, L. Khalil, D. Lacour, B. Laforge, J-P. Lenain, A. Letessier-Selvon, K. Liu, E. Lopez Fune, B. Malaescu, O. Martineau, G. Marchiori, I. Nikolic-Audit, I. Nomidis, J. Ocariz, L. Pascual-Dominguez, F. Polci, P. Privitera, A. Robert, L. Roos, L. Scotto Lavina, A. Tarek

## Physics opportunities at a future linear $e^+e^-$ collider

Contribution du  
Comité Collisionneur Linéaire

à l'atelier GT01 des prospectives IN2P3

V. Boudry<sup>a</sup>, D. Boumediene<sup>b</sup>, J.C. Brient<sup>a</sup>, J.Y. Hostachy<sup>c</sup>, I. Laktineh<sup>d</sup>, E. Kajfasz<sup>e</sup>,  
D. Lacour<sup>f</sup>, R. Pöschl<sup>g,\*</sup>, M. Winter<sup>h</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR) – École Polytechnique, CNRS/IN2P3, 91128 Palaiseau, France

<sup>b</sup>Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, CNRS/IN2P3, LPC, 4 Av. Blaise Pascal, TSA/CS 60026, 63178 Aubière, France

<sup>c</sup>Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie - Université Grenoble-Alpes, CNRS/IN2P3, Grenoble, France

<sup>d</sup>Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS/IN2P3, IPN-Lyon, 69622 Villeurbanne, France

<sup>e</sup>CPPM, 163, avenue de Luminy - Case 902, 13288 Marseille cedex 09, France

<sup>f</sup>Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes Energies (LPNHE), UPMC, UPD, CNRS/IN2P3, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France

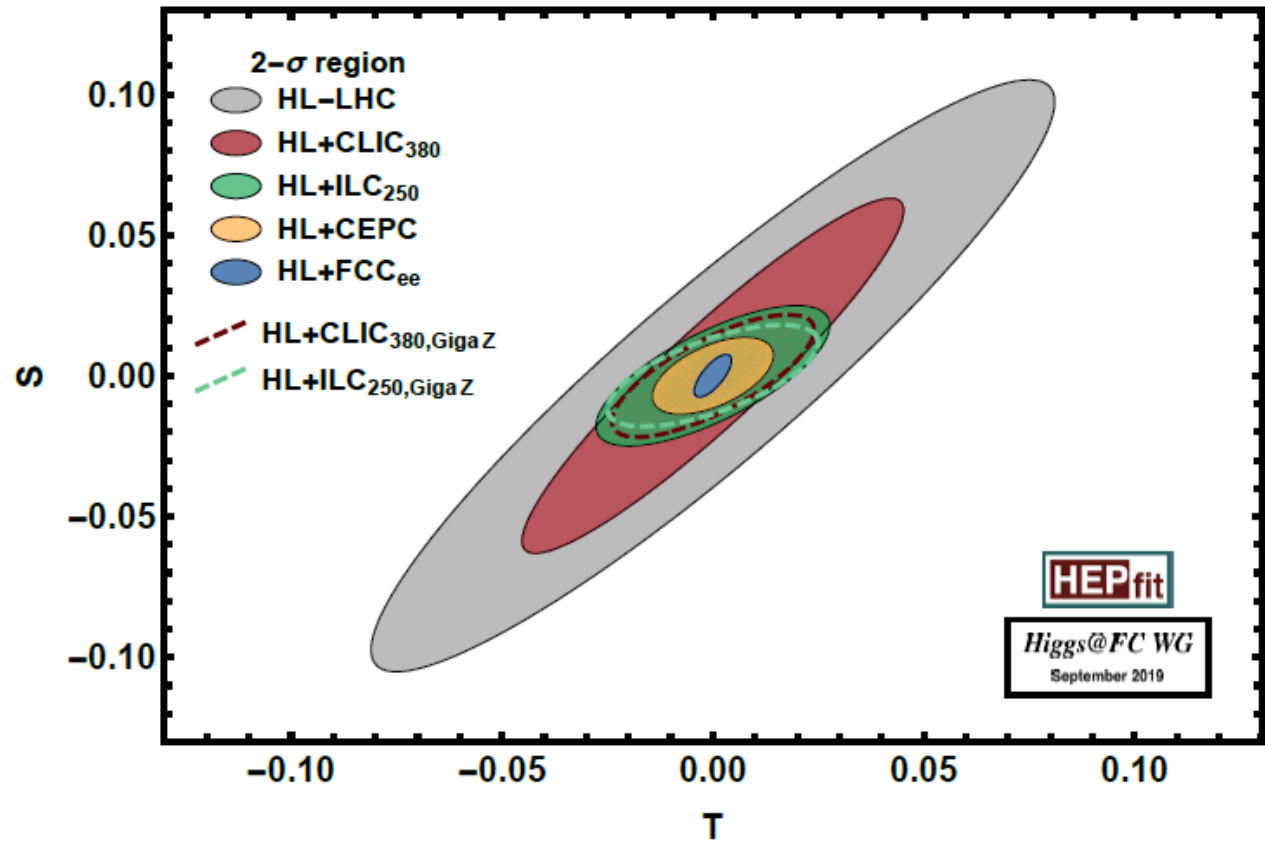
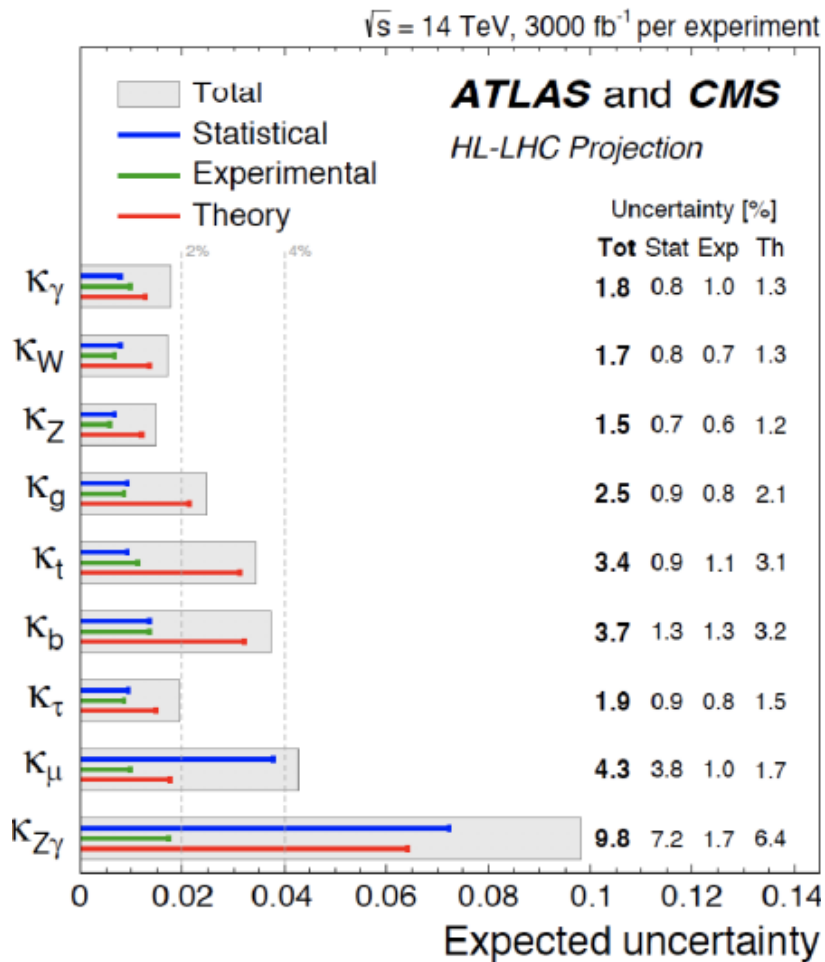
<sup>g</sup>Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire, CNRS/IN2P3 et Université de Paris-Sud, Centre Scientifique d'Orsay Bâtiment 200, BP 34, 91898 Orsay CEDEX, France

<sup>h</sup>Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien, 23 rue du loess - BP28, 67037 Strasbourg cedex 2, France

Dans ce qui suit : quelques remarques/questions pour guider la discussion

# Higgs, Top & EWK

- Etudes fines du Modèle Standard...
- ... mais aussi portail vers la nouvelle physique (mesures de précision, recherche de résonnances, ...)



Seulement possible si progrès expérimentaux & théoriques

## ➤ Du point de vue expérimental :

- Forte implication historique à l'IN2P3:
  - Higgs ( $H \rightarrow VV, H \rightarrow bb, \tau\tau, HH, \dots$ )
  - Top ( $m_t, x_{sec}, \dots$ )
  - EWK ( $m_W, VBS, \dots$ )
- Y a-t-il des canaux / mesures majeur(e)s non couvert(e)s ?
- Quels progrès nécessaires sur les techniques d'analyse ? Assez couvert / organisé à l'IN2P3 ?
  - Ex: Machine Learning, Computing Model (stockage, processing, ...)  $\Leftrightarrow$  GT09, ...

## ➤ Du point de vue théorique :

- Participation française adéquate/nécessaire sur :
  - les calculs (NN)LO  $\sigma_{H/tt}$ ? PDF,  $\alpha_S, \dots$  ?
  - Générateurs Monte-Carlo ?
  - Fits globaux (EFT, ...) ?
  - ... ?

## ➤ Lien expérience / théorie :

- Outils existants (IRN Terascale, Top LHC France, ...) pertinents/efficaces pour structurer la communauté ? Peser à l'international (vs LHCxsecWG,...) ?

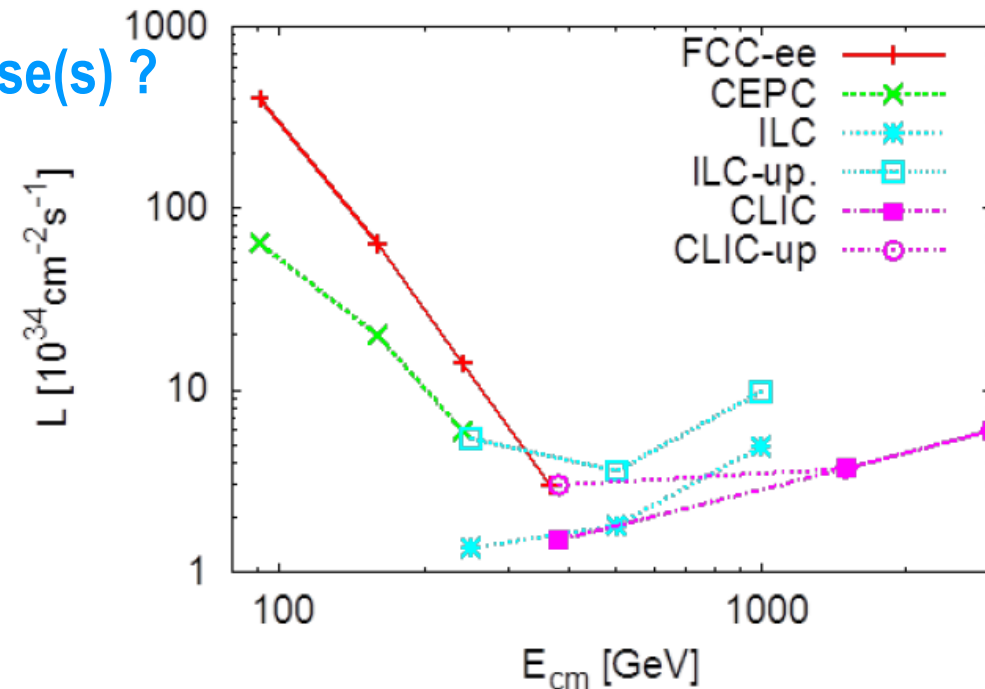
# “Facilities”

## ➤ HL-LHC (2027 → ~2040) :

- IN2P3 fortement impliqué dans les upgrades détecteurs & prospectives de physique
- Crucial de maintenir une activité soutenue durant l’exploitation !

## ➤ Et après ? Quelle(s) machine(s) plus prometteuse(s) ?

- ILC ( $e+e-$ ,  $\sqrt{s}=250 - 500$  GeV)
- FCC-ee (CEPC): ( $e+e-$ , 91 – 350/365 GeV)
- FCC-hh (CEPC) ( $hh$ ,  $\sqrt{s}=80-100$  TeV)
- CLIC ( $e+e-$ ,  $\sqrt{s}=380$  GeV – 3 TeV)
- Mais aussi LHeC, HE-LHC,  $\mu$ -collider, ...



## ➤ Quel(s) point(s) unique(s) apportent chacun ?

(énergie vs lumi, faisceaux polarisés ou non, complémentarité linéaire/circulaire, ee-hh,...).

- Quelle complémentarité ?

## ➤ Faisabilité: état de la R&D ? soutien international ? Coût financier et RH ?

- Sur la chaîne d’accélération mais aussi sur les détecteurs ! ( $\Leftrightarrow$  GT08)

## ➤ Rôle de la France dans ces projets ? leadership vs participation ? Autres bénéficiaires ?

---

# **BACK UP SLIDES**

# Summary of existing & new colliders

Collider	Type	$\sqrt{s}$	$\mathcal{P}$ [%] [ $e^-/e^+$ ]	$N_{\text{Det}}$	$\mathcal{L}_{\text{inst}}/\text{Det.}$ [ $10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ]	$\mathcal{L}$ [ $\text{ab}^{-1}$ ]	Time [years]	Ref.
HL-LHC	$pp$	14 TeV	–	2	5	6.0	12	[23]
HE-LHC	$pp$	27 TeV	–	2	16	15.0	20	[23]
FCC-hh	$pp$	100 TeV	–	2	30	30.0	25	[636]
FCC-ee	$ee$	$M_Z$	0/0	2	100/200	150	4	[636]
		$2M_W$	0/0	2	25	10	1-2	
		240 GeV	0/0	2	7	5	3	
		$2m_{\text{top}}$	0/0	2	0.8/1.4	1.5	5	
(1y SD before $2m_{\text{top}}$ run)							(+1)	
ILC	$ee$	250 GeV	$\pm 80/\pm 30$	1	1.35/2.7	2.0	11.5	[341]
		350 GeV	$\pm 80/\pm 30$	1	1.6	0.2	1	[345]
		500 GeV	$\pm 80/\pm 30$	1	1.8/3.6	4.0	8.5	
(1y SD after 250 GeV run)							(+1)	
CEPC	$ee$	$M_Z$	0/0	2	17/32	16	2	[508]
		$2M_W$	0/0	2	10	2.6	1	
		240 GeV	0/0	2	3	5.6	7	
CLIC	$ee$	380 GeV	$\pm 80/0$	1	1.5	1.0	8	[637]
		1.5 TeV	$\pm 80/0$	1	3.7	2.5	7	
		3.0 TeV	$\pm 80/0$	1	6.0	5.0	8	
(2y SDs between energy stages)							(+4)	
LHeC	$ep$	1.3 TeV	–	1	0.8	1.0	15	[635]
HE-LHeC	$ep$	1.8 TeV	–	1	1.5	2.0	20	[636]
FCC-eh	$ep$	3.5 TeV	–	1	1.5	2.0	25	[636]



# Time-lines (prévisionnelles) des différents projets

	$T_0$	+5	+10	+15	+20	...	+26
ILC	0.5/ab 250 GeV		1.5/ab 250 GeV		1.0/ab 500 GeV	0.2/ab $2m_{top}$	3/ab 500 GeV
CEPC	5.6/ab 240 GeV			16/ab $M_Z$	2.6 /ab $2M_W$	SppC =>	
CLIC	1.0/ab 380 GeV			2.5/ab 1.5 TeV		5.0/ab => until +28 3.0 TeV	
FCC	150/ab ee, $M_Z$	10/ab ee, $2M_W$	5/ab ee, 240 GeV	1.7/ab ee, $2m_{top}$		hh.eh =>	
LHeC	0.06/ab		0.2/ab	0.72/ab			
HE-LHC	10/ab per experiment in 20y						
FCC eh/hh	20/ab per experiment in 25y						

Fig. 10.1: Time-lines of various collider projects, in years from start-time  $T_0$  [39].

Timeline	~ 5	~ 10	~ 15	~ 20	~ 25	~ 30	~ 35
<b>Lepton Colliders – Linear and Circular:</b>							
SRF-LC/CC	Proto/pre-series	Construction		Operation		Upgrade	
NRF-LC	Proto/pre-series	Construction		Operation		Upgrade	
<b>Hadron Collider – Circular :</b>							
14~16T Nb <sub>3</sub> Sn	Short-model R&D		Prototype/Pre-series		Construction		
12~14T Nb <sub>3</sub> Sn	Short-model R&D		Proto/Pre-series	Construction		Operation	
9~12T Nb <sub>3</sub> Sn	Model/Proto/Pre-series	Construction		Operation			Upgrade
6~8T NbTi	Proto/Pre-series	Construction		Operation		Upgrade	
<b>Note: LHC experience: NbTi, 10 T R&amp;D started in 1980's and 8.3 T Production started in late 1990's, after ~ 15 years</b>							

A. Yamamoto, 190513b/updated:190628a

Fig. 10.4: A relative time-line expected for realizing future lepton and hadron colliders (from A. Yamamoto, presented at the Open Symposium in Granada, and updated based on the discussion that followed).