

# Etat des lieux pour CMS & ATLAS: préparation des *upgrades*

Programme LHC mis à jour en décembre 2013

## Préparation de la phase I pour CMS & ATLAS

Insertable B layer (IBL) pour ATLAS - LS1 (2014)

Détecteur à pixels pour CMS - LS1.5 (2016-2017)

Déclenchement calorimétrique

CMS Mise en oeuvre dès maintenant

ATLAS Installation pendant LS2

## La phase II - HL-LHC pour CMS et ATLAS (2024-2025)

Le remplacement des détecteurs de traces.

Remplacement de l'électronique des calorimètres.

Nouveau calorimètre avant pour CMS.

...

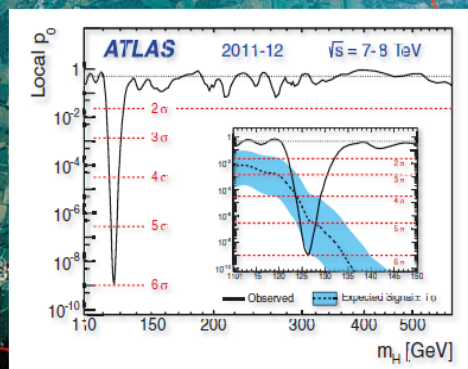
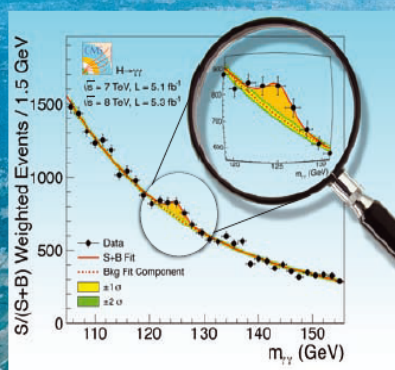
# CMS et ATLAS ont découvert un boson de Higgs



## PHYSICS LETTERS B

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SciVerse ScienceDirect



<http://www.elsevier.com/locate/physletb>

Ce nouveau boson est plus que simplement “une autre particule”.

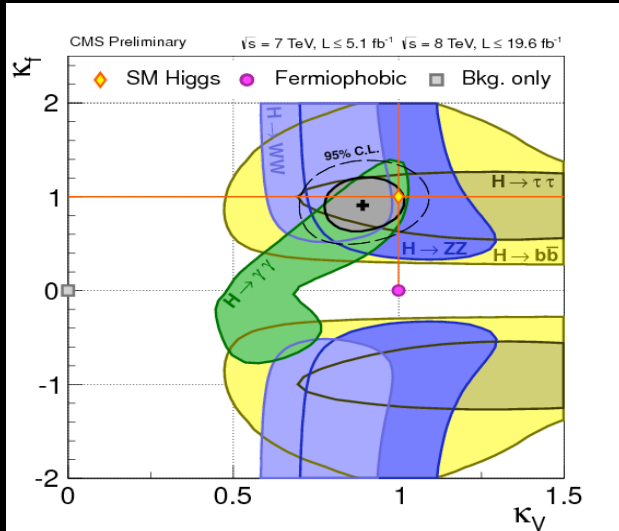
C'est le seul boson connu qui ne résulte pas des symétries de jauge de la théorie (le “modèle standard”).

Il est associé à un champ responsable de la brisure de symétrie électrofaible et de la masse des particules.

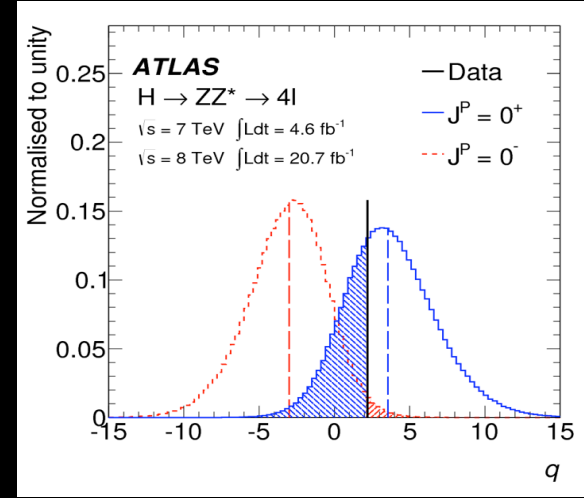
Ce champ joue un rôle important dans l'histoire de la matière dans l'univers.

# La caractérisation des propriétés du boson de Higgs est une priorité pour la communauté HEP au LHC

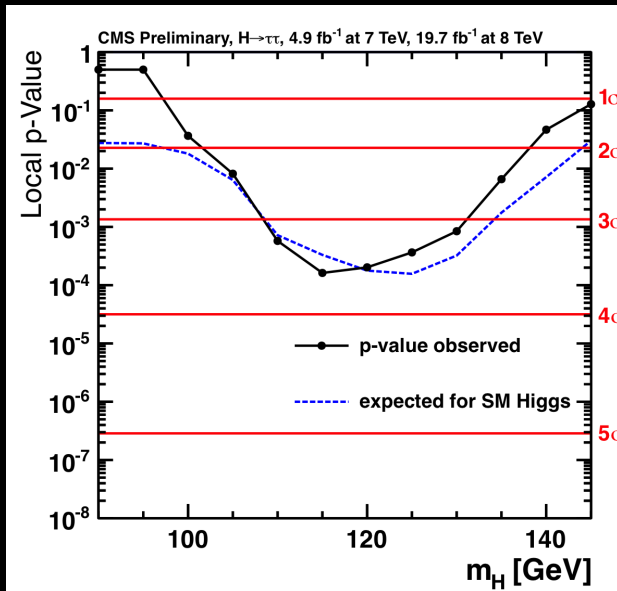
CMS



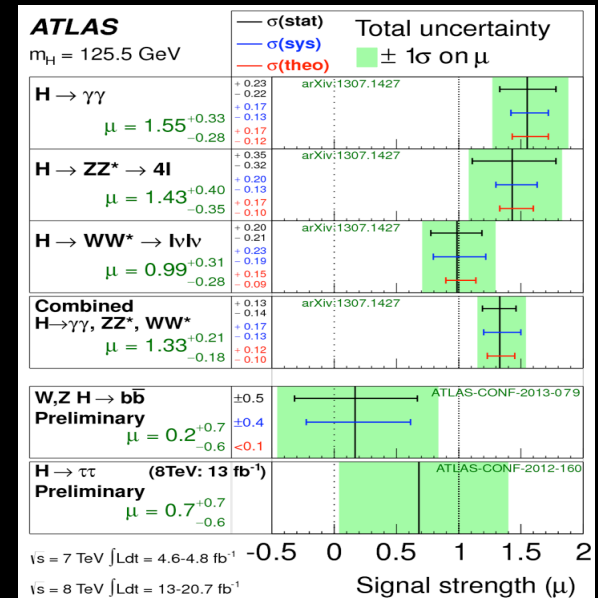
ATLAS  
 $H \rightarrow ZZ$



CMS  
 $H \rightarrow \tau\tau$

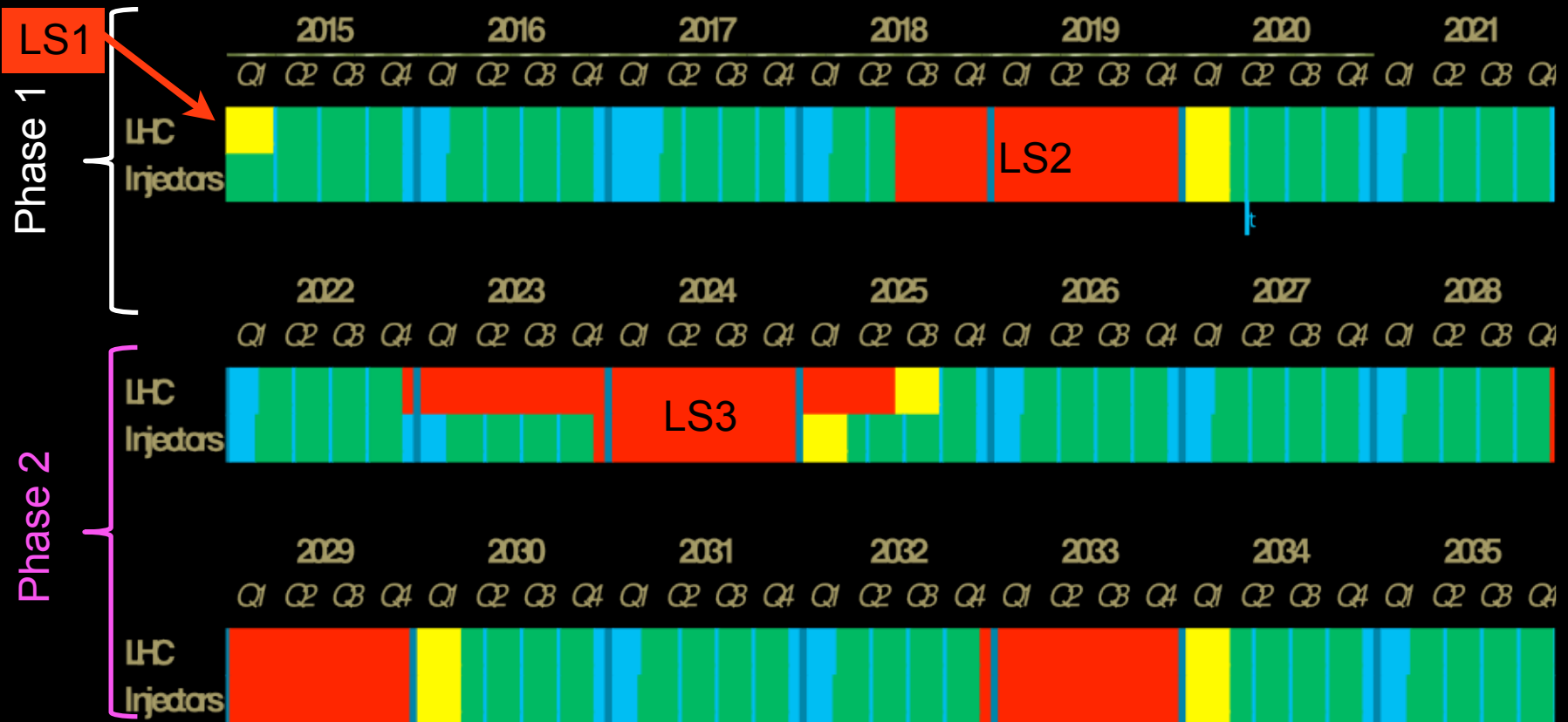


ATLAS



# Le planning LHC présenté en décembre 2013

LS2 à partir de mi-2018 18 mois + 3 mois (service faisceaux)  
LS3 à partir de 2023 pour le LHC 30 Mois + 3 mois (service faisceaux)  
(2024 pour les injecteurs)



# CMS & ATLAS *upgrades*

Phase I  
2015-2022

$$\sqrt{s}_{pp} = 13-14 \text{ TeV}$$

$$\int L dt = 300 \text{ fb}^{-1}$$

(LS1 + LS2  $\equiv$  consolidation and phase I upgrades )

Phase II  
2025-2035

$$\int L dt = 3000 \text{ fb}^{-1}$$

(LS3  $\equiv$  phase II upgrades )

# Ateliers HL-LHC

1-3 Octobre 2013

29 Septembre - 1er octobre 2014 ?

Accélérateurs,  
Physique,  
Technologies...



The poster features a scenic background of a lake and mountains. It includes a QR code in the top left, a URL, and lists of committee members. Logos for various organizations are at the bottom.

**ECFA High Luminosity LHC Experiments Workshop**  
*Physics and technology challenges*  
**1<sup>st</sup> – 3<sup>rd</sup> October**  
**Aix-les-Bains**  
**France**

<https://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=252045>

**Programme Committee**

- P. Allport
- A. Ball
- S. Bertolucci
- P. Campana
- D. Charlton
- D. Contardo
- B. Di Girolamo
- P. Giubellino
- J. Incandela
- P. Jenni
- M. Krammer
- M. Mangano
- S. Myers
- B. Schmidt
- T. Virdee
- H. Wessels

**Local Organising Committee**

P. Allport, D. Contardo, D. Hudson, C. Potter

Logos: aix-les-bains centre des congrès, ECFA, High Luminosity LHC, ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, CERN

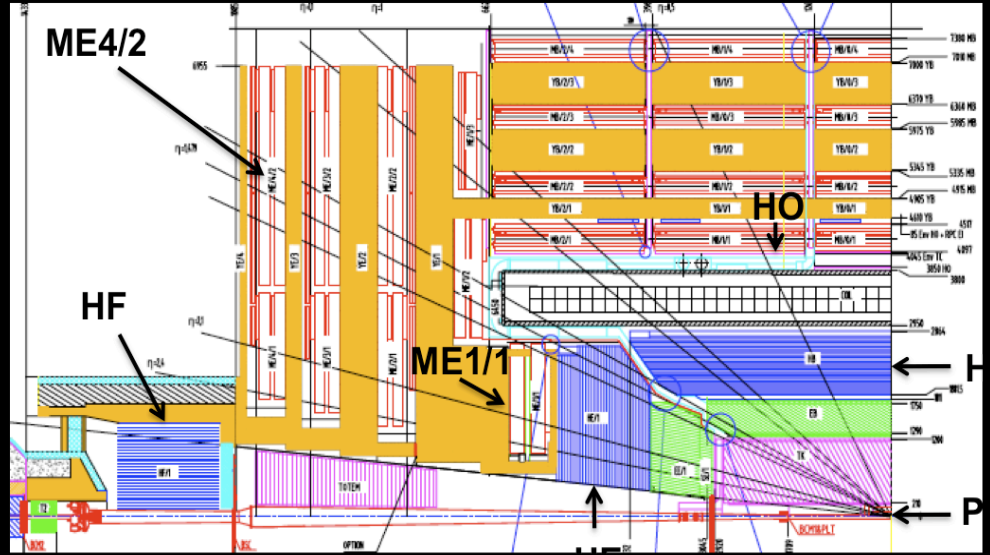
Picture Credit: OT Aix-les-Bains / Gilles Lansard

# CMS - Synthèse du programme d'upgrade

Phase 1

LS1  
2013-2014

- $\mu$  endcaps  
- compléter la couverture  $\mu$  des endcaps (CSCs, RPCs)  
+ lecture plus fine de CSC
- HCAL  
remplacement partiel pour la lecture (PMTs, SIPM)
- Refroidissement Tracker



LS2  
2018-2019

- Trigger/DAQ: nouvelle électronique pour le *trigger L1* (2015-2016)
- Pixels: nouveau détecteur de vertex à *pixels* (pour 2017)
- HCAL: nouvelle électronique pour HCAL (PMTs, SIPM)

Phase 2

LS3  
2023-2024

- Trigger/DAQ: nouveau *track-trigger L1*
- Tracker: nouveau trajectographe
- ECAL/HCAL endcaps: nouveaux calorimètres

# Les *upgrades* pour CMS

Pour la construction, les groupes CMS de l'IN2P3 sont principalement impliqués depuis les origines dans les projets **ECAL** et **Tracker** (pour les M&O B, CMS est une « *fédération de projets* »)

Les upgrades de phase I de CMS concernent principalement l'électronique de déclenchement et le détecteur de vertex (pixels).

Les upgrades de phase II sont largement imposés par les dommages par irradiation et en partie par les conditions d'empilement.

Les groupes CMS de l'IN2P3 ont des engagements importants pour la Phase I (ECAL/Trigger, Tracker/pixel DAQ, ...) avec des mises en route prévues avant LS2 (i.e. 2013-2017).

Les groupes CMS de l'IN2P3 sont impliqués dans le R&D de Phase II (assez avancé pour le tracker/pixel, « track-trigger »; en démarrage pour les calorimètres) avec des Technical Design Reports prévus pour 2016-2017.

**Le R&D de Phase 2 c'est maintenant !**



# CMS upgrades

## Phase I

Consolidation en cours et mise à niveau: 65MCHF dont  
**2MCHF de l'IN2P3**

Subsystem/Common Item	Budget (kCHF)	
	April 2013 RRB	October 2013 RRB
Pixel Tracker	17,100	17,100
HCAL	8,219	8,220
HF - Phototubes	1,990	1,990
Muon CSC	6,844	6,844
Muon DT	2,200	2,200
Muon RPC	4,220	4,220
DAQ	6,700	6,700
Trigger	4,600	5,674
<b>Common Items</b>	<b>16,196</b>	<b>12,141</b>
Magnet power and cryo	1,567	932
Beam Instrumentation	1,672	1,356
Infrastructure	5,423	3,655
Test Beam Facilities Upgrade	620	250
Safety systems upgrade	540	540
Electronics Integration	1,780	1,338
Engineering Integration	4,594	4,070
<b>Grand Total</b>	<b>68,070</b>	<b>65,089</b>
Common Fund	6,445	6,445

## Phase II

Mise à niveau ~270 MCHF  
**10 MCHF de l'IN2P3 ?**

Item	Sub-item	Estimated CORE Cost (MCHF 2013)
Tracker	Silicon Tracker	94
	Pixel Detector	34
		<b>127</b>
Calorimeters	Endcap Calorimeter Upgrade: EM & HAD	67
	HF upgrade to 4-channels per PMT	2
		<b>69</b>
Muon System	DT Electronics	7
	Endcap Muon System Upgrade	12
	High Eta Muon Tagging Station	6
		<b>25</b>
Trigger System and Front-end Electronics	L1-Trigger	7
	EB Frontend Electronics	11
		<b>18</b>
DAQ and HLT	DAQ system: Clock, Readout, Network	5
	HLT	6
		<b>11</b>
Infrastructure and Common Systems	Shielding Changes for HL-LHC	6
	Tooling, rail systems, cranes for LS3 work	5
	Common Systems and Installation	9
		<b>19</b>
<b>Total</b>		<b>269</b>

# CMS - Programme d'upgrade phase I

## Trigger/DAQ

New backend electronic systems (muons and calorimeters)  
 - Commission in parallel to operation of current trigger in 2015

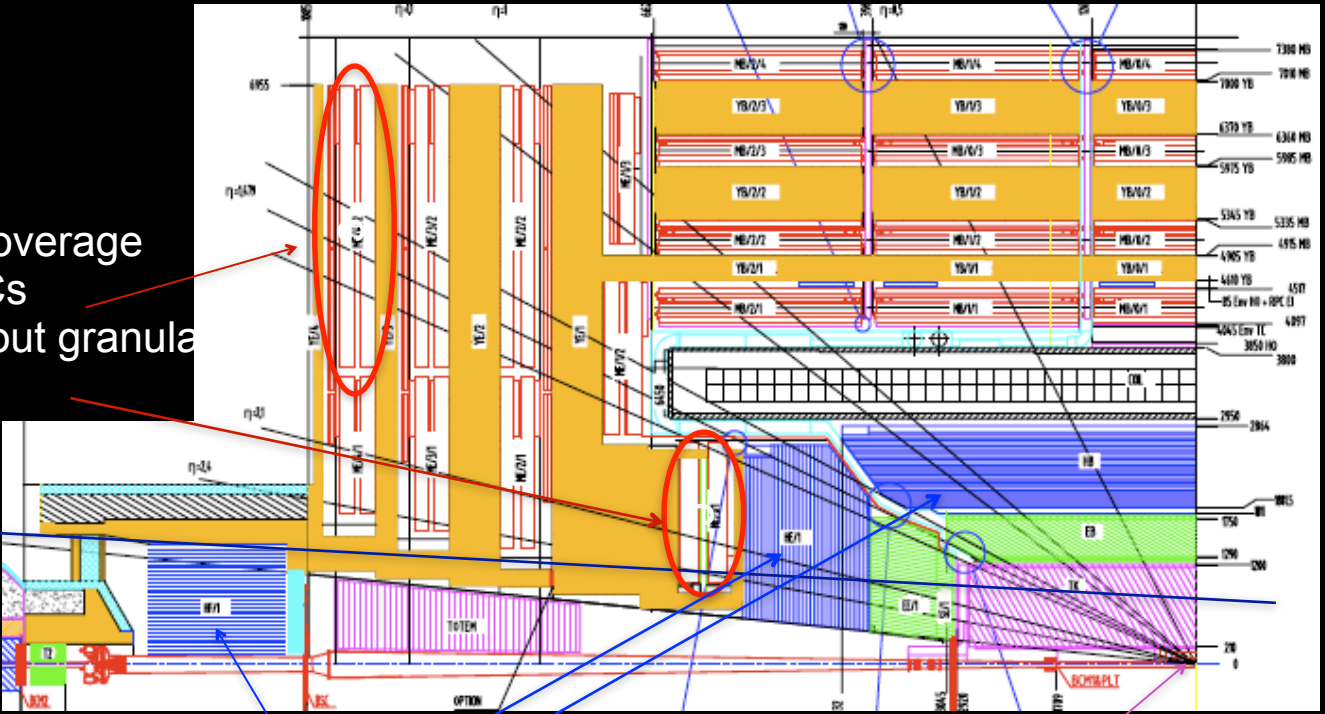
## Muon systems

- Complete muon coverage of CSCs and RPCs
- CSC higher read-out granularity - during LS1

Forward proton spectrometer (PPS)  
 - staged from LS1 to LS2

Hadron calorimeters HF/HE/HB  
 → Replace photo-detectors and read-out  
 - staged from LS1 to LS2

Pixel detector  
 → Full replacement  
 - Extended YETS of 2016/2017 (+6 weeks) !



# Contributions de CMS-IN2P3

## Programme d'upgrade de phase I

Coût total pour CMS - Phase 1 : 65 000 kChF  
Engagements de l'IN2P3 = 2M€ dont « core »: 2 000 kChF  
(~75% de la contribution espérée par CMS au prorata des PhD-M&O)

### IPNL

Système de refroidissement pour le trajectomètre

Conception, intégration, mise en œuvre LS1

600 kChF

### IPHC

DAQ pour le nouveau détecteur à pixels (post-LS1)

Développement logiciel, mise en œuvre avant LS2

300 kChF

### LLR

Système de déclenchement L1

Adaptation aux nouveaux liens optiques, mise en œuvre LS1

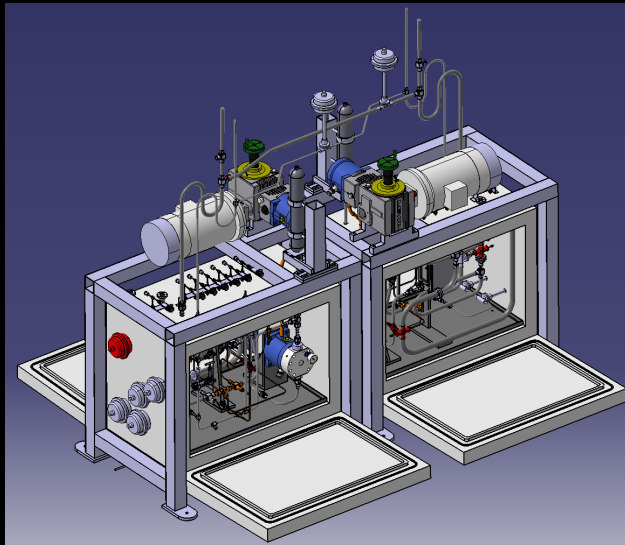
Développement d'algorithmes pour la nouvelle architecture avec  $\mu$ TCA et FPGA, mise en œuvre avant LS2

350 kChF

Fonds commun: 250 kChF

Contributions au central DAQ : 500 kChF

## Services: Refroidissement CO<sub>2</sub>



← CAD design of 15 kW pixel cooling plant to be installed during LS1

Small (1 kW) plant built at IPNL for future testing of silicon strip modules →

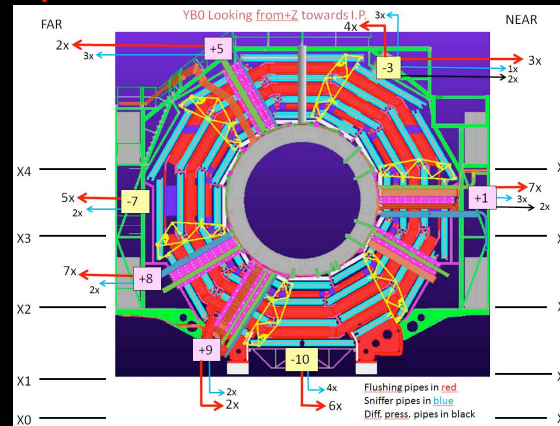


## Services: Mise à niveau “Dry gas”

*Aim: reduce TK dew point for cold operation*

Global design, schematics, overall responsibility for project

Coordination of components construction, supervision of installation in USC and UXC



# Upgrade Pixels – Phase 1

Responsabilité de la conception pour le *DAQ Pixel upgrade*  
Système  $\mu$ TCA

Prise en charge de la R&D + Prototypage + Production

- Acquisition de données (« pixFED »)
- Contrôle/commande (« pixFEC » & « tkFEC »)

Prise en charge des aspects firmware (hardware)/software  
 $\mu$ TCA et opto-électronique avec avec F. Vasey et al. (ESE) au CERN

Phase 1

- **Fin 2014, au redémarrage post LS1**
  - Prototype de DAQ Pixel complet et opérationnel
    - pixFED (obligatoire)
    - pixFEC et tkFEC (optionnel mais bienvenus si présent)
  - prototype de DAQ Pixel connecté à la pilot blade au P5
    - Infrastructure  $\mu$ TCA (crates, synchro)
    - Connexion au central DAQ
- **T1 2015**
  - Prototypes pixFEC & tkFEC disponibles
  - Déclenchement d'une evaluation review pour valider la production de ces cartes (Cf. TDR Pixel upgrade)
- **2015**
  - Mise à l'échelle du système de DAQ (12 crates  $\mu$ TCA)
  - Gestion de la production de masse pixFEDs, pixFECs et tkFECs
- **2016**
  - Intégration FEC/FED sur support  $\mu$ TCA pour boucles de calibration rapides
  - Intégration détecteur Pixel au TIF puis au P5

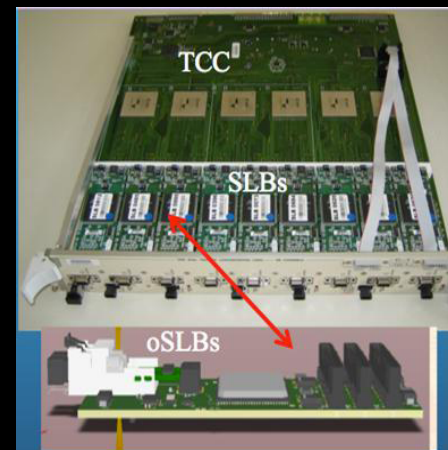


# Upgrade Trigger – Phase 1

## Responsabilité du déclenchement ECAL de CMS

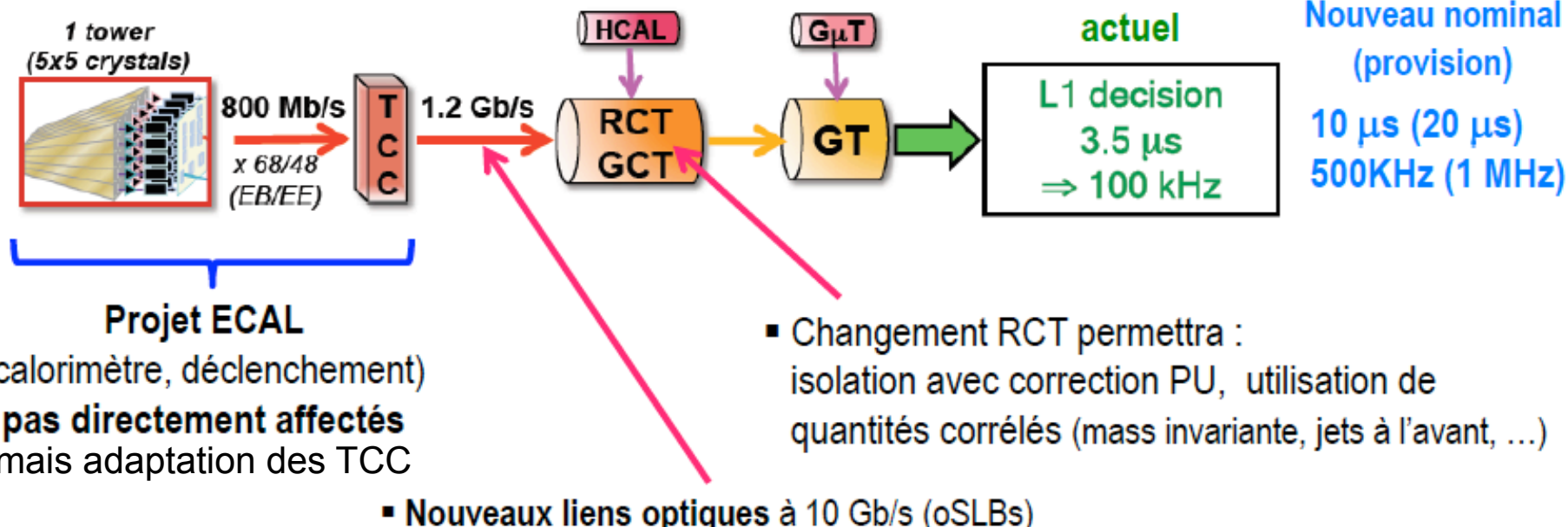
### Nouveaux liens optiques

- Adaptation des TCC aux oSLB pour le transfert des données
- Nouvelle programmation (firmware) des TCC, GUI



### Adaptation et tests de la nouvelle architecture ( $\mu$ TCA+FPGA)

- Développement des algorithmes de déclenchement sur FPGA
- Banc de tests pour les modules de sélection



# ATLAS - Synthèse du programme d'*upgrade*

LS1

LS2

LS3

Détecteur interne de traces

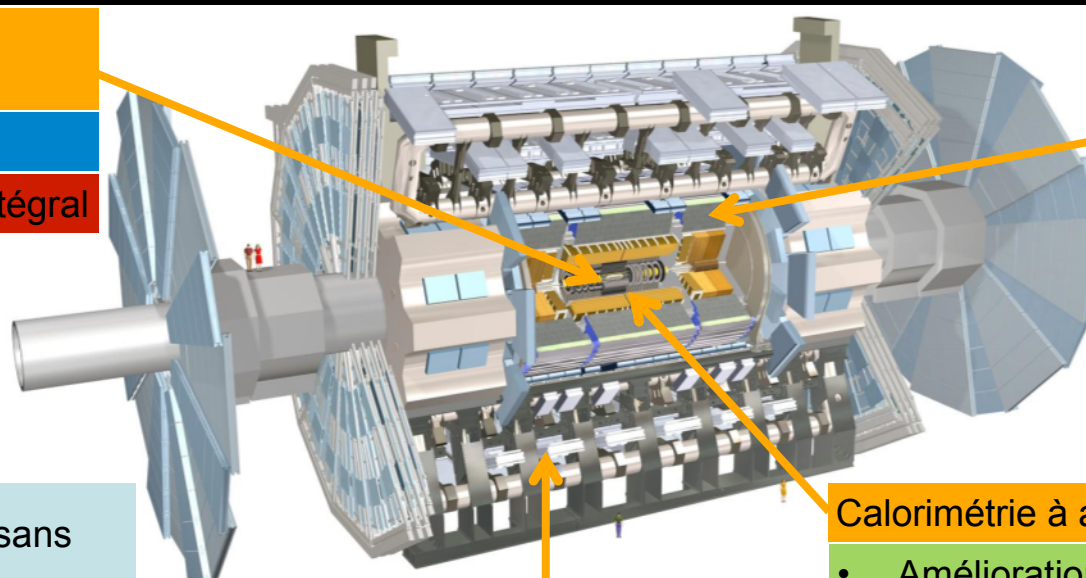
- Installation IBL

- Remplacement intégral

TDAQ

- Fast Track Trigger

Autres améliorations sans contribution IN2P3: spectromètre à muons, calorimètre avant, déclenchement....



Calorimétrie à tuiles

- Remplacement de l'électronique de lecture

Calorimétrie à argon liquide (LAr)

- Amélioration du déclenchement.
- Remplacement de l'électronique de lecture

Spectromètre à muons

Letter of Intent for the Phase-I Upgrade of the ATLAS Experiment; CERN-LHCC-2011-012 ; LHCC-I-020 ;

Letter of Intent for the Phase-II Upgrade of the ATLAS Experiment; CERN-LHCC-2012-022 ; LHCC-I-02 ;

Contribution du CNRS/IN2P3 à l'upgrade d'ATLAS. Proposition soumise au Conseil Scientifique de l'IN2P3 du 21 Juin 2012

ATLAS Liquid Argon Calorimeter Phase-I Upgrade Technical Design Report : CERN-LHCC-2013-017 ; ATLAS-TDR-022 ;

ATLAS Insertable B-Layer Technical Design Report : CERN-LHCC-2010-013 ; ATLAS-TDR-19

# ATLAS upgrades

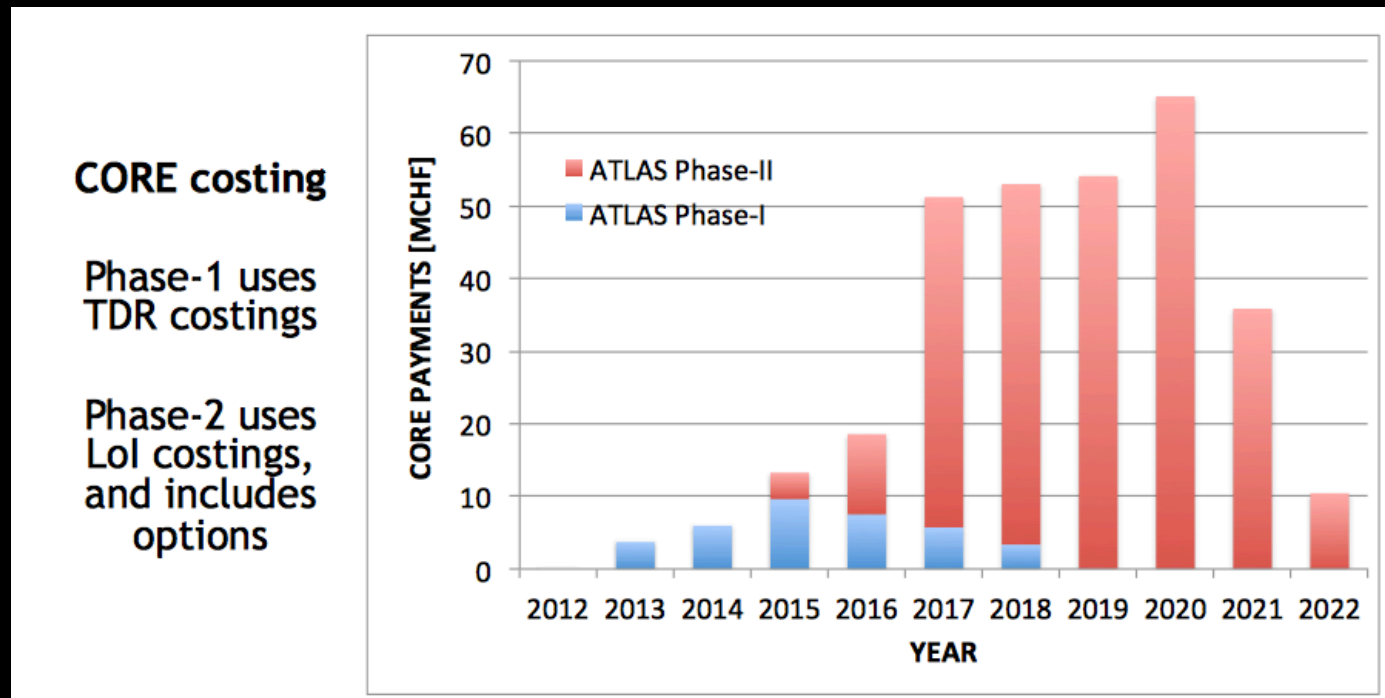
Phase 0: Insertable B layer - En cours de construction pour installation le 6 mai 2014

9.7MCHF dont 0.6 MCHF de l'IN2P3

Phase I: consolidation en cours et mise à niveau

36MCHF dont 1.8 MCHF de l'IN2P3

Phase II: mise à niveau estimée à ~275 MCHF dont ~20-25 MCHF de l'IN2P3 ?



Le R&D de Phase 2 c'est maintenant !



# IBL - LS1

Installation d'une nouvelle couche de pixels (6M de canaux)  
à  $R=3.325$  cm

Détecteur pixels actuel  $5.05 < R < 12.25$  cm - 80 M canaux

Construction de 14 échelles équipées chacune de 16 modules

Incident technique en septembre: corrosion

Mauvaise procédure de tests: condensation sur les échelles

Corrosion observée suite au dépôt d'eau sur les Al "wire bonds"

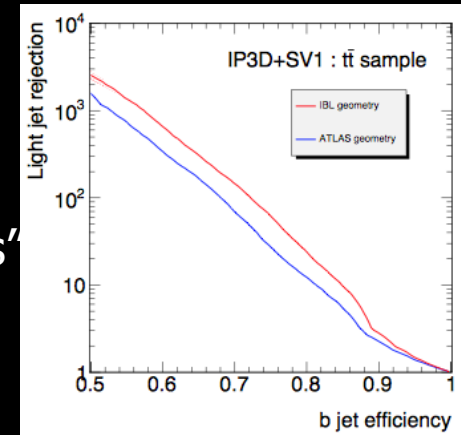
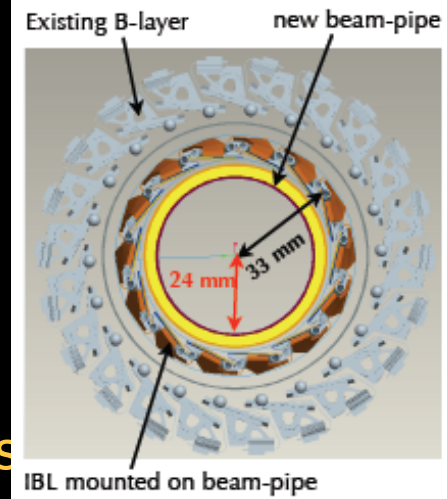
Pas de corrosion sans eau

Neuf échelles construites sans corrosion + 5 réparées

Procédure d'intégration testée et validée

Installation prévue début mai 2014

CPPM, LPSC, LAPP, LAL, LPNHE



# IBL - Rappel des contributions

## Echelles CPPM

production et tests

## Senseurs

Planaires LPNHE + LAL → garde-ring réduit

## Electronique

Chip FEI4 - CPPM

Design

Qualification: dose, SEU, GADC, temp., courant/tension

## Construction - Assemblage

CPPM, LPNHE, LAL

## Services - intégration dans ATLAS

Thermosyphon, analyse gaz sonar, mélange fluorocarbones CPPM

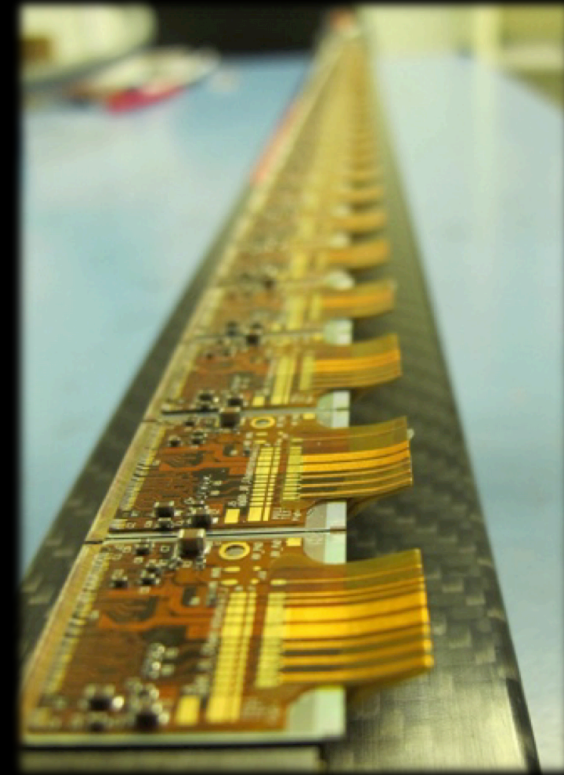
Insertion LPSC

Suivi de production câbles LPSC + LAPP

Procédure de câblage intégrée LAPP

Distribution du liquide de refroidissement CO<sup>2</sup> LAPP

Software associé CPPM+LAPP



# ATLAS Phase I

Channel	Gain in acceptance (%)
$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow e\tau(\text{had})$	37
$ZH \rightarrow \nu\nu bb$	47-72
$H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu e\nu$	24
$H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$	12

Préserver les seuils de déclenchement les plus bas possibles pour les études détaillées du boson de Higgs

Modes de désintégration "clé":  $H \rightarrow 4l$ ,  $H \rightarrow \gamma\gamma$ ,  $H \rightarrow \tau\tau$

Production associée avec W/Z

→ Seuils bas pour les objets inclusifs ou en paire:  $e$ ,  $\mu$ ,  $\tau$ ,  $\gamma$ , malgré la haute luminosité et l'empilement

Principaux upgrades pour ATLAS en phase I

Nouvelles chambres à muons (NSW)

meilleur déclenchement  $\mu$  et tracking à l'avant

Fast Track Tigger (FTK)

Information tracking disponible dès le début (L2) du déclenchement de Haut Niveau (HLT) → Suppression de l'empilement basée sur les traces

Déclenchement calorimétrique EM

Granularité accrue (facteur  $\sim 10$ ) → efficacité de déclenchement (turn on curve), réjection des jets (forme des gerbes EM vs HAD)

TDAQ

Topologie des événements

← IRFU

← LPNHE  
ANR

← LAL  
LAPP  
LPSC  
CPPM

# LAr Phase I upgrade

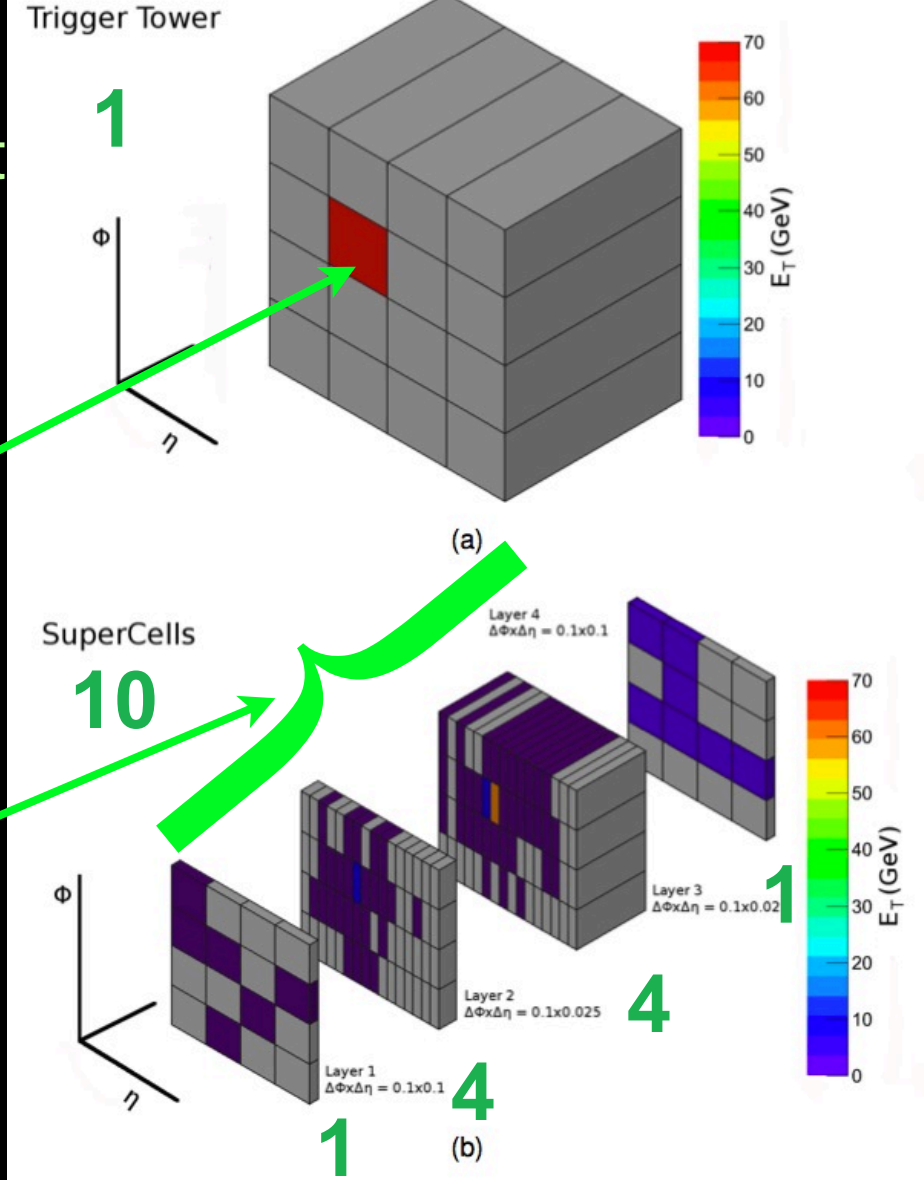
## Amélioration du déclenchement

Système avec le menu de trigger de 2012 et les seuils du run I, extrapolé à  $3.10^{34} \text{Hz/cm}^2$  and  $\sqrt{s}=14 \text{ TeV}$  donnerait un taux de trigger de **270 kHz L1 EM (20kHz au run I)**

Tours de trigger (TT)  $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.1 \times 0.1$   
 Dominé par les jets

Phase I: signal amélioré vers L1Calo **SuperCells (SC)**

Granularité en  $\eta$  augmentée  
 Transmission de chaque couche de calorimètre  
 Précision de numérisation affinée

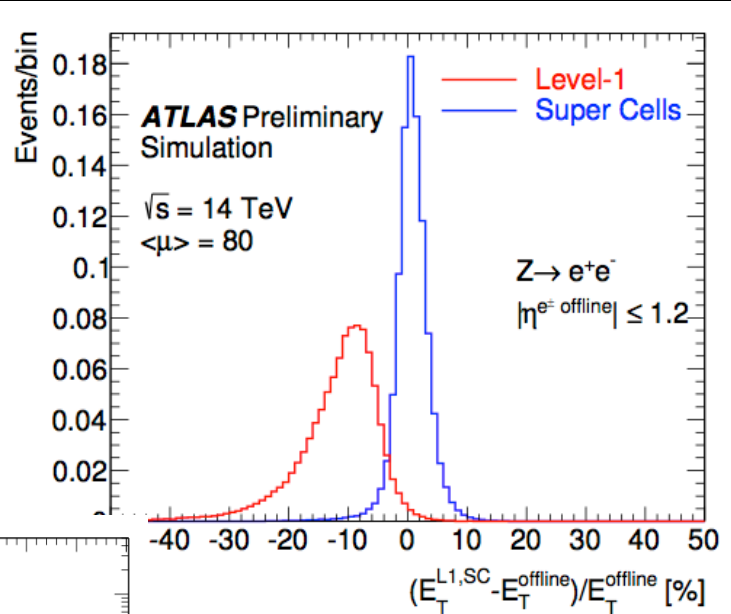
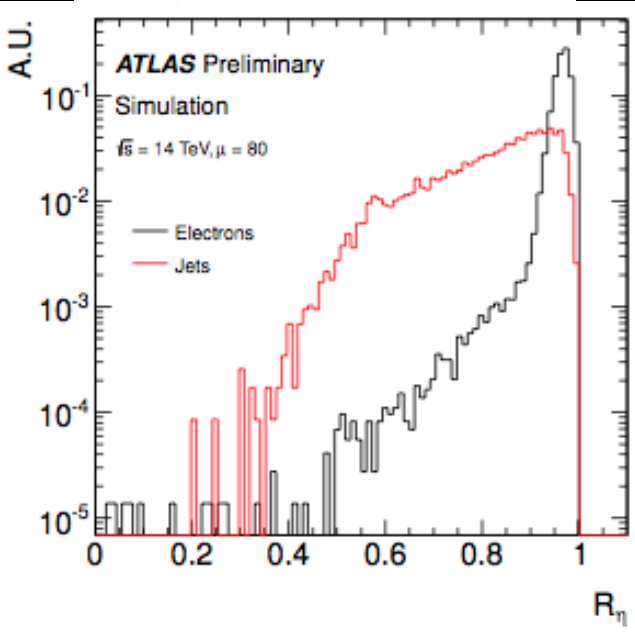


Electron  $E=70 \text{ GeV}$

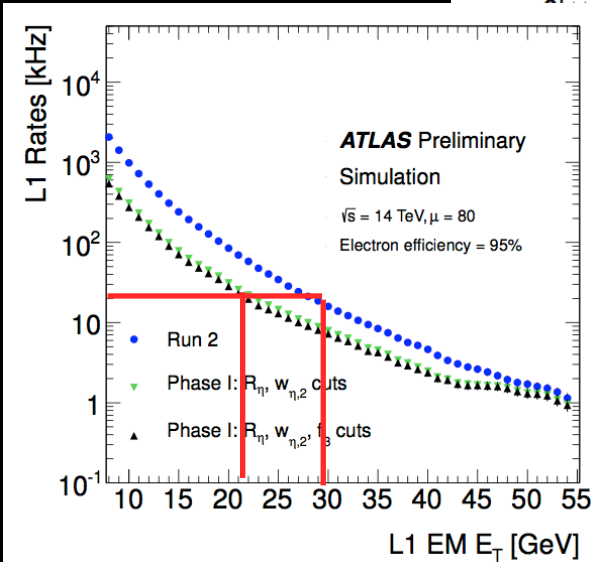
# ATLAS Phase I - LAr: Segmentation et numérisisation

Echelle de numérisisation  
 Trigger Tower: 1 GeV  
 SuperCells: 32/125 MeV pour strips/middle

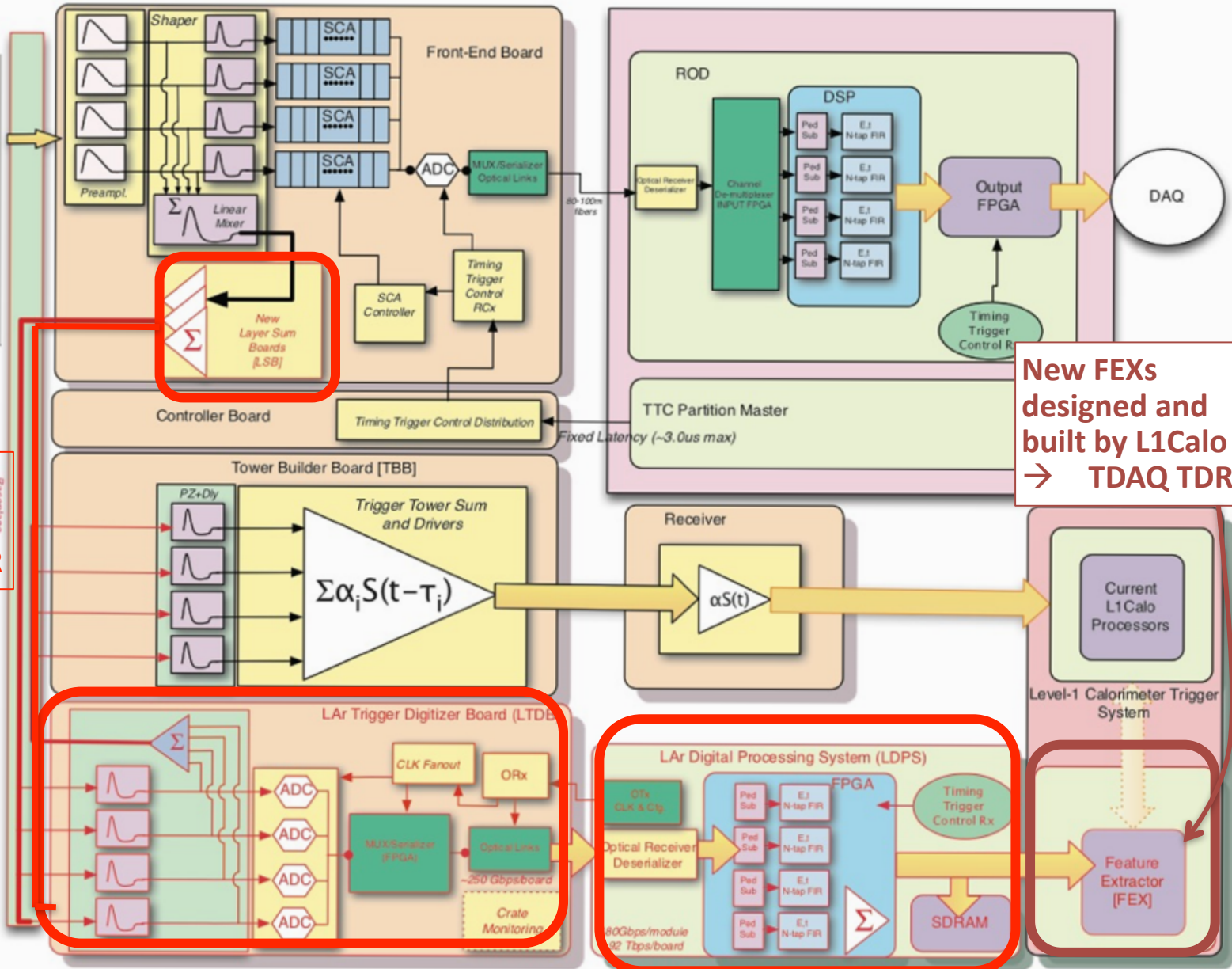
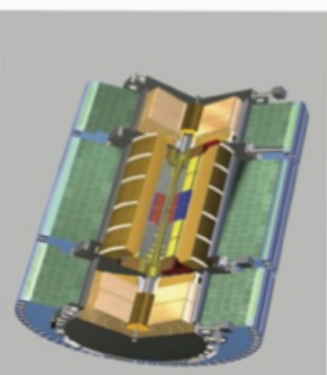
$$R_{\eta} = \frac{E_{T, \Delta\eta \times \Delta\phi = 0.075 \times 0.2}^{(2)}}{E_{T, \Delta\eta \times \Delta\phi = 0.175 \times 0.2}^{(2)}}$$



Single EM trigger rate 20 kHz  
 Seuils diminués par ~7 GeV



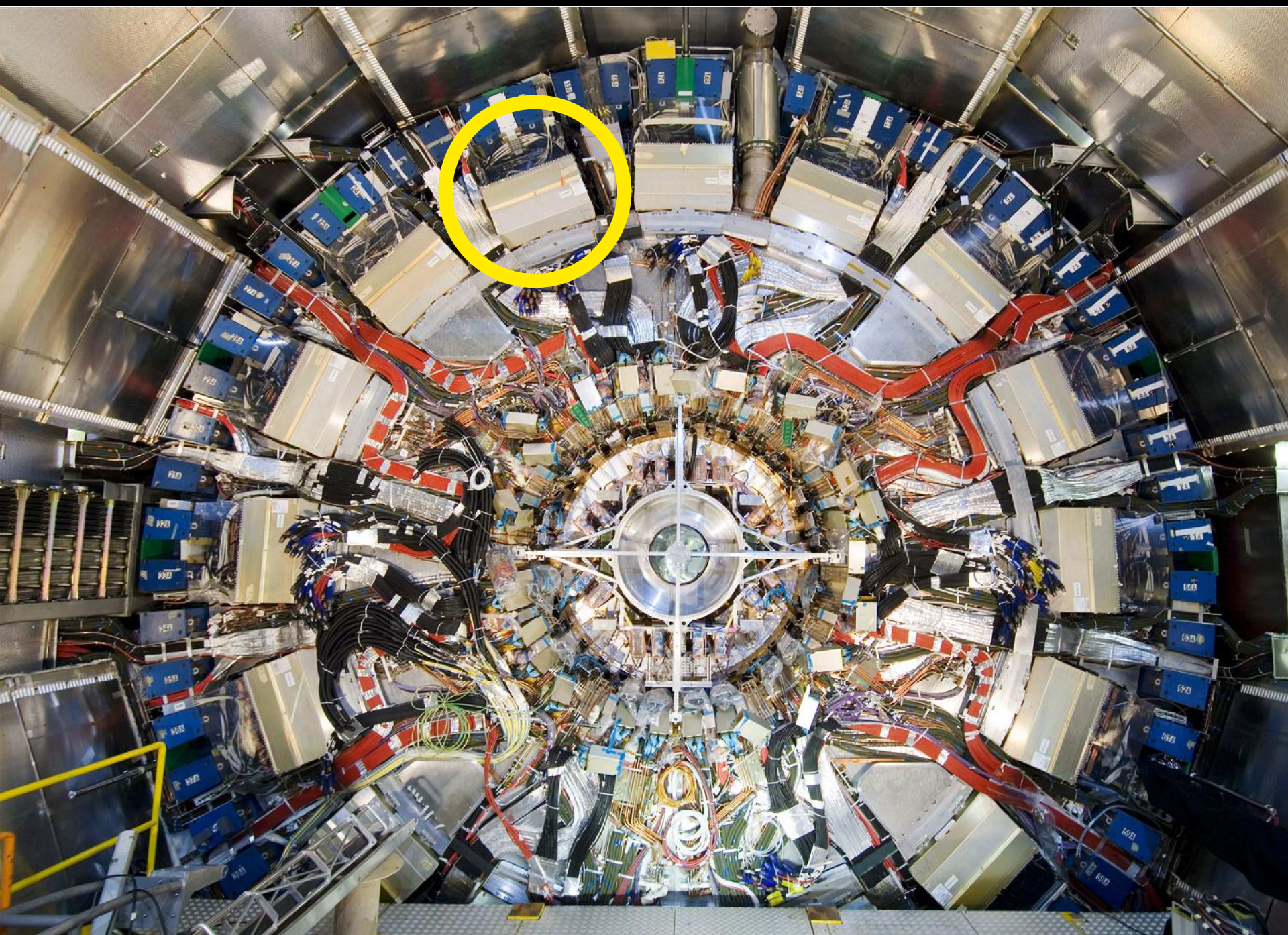
# ATLAS Phase I: Electronique LAr



New or modified components in red → LAr TDR

Proposed phase I upgrade fully compatible with plans for phase II upgrade

New FEXs designed and built by L1Calo → TDAQ TDR



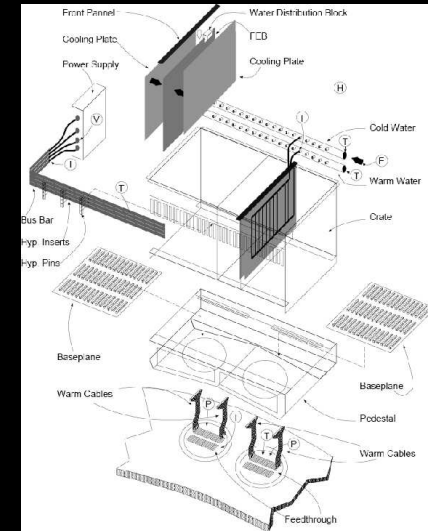
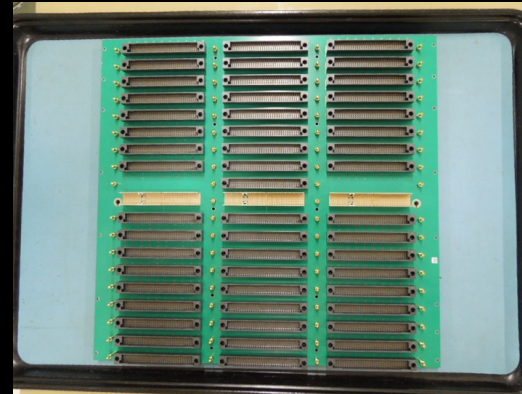
# ATLAS Phase I à l'IN2P3: Frontend

## Baseplane

Prototype en cours de fabrication (**responsabilité LAL**)

116 Backplanes à construire

**PRR Fin 2016**



**Carte LTDB (LAr Trigger Digitiser Board): 40 MHz (LAL + LPSC)**

Envoi des signaux analogiques à la carte historique TBB (L1 analogique)

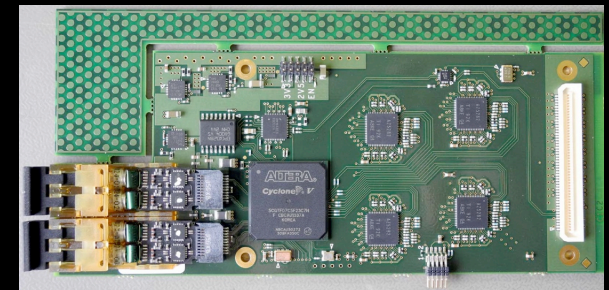
Digitise les signaux des SC, transmet par fibre optique hors de la caverne

Carte démonstrateur (**LAL+IRFU**) en fabrication: carte-mère analogique

ADC ASIC en développement (**LPSC**)

~120 LTDB à construire (USA, IN2P3,...)

**PRR Fin 2015**



PRR: Production Readiness Review



# ATLAS-Phase I - LAr Backend & démonstrateur

LDPB (LAr Digital Processing Board): Réception des signaux numériques du LTDB à 40 MHz: conversion ADC  $\rightarrow$  E $\tau$

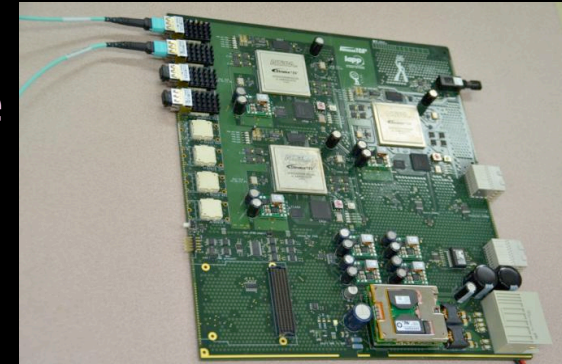
Format ATCA: carte porteuse équipée de 4 AMC, IPMC,..

AMC: coeur du processing (FPGA dernière génération) (LAPP+CPPM)

$\sim$ 120 cartes AMC à fabriquer (resp. LAPP)

**PRR Fin 2015**

Firmware: synchronisation, latence, précision sur l'énergie



Software online associé (LAPP)

Situation - Démonstrateur pour printemps 2014

Banc de test complet: mise en route en cours (système actuel).

Puis installation progressive des différents éléments

Baseplane, LTDB, LDPB, readout complet

Décision en  $\sim$ mai 2014: équiper un chassis FE complet sur ATLAS en juin ?

Design de la carte AMC pour la fin de l'année 2014

# ATLAS-IN2P3 Phase I: Budget

Table présentée au CS-IN2P3 de juin 2012

Objet	k€	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fond de panier / LTDB / Numériseur	650	50	0	50	350	150	50
Système DPS	800	50	50	-	300	350	50
<b>Total</b>	<b>1450</b>						
Total calorimétrie argon liquide (2012-2018)	6650	650	108	783	3380	1570	0
Total ATLAS (2012-2018)	27180	4000	3360	4210	7360	4010	3110

k€	Coût total IN2P3	2014	2015	2016	2017	2018
Baseplane	375	15	40	160	160	
FE boards (layout, ADC)	250	0	100	100	50	
BE	750	25	125	300	300	
<b>Total</b>	<b>1375</b>	40	265	560	510	

Table 25: LAr Phase-1 Upgrade summary CORE cost table in units of KCHF

PBS	Item	Cost	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1.1	<b>Front End electronics</b>							
1.1.1	Baseplane	1076	-	100	438	538	-	-
1.1.2	Layer Sum Boards	225	-	-	112	112	-	-
1.1.3	LTDB	2958	-	500	979	979	500	-
1.2	<b>Optical Cables</b>	592	-	-	-	296	296	-
1.3	<b>Backended electronics</b>							
1.3.1	ATCA+shelves	40	-	-	10	10	20	-
1.3.2	LDPB	2573	-	200	886	1086	400	-
1.3.3	RTM	55	-	-	27	28	-	-
1.3.4	TTC Optical Couplers	8	-	-	-	4	4	-
1.3.5	In-shelf switches	46	-	-	-	23	23	-
1.3.6	Receiver PC	14	-	-	-	7	7	-
1.3.7	Controlling PC	5	-	-	-	3	2	-
	<b>Total</b>	7590	-	800	2452	3086	1252	-

Les développements pour la phase I sont en bonne voie. IN2P3 a pris des responsabilités pour cette phase.

# CMS+ATLAS computing - Phase I & II

Post run I vers HL-LHC

Readout rate x10 (impact sur les ressources x10)

Pile-up x10 (impact sur les ressources  $\gg$  10 avec les techno. d'aujourd'hui)

Readout

La loi de Moore + mêmes ressources en €: OK

Empilement: Effort majeur sur le software

Optimisation traditionnelle

Utilisation plus efficace des

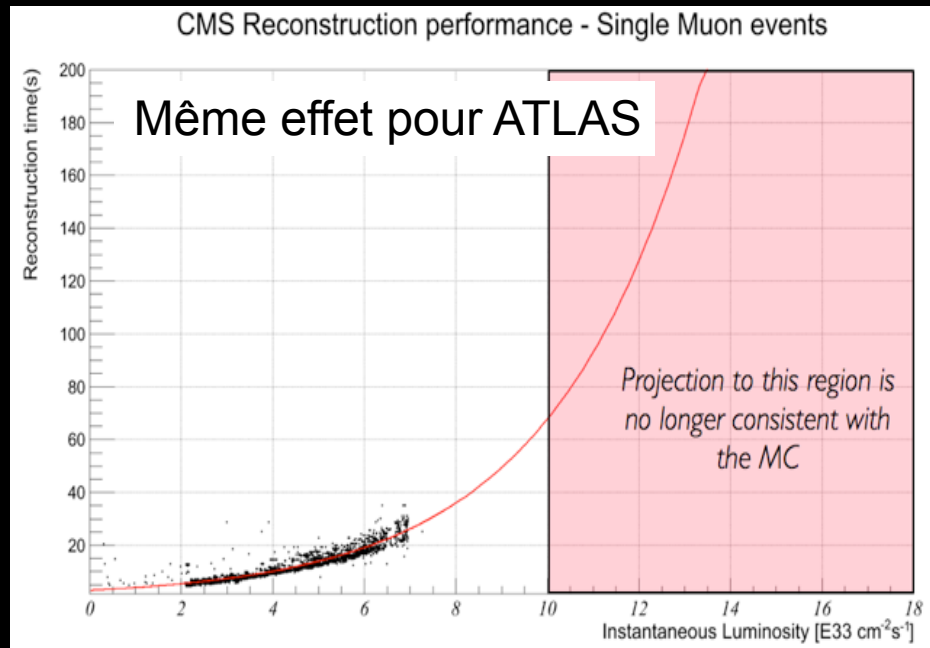
“single core” (micro-parallélisme)

“multi-core” (parallel framework)

Effort en cours dans les expériences

Partage des développements

“HEP software collaboration”



# CMS - Programme d'upgrade Phase II

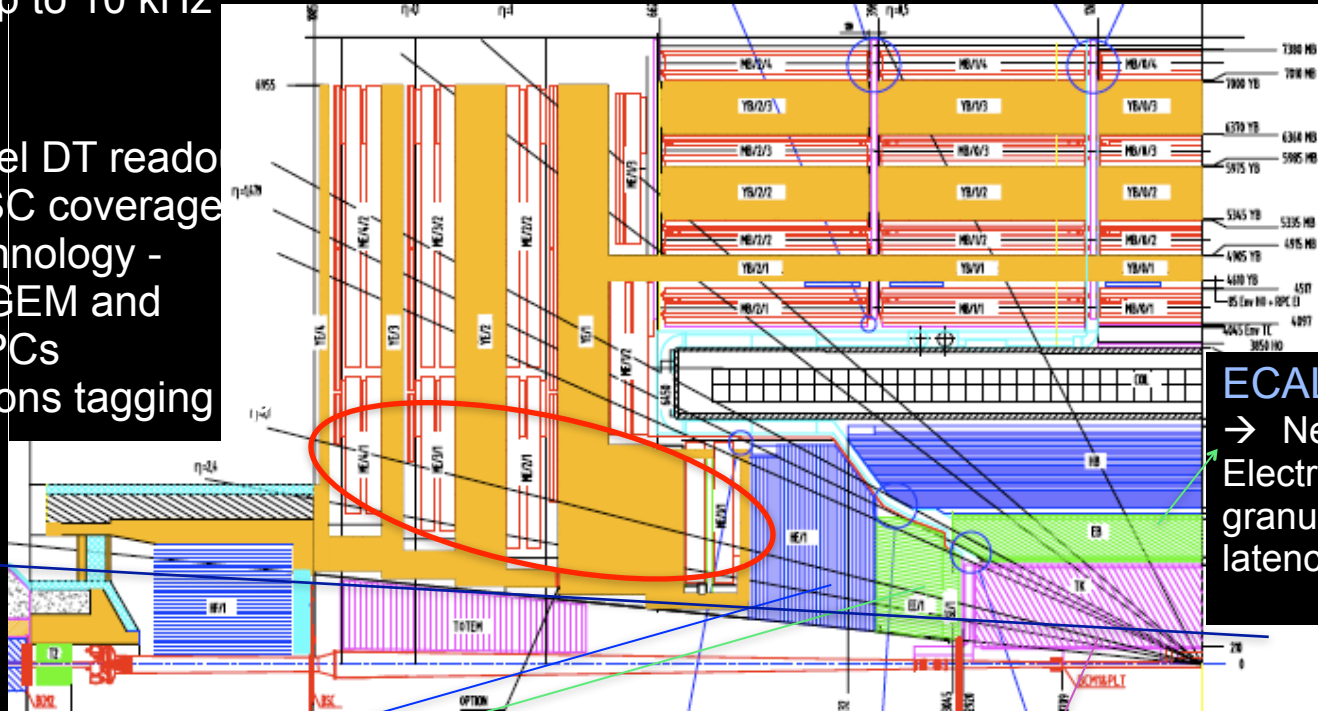
## Trigger/DAQ

- Tracking at L1 (hardware)
- L1 rate up to 1 MHz - 10 $\mu$ s latency
- HLT output up to 10 kHz

Recall: about 70% of phase 2 upgrades costs are for phase 1 detectors that will become inoperational after 300-500 fb<sup>-1</sup>

## Muon systems

- Replace barrel DT readout
- Complete CSC coverage with new technology - considering GEM and advanced RPCs
- Consider Muons tagging to  $\eta \sim 4$



**ECAL Barrel**  
 → New front-end Electronics - crystal granularity and latency for trigger

## Replace HE/EE

- Longevity
- Consider to extend coverage up to  $\eta \sim 4$
- Consider precise timing measurement

## Replace Tracking

- Longevity - occupancy
- Implement Track Trigger in L1
- Consider to extend coverage up to  $\eta \sim 4$

TDR in 2016-2017

# Contributions de CMS-IN2P3

## Programme d'upgrade de phase II

Estimation préliminaire du coût pour CMS – Phase 2 ~ 270 MChF

Contribution espérée pour l'IN2P3 – Phase 2 ~ 10 MChF

R&D  
Phase 2

### Tracker

« track trigger » et DAQ <sup>1) 2)</sup>

Electronique: concentrateur de données <sup>2)</sup>

Structure mécanique des bouchons <sup>2)</sup>

### Calorimètres

Electronique du tonneau <sup>2) 3)</sup>

Calorimètres bouchons (endcaps) <sup>2) 3)</sup>

Forward Muons (High rates GRPCs) <sup>2)</sup>

R&D Calcul parallèle (GPUs ..) <sup>3)</sup>

(financé par P2IO, Ph. Busson et al.)

R&D Capteurs Diamantés <sup>1)</sup>

(financé par l'ANR, "MONODIAM-HE", J.-M. Brom )

1) IPHC 2) IPNL 3) LLR

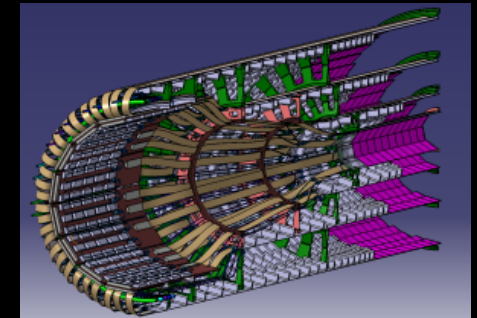
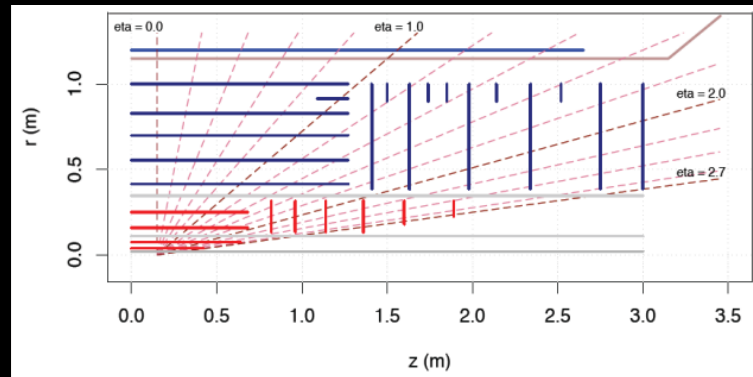
# ATLAS Phase II (à l'IN2P3)

Améliorations prévues pour la phase II cruciales pour mener à bien le programme HL-LHC (« priorité numéro 1 de la physique des particules en Europe »)

## Calorimétrie: lecture des données à 40 MHz

Argon liquide: remplacement complet de l'électronique de lecture (vieillesse, radiations) - Continuation naturelle de la Phase I

Tuiles: Remplacement complet de l'électronique de lecture (vieillesse, radiations), lecture électronique intégrée & meilleure structure des tiroirs

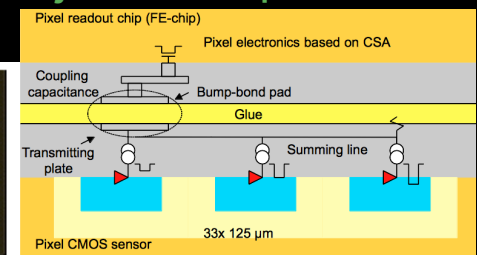
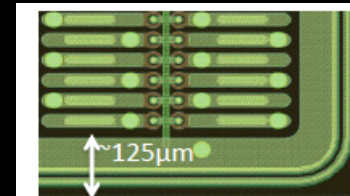


Détecteur interne: activité foisonnante à l'IN2P3 avec de nombreuses pistes innovantes et à la pointe. Soutien important dès aujourd'hui pour contribuer significativement à la rédaction du TDR.

Géométrie: à la IBL, échelles alpines

Senseurs: planaires, HV-CMOS

Electronique: en particulier 65 nm



# ATLAS: Résumé demandes budgétaires

Table présentée au CS-IN2P3 de juin 2012

Element (phase)	k€	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Calo Construction (I)	1450	<del>100</del>	40	265	560	510	<del>100</del>				
Calo R&D (II)	298	80	68	50	50	50					
Calo Construction (II)	3020						750	1050	870	250	100
Tracker-pixel R&D (II)	2620	420	440	440	440	440	440				
Tracker Constr. (II)	10000					500	1500	3000	3000	1500	500
Projets Communs(II) et TDAQ	1500					500				500	500
<b>Total</b>	<b>18888</b>	600	558	540	1140	1990	2790	4050	3870	2250	1100
<b>ETP-CDD construction</b>											
				1	3	5	5	4	8	7	5

Phases I & II pour ATLAS-IN2P3

# Pre-conclusion: HL-LHC est la priorité 1 en Europe

<http://council.web.cern.ch/council/en/EuropeanStrategy/esc-e-106.pdf>

c) The discovery of the Higgs boson is the start of a major programme of work to measure this particle's properties with the highest possible precision for testing the validity of the Standard Model and to search for further new physics at the energy frontier. The LHC is in a unique position to pursue this programme. *Europe's top priority should be the exploitation of the full potential of the LHC, including the high-luminosity upgrade of the machine and detectors with a view to collecting ten times more data than in the initial design, by around 2030. This upgrade programme will also provide further exciting opportunities for the study of flavour physics and the quark-gluon plasma.*



# Conclusion: CMS + ATLAS *upgrades*

La préparation de la phase I de LHC a commencé pendant LS1 et continue jusqu'à la fin de LS2 (2019):

$$\sqrt{s}=13-14 \text{ TeV,}$$

$$dL/dt \sim 2.10^{34} \text{ Hz/cm}^2 \rightarrow \text{empilement} \sim 50 \text{ evts/croisement}$$

$$\int L.dt = 300 \text{ fb}^{-1}$$

Les financements pour CMS & ATLAS sont  $\pm$  couverts ds les deux expériences.

A l'IN2P3, le financement de la phase I est en train d'être engagé (les MoU sont en préparation dans les expériences)

**CMS 2 M€**

**ATLAS 1.5 M€**

La préparation du projet de phase II du LHC a aussi commencé

$$\sqrt{s}=13-14 \text{ TeV}$$

$$dL/dt \sim 5.10^{34} \text{ Hz/cm}^2 \rightarrow \text{empilement} \sim 140 \text{ evts/croisement}$$

$$\int L.dt = 3000 \text{ fb}^{-1}$$

Les TDR sont prévus pour 2016-2017.

Mais le soutien financier de l'IN2P3 est trop faible et les équipes ne peuvent pas s'impliquer à un niveau suffisant pour la préparation des TDR et les ébauches de prise de responsabilité.

Les groupes CMS & ATLAS sont inquiets quant à cette situation.



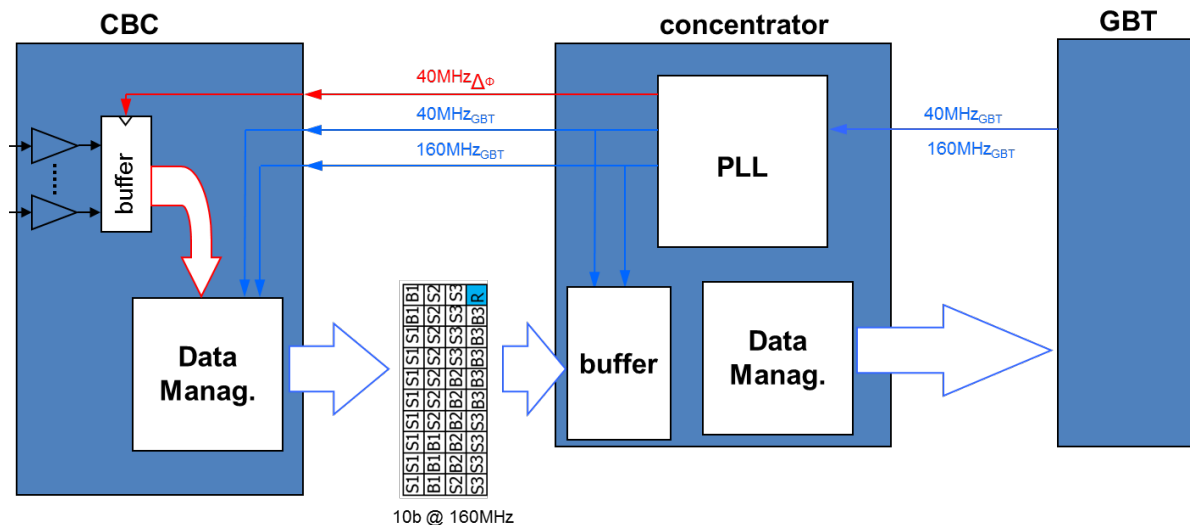
# Réserve

Diapositives supplémentaires

## Electronics:

### Concentrator

receive data from 8 CBC modules  
transmit trigger/data via GBT/GLIB modules after sparsification, in synchronous, asynchronous or pseudo-asynchronous mode



## “L1 Track-trigger”

— GBT clock domain

— analog clock domain

Principle: performing a fast track reconstruction using associative memory chips for pattern recognition and FPGA-based fit (eg Hough-transform) for track-fit

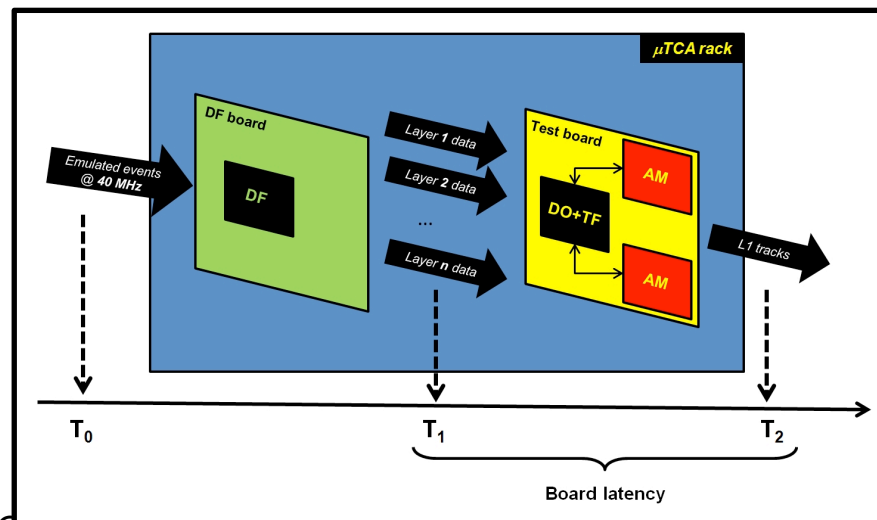
constraints: 40MHz input rate and ~5μs latency

Develop hardware test benches

(e.g. evaluate latency)

Develop new AM chips

ANR “FastTrack” (CMS IPNL/ATLAS LPNHE)  
for 3 years (490 k€) + 20 k€ labex LIO



## R&D pour le futur système DAQ pour le tracker

L. Gross et al., IPHC

### Systeme $\mu$ TCA

- 2014
- Développement du banc de test DAQ pour CMS  
Compatible avec les futurs hybrides 8xCBC-2; crates  $\mu$ TCA; cartes FC7
  - Conception de l'électronique DAQ
  - Système de DAQ multi-crates  $\mu$ TCA  
Mise en temps; centralisation des données
  - Banc test (au CERN) dédiés aux modules PT
  - Banc test (au CERN) pour test du futur système DAQ  
Core DAQ firmware & software; Concentrateur; connection via central DAQ; générateur de données de « trackTrigger »
- 2015
- Nouveaux modules, nouveaux chips CBC, évolutions du concentrateur, etc.

2022

# Electronique ECAL – Phase 2

Contributions au système actuel, e.g. cartes FE, cartes Trigger : IPNL & LLR

“kick-off meetings” en novembre/ décembre 2013 !

Discussions CMS-IN2P3/IRFU pour une future contribution de phase 2

Discussions CMS pour le remplacement de l'électronique du tonneau ECAL

On-going discussions in CMS:

Consider upgrade of the VFE / FE electronics (« analog »)

Motivations:

Better timing; kill spikes in analog electronics;

Transfer all data – all samplings (40 MHz) per crystal

Upgrade of the off-detector electronics (« digital »)

Motivations:

Re-built crystal energy / “clusters” for trigger selection

Exploit full calorimeter granularity

Combine calorimeter and track-trigger information

# Nouveaux calorimètres avant – Phase 2

Discussion en cours pour une future contribution phase 2 IPNL & LLR

CMS: Remplacement total ou partiel des calorimètres vers l'avant

Option 1: Shashlik-like Option 2: DREAM-like Option 3: High-granularity

- R&D - calorimètre vers l'avant à haute granularité (inspiré de ILC) :

Section avant

ECAL: 25 X0 Pb/Si

HCAL-1: 4  $\lambda$  Cu/Si

Section arrière

HCAL-2: 4  $\lambda$  Cu/Si

8  $\lambda$



Protagonistes:

CERN, IC London,

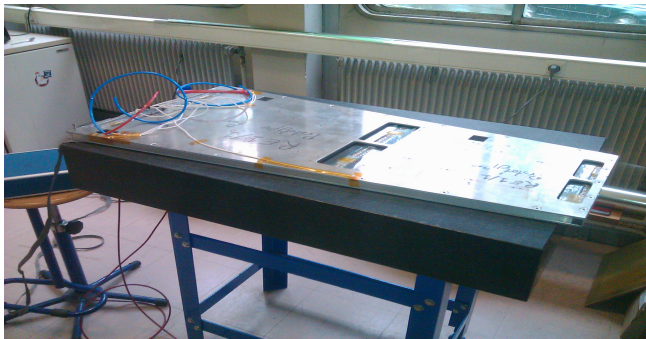
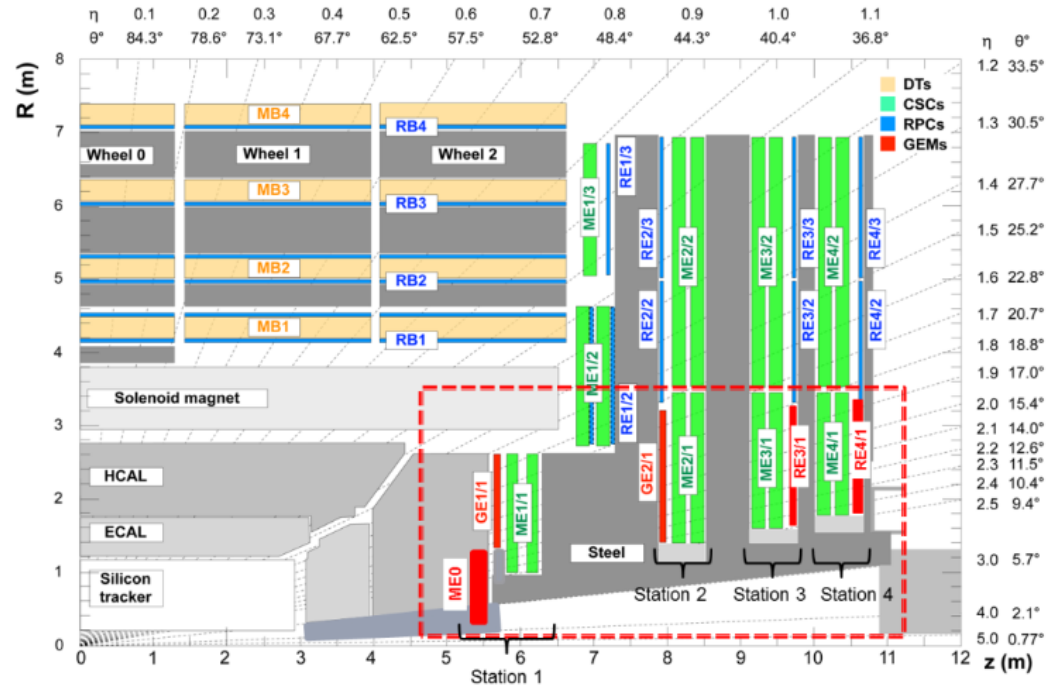
Minnesota ...

Proposal to equip some endcap muons station with 'high rate' GRPCs

- GEM to equip 1<sup>st</sup> muon endcap stations RE1/1 and RE2/1
- GRPC to equip RE3/1 and RE4/1 stations

Multi-GRPCs for timing purpose (<50 ps)

R&D on low resistive glasses



RE1/1 chamber built and successfully tested using electronics developed for ILC



Yes, the electronics adapted/developed to obtain time measurement precision (<< ns)