

Détecteurs pour les collisionneurs e+e- SiW-ECAL : **ILD^(s) & CALICE**



Visite Patrice Verdier
03/05/2016

Finalité du projet SiW-ECAL

ILD_(s) = Conception d'un détecteur optimisé pour la physique à l'ILC*
utilisant les techniques de Particle Flow (PFA)

→ * options pour le CEPC/FCC, CLIC

– **Modèles globaux** de détecteur: Définition, Mécanique, Coût, Assemblage

unité de base $\sim R_{\text{inner}}(\text{ECAL})$

– **PFA**: Algorithmes de PF

– **Simulations paramétriques (Mokka)**

– **Optimisation** des performances

– **Integration** (Services)

- Jets, τ 's, Higgs CP

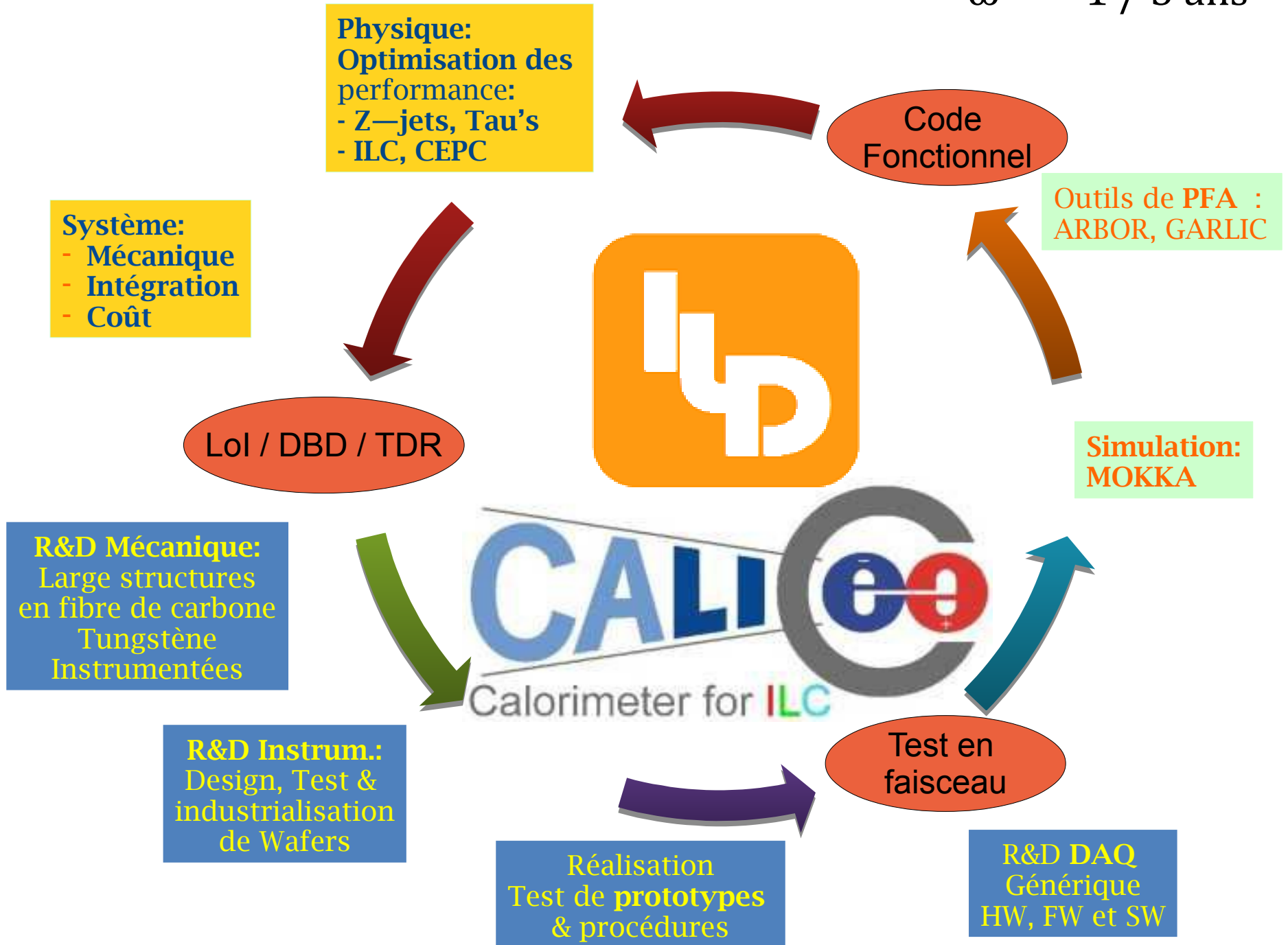
CALICE = R&D pour les calorimètres ultra-granulaires nécessaire au PFA

– **Mécanique**: structure et cassettes

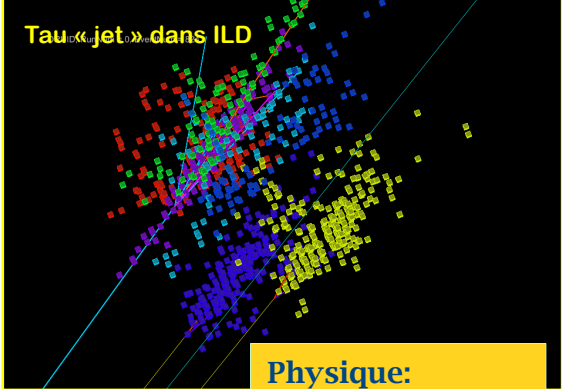
– **Instrumentation**: Silicium

– **Electronique**: integration VFE – DAQ

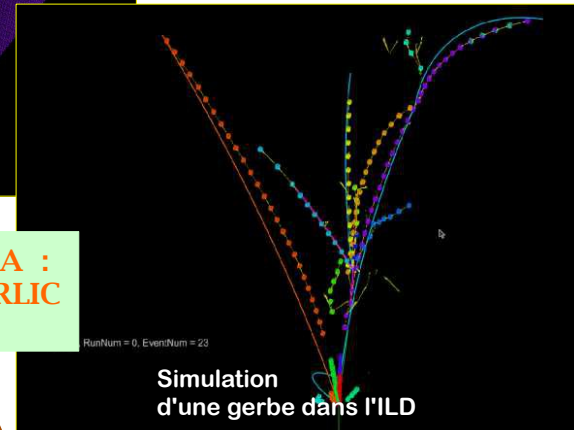
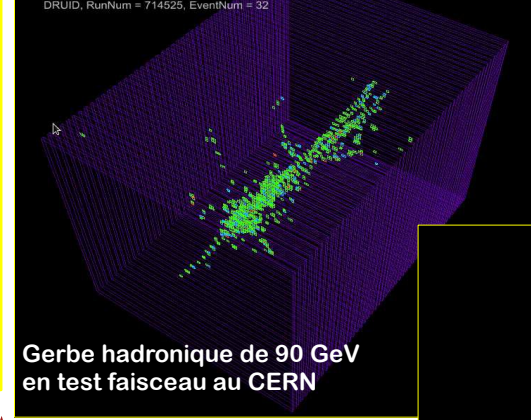
$$\omega = \sim 1 / 5 \text{ ans}$$



Tau-jet dans ILD



Gerbe hadronique de 90 GeV en test faisceau au CERN

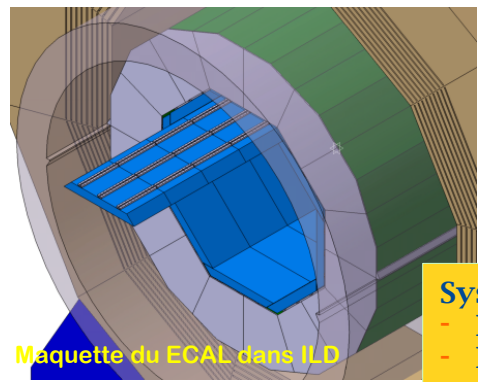


Simulation d'une gerbe dans l'ILD

Physique:
Optimisation des performances:
- Z-jets, Tau's
- ILC, CEPC

Outils de PFA :
ARBOR, GARLIC
With HCAL

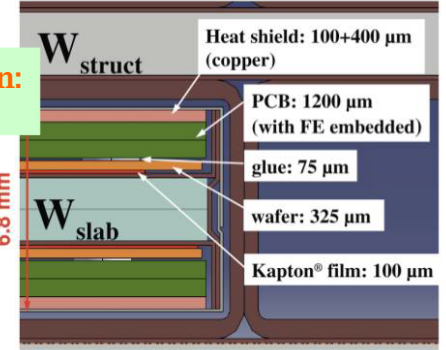
Système:
- Mécanique
- Intégration
- Coût



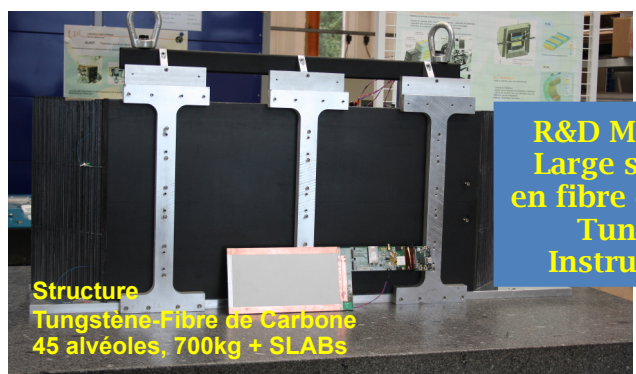
Maquette du ECAL dans ILD



Simulation:
MOKKA

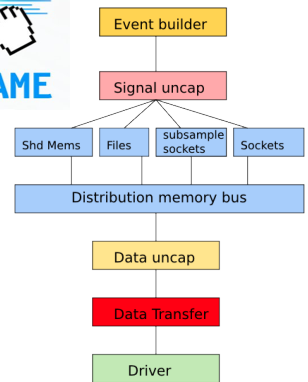


R&D Mécanique:
Large structures
en fibre de carbone
Tungstène
Instrumentées



Structure Tungstène-Fibre de Carbone 45 alvéoles, 700kg + SLABs

R&D DAQ
Générique
HW, FW et SW

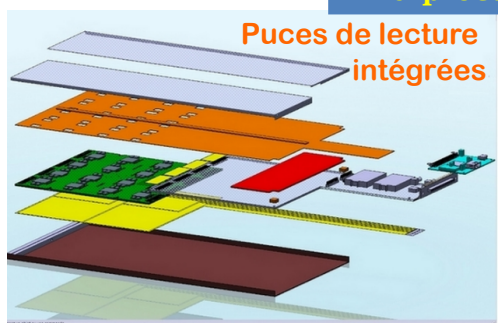


Réalisation
Test de prototypes
& procédures

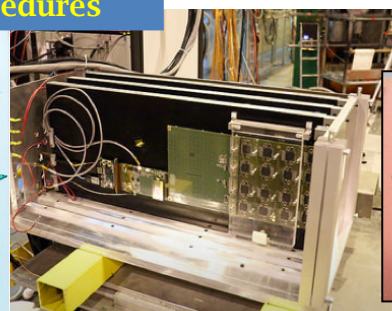
R&D Instrum.:
Design, Test &
industrialisation
de Wafers



Etude des wafers



Puces de lecture intégrées

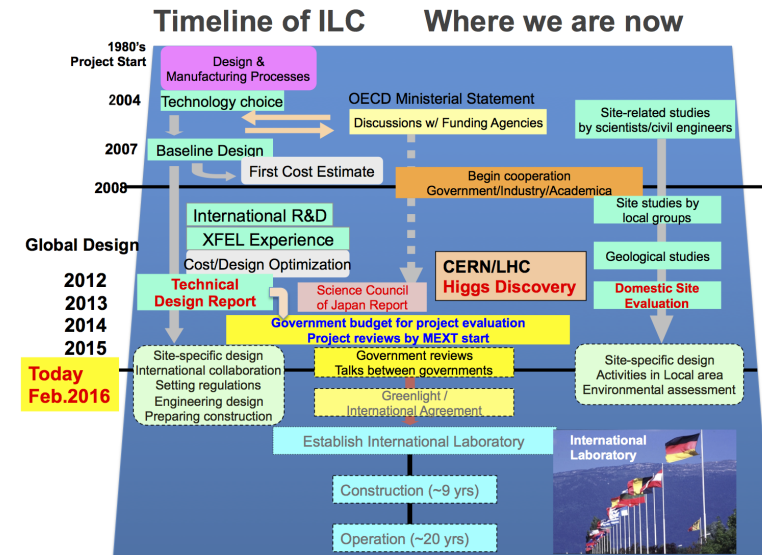


Giga-DCC

Faits marquants

Accélérateurs:

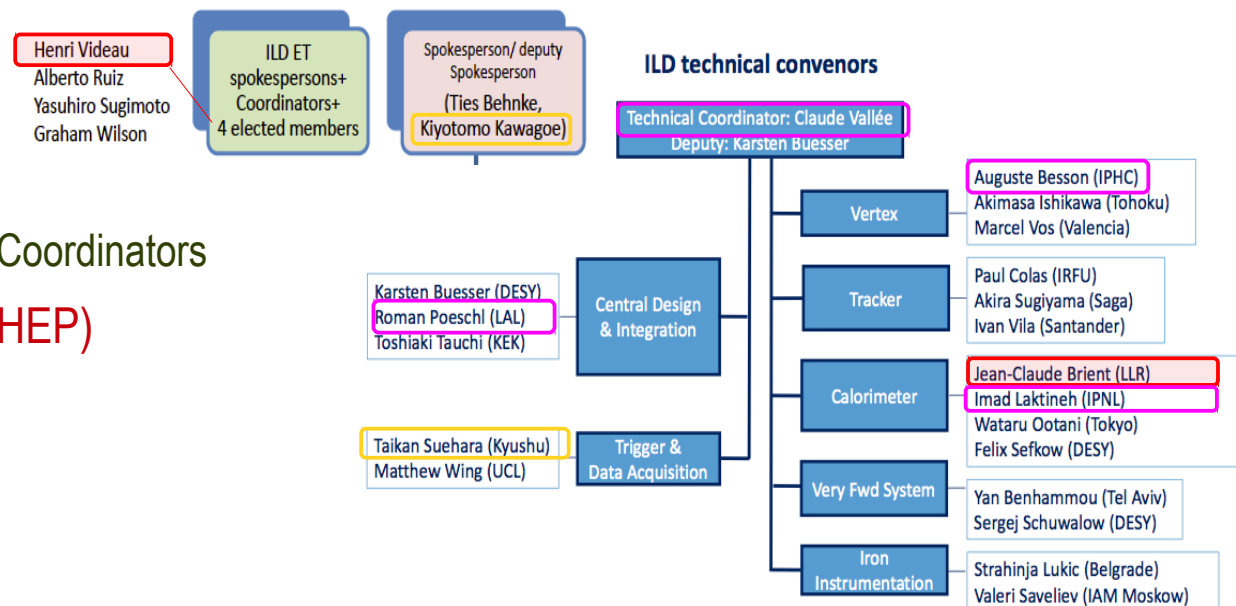
- Japon: Support & discussion inter-gouv.
 - Rapport du MEXT ce mois-ci ?
- Chine: → CDR (fin 2016),
 - ⇒ 13e programme de R&D pour 5 ans ?



Pr. Yamashita, JCL'2016

ILD:

- Nouvelle structure d'ILD ~ en place
 - Henri Videau \subset Executive Board
 - Jean-Claude Brient \subset Calorimeters Coordinators
- Ré-écriture des simulations (→ DD4HEP)
 - abandon de Mokka
- Recuit des modèles
 - ⇒ coût du SiW-ECAL / ~2



Faits marquants (2)

CALICE: SiW-ECAL

- 1er design “quasi-complet” des cassettes:
 - 1024 voies, 16 ASICs dans 1 structure de carbone (sans W)
- Beam test nov 2015 (4 ASU)
- Beam test Juin 2016 (10+ cassettes courtes): SiW-ECAL+SDHCAL
 - 7 cassettes produites + 3 – 4 en cours...

HGCAL approuvé début 2015 (\leftrightarrow LLR-CMS, IRFU), HGTD en étude (\leftrightarrow LPNHE, LAL)

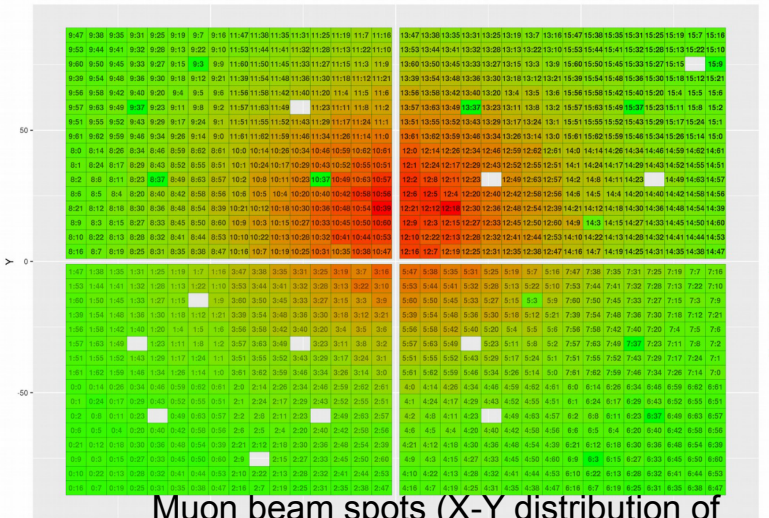
- Grosse demande de coopération de HGCAL
 - ASIC, SW (PFA, online) \leftrightarrow Aide sur les BT, production des ASIC (SK2A)
 - 1er résultats en test en faisceau impressionnants
- Succès du programme P2IO-Emblématique (cf Y. Sirois)
 - Mécanique, BT, ASIC...

Outreach: DAQ, ASICs, ... \Rightarrow T2K, HARPO, ...

Beam test at CERN nov 2015

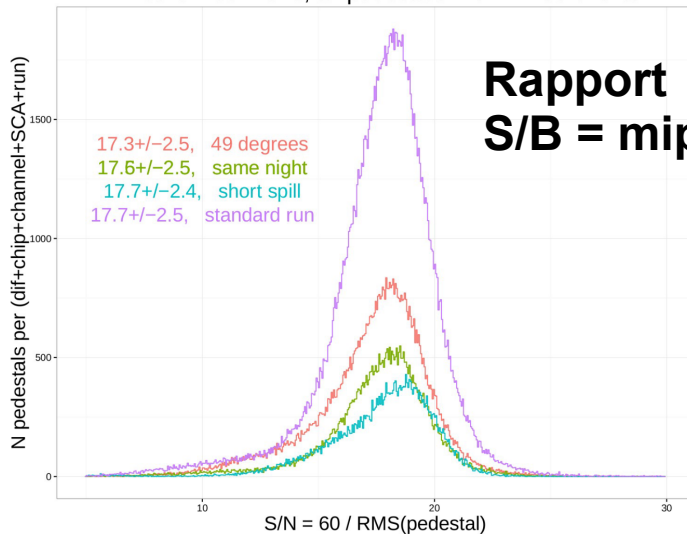


Masking : 2.2% of all channels



Muon beam spots (X-Y distribution of N triggers, requiring ADC-pedestal>10) from typical muon run 361 as example

2 hours muon runs, all pedestals with >=100 events



Rapport
 $S/B = \text{mip}_{\text{mpv}} / \sigma_{\text{ped.}} \sim 17 !$

✓ pour $O(100M)$ canaux en mode auto-déclenché + mémoire locale

- Étape clé pour la qualification du concept
- Lancement de SK2A

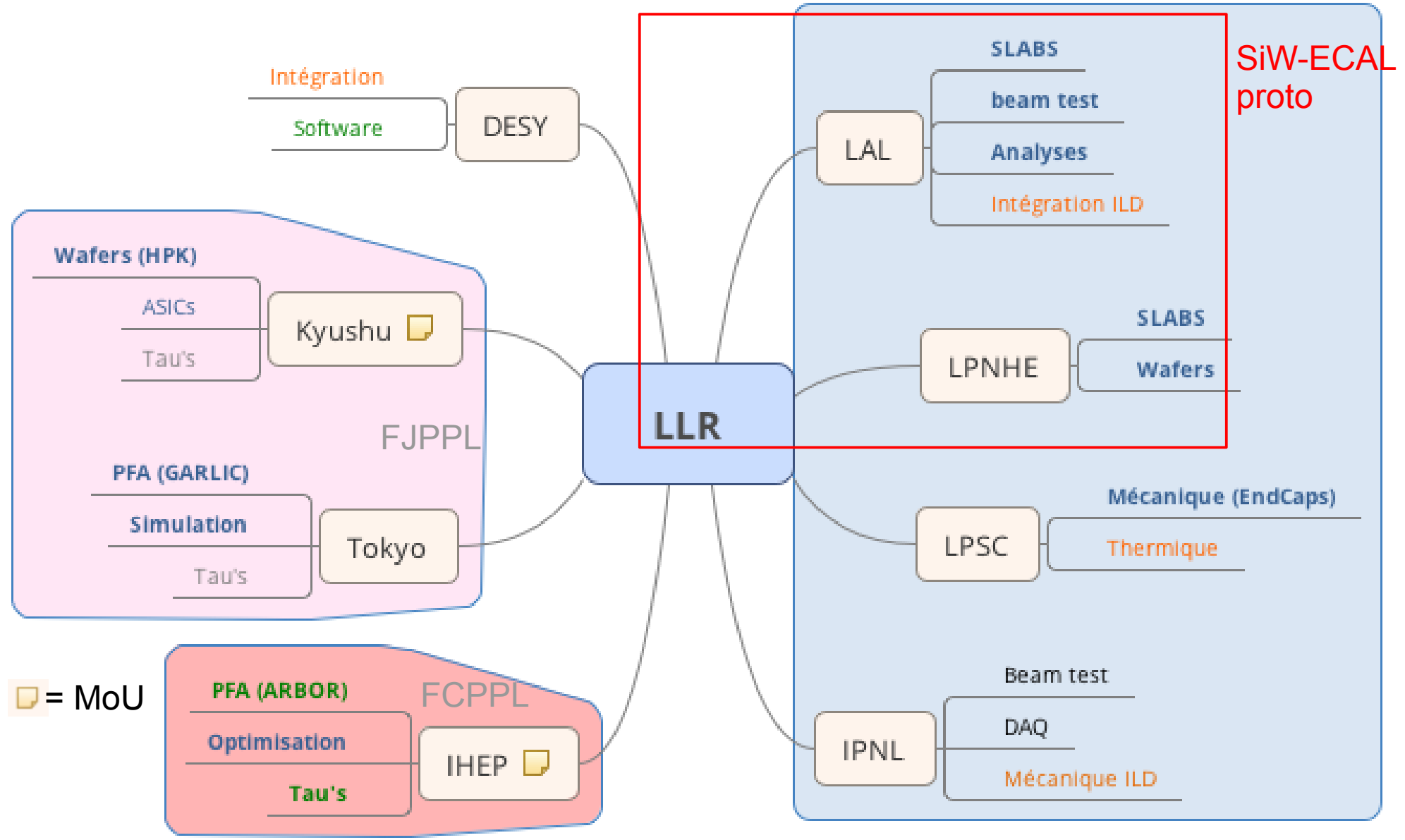
Thanks to CMS !

Equipe

Total	15	7,1 ETP
Physiciens	6	4,8 ETP
V. Balagura	CALICE* + ILD + PFA	100% DR
V. Boudry	EQUIPE* + ILD + CALICE + PFA	80% CR1
J-C. Brient	ILD + PFA	10% DR
H. Videau	ILD + PFA	50% Éméritat
B. Li	PFA + CALICE	75% CDD
D. Yu	ILD + PFA + CEPC	16% Doctorante V. Boudry
K. Shpak	CALICE + PFA	100% Doctorant V. Balagura
CDD HGCF	CALICE	50% CDD
ITA	9	2,3 ETP
Électronique	3	0,8 ETP
R. Cornat	CALICE +DAQ+ILD	50% I.R.
F. Gastaldi	DAQ	5% I.R.
J. Nanni	DAQ+CALICE	25% I.R.
Mécanique	2	0,6 ETP
M. Anduze	ILD	10% I.R.
M. Frotin	CALICE	50% I.E.
Informatique	3	0,7 ETP
E. Becheva	ILD (SIMU)	20% I.R.
F. Magniette	CALICE (DAQ)	25% I.R.
M. Rubio-Roy	CALICE (DAQ)	25% I.R.
Étude Système	1	0,2 ETP
S. Pavi	CALICE	20% I.R.

Période		
Arrivée	Départ	
01/01/16	30/09/16	AIDA2020-WP3
01/09/14	29/02/16	Cotutelle IHEP, 100% LLR
01/09/14	31/08/17	50% LLR + 50% CNRS
01/10/16	?	

Collaborations



Modèles & Performances pour le Particle Flow

Algorithmes Particle Flow (V. Boudry)

- Ré-écriture de ARBOR v3: un PFA indépendant de PandoraPFA (B. Li) ↔ IHEP
- Particle ID avec une calorimétrie ultra-Granulaire (D. Yu)



Performances du SiW-ECAL (V. Balagura)

- Séparation des gerbes avec données de test (K. Shpak)
- Analyses “technique” des tests de nov. 2015 (V. Balagura, K. Shpak)

Évaluation des performances de ILD option 2 (SiW-ECAL + SDHCAL) (V. Boudry + V. Balagura)

- Reconstruction des Tau's (T. H. Tran $\leq 10/2015$, D. Yu):
 - papier en cours de finalisation
- Performance de reconstructions des canaux $H \rightarrow \tau\tau$ @ ILC & CEPC (D. Yu)

Recuit du modèle ILD (H. Videau), costing pour revue du MEXT, ...

- Réduction du rayon, du nombre de couches, 8”-wafers (ϕ ciens + R.C., M.A.)
 - \Rightarrow Modèles Mécanique et Simulation

Démonstrateur Technologique

V. Balagura (ϕ) + R. Cornat (τ)

Électronique de VFE intégrée à cœur
Alim pulsée + dissipation + mécanique

Cassettes: R. Cornat (IR) J. Nanni (IR), M. Frotin (IE)

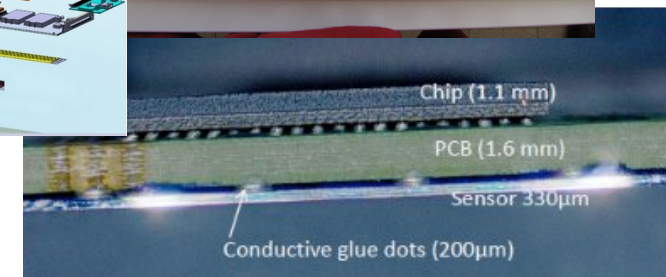
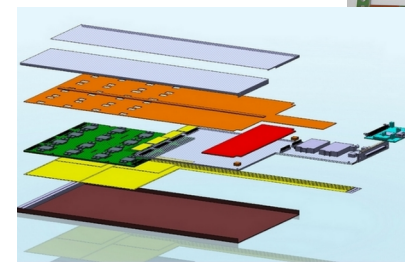
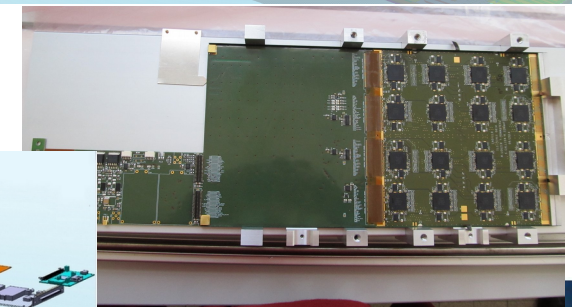
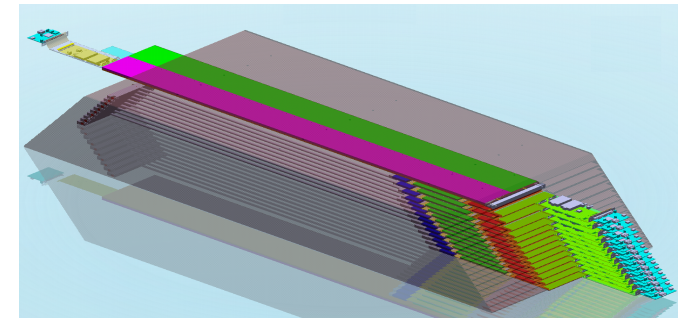
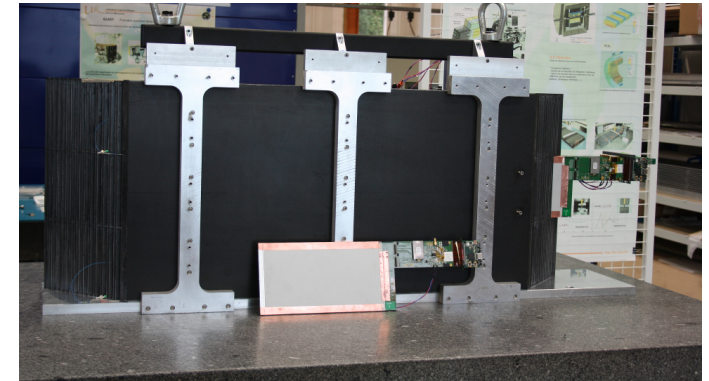
– 2015: Réalisation des premiers slabs (Cassettes)
en design «final» (1024 ch.)

- Mise en place d'une chaîne d'assemblage avec contrôle de la qualité (LLR + LPNHE + LAL)
- Préparation de solutions industrielles

– 2016: complétion et tests au CERN du prototype

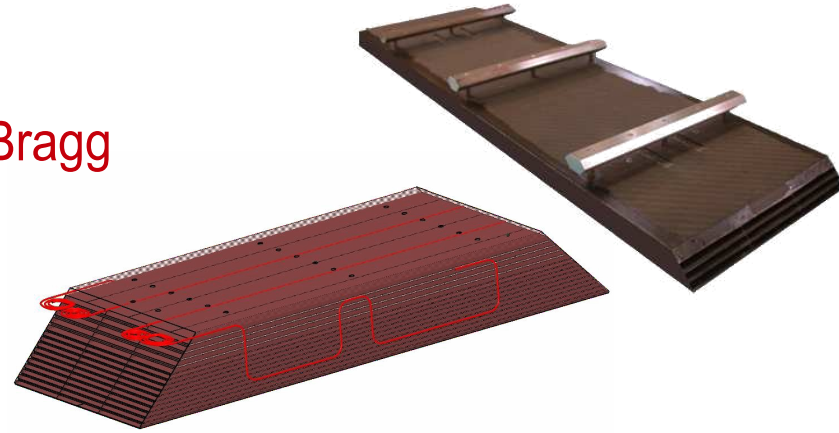
– 2016 + 2017: Cassette Longue: 7 – 10 (12) ASUs

- Banc test + sources
- Test de faisabilité → Faisceau



Structure ECAL en fibre de carbone instrumentée (2012): M. Anduze (IR), M. Frotin (IE)

- Modélisation ↔ Démonstrateurs
- 2016: Test de lecture des contraintes par fibre de Bragg
 - Sur P2IO ↔ CMS



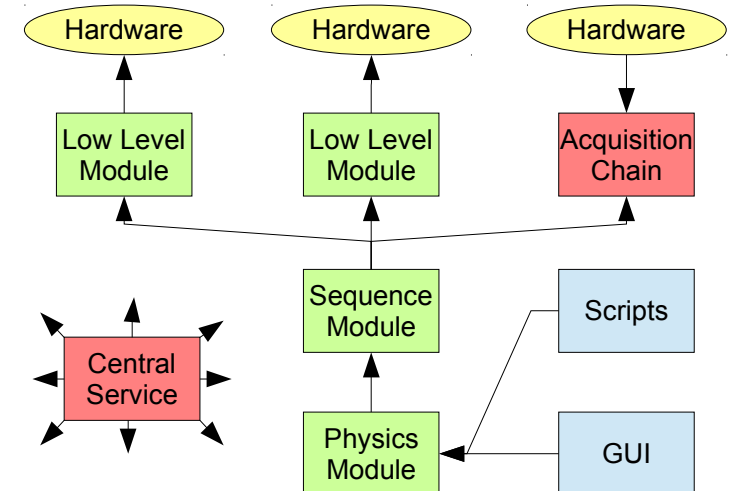
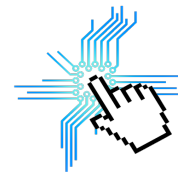
R&D Silicium: R. Cornat (IR)

- Collaboration Fr-Jp Si (Sim, Proto) et bancs de test de prototypes pour capteurs Hamamatsu (HPK) (MoU CNRS-U. Kyushu, 2012–14)
- 2016: Tests de Wafers de 8" LFoundry

R&D DAQ: F. Magniette (IR), M. Rubio-Roy (IR),

Floris Thiant (IR)

- Online Programming Framework
- <http://lir.in2p3.fr/sites/pyrame/> + CALICOES



Futur proche (3-5 ans)

CALICE:

- Tests en faisceau SiW-ECAL+SDHCAL:
 - Performances brutes et PFA avec ~20 couches (↔ modèle ILD) à 3 cm du HCAL
 - Ajustement de GEANT4 pour l'imagerie calorimétrique
- Cassettes longues

PFA: ARBOR + GARLIC

- Apport des traces dans l'imagerie calorimétrique ? Apport de la mesure précise du temps ?

ILD :

- Planning dépendant du politique: Japon ou Chine ? Feu vert ?
- Argumentation des choix technologiques,
 - coûts, procédures d'assemblage, manpower, ... ⇒ TDR en 2019 ?
- Organisation ⇒ choix techno, futurs collaborateurs

Personnels

- Post-Doc: Complément de P2IO-Emblem OU ½ Bourse de thèse (≥ 2017)
 - 1 an pour analyses test faisceau CALICE + HGCAL

AP

- R&D Silicium (1 run = 10–15 k€ NRE + 2k€/Wafers \rightarrow ~ 25–40 k€)
 - 1 run pour la cassette longue ($\sim \supset$ P2IO-Emblem)
 - 8" \otimes 700 μ m: besoin d'un run d'envergure pour qualifier les procédés de différents producteurs
- R&D DAQ: pour mise en charge.

Missions:

- Test en faisceau 2016 (novembre ?) + 2017 + Conférences
- Meeting ILD / CALICE

Projet de PICS avec les équipes de Tokyo et Kyushu (3 ans)

Extras

BILAN 2014-2015 (suite)

Simulation & PFA

- Support MOKKA, migration vers DD4HEP (AIDA-2020)
- Algorithmes de PFA (ARBOR, PandoraPFA) pour CMS-HGCAL (Trong Hieu Tran)
 - ▶ 2016: intégration des algorithmes (AIDA-2020 WP3)

ILD

- Optimisation des paramètres du ECAL, options à rayon réduits: ILC et CEPC
 - ▶ Nombre de couches, espaces morts, rayon interne vs résolution, résilience
 - ▶ 2016: CDR pour CEPC, préparation TDR ILD
- Préparation du rapport pour le MEXT; planning & estimation des besoins sur site

BESOINS 2016

CDD: (3 ans) (demande pour UB)

- Prise de donné & analyse TB.
- Outils PFA: développement & maintenance

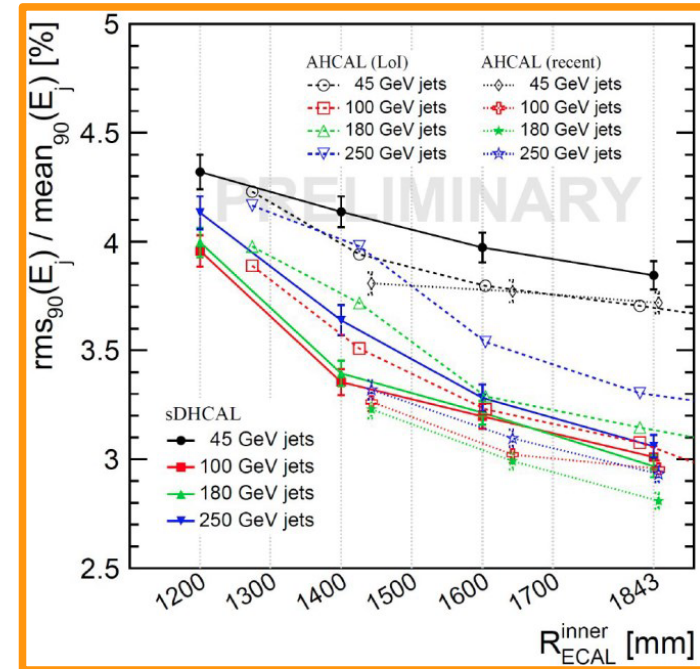
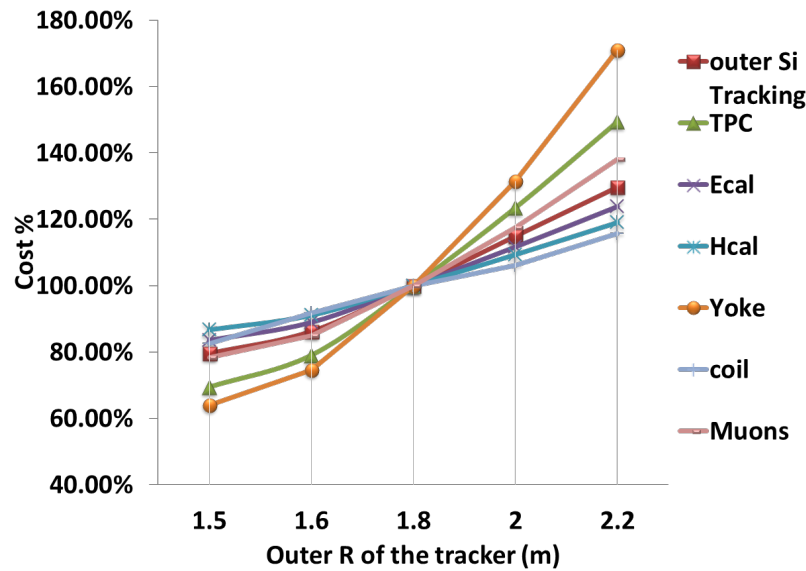
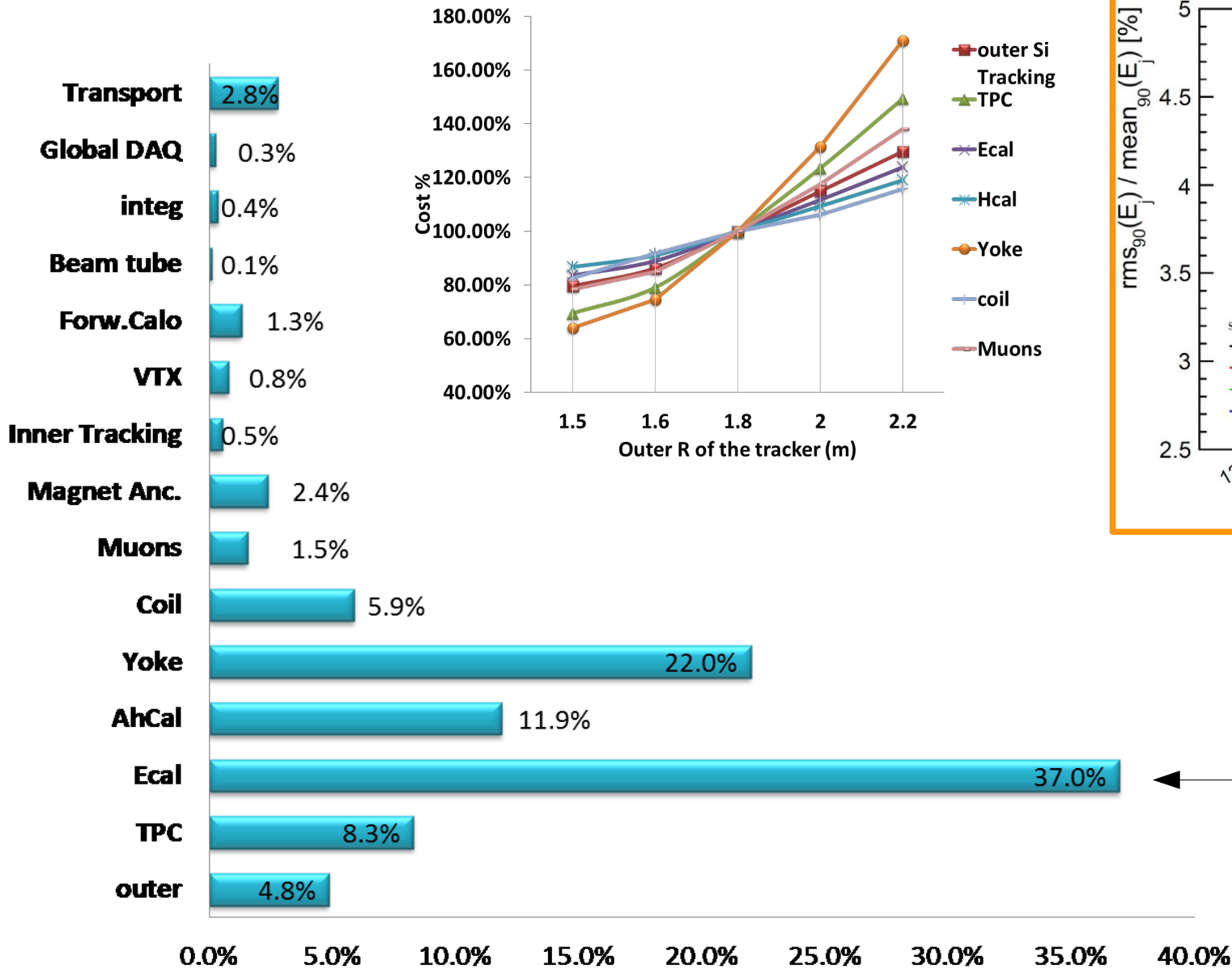
Missions: (30k€) (demande pour UB)

- Missions de collaboration (ILD/CALICE): **5k€**
- Missions de tests pour le ECAL (CERN): **20k€**
(2 campagnes au DESY) :
- Conférences (VCI, IEEE) **5k€**

Matériel (M&S) (74€) (demande pour UB & CC)

- **proto ECAL** **24k€**
 - ▶ Services TB (Alim, Acq, Support) 4k€
 - ▶ Cartes FE : 15k€
 - ▶ Structure mécanique senseurs 5 k €
- **R&D Dét. Silicum** **30k€**
 - 1 Commande HPK/LFoundry 25k€
 - Banc de test wafers grande dimension 5k€
- **R&D DAQ (Banc de test générique)** **10k€**
- **R&D mécanique** **10k€**
 - ▶ Banc test FBG: 2k€
 - ▶ Test de rupture (démonstrateur) : 8k€

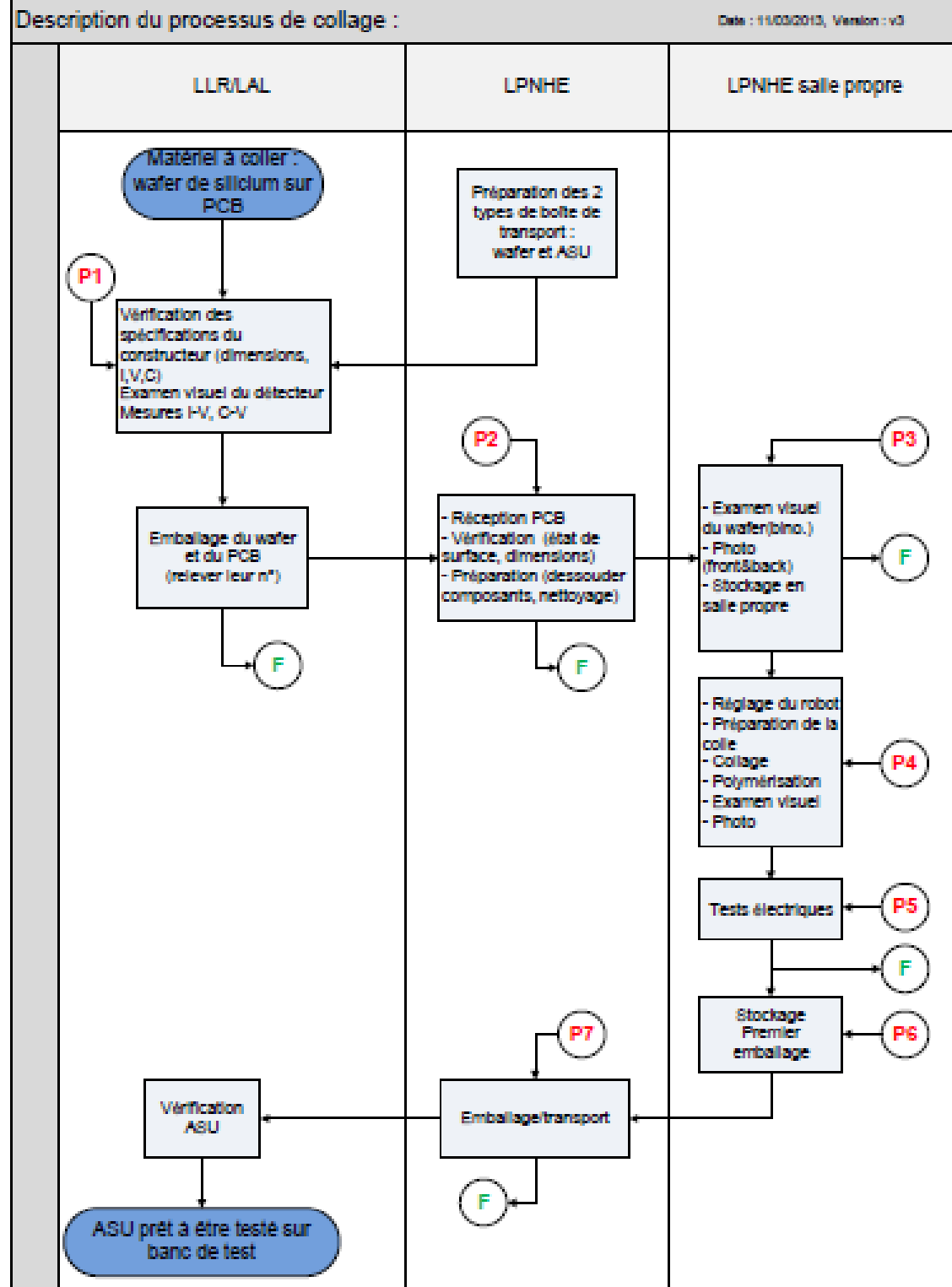
Structure de coût d'ILD



Full Silicon option

Quality insurance

- Task flow completed
- Reception and gluing procedures for 1 and 4 silicon sensors written
- Operation on PCB monitored (follow up)
- Gluing tests registered
-



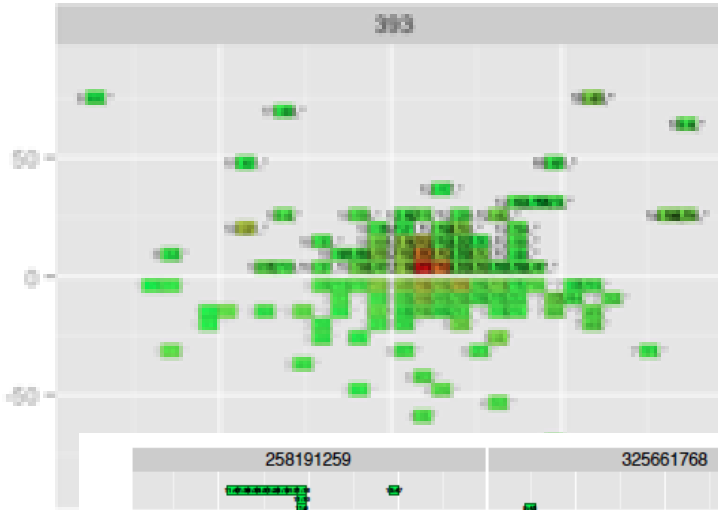
C

Px : Procédure à mettre en place et à documenter F : fiche de suivi du wafer

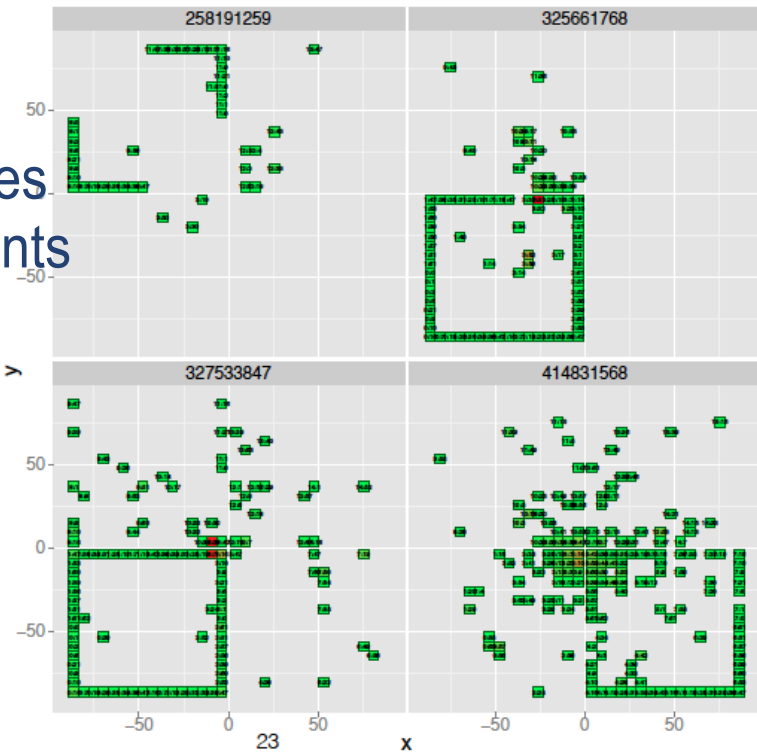
Square events

by Kostya Shpak

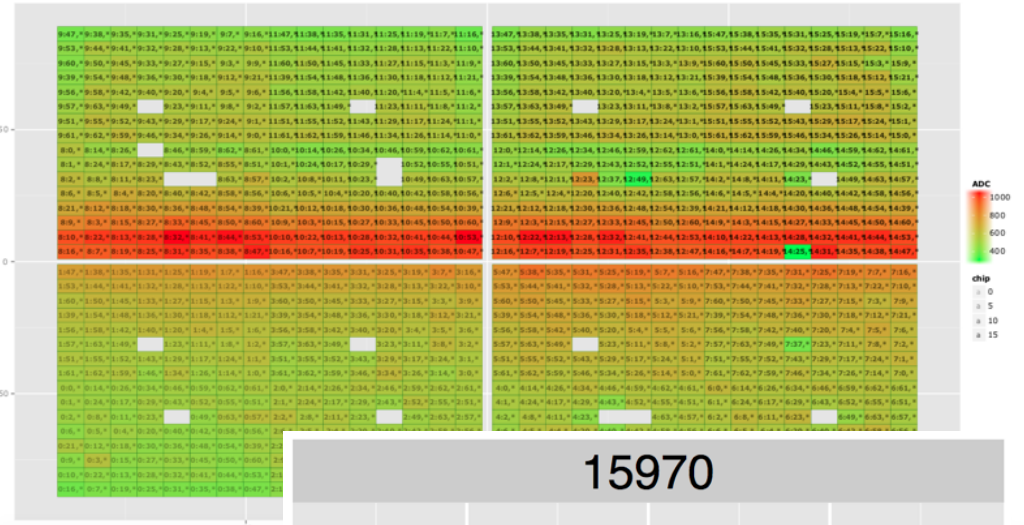
Normal event



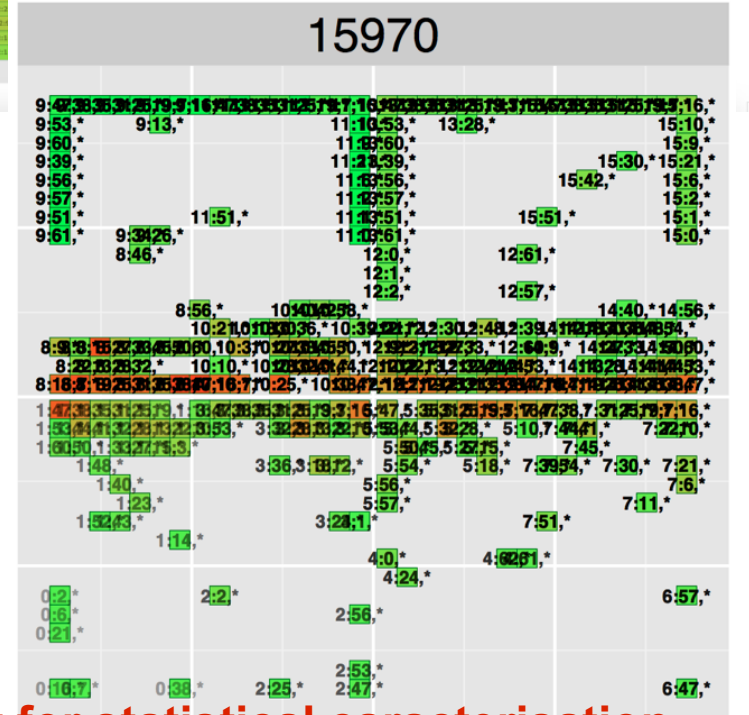
5 squares in 4 events



Shoot @ 90°

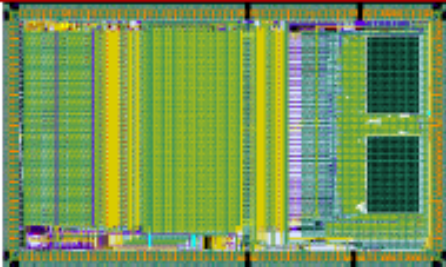


4 Sq in 1 event



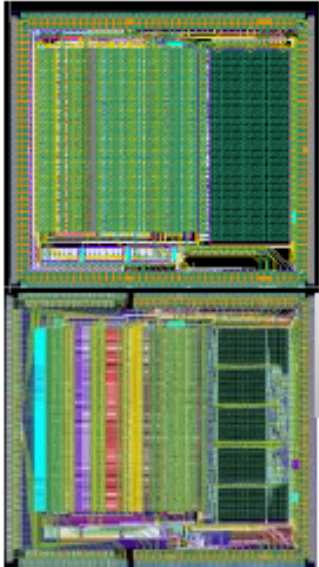
Tools ready for statistical characterisation

ROC chips for ILC prototypes



SPIROC2
Analog HCAL (AHCAL)
(SiPM)
36 ch. 32mm²
June 07, June 08, March 10, Sept 11

ROC chips for **technological prototypes**: to study the feasibility of large scale, industrializable modules (Eudet/Aida funded)

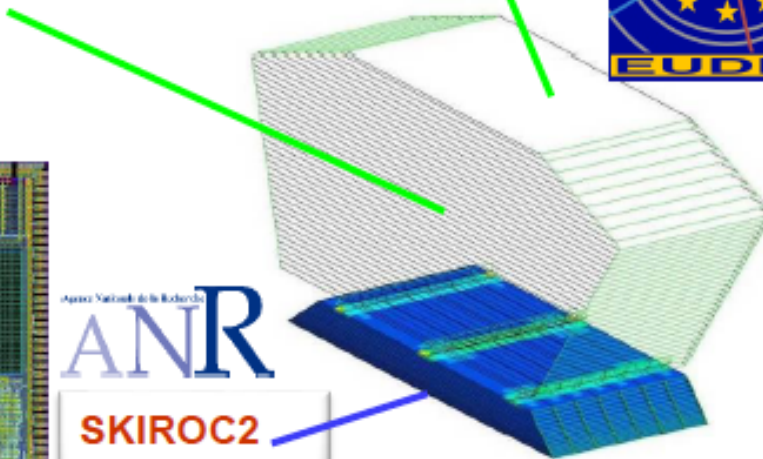


HARDROC2 and MICROROC
Semi Digital HCAL (sDHCAL)
(RPC, μ egas or GEMs)
64 ch. 16mm²
Sept 06, June 08, March 10

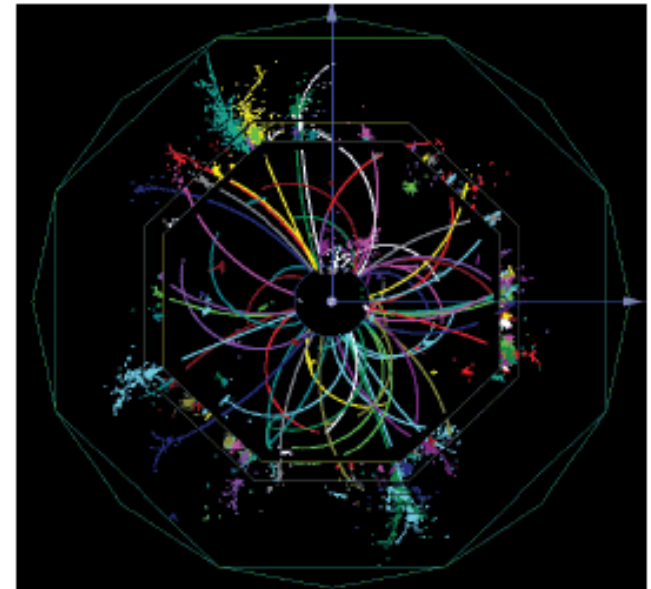


Requirements for electronics

- Large dynamic range (15 bits)
- Auto-trigger on 1/2 MIP
- On chip zero suppress
- **10⁸ channels**
- Front-end embedded in detector
- **Ultra-low power : 25 μ W/ch**



SKIROC2
ECAL
(Si PIN diode)
64 ch. 70mm²
March 10



SKIROC2A

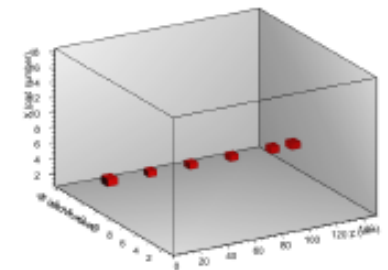
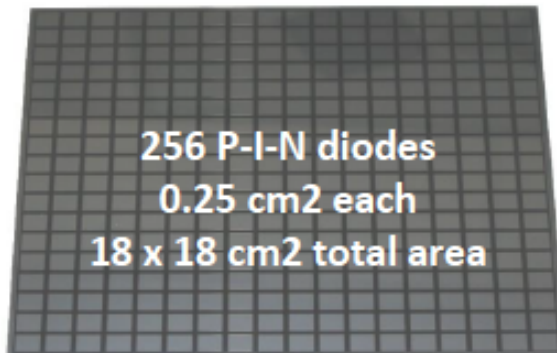
by S. Callier, C. de la Taille

- **BUG CORRECTIONS**

- Some « Zero events » during digitization : **DONE** (added delays, cf. SP2C)
- Substrate Shielding, Inputs Shielding : **IMPROVED** (added connections)
- Test mode for naked dies (voltage drop off & missing pads) : **CORRECTED**
- Trig Ext path no more thru delay cells to store the analog data : **DONE**

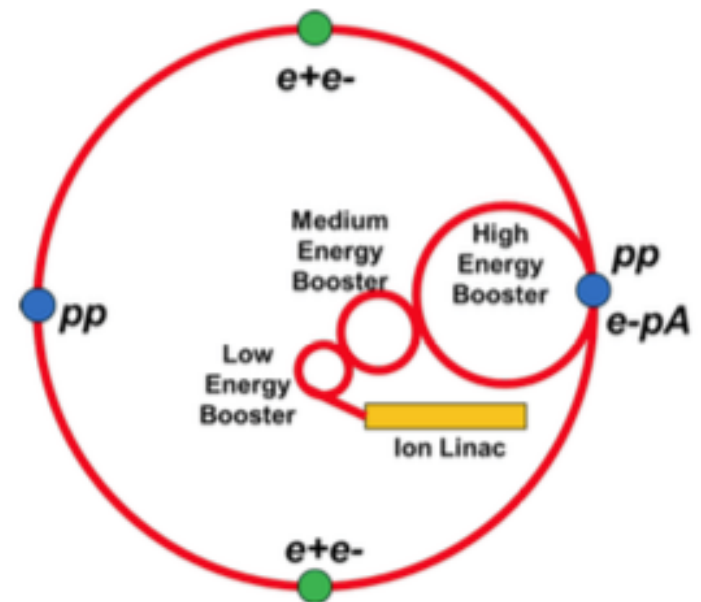
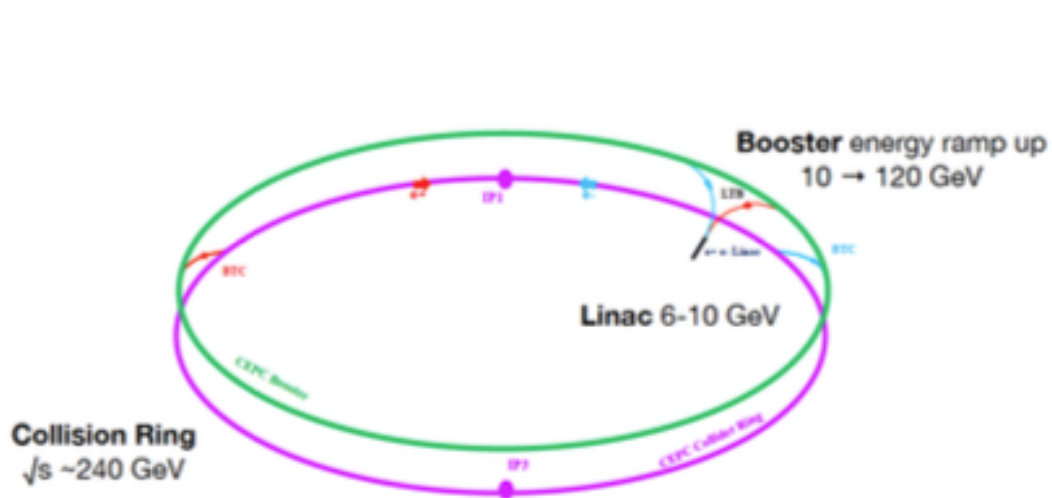
- **IMPROVEMENTS**

- 4-bit DAC for trigger level adjustment : **OPTIMIZED**
- Bandgap : **CHANGED** (from HR3)
- Delay Cell : **Slightly IMPROVED**
- AutoGain Selection : **CHANGED** (from SP2C)



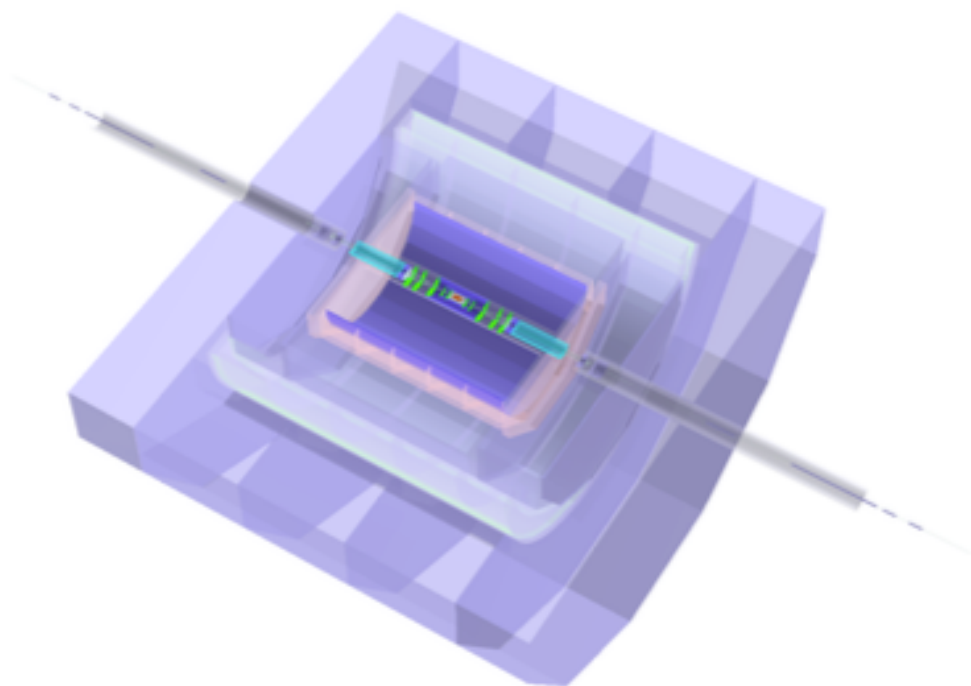
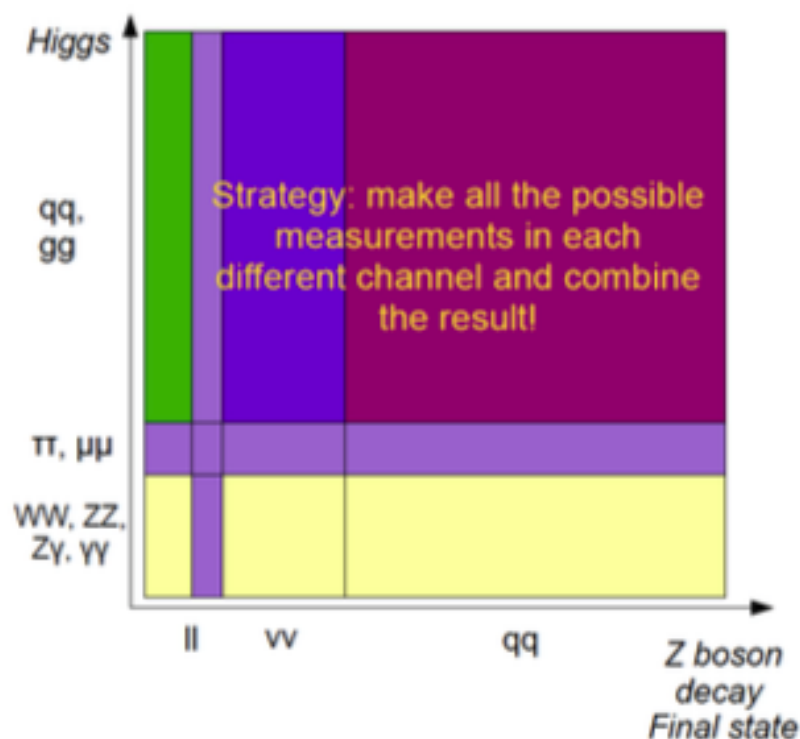
Production possible through CMS-HGCAL collaboration

CEPC-SPPC



- Electron-positron collision phase
 - Higgs factory: collision at $\sim 240 - 250$ GeV center-of-mass energy, Instant luminosity $\sim 2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 1M clean Higgs event at 2 IP over 10 years
 - Z pole operation for precise EW measurement
- Proton-Proton collision phase
 - center-of-mass energy constrained by tunnel circumference and high-field dipole
 - Peak luminosity $\sim 1 \cdot 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (*ArXiv: 1504.06108, discussion on needed Luminosity*)
- Tunnel circumference: 54 km in the baseline design. Longer tunnel to be evaluated.

CEPC Conceptual detector, developed from ILD



A detector reconstruct all the physics object (lepton, photon, tau, Jet, MET, ...) with high efficiency/precision

High Precision VTX located close to IP: b, c, tau tagging

High Precision Tracking system: $\delta(1/Pt) \sim 2 \cdot 10^{-5} (\text{GeV}^{-1})$

PFA oriented Calorimeter System ($\sim 10^8$ channels): Tagging, ID, Jet energy resolution, ect