

# Détecteurs pour les collisionneurs e+e-

## SiW-ECAL : **ILD<sup>(s)</sup> & CALICE**



**Visite Patrice Verdier**  
**03/05/2016**

# Finalité du projet SiW-ECAL

**ILD<sub>(s)</sub>** = 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,  $\tau$ 's, Higgs CP

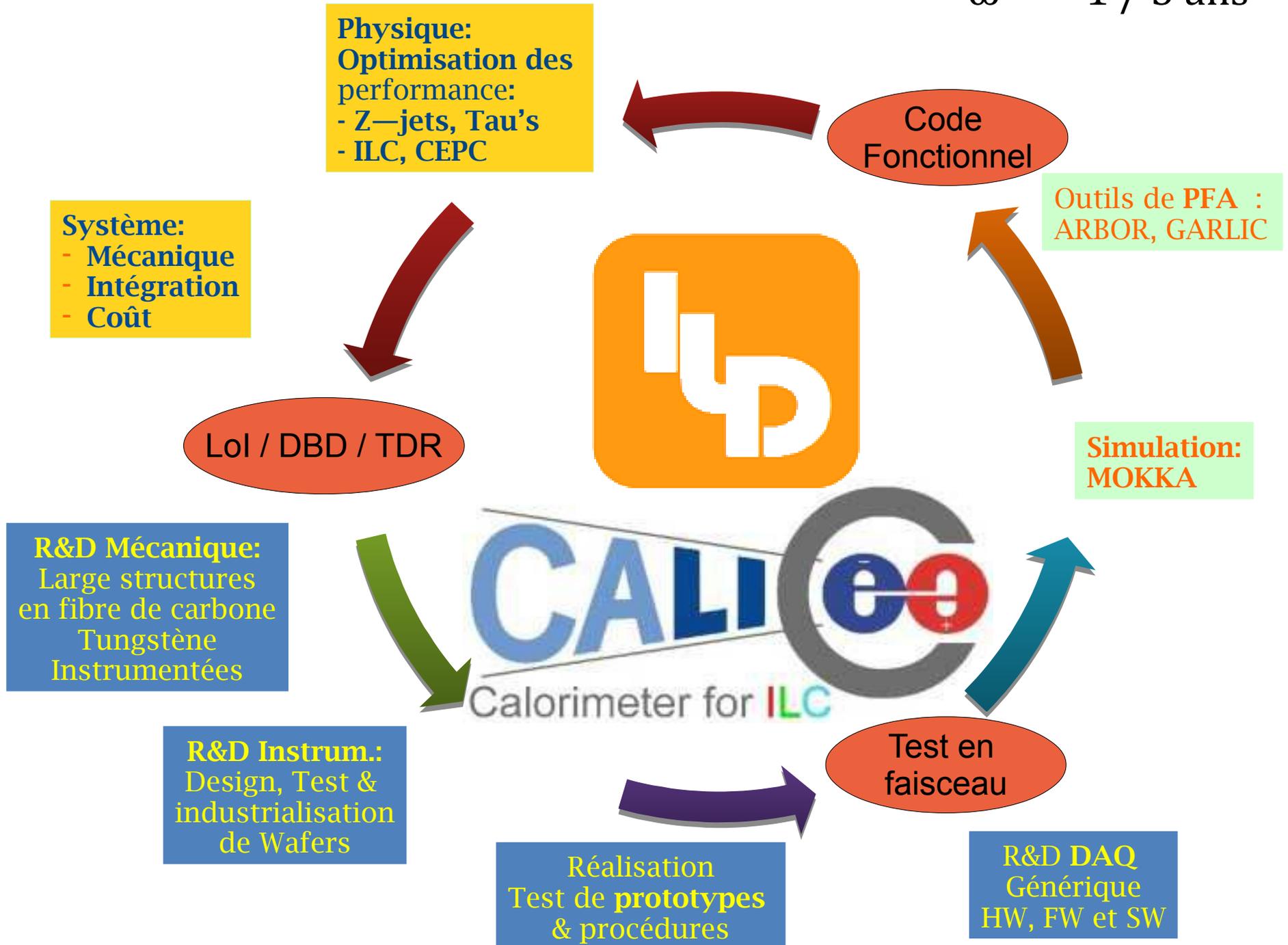
**CALICE** = R&D pour les calorimètres ultra-granulaires nécessaire au PFA

– **Mécanique**: structure et cassettes

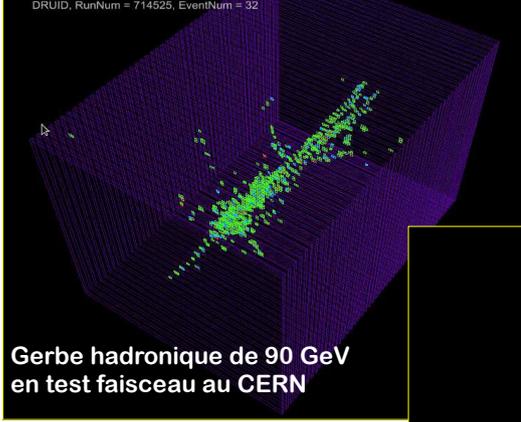
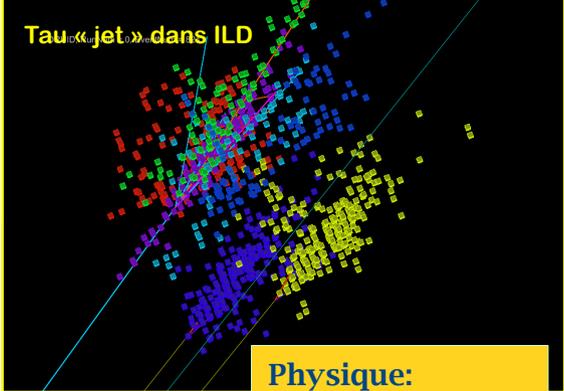
– **Instrumentation**: Silicium

– **Electronique**: integration VFE – DAQ

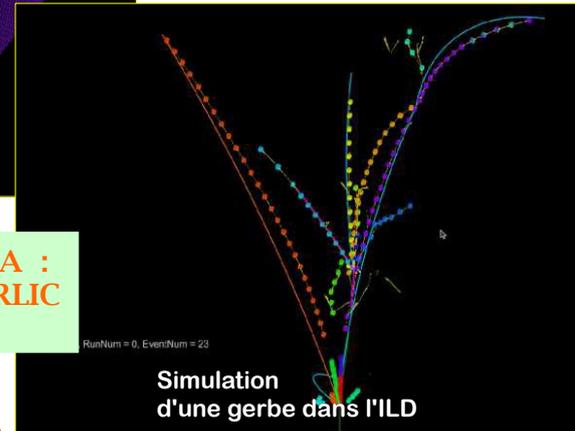
$$\omega = \sim 1 / 5 \text{ ans}$$



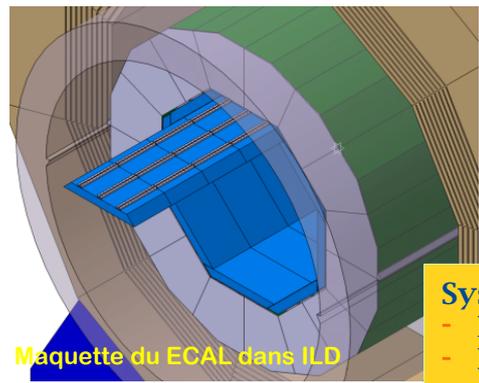
Tau-jet dans ILD



Gerbe hadronique de 90 GeV en test faisceau au CERN



Simulation d'une gerbe dans l'ILD



Maquette du ECAL dans ILD

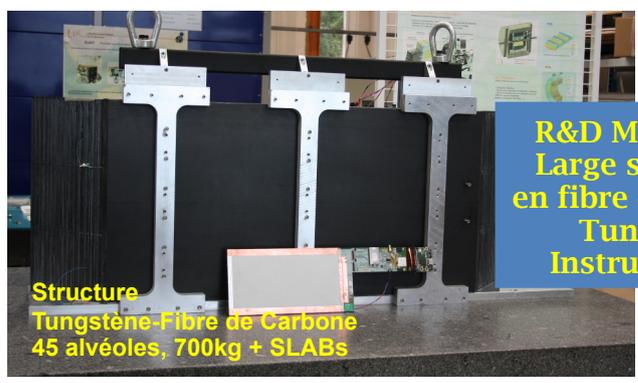
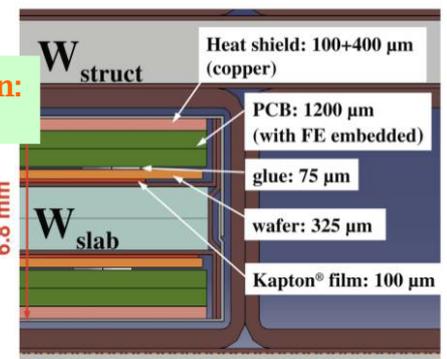
Physique:  
Optimisation des performance:  
- Z-jets, Tau's  
- ILC, CEPC

Système:  
- Mécanique  
- Intégration  
- Coût

Outils de PFA :  
ARBOR, GARLIC  
With HCAL



Simulation:  
MOKKA



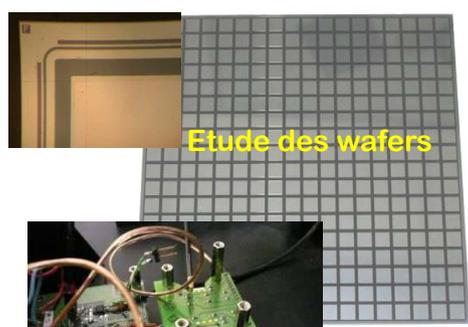
R&D Mécanique:  
Large structures  
en fibre de carbone  
Tungstène  
Instrumentées

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

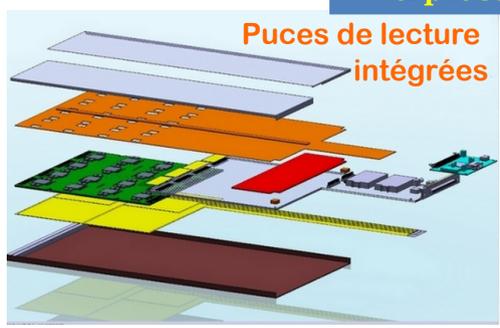
R&D DAQ  
Générique  
HW, FW et SW

Réalisation  
Test de prototypes  
& procédures

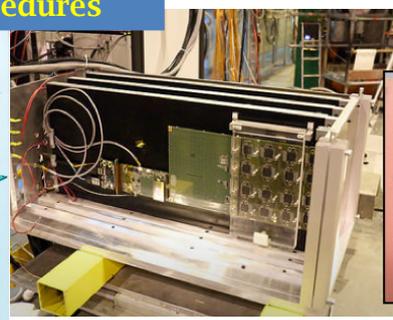
R&D Instrum.:  
Design, Test &  
industrialisation  
de Wafers



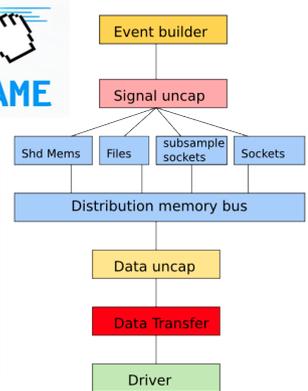
Etude des wafers



Puces de lecture  
intégrées



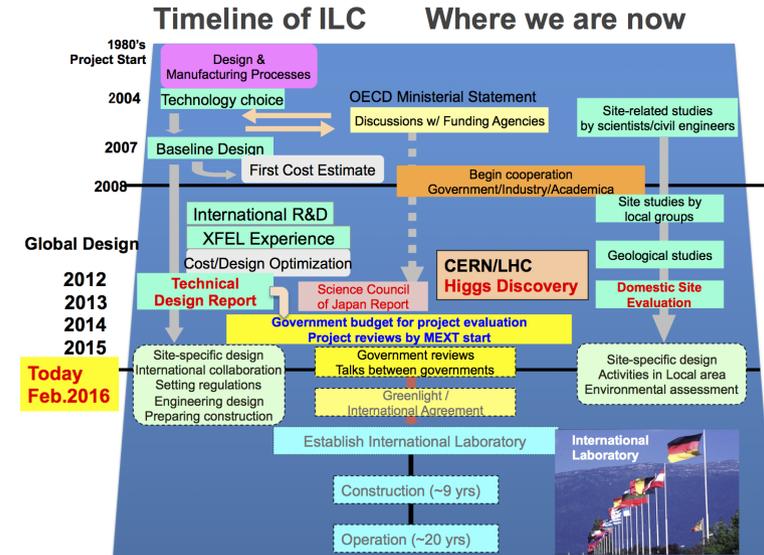
Giga-DCC



# Faits marquants

## Accélérateurs:

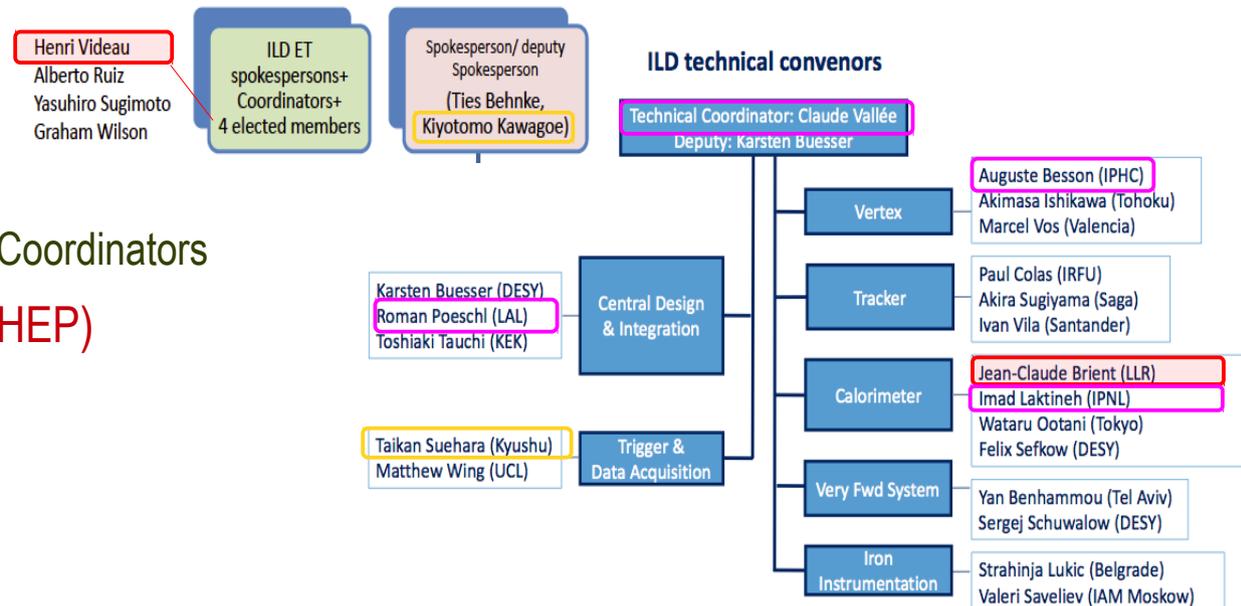
- Japon: Support & discussion inter-gouv.
  - Rapport du MEXT ce mois-ci ?
- Chine: → CDR (fin 2016),
  - ⇒ 13e programme de R&D pour 5 ans ?



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)

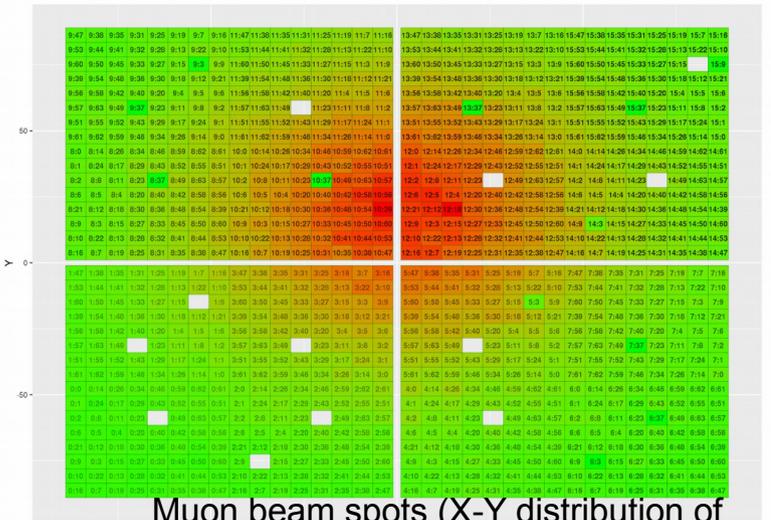
- Grosse demande de coopération de HGCAL
  - ASIC, SW (PFA, online)  $\leftrightarrow$  Aide sur les BT, production des ASIC (SK2A)
    - 1er résultats en test en faisceau impressionnants
- Succès du programme P2IO-Emblématique (cf Y. Sirois)
  - Mécanique, BT, ASIC...

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

# Beam test at CERN nov 2015

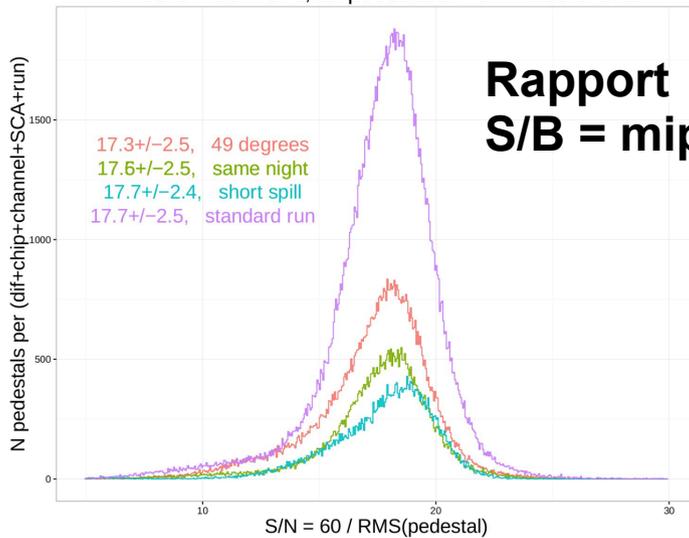


Masking : 2.2% of all channels



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

Run condition  
 49 degrees  
 same night  
 short spill  
 standard run

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

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

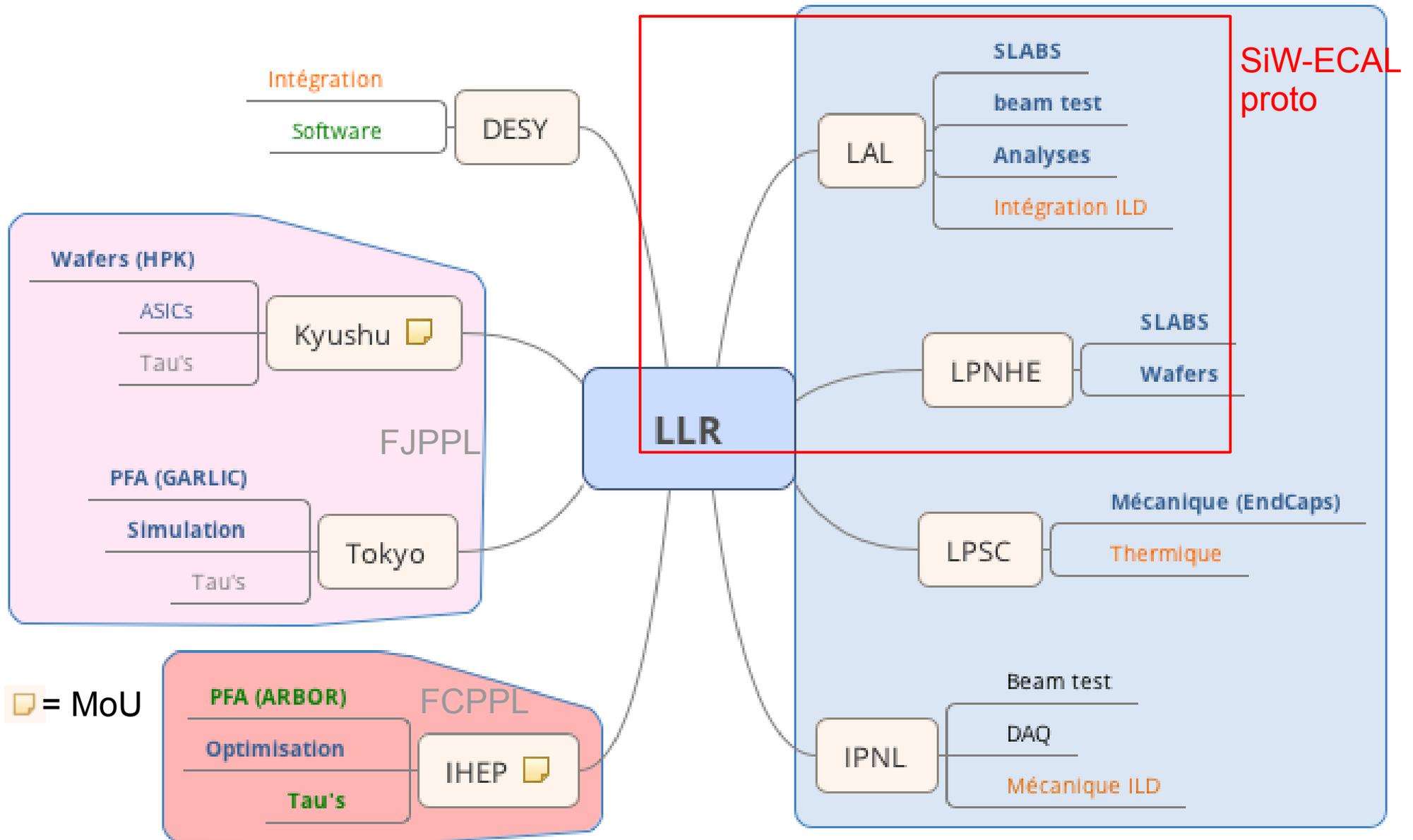
Thanks to CMS !

# Equipe

<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>7,1 ETP</b>
<b>Physiciens</b>	<b>6</b>	<b>4,8 ETP</b>
V. Balagura	<b>CALICE*</b> + ILD + PFA	100% DR
V. Boudry	<b>EQUIPE*</b> + ILD + CALICE + <b>PFA</b>	80% CR1
J-C. Brient	<b>ILD</b> + 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
<b>ITA</b>	<b>9</b>	<b>2,3 ETP</b>
<b>Électronique</b>	<b>3</b>	<b>0,8 ETP</b>
R. Cornat	<b>CALICE</b> +DAQ+ILD	50% I.R.
F. Gastaldi	DAQ	5% I.R.
J. Nanni	DAQ+CALICE	25% I.R.
<b>Mécanique</b>	<b>2</b>	<b>0,6 ETP</b>
M. Anduze	ILD	10% I.R.
M. Frotin	CALICE	50% I.E.
<b>Informatique</b>	<b>3</b>	<b>0,7 ETP</b>
E. Becheva	ILD (SIMU)	20% I.R.
F. Magniette	CALICE ( <b>DAQ</b> )	25% I.R.
M. Rubio-Roy	CALICE (DAQ)	25% I.R.
<b>Étude Système</b>	<b>1</b>	<b>0,2 ETP</b>
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 ( $\phi$ ciens + R.C., M.A.)
  - $\Rightarrow$  Modèles Mécanique et Simulation

# Démonstrateur Technologique

V. Balagura ( $\phi$ ) + R. Cornat ( $\tau$ )

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

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

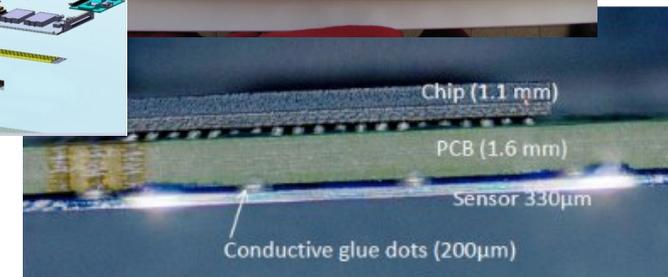
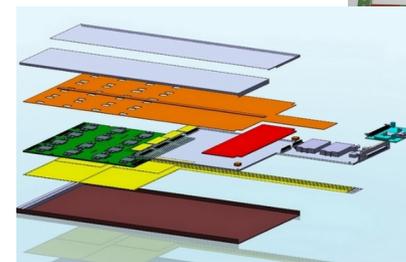
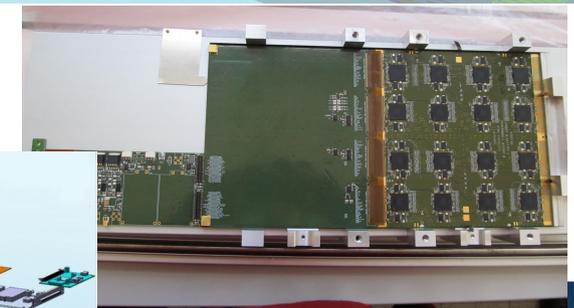
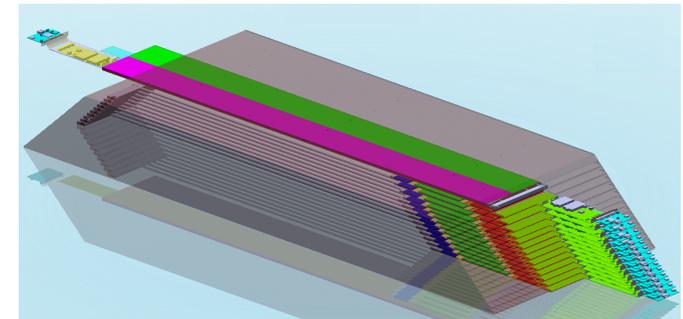
– 2015: Réalisation des premiers slabs (Cassettes)  
en design «final» (1024 ch.)

- 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

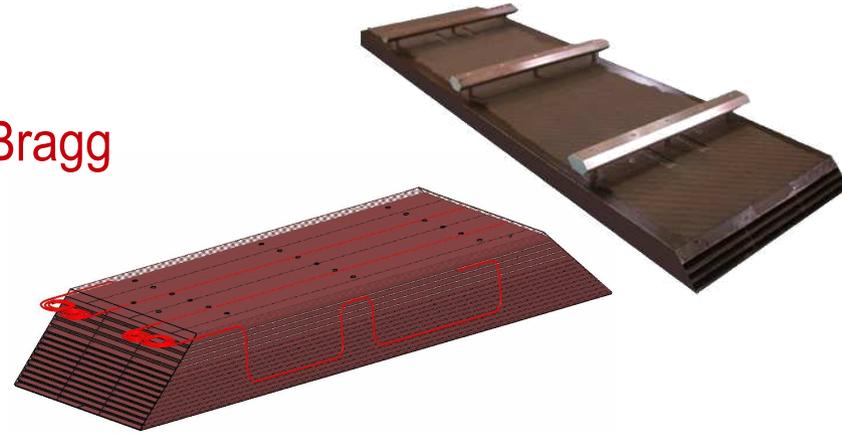
– 2016 + 2017: Cassette Longue: 7 – 10 (12) ASUs

- 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



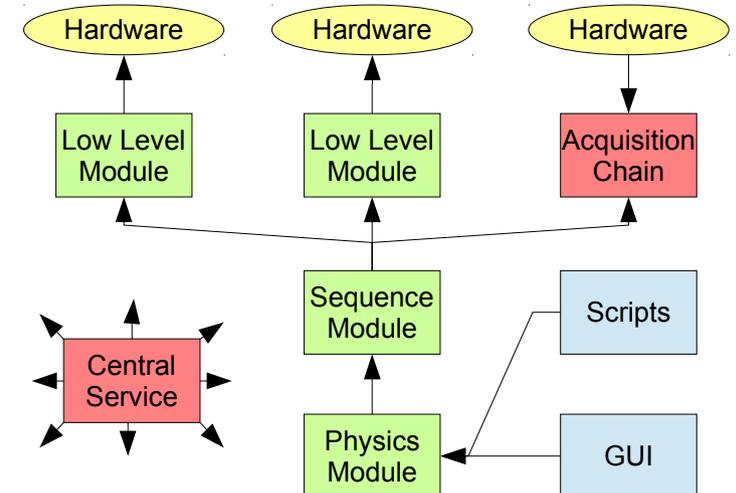
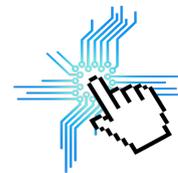
## R&D Silicium: R. Cornat (IR)

- 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 ( $\geq 2017$ )
  - 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 $\mu$ 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

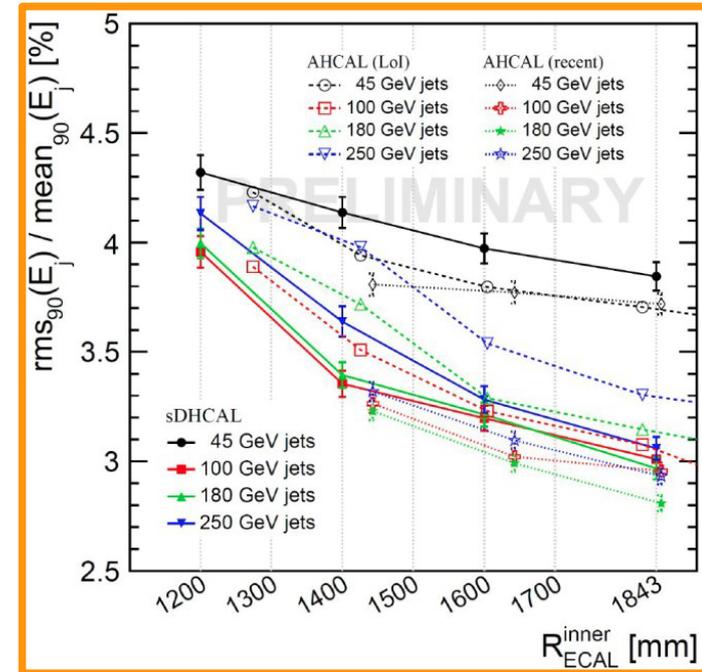
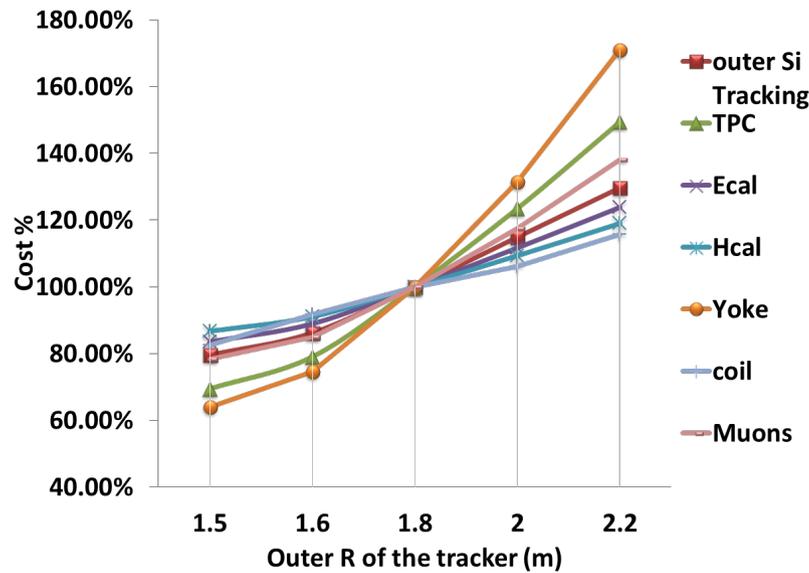
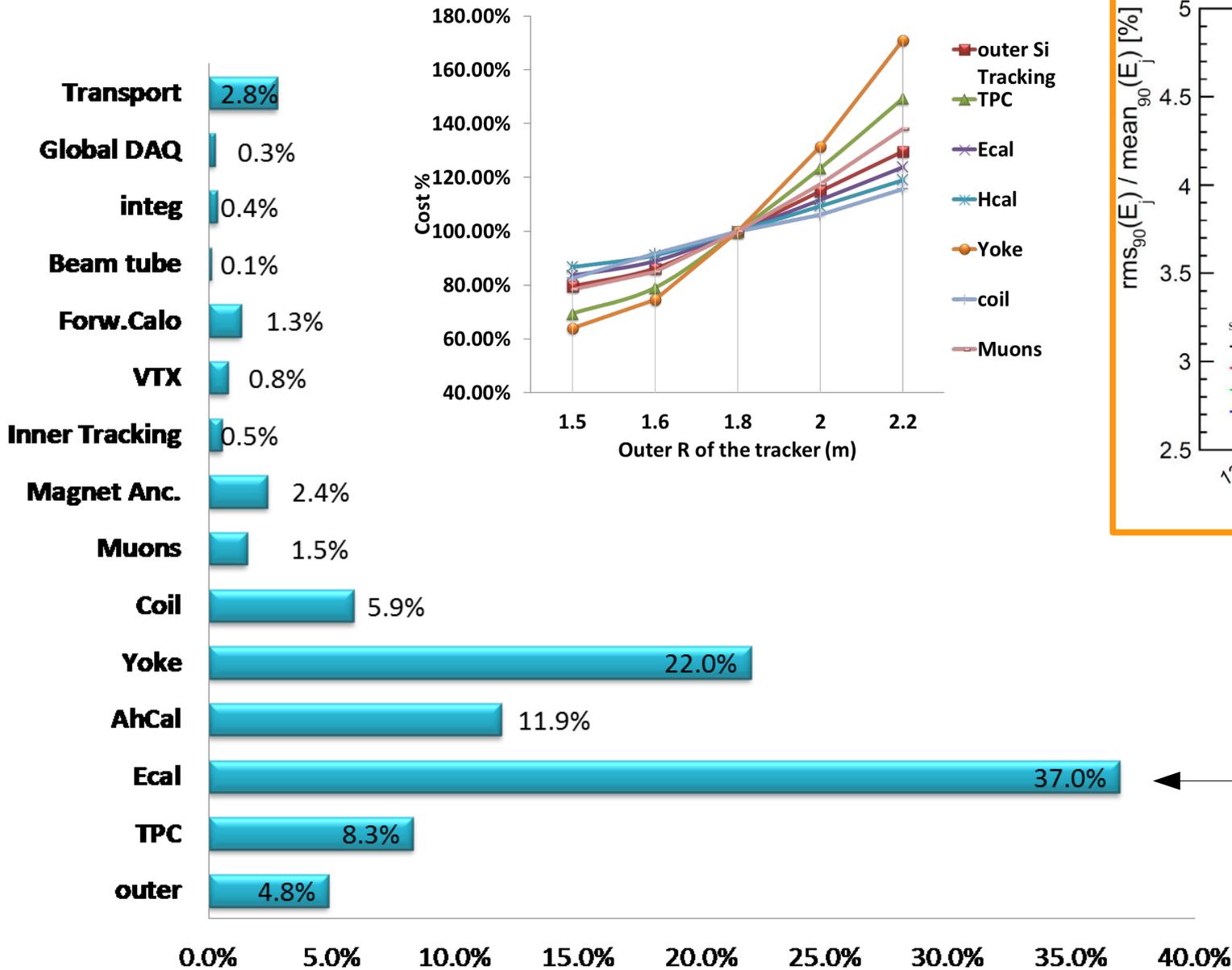
### Missions: (30k€) (demande pour UB)

- 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. Silicium** 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€

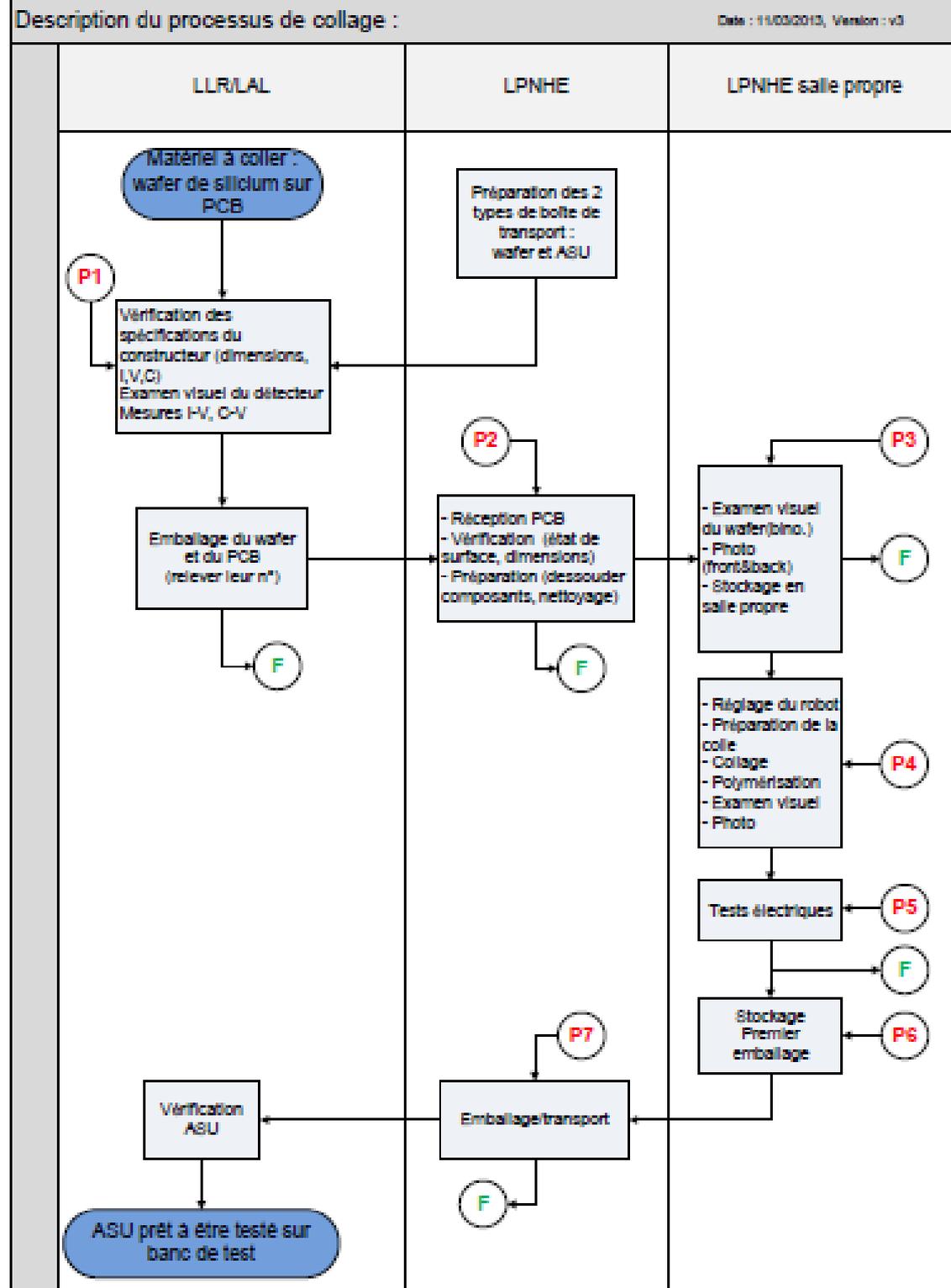
# Structure de coût d'ILD



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
- .....



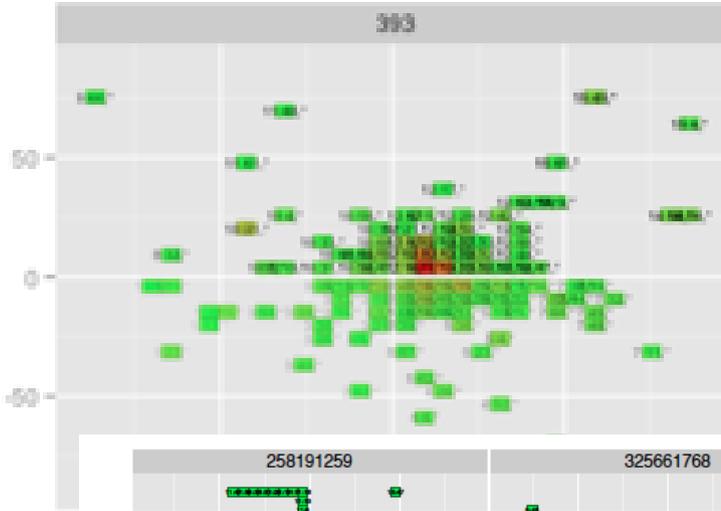
C

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

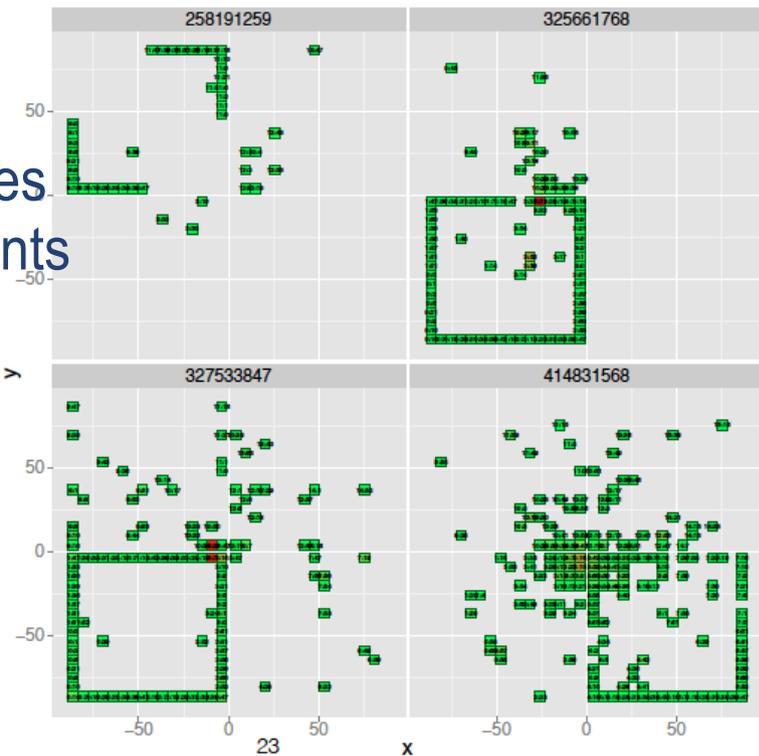
# Square events

by Kostya Shpak

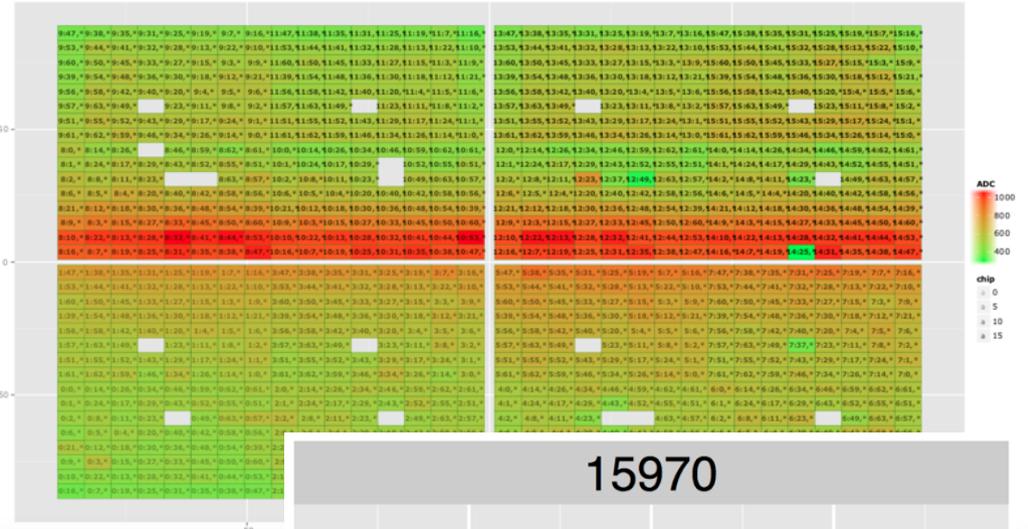
Normal event



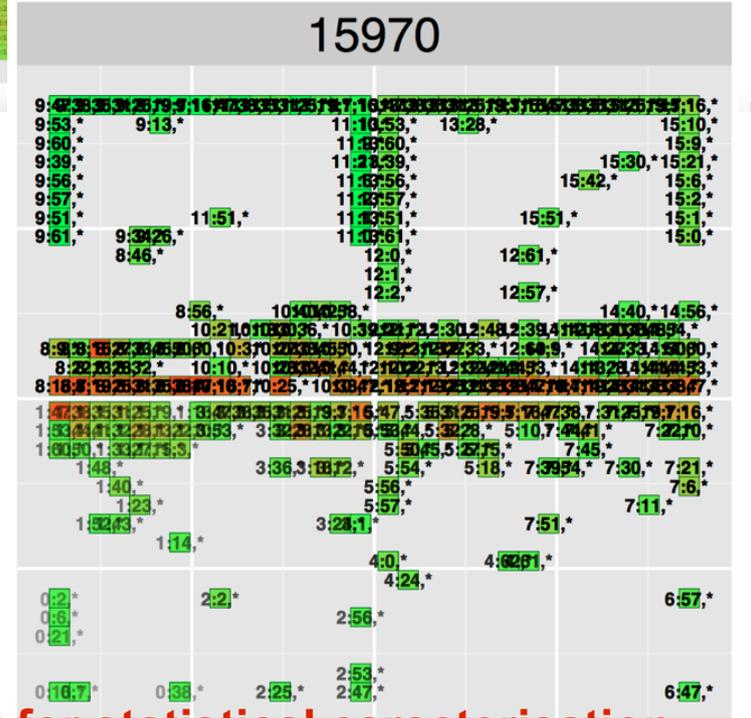
5 squares in 4 events



Shoot @ 90°

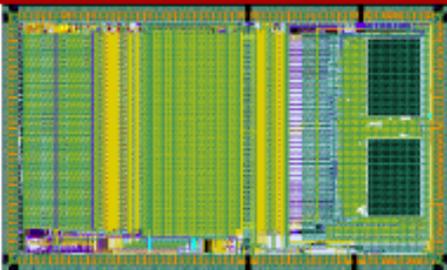


4 Sq in 1 event



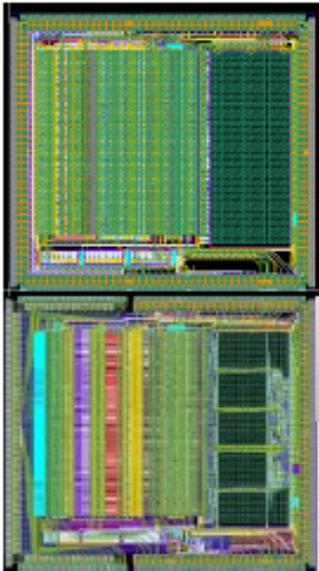
Tools ready for statistical characterisation

# ROC chips for ILC prototypes



**SPIROC2**  
 Analog HCAL (AHCAL)  
 (SiPM)  
 36 ch. 32mm<sup>2</sup>  
 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)

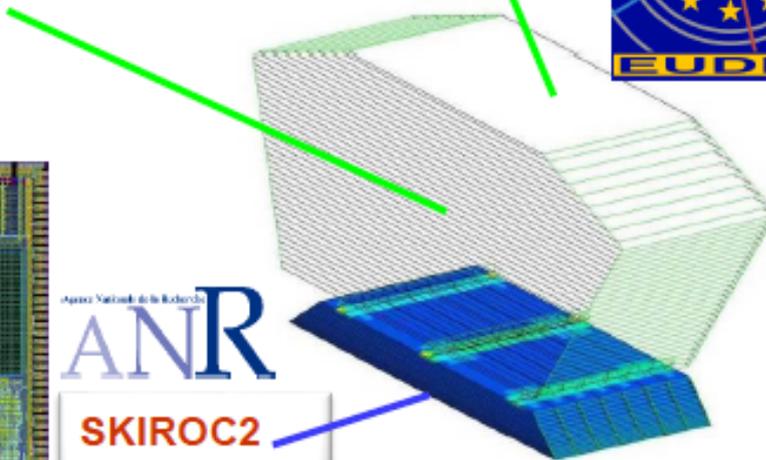


**HARDROC2 and MICROROC**  
 Semi Digital HCAL (sDHCAL)  
 (RPC,  $\mu$ egas or GEMs)  
 64 ch. 16mm<sup>2</sup>  
 Sept 06, June 08, March 10

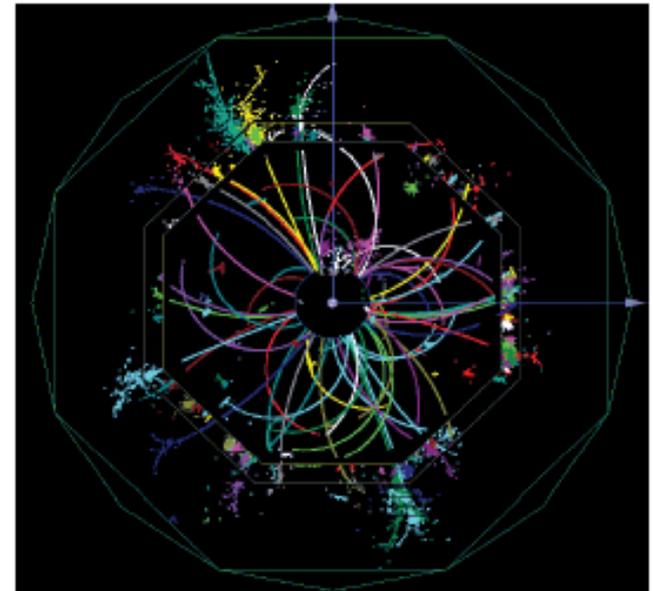


Requirements for electronics

- Large dynamic range (15 bits)
- Auto-trigger on 1/2 MIP
- On chip zero suppress
- **10<sup>8</sup> channels**
- Front-end embedded in detector
- **Ultra-low power : 25 $\mu$ W/ch**



**SKIROC2**  
 ECAL  
 (Si PIN diode)  
 64 ch. 70mm<sup>2</sup>  
 March 10



# SKIROC2A

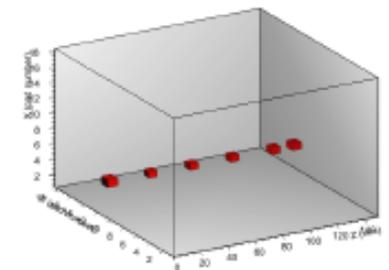
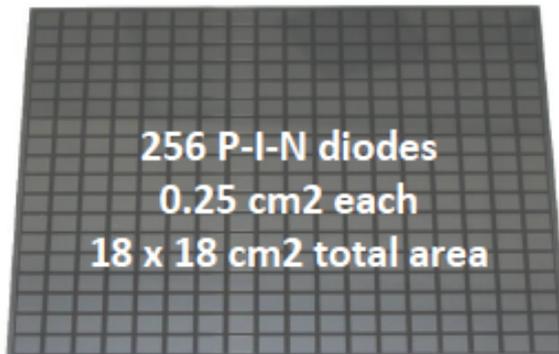
by S. Callier, C. de la Taille

- **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**

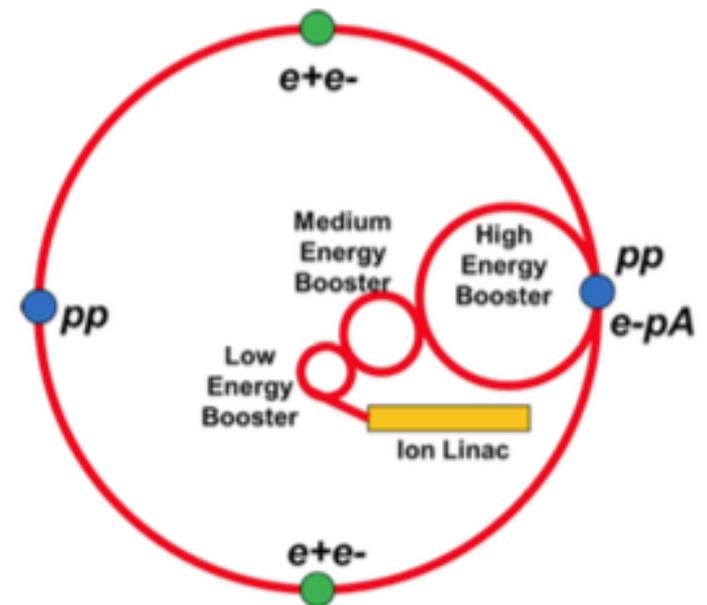
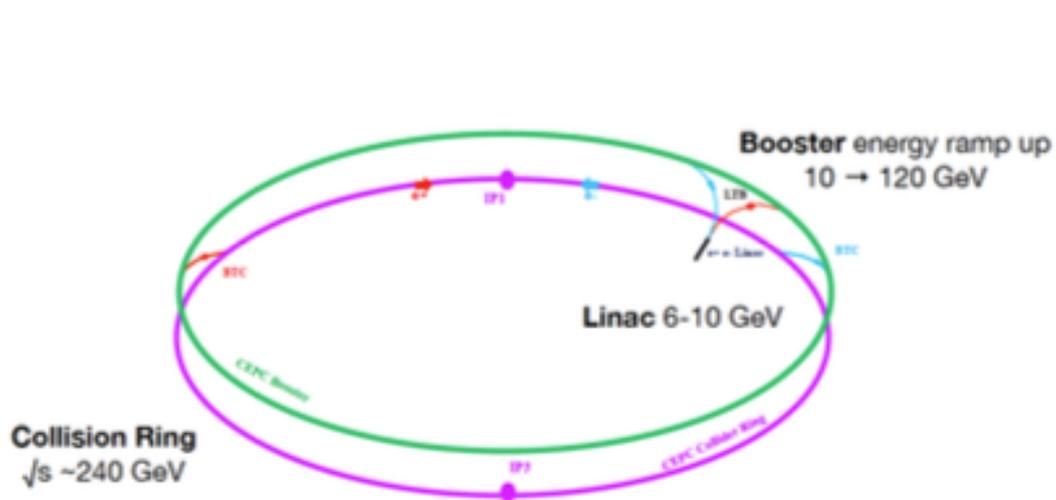
- **IMPROVEMENTS**

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



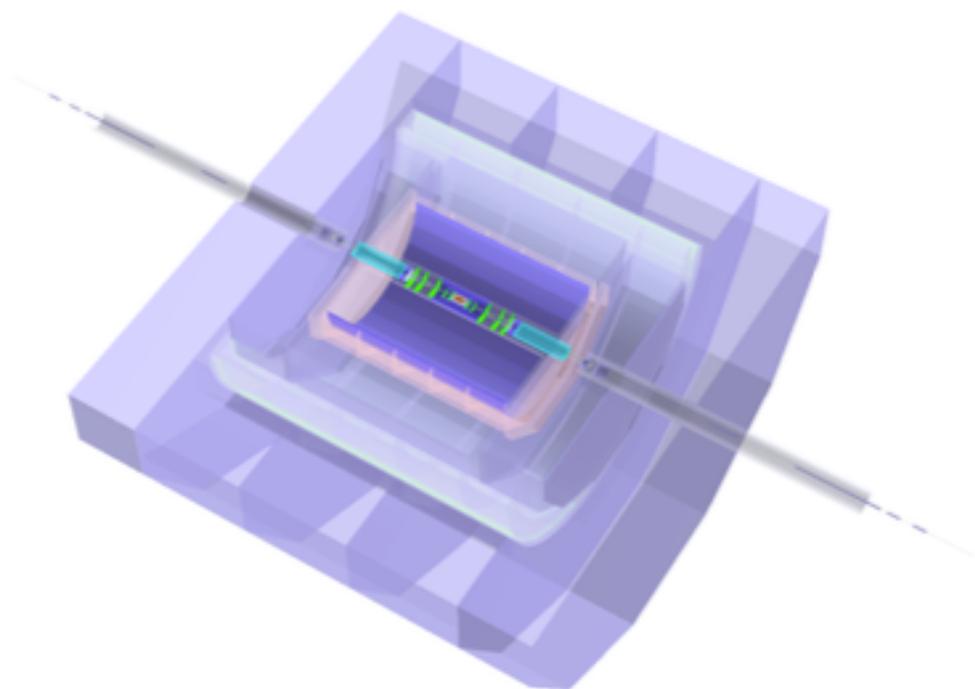
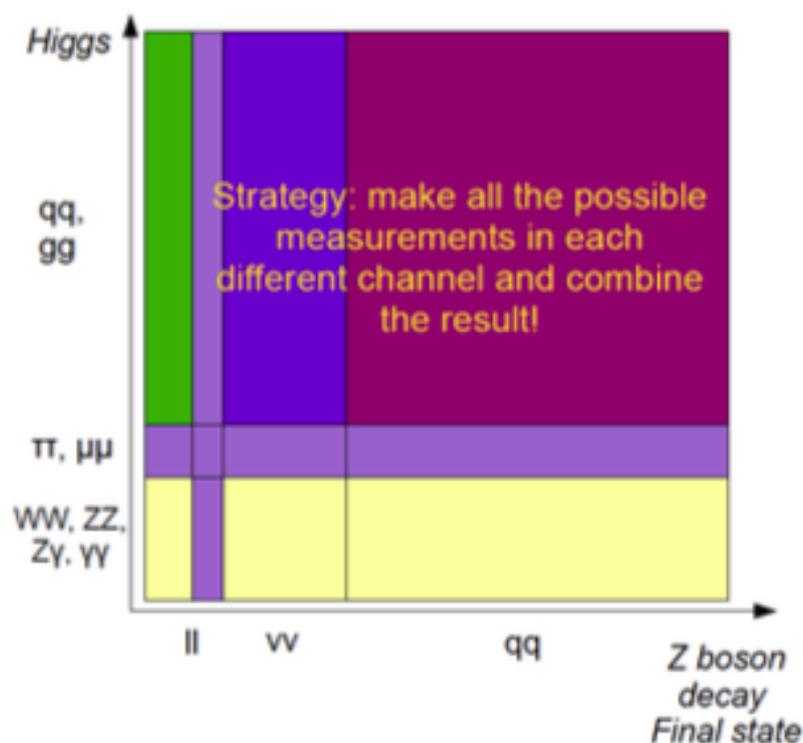
**Production possible through CMS-HGCAL collaboration**

# CEPC-SPPC



- Electron-positron collision phase
  - Higgs factory: collision at ~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