

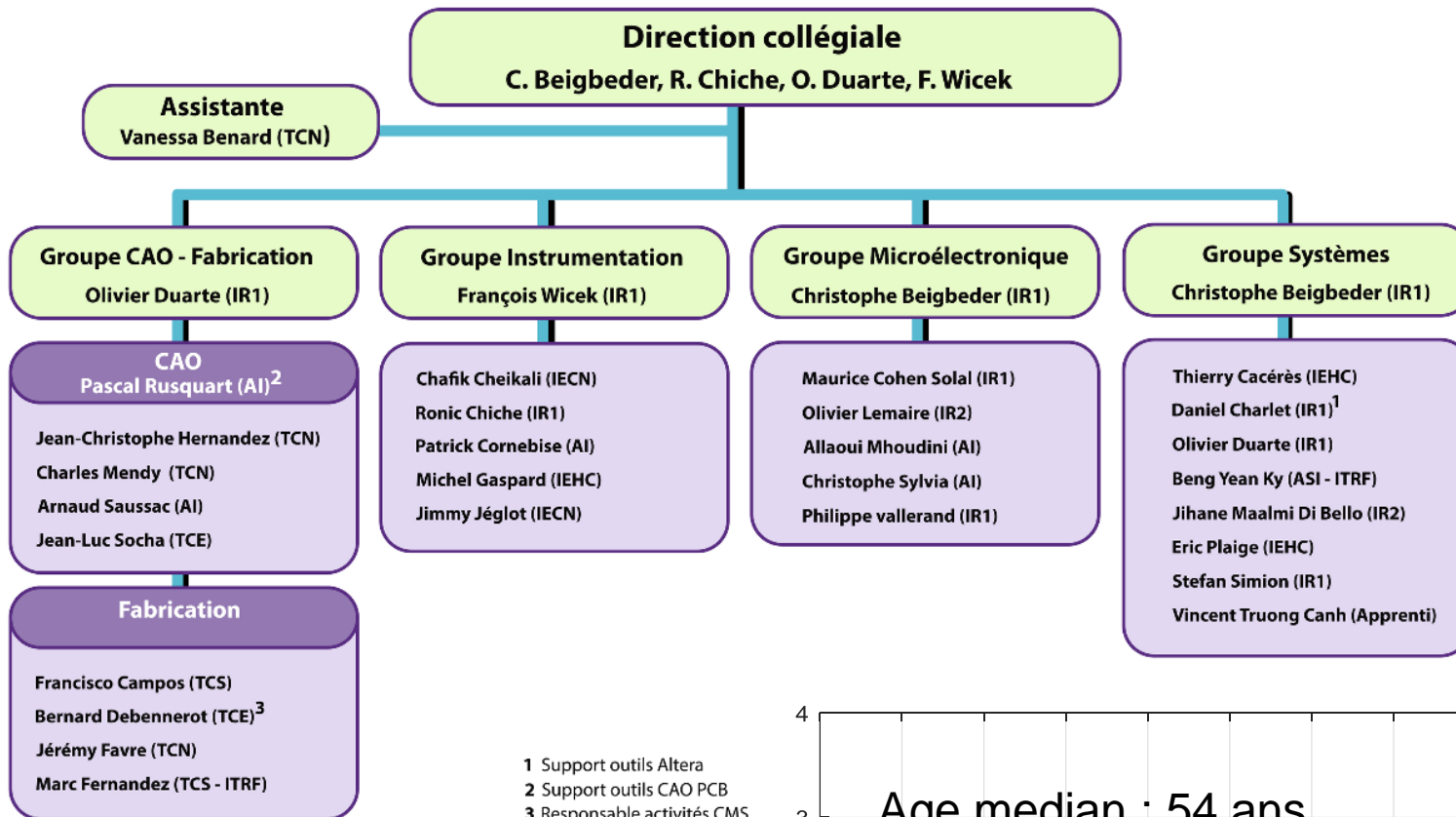
SERDI

Service Electronique, Recherche et développement en Instrumentation

Plan de la presentation

- Organisation et ressources humaines
- Expertises et projets
- Quelques projets majeurs
- Futurs projets
- Support et outils de production
- Conclusion

Service d'Electronique et de Recherche & Développement en Instrumentation



Répartition :

IR : 10

IE : 5

AI : 6

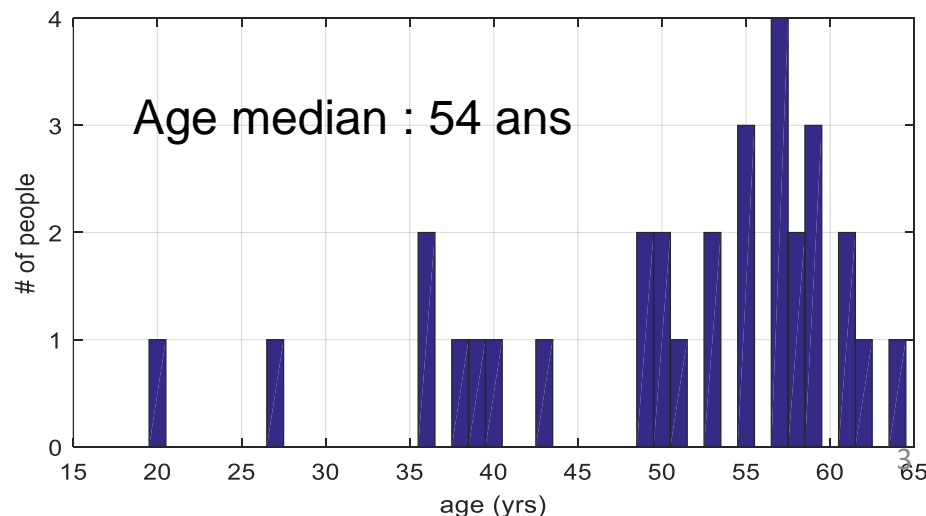
T : 8

Apprenti : 1

- 1 Support outils Altera
- 2 Support outils CAO PCB
- 3 Responsable activités CMS

Budget ~ 70k€ / yr.

- Equipment ~10 k€
- Traveling ~ 10 k€
- Equipment and software maintenance ~ 30 k€
- Functioning ~ 20 k€



Role and activities of the SERDI

- SERDI participates to the construction of apparatus for physics experiments in various physics domain as Cosmology, Astrophysics, Particle physics and Accelerator in big international projects.
- Manages specific R&D programs and develops electronics for small and medium size characterization platforms
- Answers to local (P2IO, Equipex, ...) or transverse (IN2P3) projects in electronics
- Valorizes towards the industry with all the necessary precautions (intellectual property, patents, licenses, contracts with well mastered involvement)
- Collaborates with international and national institutes (CERN, KEK, DESY, CEA/IRFU, SOLEIL,...) and several labs within or outside IN2P3 institute (NEEL, CELIA, LMA ...)
- Teaching activities ; Apprentices and Phd supervision ; Engineer school internships ; Participation to school organization ; Workshop organization ; MOOC ;

Plan de la presentation

- Organisation et ressources humaines
- **Expertises et projets**
- Quelques projets majeurs
- Futurs projets
- Support et outils de production
- Conclusion

Particle physics:

- **ATLAS** - Fct Calo
- ATLAS upgrade Ph1
- ATLAS upgrade Ph2 – Calo
- ATLAS upgrade Ph2 – HGTD
- ATLAS upgrade Ph2 - Pixels
- **Belle II** Daq upgrade.
- **ILC** / Calice
- **LHCb** – Calo upgrade phase1
- **SHIP**

Neutrinos:

- SuperNemo
- **JUNO**

R&D Accelerator:

- Spiral 2
- ThomX – Accelerator
- ThomX – Optical cavity

Astro / Cosmo:

- BAO Radio. PAON
- DAMIC
- LSST
- QUBIC
- VIRGO-CALVA

Transverse R&D:

- Cherenkov Lab
- DAQGEN
- Hellix
- LAL-USB-UDP
- LoJic130
- SAMPIC

Microelectronics Projects

Particle physics:

- ATLAS - Fct Calo
- ATLAS upgrade Ph1
- ATLAS upgrade Ph2 – Calo
- ATLAS upgrade Ph2 – HGTD
- ATLAS upgrade Ph2 - Pixels
- Belle II Daq upgrade.
- ILC / Calice
- LHCb – Calo upgrade phase1
- SHIP

Neutrinos:

- SuperNemo
- JUNO

R&D Accelerator:

- Spiral 2
- ThomX – Accelerator
- ThomX – Optical cavity

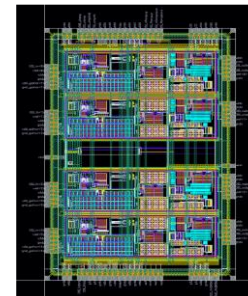
Astro / Cosmo:

- BAO Radio. PAON
- DAMIC
- LSST
- QUBIC
- VIRGO-CALVA

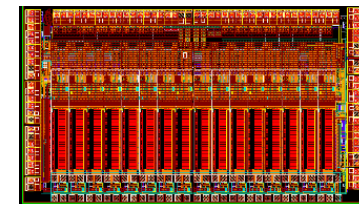
Transverse R&D:

- Cherenkov Lab
- DAQGEN
- Hellix
- LAL-USB-UDP
- LoJic130
- SAMPIC

- **Projet DAMIC-M . Collaboration IPNO-LAL-LPNHE**
Dark Matter in CCDs : Expérience sur la matière noire; « ERC Advanced Grant »
CCD très bas bruit < 0.2e- (facteur de gain =2.5μV/e-)
Conception d'un ASIC **CCD ReadOut Chip** en AMS 0.35μm 5V
Conception d'un ASIC CCD Chip Interface : circuit HT (<50V)
- **Projet Cherenkov lab. Collaboration LAL-LPC**
ANR Cherenkov Lab et FRACAS mené par le LPC Caen (Centre d'hadronthérapie ARCADE)
Shaping – Discriminator- TDC haute resolution
- **Projet « mesure de temps à la picoseconde» . Collaboration IRFU**
Conception d'un ASIC 16-channels, 10-GSPS Waveform TDC digitizer chip, $\sigma_{rms} \approx 3.5ps$ rms
Version 200M SPS à 1G SPS en cours d'étude (besoin en physique nucléaire)
- **LoJic130 Projet transverse In2p3**
R&D d'une PLL @2.56GHz faible jitter $\sigma_{rms} \approx 1ps$ en technologie TSMC130nm
- **Projet RD53 Collaboration ATLAS-CMS**
Pixel readout chip needed for the High Luminosity LHC detector upgrade
ASIC en technologie TSMC 65nm - oscillateurs en anneau dont la fréquence est sensible aux radiations
ASIC **ROMIC Read Out Monitoring Integrated Circuit**



DAMIC : 3.8 x6 m²AMS
CMOS 0.35μm

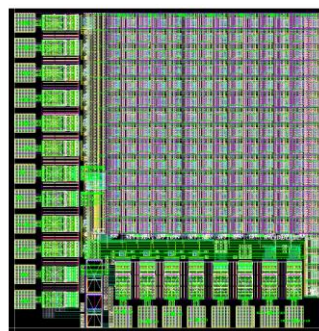


SAMPIC : 2x4 mm²
AMS CMOS 0.18μm



The SAMLONG chip

C3 : 1x1 mm²
TSMC CMOS 65nm



RD53: ROMIC: 1x1 mm²
TSMC CMOS 65nm



- ✓ Development using various technologies :
TSMC 130 & 65 nm - AMS 0.35 um 5V & HV - AMS 180 nm – TSI 180 nm
(RD53-LSST-DAMIC-SAMPIC)
- ✓ Charge and timing measurement ASIC for PM
- ✓ Low-noise analog signal processing and readout controllers ASICs for CCD
- ✓ Waveform analyzer ASIC for high resolution timing measurement (TDC)
- ✓ Ring oscillators ASIC dedicated to radiation monitoring

Enjeux forts d'un groupe de micro au LAL et dans le futur laboratoire

- Taille du groupe et difficulté de recrutement

- Suivre l'évolution des technos

Particle physics:

- **ATLAS** - Fct Calo
- ATLAS upgrade Ph1
- ATLAS upgrade Ph2 – Calo
- ATLAS upgrade Ph2 – HGTD
- ATLAS upgrade Ph2 - Pixels
- **Belle II** Daq upgrade.
- **ILC** / Calice
- **LHCb** – Calo upgrade phase1
- **SHIP**

Neutrinos:

- SuperNemo
- **JUNO**

R&D Accelerator:

- Spiral 2
- ThomX – Accelerator
- ThomX – Optical cavity

Astro / Cosmo:

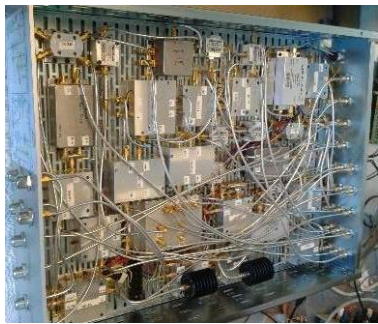
- BAO Radio. PAON
- DAMIC
- LSST
- QUBIC
- VIRGO-CALVA

Transverse R&D:

- Cherenkov Lab
- DAQGEN
- Hellix
- LAL-USB-UDP
- LoJic130
- SAMPIC

- Front-end electronics:
 - ✓ Fast signal shaping
 - ✓ Complex PCB design : 12 layers, >15000 interconnections, BGA 1152 pins
 - ✓ ASIC test benches
 - ✓ Optical cavities instrumentation (optoelectronics devices, lasers and Fabry-Perot cavity expertise, optical phase noise measurement)

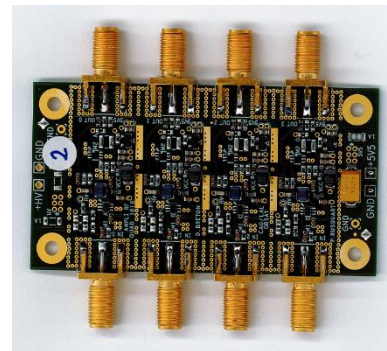
- Specific instrumentation developments:
 - ✓ Fast pulses generator
 - ✓ Accelerators instrumentation (RF electronics, synchronization, interlocks)



ThomX : Low Level RF



Analog pulser



4 Channels amplifier



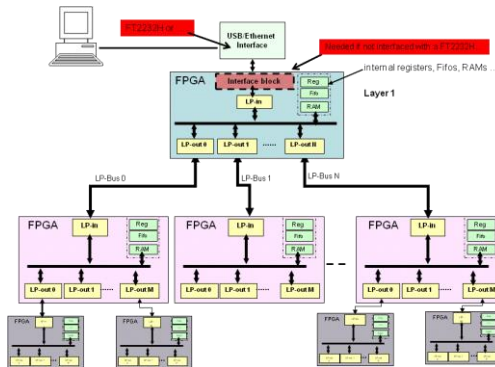
Front-end Calo
SUPERNEMO



Low latency digital feedback system

- Back-end electronics:
 - ✓ Fast signal analog/digital conversion
DAC (250 MHz) - ADC (500 MHz)
 - ✓ VHDL and Verilog firmware developments on ALERA, XILINX, ACTEL
 - ✓ Use of USB 2, PCI express, UDP and specific developments for fast data transfer
 - ✓ Low latency feedback systems
 - ✓ Digital filtering with Matlab

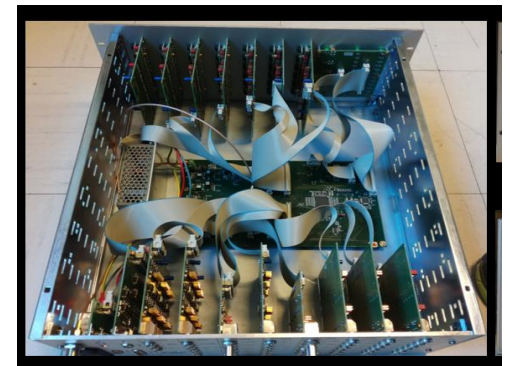
- Interconnections for large or local experiments (Virgo, ThomX, ELI-NP)
- Experience in radiation tolerant electronics developments



LPBUS : acquisition synopsis



Carte IDROGEN (PAON IV)



Commande faisceau Spiral2

Plan de la presentation

- Organisation et ressources humaines
- Expertises et projets
- **Quelques projets majeurs**
- Futurs projets
- Support et outils de production
- Conclusion

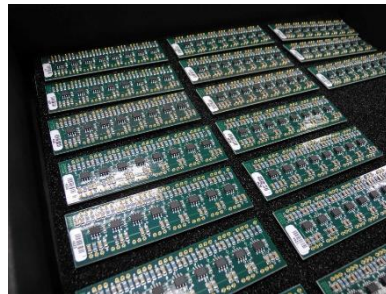
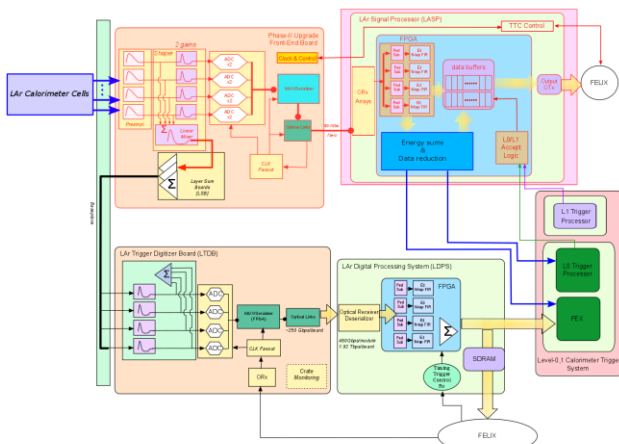
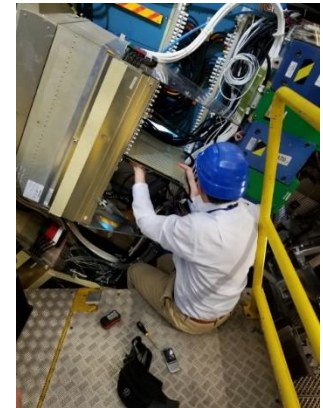
Pixels



Large implication in pixel module construction for future ATLAS internal Tracker and quality control using P2IO-CAPTINOV platform,
 Design and evaluation of new rad-hard edgeless pixel sensors
 Measurement of pixel doping profiles
 Measurement of active dopants in irradiated pixel sample
 Development of Ring Oscillator chip (CERN-RD53-A)
 Performance studies for track reconstruction in upgrade conditions

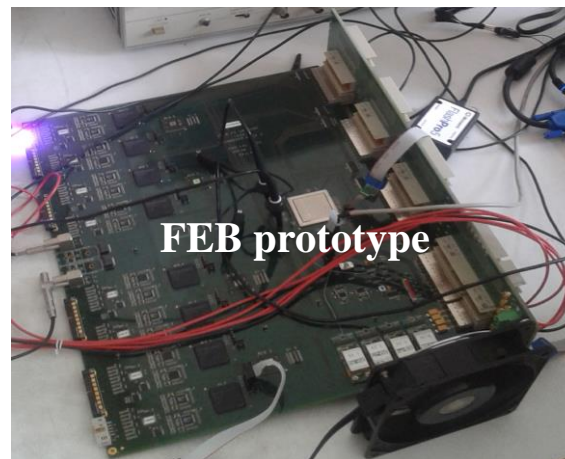
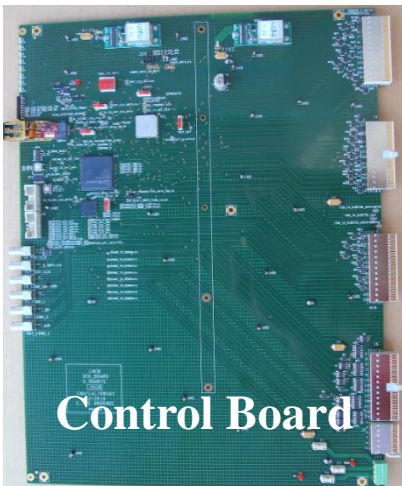
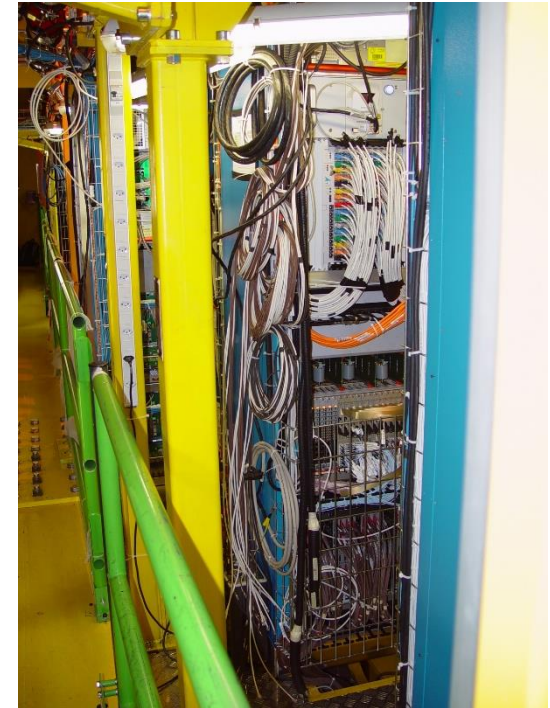
Liquid Argon Calorimeter

- Phase 1 upgrades:
 - Replacement of the L1 trigger electronics part (higher granularity)
 - LAL: design and production of new backplanes for the frontend crates.
- Phase 2 upgrades: development of (Preamp + Shaper) ASIC test bench in collaboration with BNL (chips designed by Omega and BNL)
- HGTD : participation in the beam test of the LGAD sensors



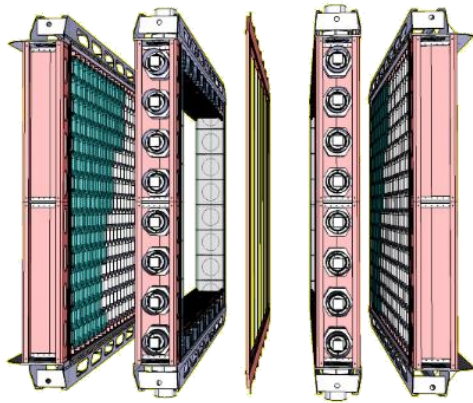
- Natural follow up of ongoing activities
- Coordination of the Calorimeter upgrade
- Design and produce :
 - ~300 FEB ECAL + HCAL
 - ~30 Control boards to equip 18 crates
- Power supplies modifications
- Status : Production / Dismounting

- Project in collaboration with
 - Barcelone, Valence → ASIC
 - CERN, ITEP, IHEP, INR → HV, Monitoring, calibration
 - LAPP → DAQ
 - LLR → software “control command” (LHCb Lab.)
 - LPC → démontage SPD/PS

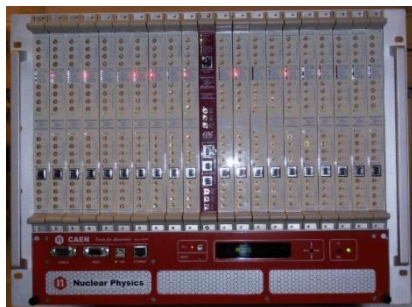


SuperNemo

*Recherche de l'observation
directe de la désintégration
 $2\beta 0\nu$ à Modane*



- Module prototype : tracker (drift chamber) + calorimètre
- Le LAL est en charge de toute l'électronique (y compris la partie DAQ et les bibliothèques soft) à part le hardware des cartes FEB tracker.
- 6 (+1 spare) châssis d'électronique Front-end (Tracker et Calorimètre)
- Crates 6U CAEN avec des backplanes développés au LAL (liaisons série haut débit, horloges, trigger, prog des FPGAs)



Custom backplane



56 Cartes Front-end du Calorimètre,
basées sur les puces SAMLONG
(mémoires analogiques 12 bits,
utilisées ici à 2,56 GS/s)



6 (+ 4 spare) Cartes de Contrôle (câblage
au LAL) : distribution de l'horloge et des
liens séries de Contrôle/Lecture des
cartes FEB



1 (+ 1 spare) Carte Triggers
(câblage au LAL): pour la
distribution de l'horloge système
vers les cartes
de Contrôle ainsi que les décisions
de Trigger (Calo et Tracker)

The WaveCatcher fast digitizers and the SAMPIC Waveform TDC's



2-channel
Module



8-channel Module



16+2-channel Module

- Based on the **SAMLONG** analog memory 0.4 to 3.2 GS/s, 500 MHz BW, 12 bits, 1024 samples, 2 channels, 3.5 ps rms time resolution
- Autonomous plug and play boards and modules with USB and secured Gbit UDP interfaces (copper or optical link).
- Used worldwide in many labs and companies.
- A new version of SAMLONG has been produced: reduced noise level targeting 14 bits of dynamic range and integrated DAC for ps time INL calibration



64-channel mini-
crate



32-channel module



64-channel
Modules

256-channel mini-
crate



- Based on the **SAMPIC** Waveform TDC 1.6 to 8.5 GS/s, >> 1GHz BW, 11 bits, 64 samples, 16 channels, 3.5 ps rms time resolution, 10 mW / channel
- Autonomous plug and play boards and modules with USB and secured Gbit UDP interfaces (copper or optical link).
- Powerful software (Windows).
- Used worldwide in many labs and companies.

Plan de la présentation

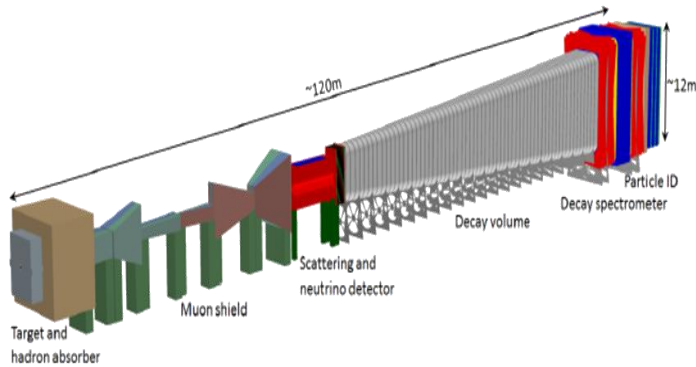
- Organisation et ressources humaines
- Expertises et projets
- Quelques projets majeurs
- **Futurs projets**
- Support et outils de production
- Conclusion

PROJET	2019	2020	2021	2022
ATLAS - Fonctionning - LAr calorimeter	Commissioning / Integration	Commissioning / Integration	Functionning	Functionning
ATLAS - Upgrade Phase 1 - LAr electronics	Commissioning / Integration	Commissioning / Integration	Functionning	Functionning
ATLAS - Upgrade Phase 2 - LAr electronics	Design and development	Design and development	Design and development	Design and development
ATLAS - Upgrade Phase 2 - HGTD	Design and test	Design and test	Design and test	Design and test
ATLAS - Upgrade Phase 2 - Pixels/Itk ASIC + test bench	Design and test	Design and test	Design and test	Design and test
ATLAS - Upgrade Phase 2 - LAr ASIC test bench	ASICS test bench	ASICS test bench	ASICS test bench	
ATLAS - Upgrade Phase 2 - LAr FEB				Test
ATLAS - Upgrade Phase 2 - HGTD ASIC test bench		ASICS test bench	ASICS test bench	
ATLAS - Upgrade Phase 2 - LAr robot	Design	Design & integration		
BAO Radio - Paon4	Upgrade	Upgrade	Upgrade	Upgrade
BELLE II	DAQ Upgrade	DAQ Upgrade	DAQ Upgrade	DAQ Upgrade
CALICE - SIW	Design & test	Design & test	Design & test	Design & test
CHERENKOV LAB	Design / Soumission	Test		
DAMIC	ASIC Design	ASIC Design	ASIC Design	ASIC Design
DAQGEN	Design	Design and test	Design and test	Design and test
DUNE	Design	Design	Design	Design
HELLIX	Design and test	Design and test		
JUNO	FEB design / Firmware	FEB design / Firmware	FEB design / Firmware	FEB design / Firmware
LHCb - Upgrade Phase 1 - Calorimètre	Calorimeter FEB and Ctrl Board production	Integration / commissioning		
LHCb - Upgrade Phase 2		Design	Design	Design
LUMI BELLE II	DAQ Upgrade	DAQ Upgrade		
Logic130	ASIC Design	ASIC Design	ASIC Design	
SAMLONG - SAMPIC	Design	Design	Design	Design
SHIP	Electronics coordination	Electronics coordination	Electronics coordination	Electronics coordination
SUPERNEMO	Commissioning			
SPIRAL 2-injecteur	Integration	Phase 2	Phase 2	Phase 2
THOMX	Installation /Commissioning	Continuous upgrade		
VIRGO - CALVA	Integration	Integration	Integration	

Already engaged

New engagement

SERDI involvement to be discussed



Le SERDI est responsable de la coordination de l'ensemble de l'électronique du projet. CDS (Comprehensive Design Study) du projet fin 2019

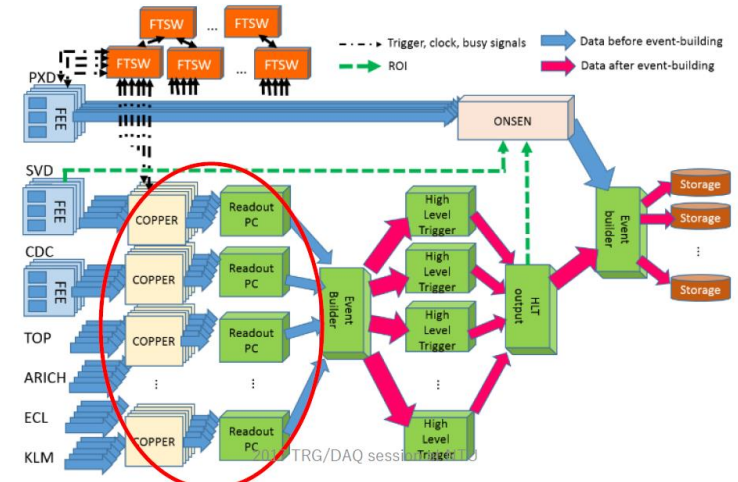
En parallèle, plusieurs sous-détecteurs (Timing Detector, Muon Detector, SBT...) sont intéressés par l'électronique développée au LAL basée sur les puces SAMPIC (LAL/IRFU) .

Proposition d'upgrade de la DAQ de Belle2

SERDI – SI travaillent à un démonstrateur à KEK. En compétition avec 3 projets concurrents.

Participation du CCPM à la fourniture des cartes PCI40 (LHCb-ALICE)

Representation du SERDI dans le comité international pour la définition du projet et les recommandations au management de l'expérience. Decision attendue en octobre 2019.

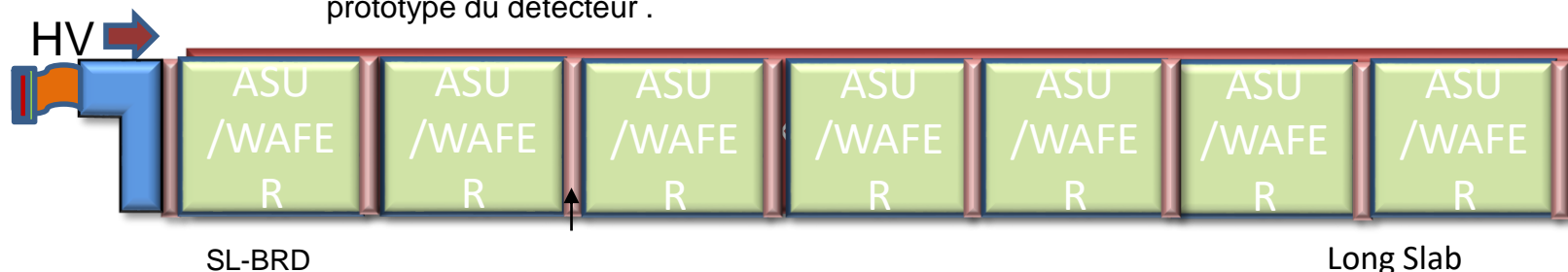
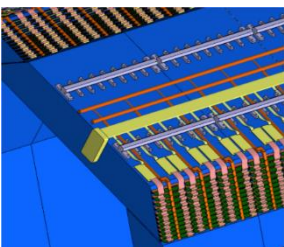
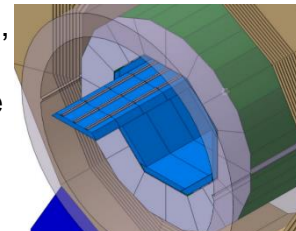


Calorimètre Electromagnétique Silicium-Tungstène

Le SERDI est responsable du développement de la **nouvelle électronique** de contrôle et de lecture du calorimètre (**Ecal silicium tungsten**) : très peu d'espace, très basse consommation, température maîtrisée...

Le détecteur est formé de plusieurs couches « SLABs » qui alternent : le silicium, le tungstène et la couche électronique de lecture basée sur les puces SKIROC (OMEGA).

- Le SERDI a développé les cartes de lecture (**SL-Board**) qui sont situés à l'extrémité des SLABs et qui contrôlent jusqu'à 8 ASUs (16 puces SKIROC soit 1024 voies de lecture par ASU). Les puces SKIROC sont lues et contrôlées de façon chaînée.
- Les Cartes SL-Board sont lues et contrôlées à travers un **kapton** par le **module CORE** développé également au LAL. Ce module peut contrôler jusqu'à 2 fois 15 SLABs (soit 250 000 voies). L'ensemble est actuellement utilisé en test beam à DESY pour la lecture d'un prototype du détecteur.



SL-Board



Version BGA



Version COB



Core Module

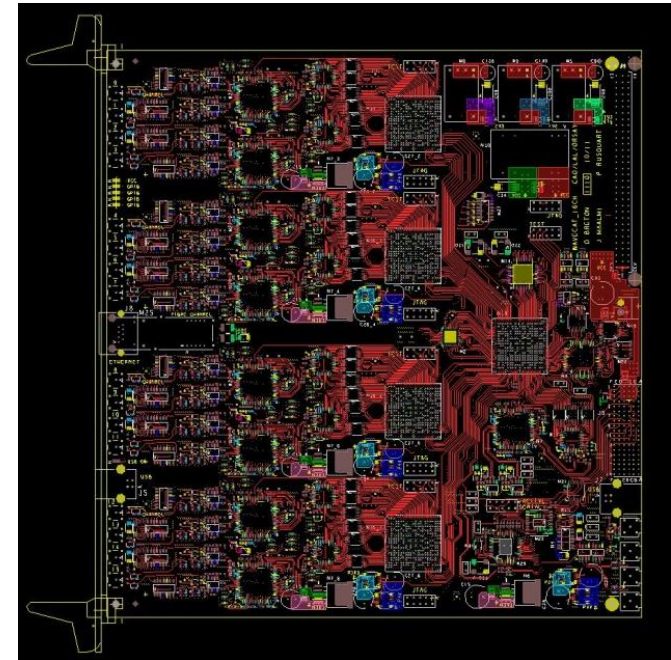


Plan de la présentation

- Organisation et ressources humaines
- Expertises et projets
- Quelques projets majeurs
- Futurs projets
- **Support et outils de production**
- Conclusion

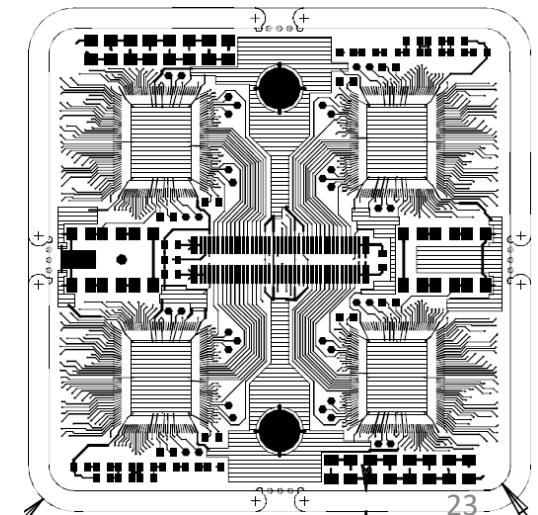
Board design:

- Design of complex printed circuit boards with the CADENCE design tools.
- 25 to 35 studies performed every year (from local and external labs)
- Some boards house many BGAs (480-780-1100 pins), up to 12 layers, a few thousands of equipotential lines.
- Perpetually increasing complexity (density of components ↗, number of equipotential lines ↗)



Library activities:

- Creation, management of component libraries (~1200).
- Definition of board geometry, of front panels, of mechanical footprints and management of board follow-up.
- Design of package footprint for on-board ASIC bounding

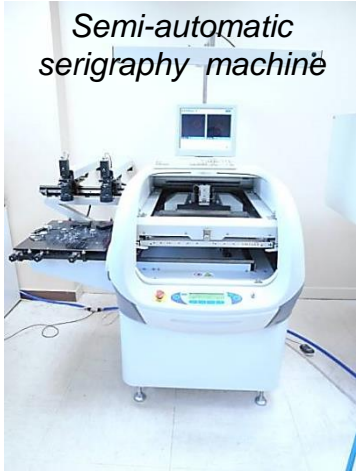


EC_UFFO board (EUSO)

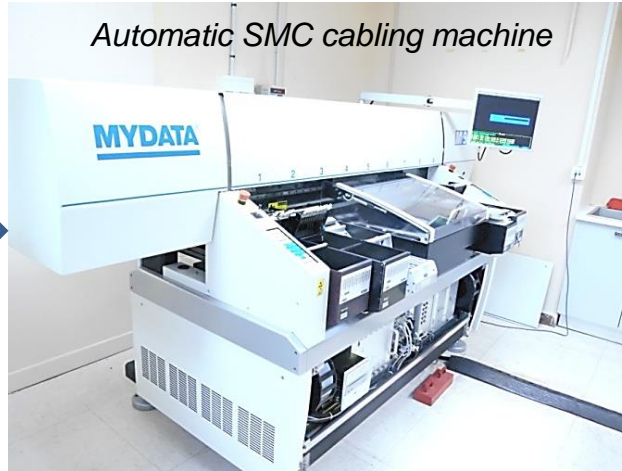
Board cabling (Ready for new lab)

Our means for SMC cabling

Semi-automatic
serigraphy machine



Automatic SMC cabling machine



Reflow soldering oven



Washing machine



Cabling at LAL of boards with SMC components:

- Prototypes and small series.
- Medium density, down to 402 (1x0,5mm) – BGA, QFN, ...

Other activities:

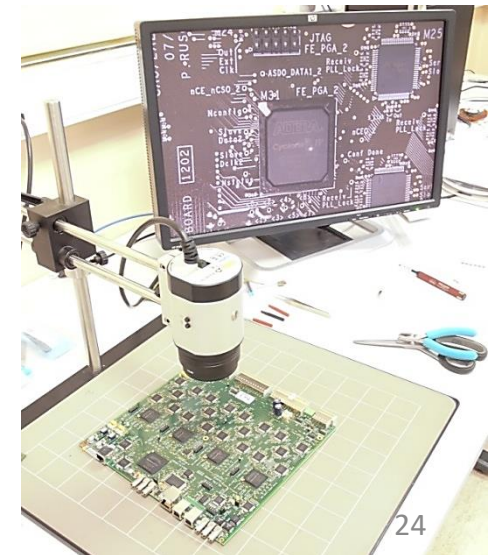
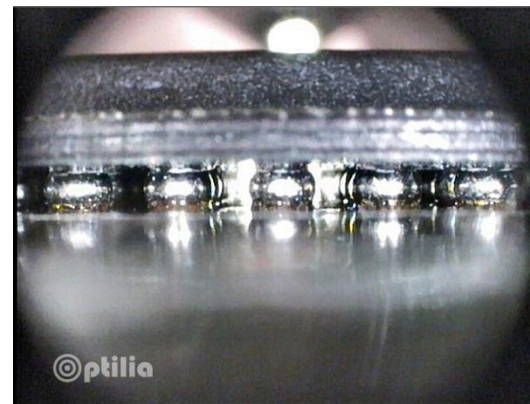
- Cabling of thru-hole components
- Design and making of specific cables
- Prototyping and specific setups

Production quantities for 2018:

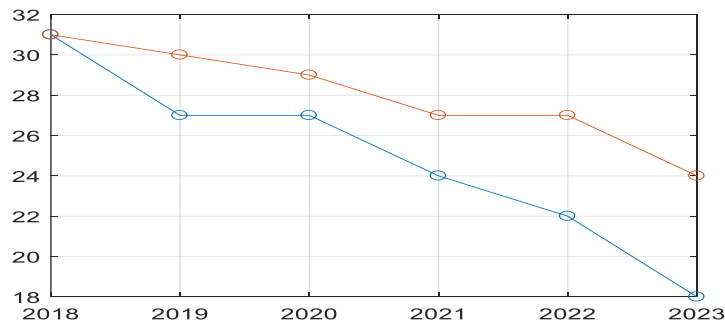
- Production : more than 200 boards
- 30 different studies

Control and repair tools

- Optical control via video camera (zoom up to x 40).
- Optical control of BGA soldering
- Infrared soldering/unsoldering machine



- Le SERDI participe à de nombreux projets dans toutes les thématiques du laboratoire.
- Il est très important d'essayer de maintenir une politique de recrutement car il est primordial pour un grand laboratoire de couvrir l'ensemble des champs de compétences nécessaires à la réalisation de ses projets.
 - Besoin de recruter et de faire émerger en interne des ingénieurs responsables de projet
 - Certains groupes sont de taille sous-critique comme la micro électronique ou la compétence en analogique
 - La pyramide des âges actuelle menace dans les 5 ans nos capacités à poursuivre les projets engagés et à en démarrer de nouveaux



Without taking account

internal movements

Retirement age = 64 yo

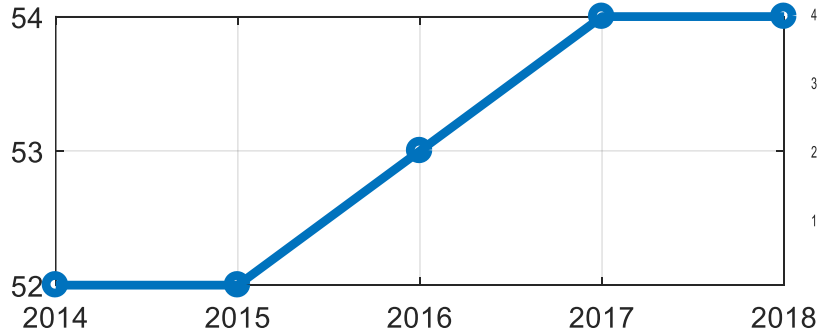
Retirement age = 62 yo

- Nécessité de s'investir dans la R&D
- L'importance de la notion de support. (CAO - IAO - Informatique)
- Nous avons besoin d'interagir avec des physiciens ayant une bonne connaissance de l'instrumentation.
- Le cadre de la refondation va permettre d'ouvrir le champs des projets et offrira des opportunités supplémentaires aux équipes techniques. Mais il faudra rester attentif aux conditions de travail, à la qualité de vie des agents et au suivi des carrières.

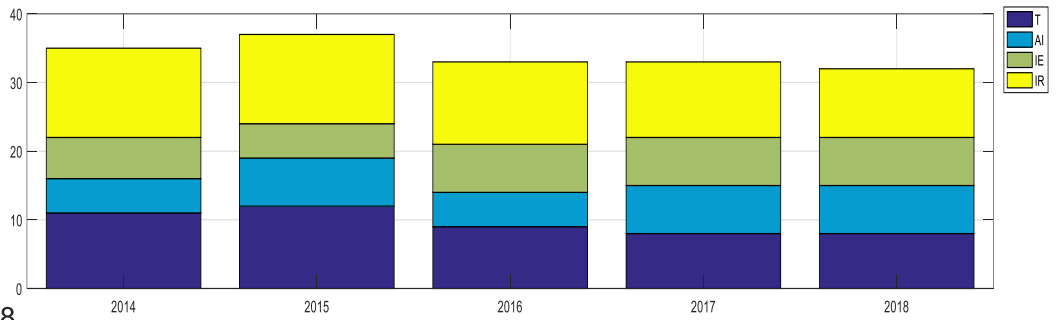
Backup slides

Human resources

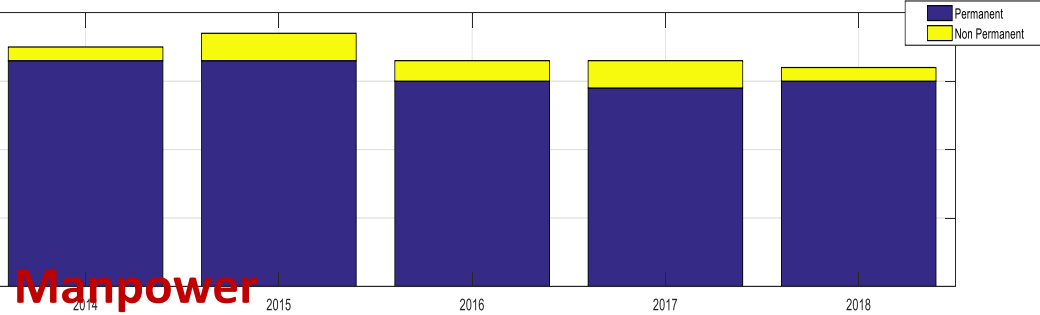
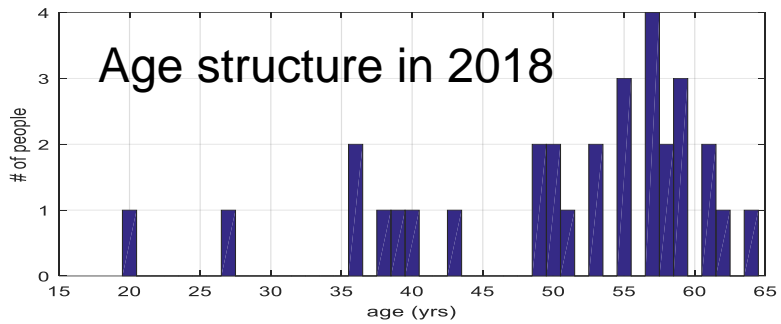
Permanent staff median age



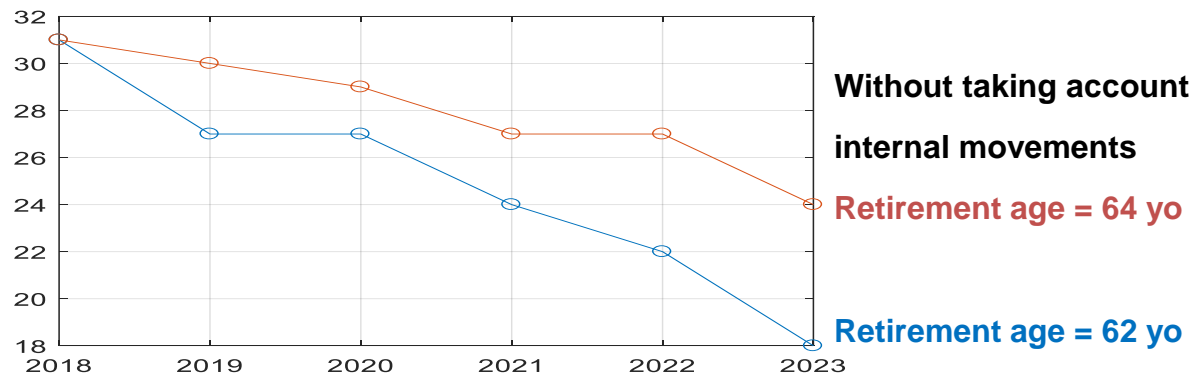
Staff repartition



Age structure in 2018



Manpower

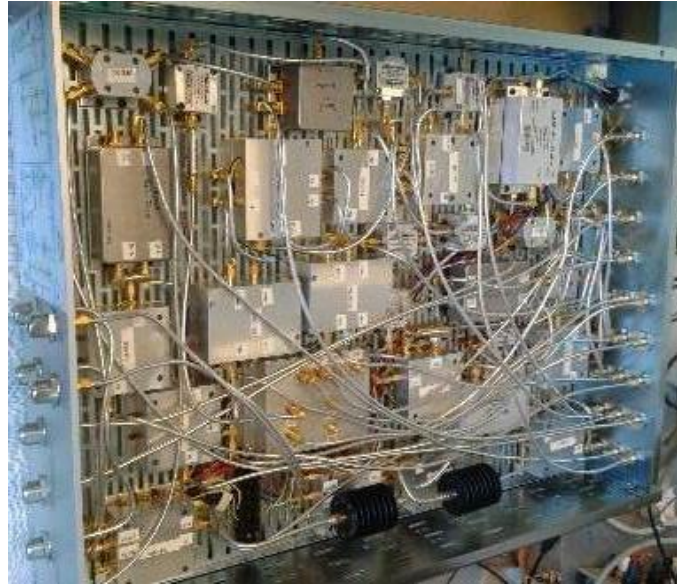


Instrumentation developpements

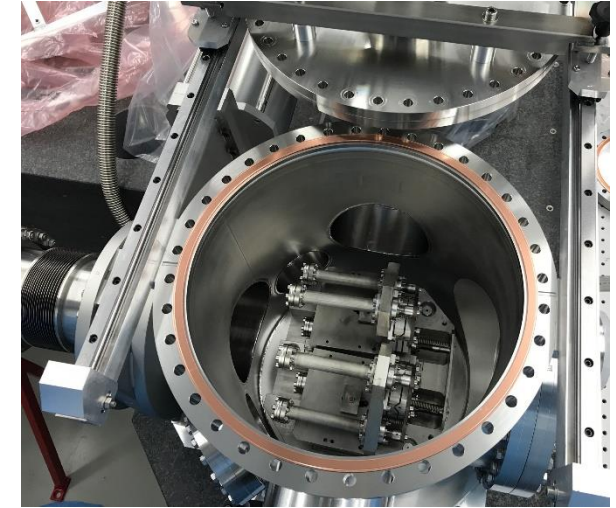
THOMX



Low Latency feedback



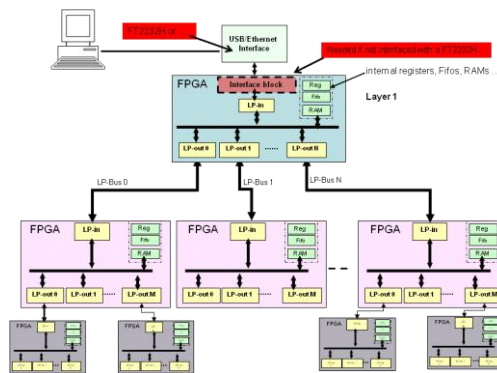
Low Level RF



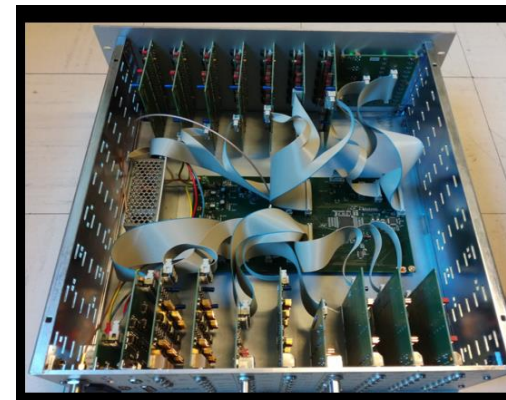
Fabry-Perot Cavity



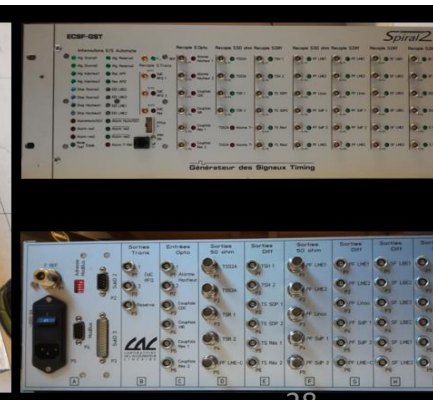
PULSER



LAL-UDP



Control faisceau SPIRAL2

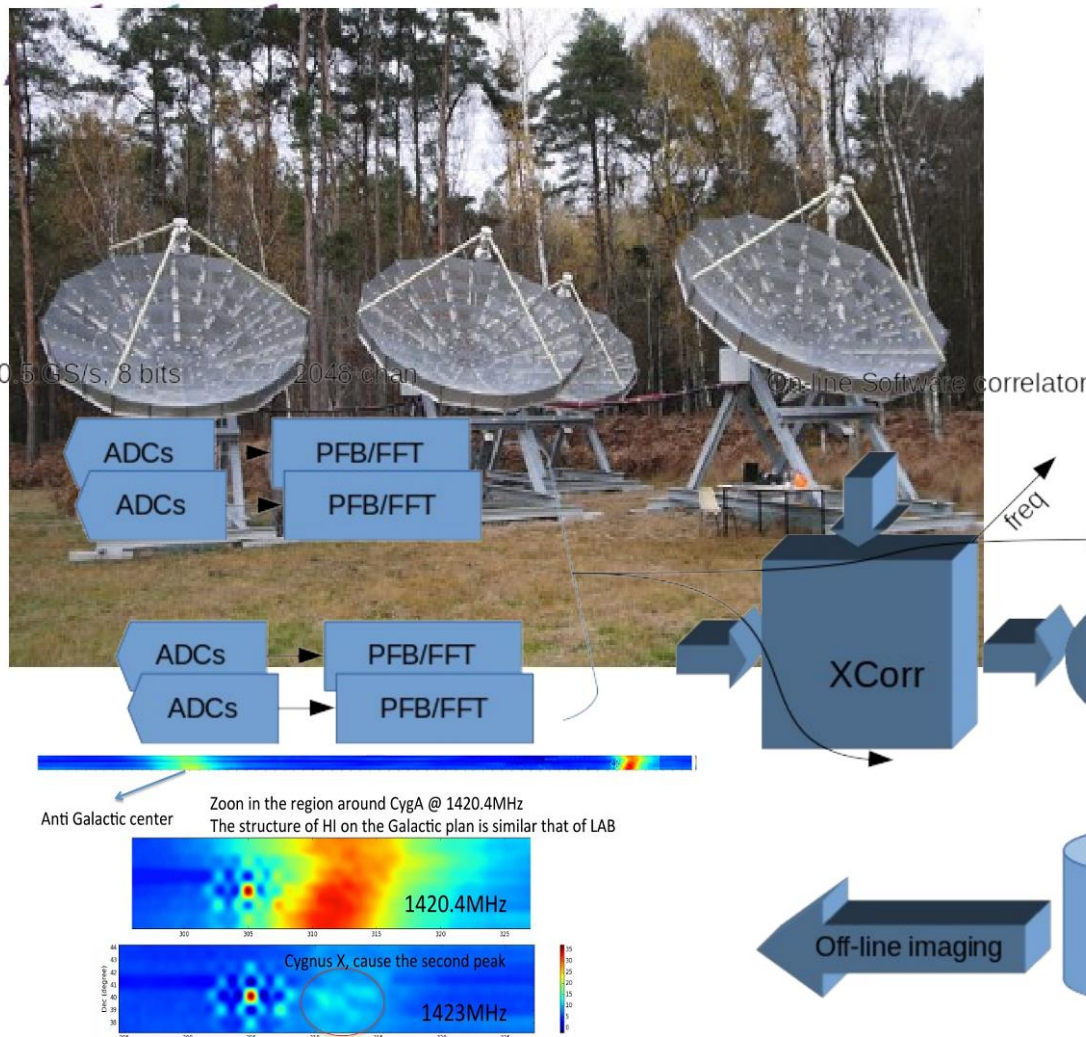


PAON IV

Paon4 : est un interféromètre de test qui permet d'étudier certains aspects techniques et de traitement des données des interféromètres utilisant un réseau d'antennes paraboliques en mode transit. Il est composé de quatre antennes de 5 mètres de diamètre chacune, équipée de récepteurs mesurant les deux polarisations. Il est actuellement équipé de la chaîne électronique analogique et numérique développée par l'équipe BAORadio dans la première phase (2007-2010).

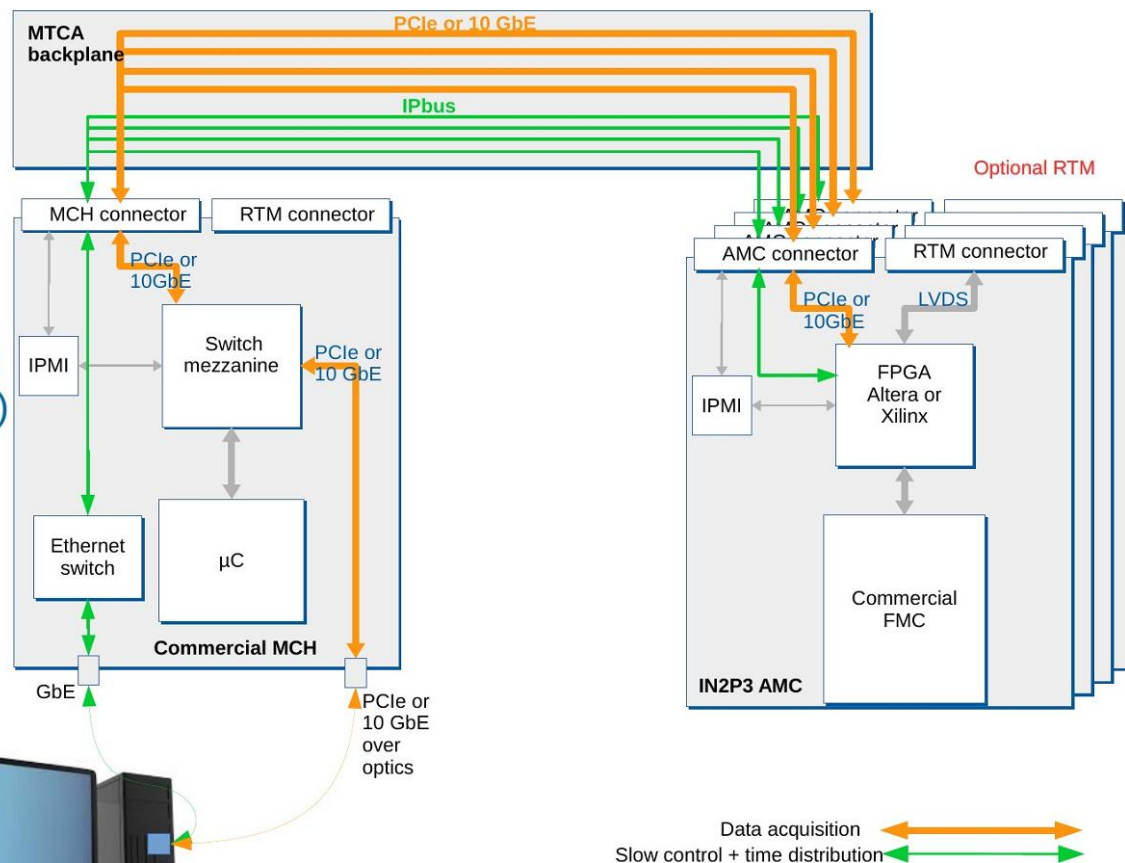
Le système permet des observations sur une large bande, de 1250 à 1500 MHz, avec ~200 MHz de bande utile. Les signaux numérisés sont transférés par fibres optiques jusqu'aux ordinateurs d'acquisition dans la salle Informatique de Nançay.

Le corrélateur logiciel exécuté sur les machines d'acquisition effectue le calcul en ligne des 36 signaux de corrélations entre les 8 voies (4 antennes x 2 polarisations / antenne), appelés visibilité

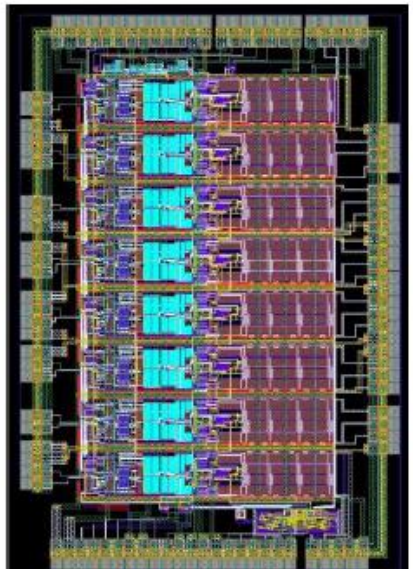
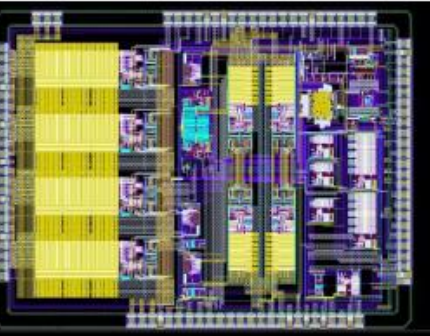
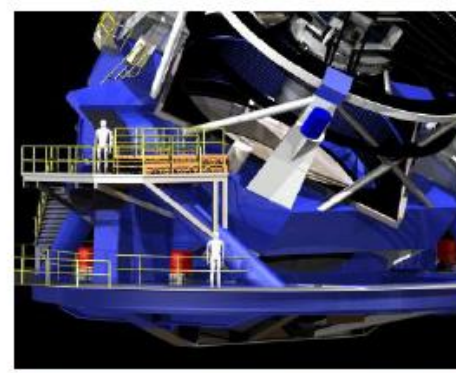
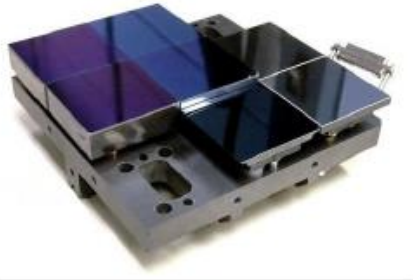


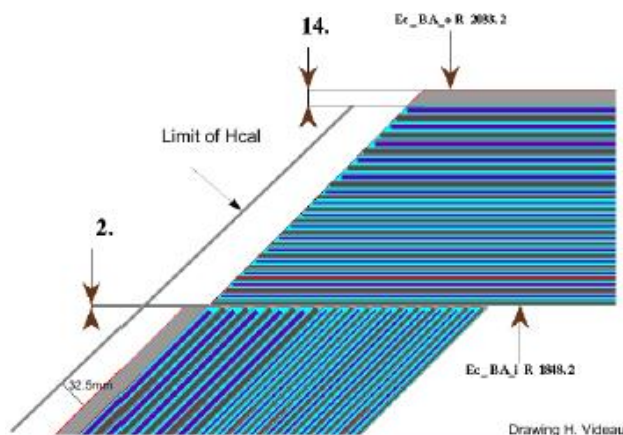
DAQGEN architecture

- Standard : xTCA for Physics
 - Basée sur du matériel du commerce
 - Contrôleur de châssis : MCH de N.A.T
 - Lecture des données par le Backplane : PCIe 4x Gen3 ou Eth10G.
 - Transfert des données :
 - Eth10G, PCIe-over cable (industriel)
 - 100GEth (developpement DAQGEN)
 - Configuration : 1GEth par IP bus.
-
- Multi laboratory development
 - CPPM : System
 - CSNSM : acquisition software
 - LPSC : IPMI development
 - IPHC : Cadence library
 - LAL : IDROGEN design
 - Paris observatory :
 - OBS Nançay : Firmware
 - SYRTE : Timing qualification



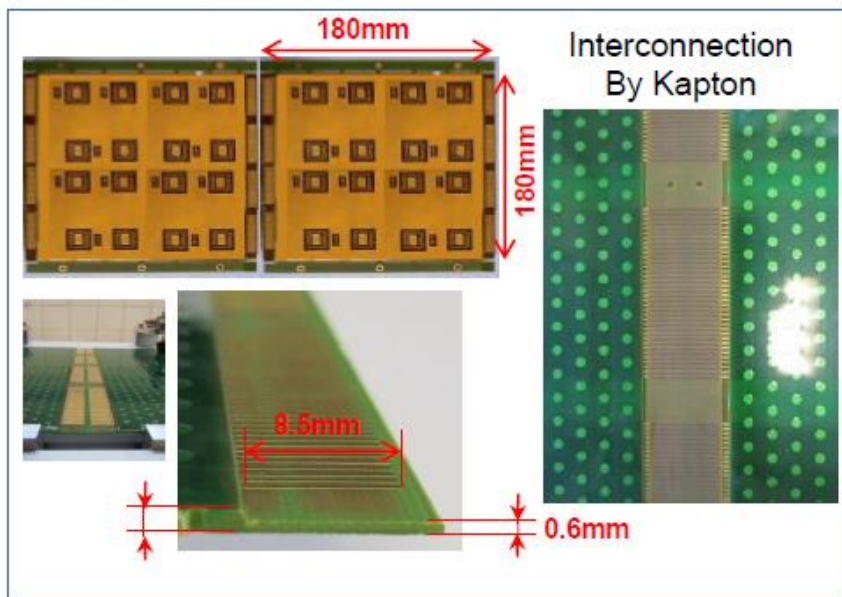
- Projet de télescope au sol qui produira des images très précises (800 par nuit) de l'ensemble du ciel visible depuis le Chili
- Il sera équipé d'une caméra CCD de 3,2 milliards de pixels (répartis sur 189 CCDs)
- Pour contrôler ces CCDs et lire leurs signaux, 2 puces de microélectronique ont été conçues en collaboration avec le LPNHE : ASPIC (Analogue Signal Processing Integrated Circuit) et CABAC (Clocks And Biases ASIC for CCDs)
- Leurs versions finales ont atteint les spécifications requises et ont été produites (1000 ASPIC et 100 CABAC) et testées intensivement au LAL (90% de yield)





ILC (CALICE)

- Le SERDI participe au R&D sur le projet de de CALICE depuis 2008
- Etude, validation et réalisation des interconn ASUs (Active Sensor Unit) lors de l'assemblage (longs plans de cartes de 2m intégrés dans la du calorimètre).
- La problématique des interconnexions provi encombrement (épaisseur max de 0.6mm) e obligation de fiabilité.
- Participation à l'étude, à la validation et à la des kaptons haute tension.
- Nous sommes en train de réfléchir à une red l'électronique de contrôle et DAQ, initialem par une équipe anglaise, et actuellement à la LLR (ci-dessous la baie dédiée à cette tâche)



Interface vers
contrôle/DAQ



Machine
pour
l'assemblage
Des
ASUs

