




# Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

[in2p3.cnrs.fr](http://in2p3.cnrs.fr)

A composite image showing particle tracks on the left and a colorful nebula on the right. The particle tracks are thin lines of various colors (blue, yellow, orange, red) with small dots at their ends, radiating from a central point. The nebula is a large, colorful cloud of gas and dust in shades of purple, pink, and blue, set against a dark background with stars.

Sonder les infinis : des particules au cosmos

**Visite des équipes thématiques  
Astroparticules & cosmologie**

**Equipe RCMN**

(Rayons Cosmiques et Matière Noire)

*LPNHE*

- Responsable scientifique de l'équipe : LPNHE
- Budget annuel soutien équipe (hors budget projets) :
  - **CTA: TGIR (2018 : 270 k€ ; 2019 : 345 k€; 2020 : 79 k€)**
  - **2020: allocation DIM-ACAV+** (région IdF) **pour H.E.S.S./CTA:**  
équipement informatique pour grille EGI, 95 k€ (LPNHE, LLR, IJCLab, OBSPM, CEA/Irfu)

### Liste des chercheurs de l'équipe :

- 2 permanents
  - Julien Bolmont (MCF, HDR)
  - Jean-Philippe Lenain (CR, HDR)
- 1 post-doctorant
  - Floriane Cangemi (CDD IN2P3, H.E.S.S. & CTA, 11/2020–10/2022)
- 1 doctorant
  - Christelle Levy (LIV et effets temporels intrinsèques dans les AGN, de H.E.S.S. à CTA, MESRI, dir. J. Bolmont, co-dir. H. Sol (LUTh), 10/2018–**12**/2021 – extension COVID-19)



**Responsable scientifique de labo du Master Projet : LENAIN Jean-Philippe**

**Responsable technique de labo du Master Projet : MEUNIER Jean-Luc**

**Budget : TGIR (2018 : 270 k€ ; 2019 : 345 k€; 2020 : 79 k€)**

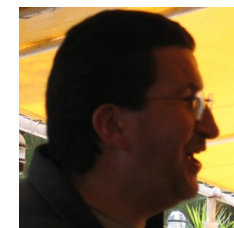
## Liste des chercheurs du projet:

- **2 permanents** [Prénom, Nom, % temps de recherche dans le projet, (responsabilité)]
  - Julien Bolmont (10 %),
  - Jean-Philippe Lenain (45 %), deputy convener EGAL SWG
- **1 post-doctorant** : [Prénom, Nom, % temps de recherche dans le projet, (responsabilité)]
  - Floriane Cangemi (60 %)
- **1 doctorants:** [Prénom, Nom, sujet, % temps de recherche dans le projet, (responsabilité)]
  - Christelle Levy (10 %)
  - + 1 doctorant (Guillaume Grolleron) en Oct. 2021 (fellowship IN2P3 des deux infinis)



## Liste des Ingénieurs et Techniciens du projet:

- 5 permanents** [Prénom, Nom, Qualité (IR, IE, T), %ETPT dans le projet, doctorat /HDR?, responsabilité]
- Eric Pierre (AI, actuellement 0 %), resp. CAO & Câblage LPNHE
  - Vincent Voisin (IE, 60%)
  - Jean-Luc Meunier (IR, 70%), NectarCAM FEB coord.
  - Claire Juramy-Gilles (IR, 40 %, Dr.)
  - François Toussnel (IR, 90%), NectarCAM FEE coord., coord. tech. national CTA IN2P3
- + aide ponctuelle Julien Coridian
- Bernard Caraco : support gestion commandes
  - Véronique Criart : support gestion marché



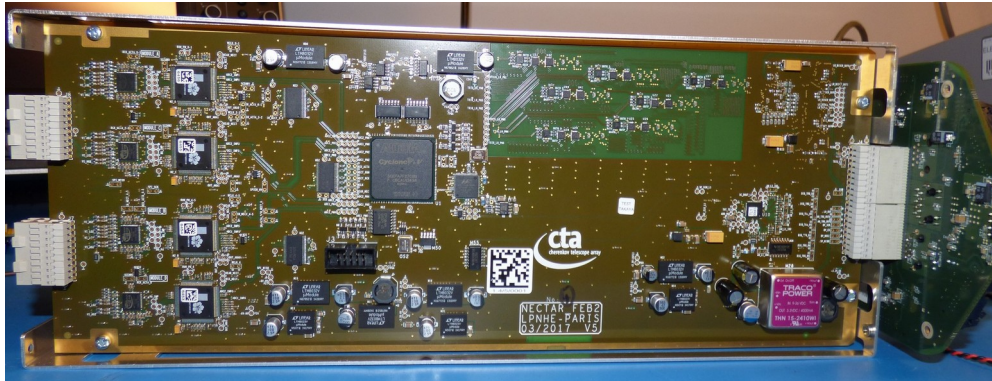
**• FEB développée au LPNHE**

- Design (CAO, câblage)
- Firmware
- Appel d'offres, suivi de production auprès du fabricant
- 315 FEBs produites et testées => première caméra (QM) équipée

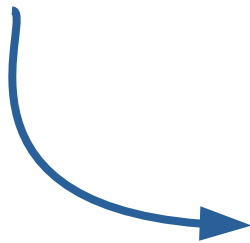


**• FEB développée au LPNHE**

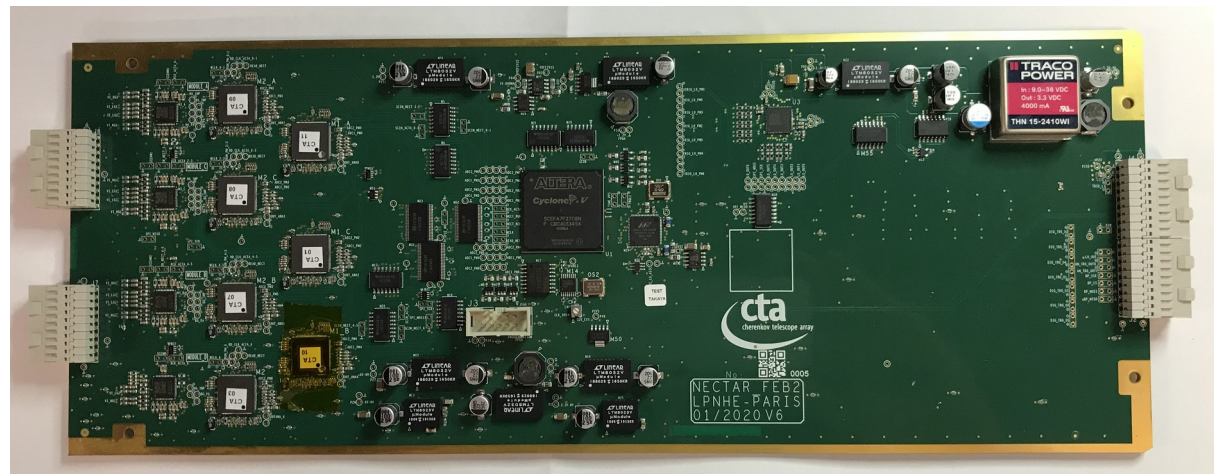
- FEB v6 : nouveau design PCB
  - Choix NectarCAM trigger digital → suppression lignes à retard
  - Nouveau chip Nectar avec mode « ping-pong » → réduction du temps mort ( $7\mu\text{s}$  →  $<0.5\mu\text{s}$  @ 15 kHz)
  - Encapsulation chips Nectar QFP → QFN => révision routage
  - Arrangement chips Nectar sur PCB: Top/Bottom → Top uniquement



FEB v5

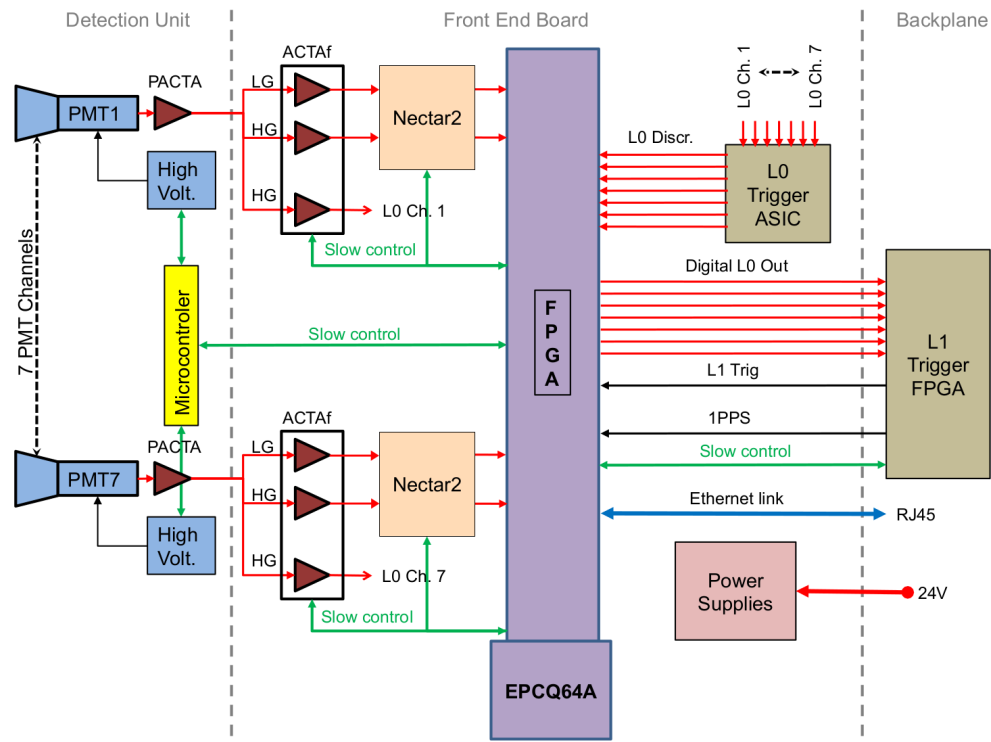


FEB v6



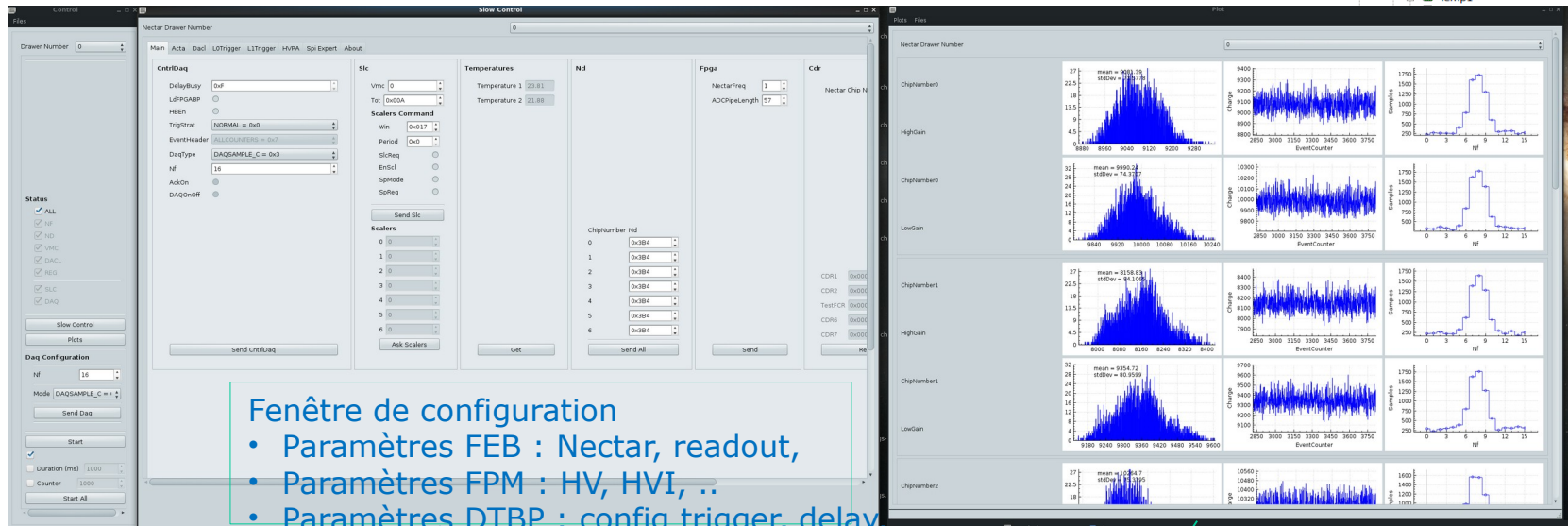
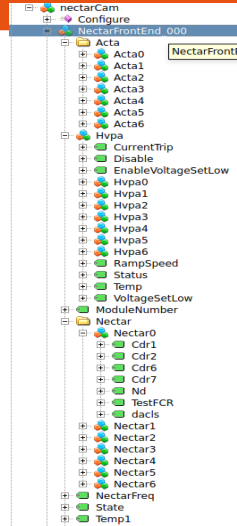
### Firmware de la FEB

- Gestion des paramètres de la FEB:
  - Nectar, readout, formatage données, stockage, transfert par lien gigabit
  - L0 Asic : paramètres trigger
- Contrôle du FPM
- Contrôle du DTBP
- Chargement firmware de la FEB via le lien gigabit => autorise remote firmware update
- Chargement du firmware du DTBP via le lien gigabit et la carte FEB => autorise remote firmware update (fait à Berlin)



## • Interfaces : NMC (Nectar Module Controller)

- Contrôle et surveillance les 265 modules
- Communication avec chaque FEB en UDP
- Serveur OPC UA en C++ → intégration dans l'architecture software CTA
- >190 paramètres/module
  - Utilisé pour le soft de niveau supérieur RCC (run camera controller) en service à Berlin
  - Utilisé sur tous les bancs de test NectarCAM utilisant la FEB (FPM à l'IRAP, Spe calib à l'IPNO, Module test à l'IRFU)



Fenêtre de configuration

- Paramètres FEB : Nectar, readout,
- Paramètres FPM : HV, HVI, ..
- Paramètres DTBP : config trigger, delay, ...

Fenêtre de contrôle  
Readout window, Start/stop acquisition ...

Fenêtre de lecture/affichage données  
Samples, charge, ...

- **Banc de tests :**
  - 2 bancs de test automatisé déployés chez le fabricant à Rennes
  - chaque carte passe par une série test, qui doivent être validés pour accepter la carte
    - Sur 315 cartes produites, 313 ont passé l'intégralité des tests et sont acceptées, 2 sont rejetées.
    - Coût par carte FEB sur cette production : 800 € incluant PCB + câblage + test + composants + mécanique



2 bancs de test FEB chez Ouestronic

Test Name	Test Duration	Analysis Duration	Test result
ScanFeb	00:00:49	00:00:00	OK
CheckInstrumentsConnexion	00:00:02	00:00:00	OK
CheckFEBandPlyboard	00:00:17	00:00:00	OK
StartCheck	Pattern	00:00:02	OK
DACL	DACL	00:01:24	OK
NP	NP	00:01:57	OK
Linearity	LOPEdScan	00:01:20	OK
ConnectHFA	ConnectSignal	00:00:23	OK
StartCheck	StartCheck	00:00:13	OK
HFA	ICF	00:01:29	OK
DisConnectHFA	Linearity	00:01:25	OK
ConnectHFA	ConnectHFA	00:00:25	OK
Summary	HFA	00:01:42	OK
DisConnectHFA	DisConnectHFA	00:00:39	OK

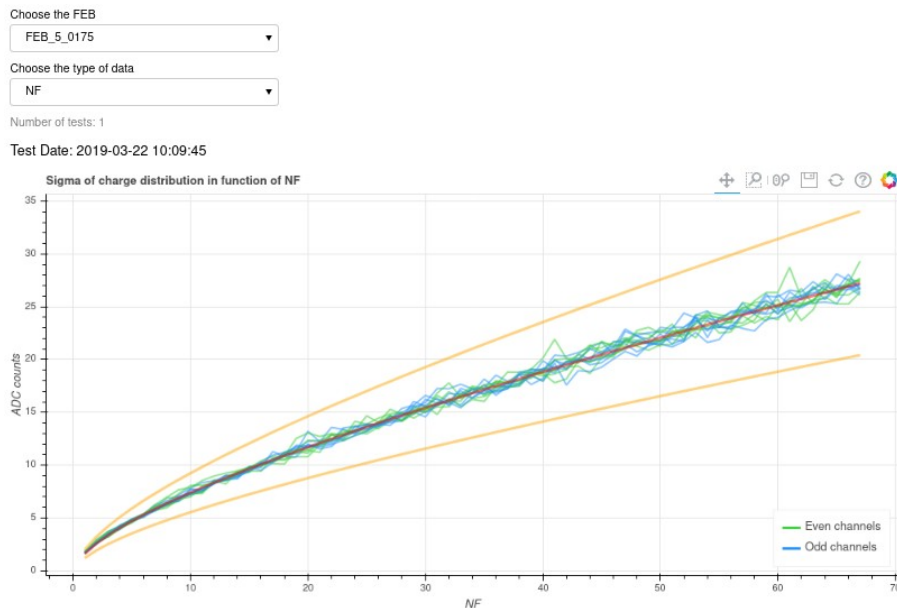
### Test summary

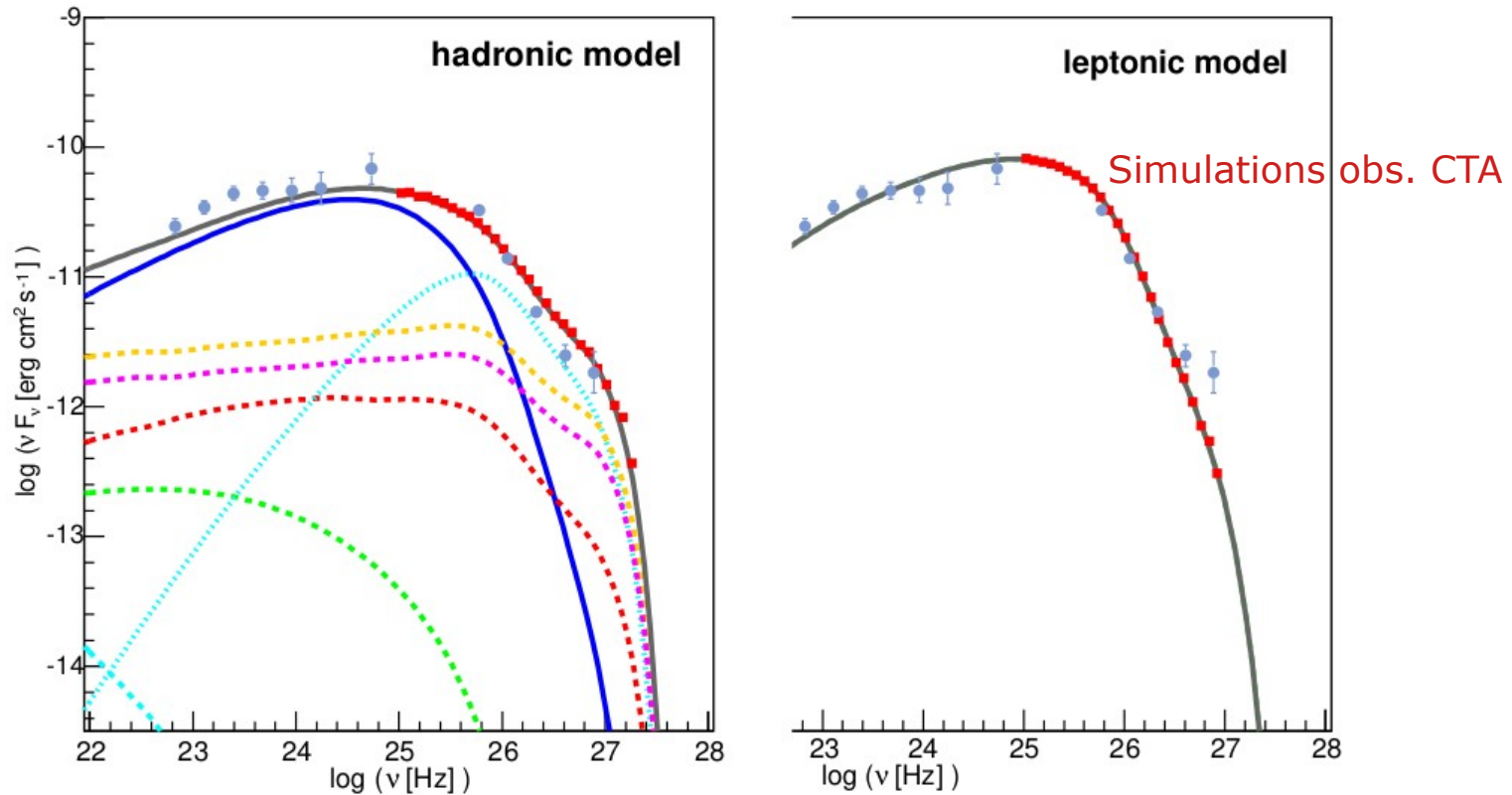
```

2017-12-07 11:01:57.182 -TestStructure -INFO - Will move to next test in 2 seconds
2017-12-07 11:01:57.184 -TestStructure -DEBUG -timer started
2017-12-07 11:01:57.184 -TestStructure -DEBUG -timer started
2017-12-07 11:01:59.184 -TestStructure -DEBUG - getting ready for test DisConnectHFA
2017-12-07 11:01:59.184 -TestStructure -DEBUG - getting ready for test DisConnectHFA
2017-12-07 11:01:59.211 -TestWidgets -DEBUG - should be doing test DisConnectHFA
2017-12-07 11:01:59.212 -TestWidgets -INFO - DisConnectHFA Test starting
2017-12-07 11:02:39.045 -TestWidgets -DEBUG - this test took 00:00:39
2017-12-07 11:02:39.050 -TestStructure -INFO - show result for test 13
2017-12-07 11:02:39.052 -TestStructure -INFO - show result for test 13
2017-12-07 11:02:39.052 -TestStructure -DEBUG - Hamelin <id>MainElements.MainWindow object at 0x7F5B2c1e680
2017-12-07 11:02:39.056 -TestStructure -DEBUG - Hamelin <id>MainElements.MainWindow object at 0x7F5B2c1e680
2017-12-07 11:02:39.059 -TestStructure -DEBUG - Hamelin <id>MainElements.MainWindow object at 0x7F5B2c1e680
2017-12-07 11:02:39.069 -TestStructure -DEBUG - Hamelin <id>MainElements.MainWindow object at 0x7F5B2c1e680
2017-12-07 11:02:39.069 -TestStructure -DEBUG - Hamelin <id>MainElements.MainWindow object at 0x7F5B2c1e680
2017-12-07 11:02:39.073 -TestStructure -INFO - Last analysis finished
2017-12-07 11:02:39.079 -TestStructure -INFO - Last analysis finished
2017-12-07 11:02:39.079 -TestStructure -INFO - Total test duration 00:01:09
2017-12-07 11:02:39.079 -TestStructure -INFO - Total test duration 00:01:09
2017-12-07 11:02:39.095 -TestStructure -INFO - ScanFeb: 'CheckInstrumentsConnexion', 'CheckFEBandPlyboard', 'Pattern', 'DACL', 'NP', 'LOPEdScan', 'ConnectSignal', 'StartCheck', 'ICF', 'Linearity', 'ConnectHFA', 'DisConnectHFA'
2017-12-07 11:02:39.095 -TestStructure -INFO - ScanFeb: 'CheckInstrumentsConnexion', 'CheckFEBandPlyboard', 'Pattern', 'DACL', 'NP', 'LOPEdScan', 'ConnectSignal', 'StartCheck', 'ICF', 'Linearity', 'ConnectHFA', 'DisConnectHFA'
2017-12-07 11:02:39.100 -TestStructure -INFO - Summary tests durations (00:00:49, 00:00:02, 00:00:17, 00:02:02, 00:01:24, 00:01:57, 00:01:20, 00:00:23, 00:02:13, 00:01:29, 00:00:25, 00:01:42, 00:00:39)
2017-12-07 11:02:39.102 -TestStructure -INFO - Summary analysis durations (00:00:00, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:45, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:00, 00:00:00)
2017-12-07 11:02:39.103 -TestStructure -DEBUG - Disconnecting instruments
2017-12-07 11:02:39.103 -TestStructure -DEBUG - Disconnecting instruments
          
```



- **Banc de tests :**
  - 2 bancs de test automatisé déployés chez le fabricant à Rennes
  - chaque carte passe par une série test, qui doivent être validés pour accepter la carte
    - Sur 315 cartes produites, 313 ont passé l'intégralité des tests et sont acceptées, 2 sont rejetées.
    - Coût par carte FEB sur cette production : 800 € incluant PCB + câblage + test + composants + mécanique
- **Préparation production FEB** pour 5+N caméras NectarCAM (CTA site Nord)  
=> 1425 (+ N x 280) FEBs
  - Appel d'offre préparé (en lien avec DR)
  - NectarCAM CDMR en Fév. 2021  
quelques items à clore
  - Outils de suivi de qualité de la production :

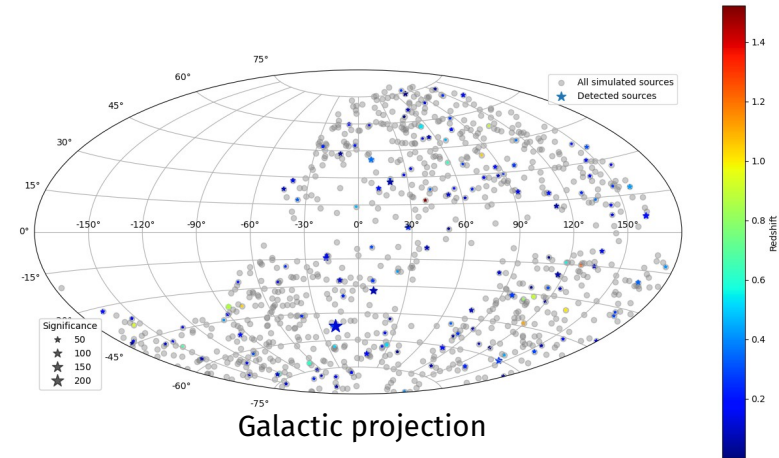
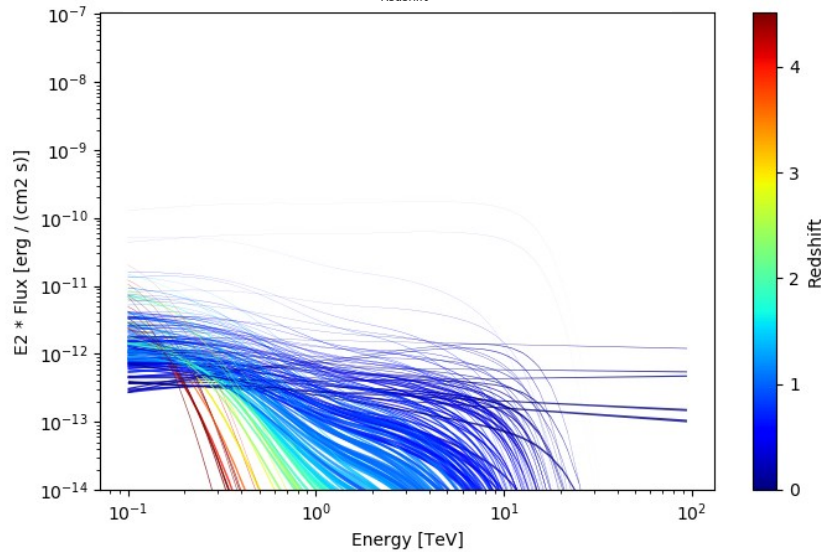
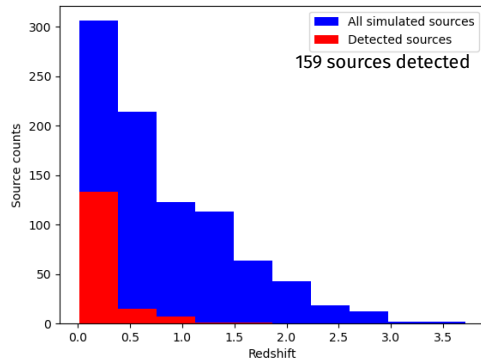




Discrimination de la nature leptonique/hadronique de l'émission des AGN  
Zech, Cerruti & Mazin, A&A (2017)

1D, South, 5h, E>100 GeV

J.-P. Lenain (LPNHE) & S. Pita (APC)



Simulations avec [gammapy](#) d'observations d'AGN avec CTA  
(ici, extrapolation catalogue Fermi-LAT 4LAC)

Task Force CTA AGN population, in CTA EGAL SWG

## • Implication récente Task Force AGN variability (flares & monitoring)

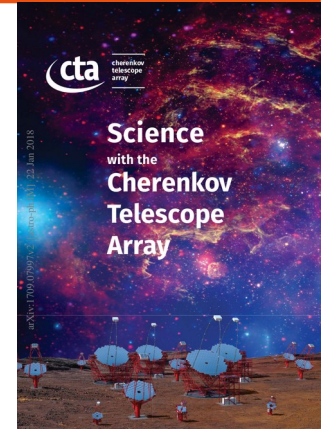
- Etude de la réponse temporelle de CTA avec gammapy aux variabilité (éruptions, échelles de temps longues pendant campagnes de monitoring) de noyaux actifs de galaxies.

## • Consortium LIV H.E.S.S./MAGIC/VERITAS

- Cadre d'analyse permettant la combinaison de différentes classes de sources (pulsars, AGN, GRB, ...)
- Pave la route des futures analyses pour CTA
- cf. présentation H.E.S.S. par Julien Bolmont

## Document "CTA Science Prospectives at IN2P3", prospectives IN2P3, GT04

	APC	CENBG	CPPM	IPNO	LAPP	LLR	LPNHE	LUPM
Galactic centre	Dark Red	Grey	Grey	Dark Blue	Grey	Grey	White	Grey
Gal. plane survey	Dark Red	Dark Red	Dark Blue	Dark Blue	Grey	Grey	White	Dark Red
LMC survey	Dark Blue	Grey	Grey	Dark Blue	Grey	Dark Blue	White	Dark Blue
Ex.Gal. survey	Grey	Grey	Grey	Dark Red	Dark Red	Dark Red	Dark Blue	Grey
$\gamma$ -ray cosmology	Dark Blue	Grey	Grey	Dark Red	Dark Red	Dark Red	Dark Blue	Grey
Transients	Dark Blue	Grey	Dark Blue	Dark Blue	Dark Red	Dark Blue	Red	Dark Red
PeVatron	Dark Red	Dark Red	Dark Red	Dark Blue	Grey	Grey	White	Dark Red
Magnetospheres	Dark Red	Dark Blue	Grey	Grey	Grey	Grey	White	Dark Blue
Star form. region	Grey	Dark Blue	Dark Blue	Grey	Dark Blue	Grey	White	Dark Blue
AGN	Dark Red	Dark Blue	Grey	Dark Red	Dark Red	Dark Red	Red	Grey
Galaxy clusters	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Dark Red	White	Grey
DM & Exotic	Grey	Grey	Grey	Dark Blue	Dark Red	Dark Blue	Red	Dark Blue



See also :  
[arXiv:1709.07997](https://arxiv.org/abs/1709.07997)

■ Primary interest  
■ Secondary interest

- Thèses récentes soutenues dans l'équipe (2018-2021)

- Voir slides H.E.S.S. de J. Bolmont

- Quelques publications emblématiques de l'équipe dans revues à comité de lecture (2018-2021)

- CTA Consortium, « Science with the Cherenkov Telescope Array », *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.*, 2019
- Goldoni et al., « Optical spectroscopy of Blazars for the Cherenkov Telescope Array », accepted for publication in *A&A*, Dec. 2020
- Biasuzzi et al., « Design and characterization of a single photoelectron calibration system for the NectarCAM camera of the medium-sized telescopes of the Cherenkov Telescope Array », *NIMPA*, 2020
- Cerruti et al., « Leptohadronic single-zone models for the electromagnetic and neutrino emission of TXS 0506+056 », *MNRAS*, 2019
- Ashton et al., « A NECTAR-based upgrade for the Cherenkov cameras of the H.E.S.S. 12-meter telescopes », *Aph*, 2020

- Publications récentes de conférence à forte contribution de l'équipe (2018-2021) :

- Caroff et al., « Determination of the single photo-electron spectrum and gain measurement for the Cherenkov Telescope Array camera NectarCAM », *SPIE*, 2019

## • Evolution scientifique de l'équipe dans les prochaines années

- Préparation analyses, commissioning & science verification, exploitation de CTA

## • Nouveaux projets en vue (inclus réponse aux appels ANR, Europe, appel d'offre locaux, ...)

- A moyen terme, après arrêt activités H.E.S.S., implication dans futurs développements techniques (GRAND ?)

## • Expertises, compétences

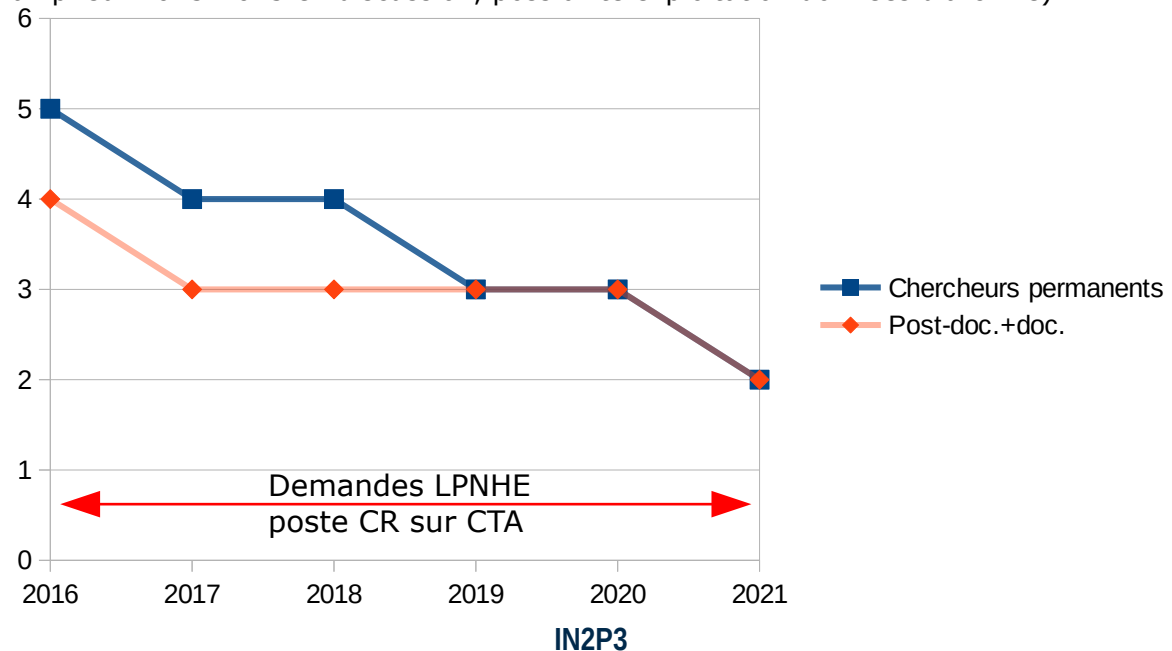
- Côté technique
  - Expert firmware 30%, expert software 30%, expert instrumentation 30%
  - Coordination activité FEB 20%
  - Coordination technique CTA IN2P3 + NectarCAM FEE 80%
- Côté physique/instrumentation => montée en puissance nécessaire => vers 2 FTE
  - Analyse données run techniques (compréhension détecteur, systématiques) => dév. outils
  - Analyse données pour physique => dév. outils

## • Responsabilités scientifiques (passées & présentes)

- H.E.S.S.
  - 2013-: Production simulations/IRFs
  - Convenership AGN WG (2012-2013) puis EGAL (2013-2016), Simulations WG (2019-)
- CTA:
  - Convenership EGAL (01/2021-)

## • Personnels

- 2 physiciens permanents actuellement sur CTA (1 MCF, 1 CR), fort besoin de renforcer l'équipe  
→ **Demande 1 CR pour concours 2022.**
  - Calibration et caractérisation pour NectarCAM
  - Commissioning NectarCAM, calibration, science verification.
  - Préparation futures analyses CTA
    - Groupe impliqué sur phénomènes explosifs (AGN, GRB, ...) et transitoires (lien multi-messenger :  $\nu$ , GW) et effets de propagation des rayons gamma.
    - Développement outils de reconstruction et d'analyse
- Implication dans H.E.S.S. possible  
(extension de la manip. sur 2023-2025 en discussion, possibilité exploitation données d'archive)





## • Personnels

- 2 physiciens permanents actuellement sur CTA (1 MCF, 1 CR), fort besoin de renforcer l'équipe  
→ **Demande 1 CR pour concours 2022.**

Profil détaillé :

### **Very-high-energy $\gamma$ -ray transient phenomena and propagation effects with the Cherenkov Telescope Array (CTA)**

The H.E.S.S. and CTA group members at LPNHE are involved in the study of high-energy explosive and transient phenomena (e.g. AGN) in the very-high-energy gamma-ray domain, in relation to other messengers such as astrophysical neutrinos and gravitational waves. They also study variability properties of these objects and look for spectral lags due to source intrinsic effects or propagation effects.

The newly recruited researcher will strengthen the participation of the LPNHE team in the technical activities related to the Cherenkov Telescope Array (CTA) project. She/He will take charge of experimental developments for the MST camera, NectarCAM. In parallel, the researcher will contribute to the scientific activities of the group preparing CTA analyses on transient and variable objects.