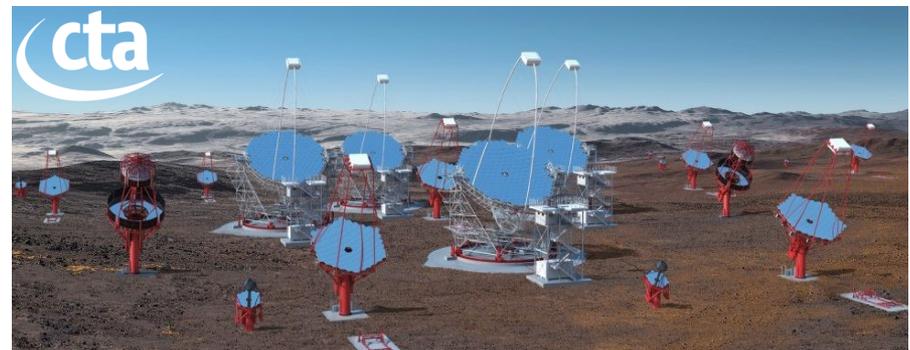
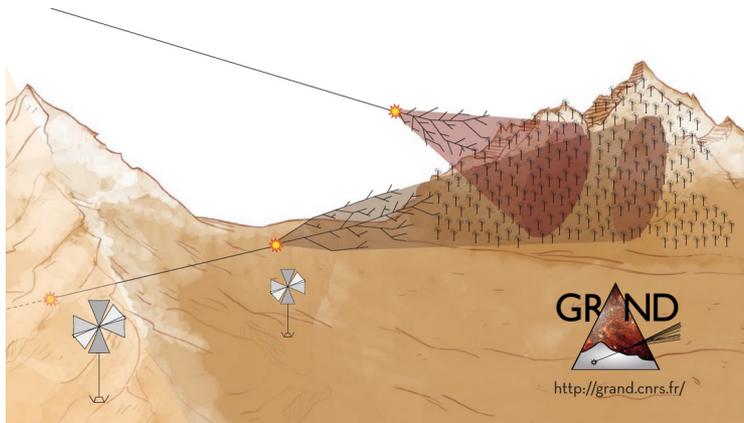


Equipe RCMN – Rayonnement Cosmique

H.E.S.S., CTA, GRAND

Bilan 2017-2023



Composition actuelle de l'équipe

- 3 permanents :
 - **J. Bolmont** (MdC HDR, recherche: 70% CTA/30% H.E.S.S.), **J.-P. Lenain** (CR HDR, 90% CTA/10% H.E.S.S.), **O. Martineau** (MdC HDR, recherche: 100% GRAND)
- 3 postdocs :
 - **A. Rosales de Leon** (50% CTA/50% modélisation, postdoc IPI SU, février 2023 - janvier 2025)
 - Sujet de recherche : modélisation des effets temporels intrinsèques dans les AGN et confrontation aux données
 - **S. Le Coz** (100% GRAND, PostDoc IPI SU, octobre 2021-octobre 2023)
 - Sujet de recherche: développement d'un trigger basé sur le machine learning dans l'optique des phases ultérieures du projet GRAND.
 - **P. Correa** (100% GRAND, PostDoc ANR GRAND, novembre 2022-novembre 2025)
 - Sujet de recherche: développement d'un trigger analytique dans l'optique des phases ultérieures du projet GRAND. Mise en oeuvre et test en conditions réelles (prototype GRAND@Nançay)

Composition actuelle de l'équipe

- 3 doctorants +1 :
 - **G. Grolleron** (90% CTA/10% H.E.S.S.)
 - direction : J.-P. Lenain
 - soutenance prévue en 2024 (Phénomènes extragalactiques transitoires aux très hautes énergies avec H.E.S.S. et préparations pour le futur observatoire CTA)
 - **M. Guelfand** (100% GRAND)
 - codirection : O. Martineau, K. Kotera (IAP) & S. Prunet (OCA)
 - soutenance prévue en 2025 (Modélisation et analyse de signaux radios détectés par l'expérience GRAND)
 - **U. Pensec** (40% CTA/40% H.E.S.S./20% modélisation)
 - codirection : J. Bolmont & H. Sol (LUTh)
 - soutenance prévue en 2025 (Séparation entre les effets de violation d'invariance de Lorentz et les effets intrinsèques aux sources en astronomie gamma de haute énergie)
 - **A. Ferriere** (100% GRAND)
 - Codirection O. Martineau (20%) et A. Benoit-Levy (CEA-LIST, 80%)
 - Début en novembre 2023 (analyse des données GRAND par Machine Learning)

Evolutions récentes:

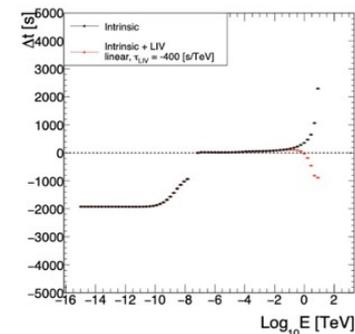
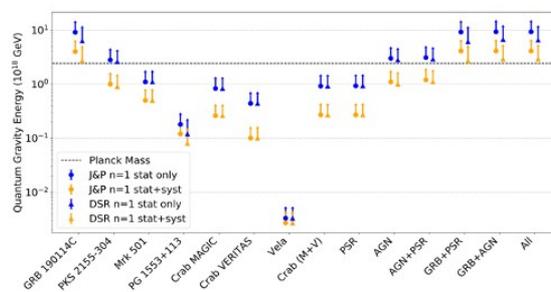
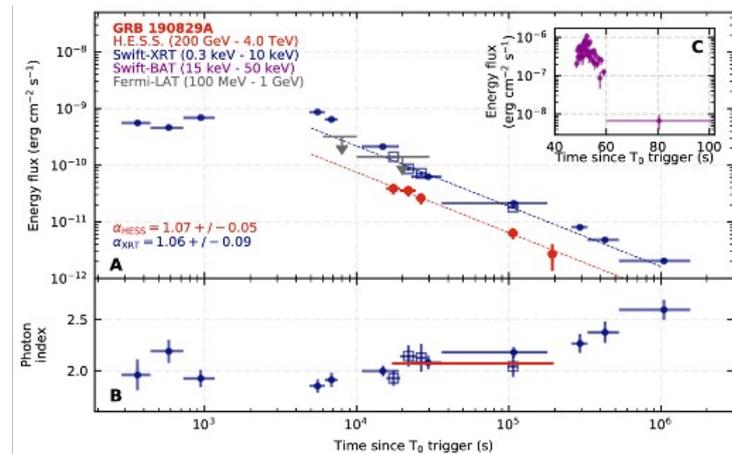
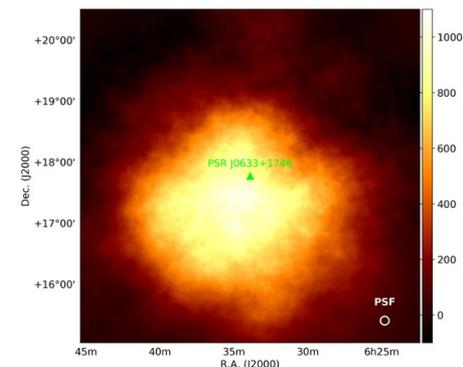
- -2 permanents :
 - **P. Vincent** (Pr) jusqu'en décembre 2019 (maintenant sur LHCb)
 - **A. Jacholkowska** (DR) jusqu'en mars 2018 (décédée)
- 6 thèses soutenues :
 - **D. Kerszberg** (en 2017, codirection P. Vincent & J.-P. Lenain) – Étude du fond diffus galactique des électrons et positrons et étude des performances de la seconde phase de l'expérience H.E.S.S. (→ [Postdoc à IFAE, puis CRCN](#))
 - **C. Perennes** (en 2018, codirection J. Bolmont & H. Sol) – Energy dependent time delays in blazar light curves : a first look at the modeling of source-intrinsic effect in the MeV-TeV range and constraints on Lorentz Invariance Violation with H.E.S.S. (→ [hors monde académique](#))
 - **G. Emery** (en 2020 avec directeur de thèse J.-P. Lenain) – Study of the variability of active galactic nuclei at very high energy with H.E.S.S. (→ [Postdoc au CPPM](#))
 - **V. Decoene** (en 2020, co-direction K. Kotera et O. Martineau) - Sources and detection of high-energy cosmic events. (→ [MdC à U. Nantes, KM3Net](#))
 - **C. Levy** (en 2021, codirection J. Bolmont & H. Sol) – Energy dependent time delays induced by Lorentz Invariance Violation: discriminating source-intrinsic effects with blazar modeling and preparation of population studies with H.E.S.S. MAGIC and VERITAS (→ [hors monde académique](#))
 - **S. Chiche** (le 20/09/2023, co-direction K. Kotera et O. Martineau) - Looking for ultra-high-energy astroparticles in a radio haystack (→ [Postdoc à Vrije Universiteit Brussel](#))
- 2 HDR :
 - **J.-P. Lenain** (en fév. 2018) – Contributions to high energy γ -ray astronomy: Active galactic nuclei and leptonic cosmic rays, from H.E.S.S. to CTA
 - **O. Martineau** (en juillet 2021) – The path towards the Giant Radio Array for Neutrino Detection

Evolutions récentes:

- 3 postdoc :
 - **M. Cerruti**
 - postdoc IN2P3 2015-2018 sur le sujet l'étude de sources extragalactiques transitoires avec H.E.S.S (→ [MdC dans H.E.S.S./CTA à l'APC](#))
 - **S. Caroff**
 - postdoc IN2P3 2018-2020 sur le sujet l'étude de sources Galactiques et la recherche de violation de l'invariance de Lorentz avec H.E.S.S., et calibration de NectarCAM au sein de CTA (→ [Chercheur CNRS dans CTA au LAPP](#))
 - **F. Cangemi**
 - postdoc IN2P3 2020-2022 sur le sujet l'étude des jets astrophysiques avec H.E.S.S., simulation de la caméra FlashCam sur H.E.S.S., et calibration de NectarCAM au sein de CTA (→ [MdC sur SVOM à l'APC](#))

Production scientifique - H.E.S.S.

- Etude du fond diffus e^-+e^+ (D. Kerszberg, J.-P. Lenain, P. Vincent)
- Découverte d'une émission diffuse autour du pulsar Geminga (S. Caroff)
- Analyses des sources extragalactiques
 - Participation aux analyses des données et crosscheck pour le GRB190829A (J.P. Lenain)
 - Participation aux campagnes ToO (J.-P. Lenain, F. Cangemi, G. Grolleron, G. Emery)
- Analyses LIV (J. Bolmont, S. Caroff, A. Jacholkowska, C. Levy, C. Perennes)
 - Analyse des sources H.E.S.S.
 - Participation et coordination (2017-2022) du WG commun HESS/MAGIC/VERITAS
- Études de modélisation des jets de blazar pour la compréhension des effets temporels intrinsèques (J. Bolmont, C. Levy, C. Perennes)



Production scientifique - H.E.S.S.

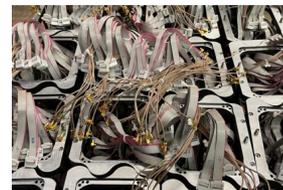
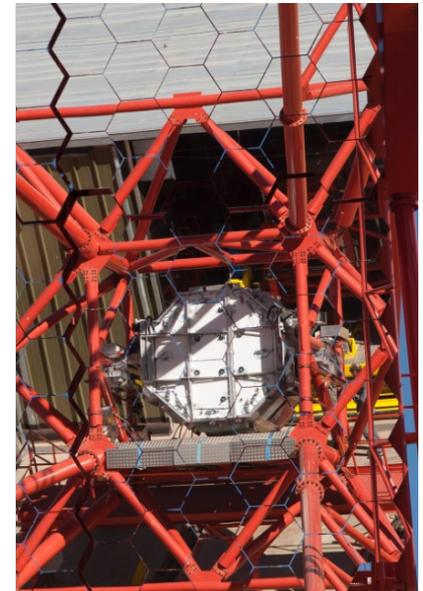
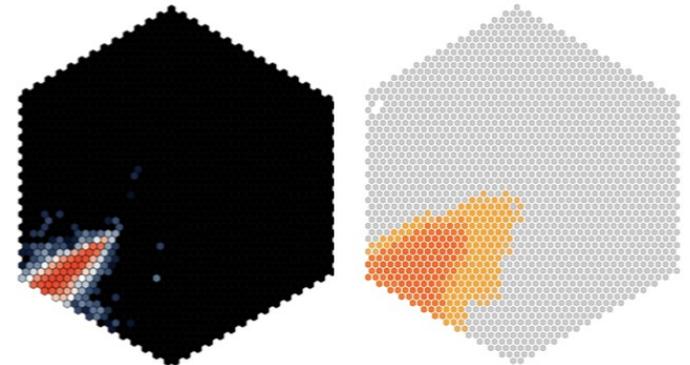
Activités « techniques »

- Améliorations de la simulation des événements dans HESS-I, HESS-II et HESS-IU permettant un meilleur accord données/Monte Carlo (J.-P. Lenain)
- Simulations run-wise pour de nombreuses analyses
- Réponse de la nouvelle caméra NamCam/FlashCam dans le soft de simulation Smash (F. Cangemi)
 - Génération du signal brut dans chaque pixel
 - Numérisation, reconstruction de l'amplitude
 - Génération du signal de trigger à partir de 3x3 pixels

→ Bénéficie à toute la collaboration

- En exploitation sur site depuis 2012, la caméra française du grand télescope a été définitivement arrêtée en septembre 2019.
- Cette étape marque la fin des opérations de maintenances assurées par le LPNHE depuis 2002 (J. Bolmont, P. Vincent, F. Toussenel)
- Opération « PMT Retrofit » pour l'utilisation des PM de la caméra française de CT5 sur les petits télescopes (J. Bolmont, F. Toussenel, LPNHE/LLR, 05/2022 & 10/2022)

→ Fin des activités instrumentales du LPNHE sur le projet !



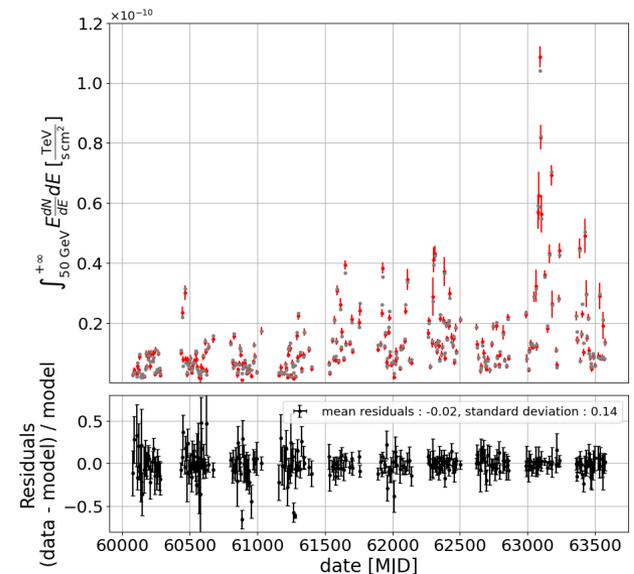
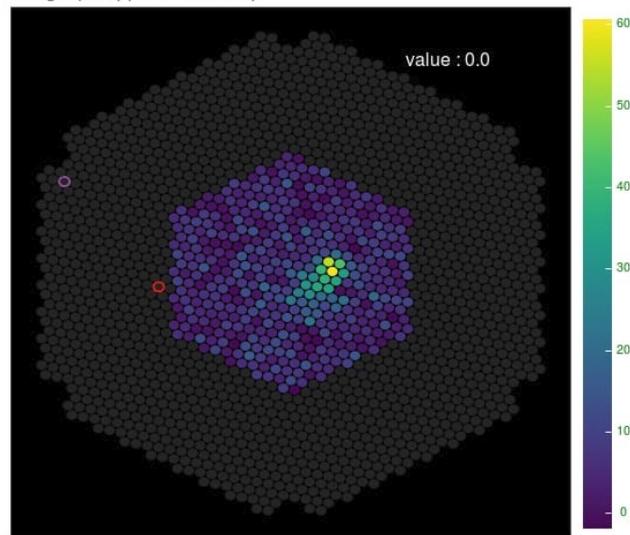
Production scientifique - CTA

- 2019: NectarCAM first light @ Adlershof
- Simulations population AGN détectables avec CTA
- Implication forte dans AGN variability Task Force du groupe Extragalactique du Consortium CTA:
LPNHE en charge de l'implémentation et des productions de simulations de variabilité d'AGN (long-term monitoring & flares) depuis mi-2021

[Cangemi et al.](#), for the CTA Consortium, Gamma2022

Grolleron et al., for the CTA Consortium, ICRC2023 (july 2023)

Charges (T = 0) (sum = 3.018e+03)

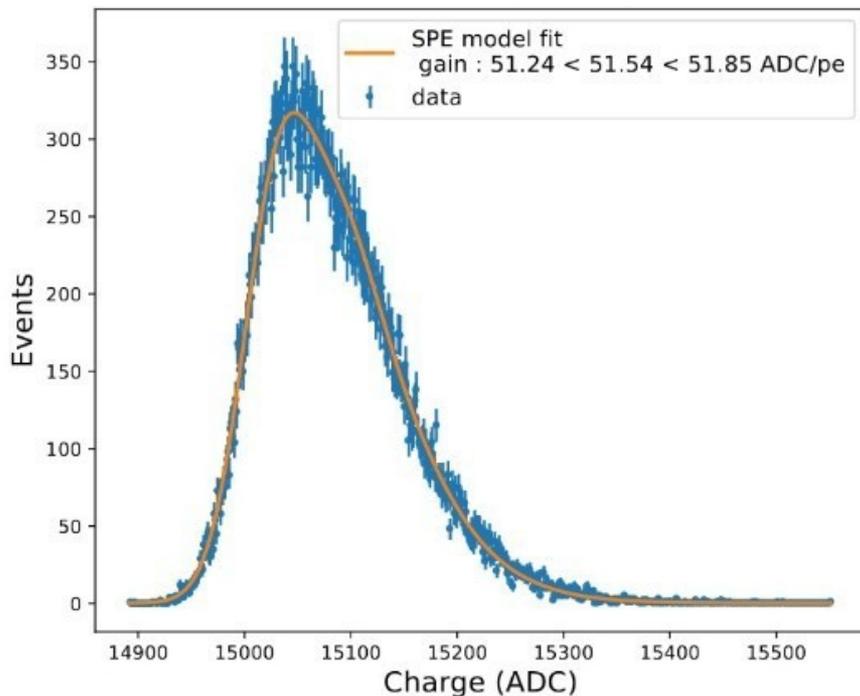


Production scientifique - CTA

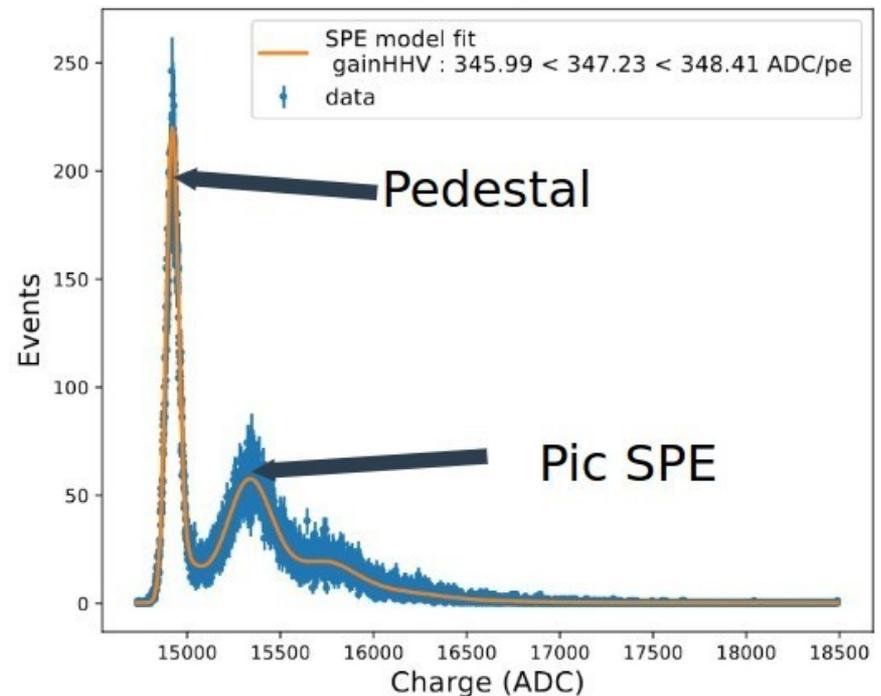
Calibration NectarCAM:

études sur calibration du gain, accélération des algorithmes (x80) et implémentation dans [nectarchain](#) (+ Continuous Integration)

Grolleron et al., for the NectarCAM collaboration ICRC2023 (july 2023)



Données à la tension nominale (~1000V)



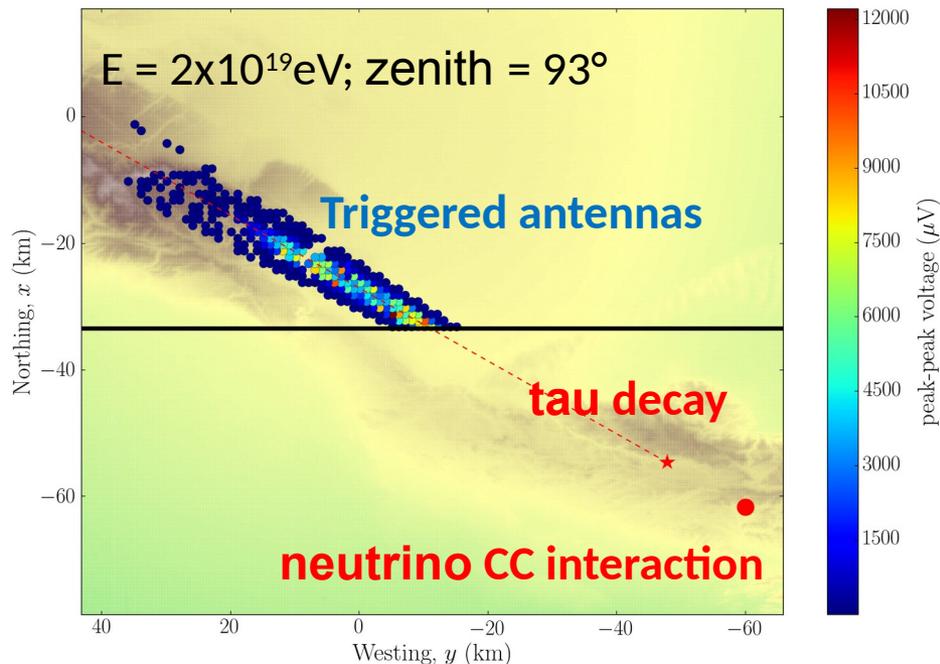
Données à très haute tension (~1400V)

Production scientifique - GRAND

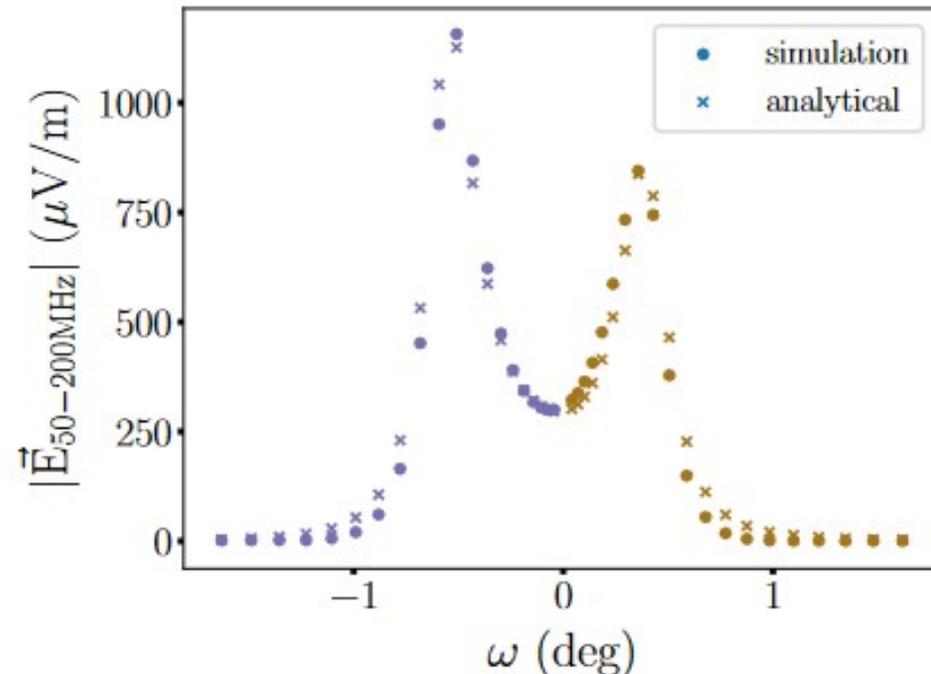
Rôle moteur dans la mise en oeuvre et le développement du projet GRAND [à partir de l'expérience acquise sur le projet pionnier TREND 2009-2018]

- Développement et mise en place de la chaîne de simulation pour le calcul de la sensibilité aux neutrinos du détecteur GRAND \Rightarrow white paper, Science China, 63 (2020) 219501
- Développement de méthodes d'analyse dédiées pour les signaux radio induits par des gerbes inclinées (thèses V. Decoene et S. Chiche)

Simulation d'une gerbe neutrino



Distribution angulaire des amplitudes radio pour événement GP300



Production scientifique - GRAND

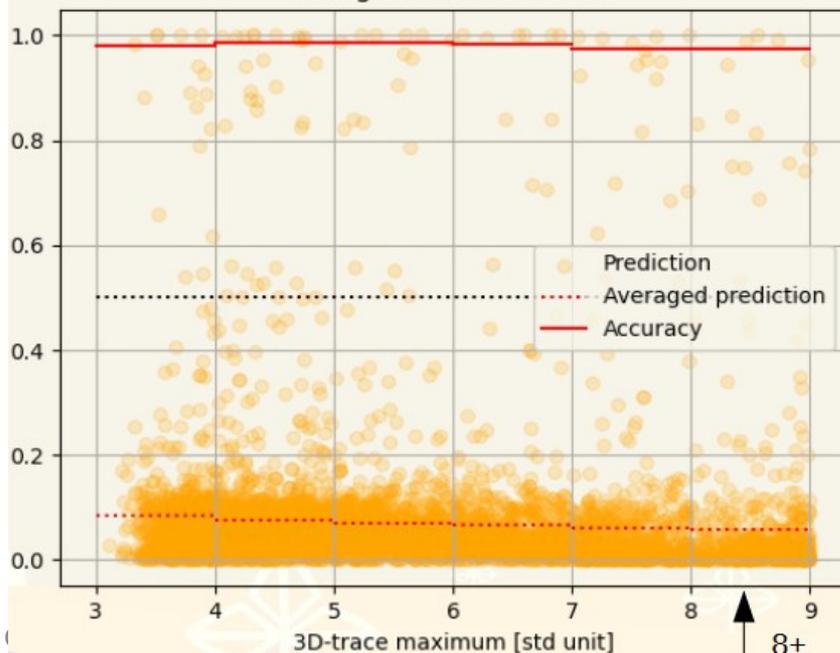
ANR NUTRIG (03/2022-09/2025, avec Karlsruhe Institute of Technology):

Développement de méthodes de trigger avancées (dans la perspective d'un réseau géant, frugal en volume de données)

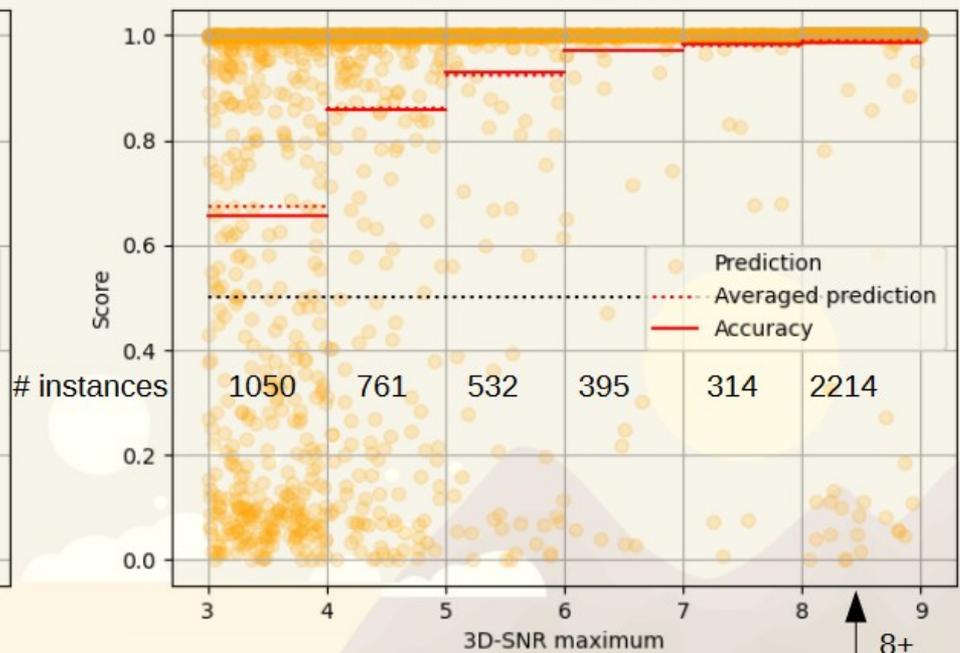
Objectif: exploiter les différences de formes de signaux entre gerbes atmosphériques et impulsions transitoires de bruit de fond.

Principe validé sur données simulées & offline (présentations ICRC2023). A venir: portage sur FrontEnd & test @ Nançay (4 antennes GRAND déployé sur radio observatoire par l'équipe LPNHE)

Background test dataset



Air shower test dataset



Organisation-fonctionnement du groupe

- En interne dans l'équipe
 - H.E.S.S./CTA: très fort recouvrement RH
 - CTA: réunions hebdomadaires (suivi production FEB, discussions calibration NectarCAM)
 - H.E.S.S./CTA: Déjeuners quotidiens (discussions science, analyses, biblio, conférences, ...)
 - GRAND: liens très forts avec l'équipe GRAND@IAP. Collaboration fructueuse: CPJ Sorbonne-U commune (R. Alves-Batista, arrivée attendue janvier 2024).
- Dans le laboratoire : relations avec les services, autres équipes
 - Points d'étapes réguliers en réunions de coordination
 - Présentations régulières en réunion du Vendredi
 - Liens forts avec services, notamment électronique & informatique: IT affectés (5 sur CTA, 2 sur GRAND), développement hardware électronique + par ex. expertises sur déploiement d'applications (grille, conteneur, réseau, virtualisation, ...)

Responsabilités : recherche, enseignement, autres

- **Recherche :**
 - Co-spokesperson GRAND (O. Martineau, depuis 2015)
 - Convener CTA WG Extragalactic (J.-P. Lenain, 2021-2022)
 - Convener H.E.S.S. (Simulations, Extragalactic: J.-P. Lenain, 2012-2019)
 - Convener du WG commun HESS/MAGIC/VERITAS (LIV, A. Jacholkowska jusqu'en 2018, puis J. Bolmont de 2018 à 2023)
 - Convener du WG data management GRAND (F. Legrand, depuis 2023)
 - Membre du comité de coordination et responsable de l'attribution des bourses de participations aux conférences de l'action COST CA18108 "Quantum Gravity Phenomenology in the Multi-Messenger Era" (J. Bolmont de 2019 à 2023)
- **Enseignements :**
 - Dir. adjoint ED 560 (J. Bolmont), Co-responsable de plateforme de TP de Phys. Nucl. (J. Bolmont)
- **Implications dans la vie de l'Université:**
 - Membre élu du conseil de l'UFR de physique (J. Bolmont)
- **Implications au niveau national:**
 - O. Martineau: membre section 01
 - J. Bolmont: membre élu du CNU 29
- **Implications dans la vie du laboratoire:**
 - Dir. adjoint (J. Bolmont), Conseil de Laboratoire (J. Bolmont, J.-P. Lenain), Conseil Scientifique (J.-P. Lenain, J. Bolmont), Comité Développement Durable (J.-P. Lenain), responsable des stages (J. Bolmont), parrains thèse (O. Martineau, J.-P. Lenain), ...
 - Conseiller Radioprotection (J. Bolmont)
- **Demandes et gestion de supports financiers spécifiques:**
 - ANR (ex.: NuTrig), IPI SU, DIM ACAV+ (e-CHEOPS), PNHE, ...

Projet scientifique, anticipation

Astrophysique multi-messenger

- Commissioning NectarCAM
- Exploitation des premières données scientifiques de CTA
- Compréhension variabilité des sources extragalactiques, en complémentarité avec effets de propagation (sonde physique fondamentale via recherche de LIV), fonction de luminosité des noyaux actifs de galaxie détectables avec CTA
- Nature des particules accélérées (mécanismes leptoniques/hadroniques) & efficacité accélération (recherche neutrinos à $\sim 10^{18}$ eV)
- GRAND jusqu'à 2025:
 - preuve de principe avec un prototype de 300 antennes (en cours de déploiement en Chine). En parallèle évaluation des performances d'identification & de reconstruction via proto de 10 antennes déployé sur le site de l'expérience Auger. Implication forte LPNHE dans l'analyse de données de ces 2 expériences.
 - R&D antenne, électronique et trigger pour la phase 10000 antennes du projet (~ 2026). Implication forte du LPNHE dans le trigger (NUTRIG)

Auto analyse du groupe

- **Points forts:**
 - Forte expertise simulations/modélisation/analyses données (variabilité, LIV), développements électroniques.
 - Forts liens avec la communauté d'astrophysique régionale (IAP, LUTh, APC...)
 - Nombre de jeunes chercheurs passant par le groupe désormais permanents
 - LPNHE à l'origine du projet GRAND, rôle leader sur analyse & trigger
- **Opportunités:**
 - Projet CTAO fortement international, et prioritaire en astronomie gamma
 - Potentiel de R&D important sur GRAND dans les années à venir
- **Points faibles:**
 - Réduction nombre chercheurs H.E.S.S./CTA ces dernières années
 - Retard de calendrier sur GRAND
- **Risques:**
 - Assurer transition H.E.S.S. -> CTA lisse pour maximiser le retour scientifique.
 - Activité modélisation effets intrinsèques AGN repose sur collaboration LUTh avec 1 chercheuse permanente, maintenant émérite (contacts en cours pour faire perdurer l'activité)
 - Difficulté approvisionnement composants électroniques pour CTA
 - Raidissement du contexte géopolitique avec Chine.

Annexes

Visibilité et rayonnement

- >40 présentations à des conférences et ~10 séminaires (membres et doctorants):
 - 2017: TeVPA (M. Cerruti, O. Martineau), ICRC (M. Cerruti, D. Kerszberg, J.-P. Lenain, C. Perennes)
 - 2018: VHEPU (J. Bolmont), DISCRETE (J. Bolmont), COST Action CA18108 (J. Bolmont), TS2020 (M. Cerruti), SF2A (M. Cerruti), 50 yrs of blazars and beyond (M. Cerruti, J.-P. Lenain), Monitoring the non-thermal Universe (J.-P. Lenain), UHECR (V. Decoene, O. Martineau), VHEPU (O. Martineau), TeVPA (V. Decoene, C. Perennes)
 - 2019: SPIE (S. Caroff), ICRC (V. Decoene, G. Emery, J.-P. Lenain, O. Martineau), TeVPA (C. Levy)
 - 2020: Probing XGal Universe (J. Bolmont)
 - 2021: Microquasar workshop (F. Cangemi), INTEGRAL symposium (F. Cangemi), ICRC (J.-P. Lenain, C. Levy, S. Chiche)
 - 2022: Gamma2022 (F. Cangemi, S. Caroff), PHYSTAT-Gamma (J.-P. Lenain), ARENA (O. Martineau, S. Le Coz, S. Chiche)
 - 2023: ICRC (S. Le Coz, P. Correa, G. Grolleron, S. Chiche, M. Guelfand, J.-P. Lenain), EAS (J.-P. Lenain), COST Action CA18108 (J. Bolmont), Journées du PNHE (J. Bolmont, S. Chiche, S. Le Coz)
- Accueil de la réunion bi-annuelle de la Collaboration H.E.S.S.
 - au LPNHE, 1 semaine en juin 2022
- Accueil de la réunion annuelle de la Collaboration GRAND
 - au LPNHE, 1 semaine en janvier 2022

Evolution du groupe à venir

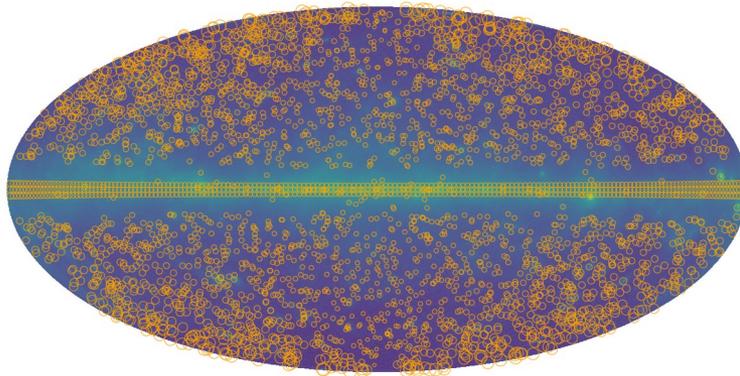
(FTE estimés)

- H.E.S.S. (20%) / CTA (80%): arrivée de D. Kerszberg (CRCN) au 01/01/2024
- Sujet de thèse à proposer pour 2024-2027 sur CTA (variabilité AGN & NectarCAM)
- GRAND: forte proportion de non-permanents (en 2024: un seul chercheur MdC pour 2 doctorants, 1 postdoc, 4 stagiaires de 2 mois à 1 an). Situation appelée à se prolonger (modulo renforts internes).

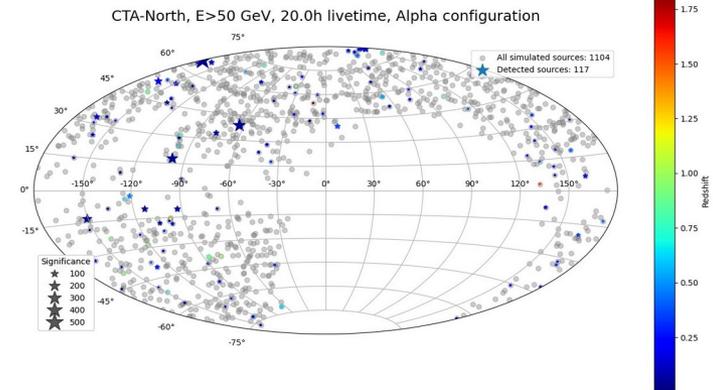
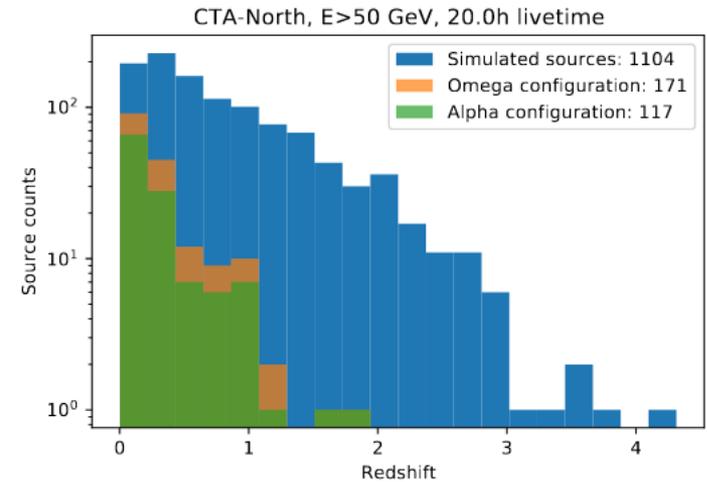


Production Scientifique - Analyses de Physique -

- CTA:
 - AGN variability & flares
 - AGN population
 - Preparation for Science Data Challenge
 - Transient alerts via FLAAPLUC plugged into FINK



Fermi-LAT regions monitored with FLAAPLUC for flares twice a day.

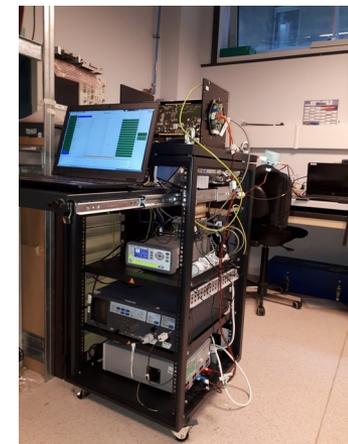
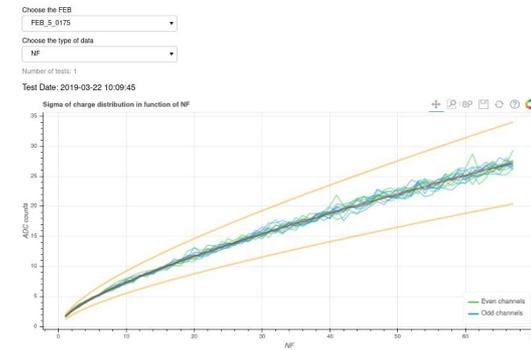


Brown et al. (2021)

Production Scientifique - Contributions techniques -

- CTA:
 - NectarCAM:
 - FEB version 5 & 6 (réduction deadtime: 7 μ s à 400 ns @ 15 kHz)
 - 2018-2019: production FEB v5 avec taux succès 99.4%
 - FEB: Firmware & communication/interface software
 - Automated test benches & software
 - Production quality monitoring
 - Participation développement [gammapy](#)
 - Développement outils calibration et analyse bas niveau NectarCAM ([nectarchain](#))

γ π



Production scientifique

- Bilan des Publications 2017-2023 du groupe RC

Quelques publications du groupe:

- Préparation des études LIV combinées entre HESS, MAGIC et VERITAS (publi externe à HESS)
ApJ, Volume 930, p. 75 (2022)
- Détection du quasar PKS 0736+017 (publi H.E.S.S.)
A&A 633, A162 (2020)
- Modélisation des effets temporels intrinsèques (publi externe à HESS, LPNHE/LUTH)
A&A, 633, A143 (2020)
- Détection GRB 180720B (publi H.E.S.S.)
Nature, Volume 575, Issue 7783, p.464-467 (2019)
- Analyse LIV pour une éruption de Mkn 501 (publi H.E.S.S.)
ApJ, 870, 93 (2019)
- Modélisation TXS 0506+056 MWL-neutrinos (modèle lepto-hadronique)
Cerruti et al., 2019, MNRAS , 483, L12
- Simulations run-wise (pour IACTs, appliqués à H.E.S.S.)
Holler, Lenain, de Naurois et al., Astroparticle Physics, 123, 102491 (2020)
- FLAAPLUC (alertes automatiques éruptions dans données *Fermi*-LAT)
Lenain, Astron.Comput. 22 (2018) 9-15
- Calibration single photo-electron (IACT & focus NectarCAM)
S. Caroff et al., SPIE (2019)
- TREND: Astroparticle Physics 110 (2019), 15-29
- GRAND white paper: Sci. China-Phys. Mech. Astron. 63 (2020) 219501
- Méthodes de simulation et analyse GRAND: Zilles, et al., Astropar. Phys., 114 10 (2020), Decoene et al., *NIM A* 986 (2021) 164803, Decoene et al., Astropart. Phys, 102779 (2022), Chiche et al., accepté par Phys Rev. Lett.