



Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

in2p3.cnrs.fr

A composite image featuring a dark space background. On the left, numerous thin, glowing lines in shades of blue, yellow, and orange radiate from a central point, resembling particle tracks or a complex network. On the right, a colorful nebula with hues of purple, pink, and blue is visible against the starry background.

Sonder les infinis : des particules au cosmos

Visite des équipes thématiques
Astroparticules & cosmologie

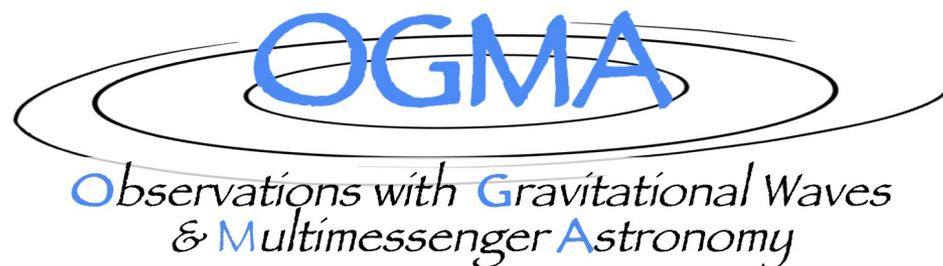
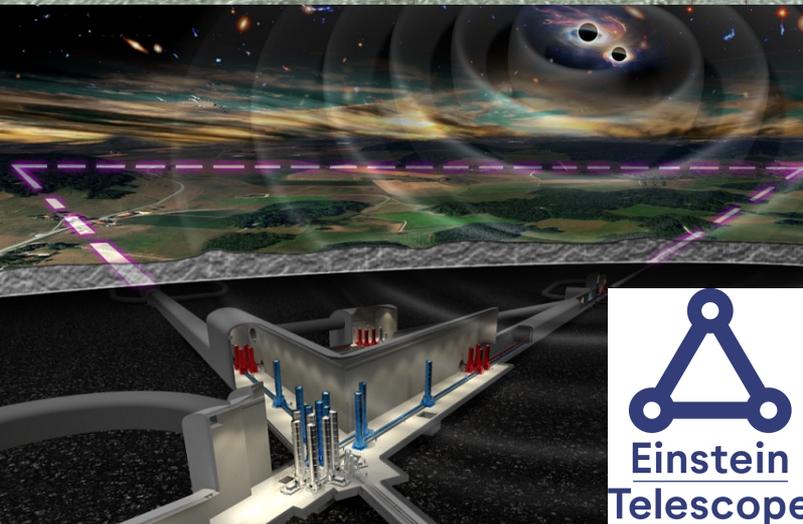
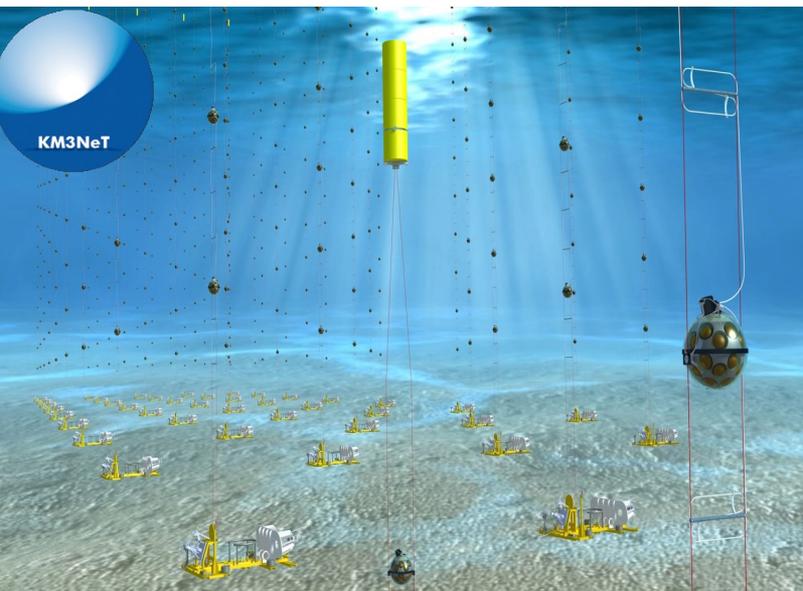
OGMA* Ondes Gravitationnelles & Messagers pour l'Astronomie

IPHC/Département Recherches Subatomiques

*Observations with **G**ravitational waves & **M**ultimessenger **A**stronomy

Responsable Equipe : Thierry Pradier

OGMA - l'équipe de recherche



Astronomie Neutrino de Haute Energie – GeV → PeV

ANTARES depuis 2001 → Arrêt 02/2022, démantèlement 06/2022

KM3NeT depuis le début → 10% ARCA, 15% ORCA déployé

Astronomie Gravitationnelle

Virgo, depuis 2019 – Einstein Telescope, en partie depuis 2020

Run Virgo/LIGO O4 en cours depuis 05/2023 (LIGO)

IN2P3



13/06/2023

Situation de l'équipe de recherche OGMA

**INEE
INSB**

Ecologie Physiologie Ethologie
Responsable : C. Habold
 Administration : E. Parentin
 Eq. scientifiques Eq. techniques

Ethologie et
 Physiologie Evolutive
 V. Viblanc

adaptations
 Physiologiques A la
 GRAVité & Santé
 A. Bergouignan

ADaptation des
 Animaux et Gestions
 Environnementales
 S. Massemin-Challet

Adaptations des
 VERTébrés marins
 aux Changements
 environnementaux
 C. Le Bohec

MIBE
 Coord. Scientifique
 Y. Handrich
 Resp. Opérationnel
 J. Courtecuisse

Biologie Moléculaire
 S. Zahn

Spectro. isotopique
 I. Chery, A. Zahariev

Génétique écologique
 H. Gachot-Neveu

CERF
 H. Gachot-Neveu

Station Guyane
 C. Habold

Du Big-Bang aux Particules
 ~60 % DRS, 25 % IPHC
 ~50% post-doctorants

Recherches Subatomiques
Responsable : J. Andrea
 Administration : M. Puerto
 Eq. scientifiques Eq. techniques

Théorie K. Sieja

Du big bang aux particules
 ALICE C. Kuhn
 Belle 2 I. Ripp- Baudot
 CMS A-C. Le Bihan
 Neutrino M. Dracos
OGMA T. Pradier
 PICSEL A. Besson

Du noyau aux étoiles
 O. Dorvaux

Energie, environnement
 et dosimétrie
 Données Nucl. pour les
 Réacteurs M. Kerveno
 Radiochimie M. Del Nero
 DeSIs N. Arbor

IN2P3

Systèmes de
 Mesure et
 d'Acquisition
 N. Olivier-Henry

plateforme C4PI
 Coord. Scientifique
 J. Baudot

Resp. Opérationnel
 C. Hu-Guo
 Plateforme
 labellisée IN2P3

Instrumentation des
 Accélérateurs
 E. Bouquerel

RaMsEs
 A. Sellam

INC

Sciences Analytiques
Responsable : E. Marchioni
 Administration : M. Rivet
 Eq. scientifiques Plateformes

Spectrométrie de
 Masse BioOrganique#
 S. Cianférani

Chimie Analytique des
 Molécules BioActives
 et Pharmacognosie
 S. Ennahar

Reconnaissance et
 Procédés de
 Séparation Moléculaire
 B. Ernst

Synthèse Pour
 l'Analyse
 L. Charbonnière

**IN2P3
INSB**

**Radiobiologie Hadronthérapie Imagerie
Moléculaire**
Responsable : P. Laquerriere
 Administration : F. Hamel
 Eq. scientifiques Plateformes

Hadronthérapie
 M. Rousseau

Imagerie
 Moléculaire
 F. Boisson

CYRCé
 Coord. Scientifique
 P. Laquerriere
 Resp. Opérationnel
 M. Pellicoli
 (PRECy, AMISSA &
 animalerie)
 Plateforme labellisée
 IN2P3

**Ondes Gravitationnelles &
 Messagers pour l'Astronomie**
 ANTARES+KM3NeT depuis 2001
 [Equipe Neutrino → 2021]
 Virgo depuis 2019
Nouvelle Equipe : CS IPHC 08/2020
 → Officialisée 01/2021
 → 3(+2) permanents actifs, 5.7 ETP
 [5.1 ETP Recherche]
 → >4.2 ETP Techniques

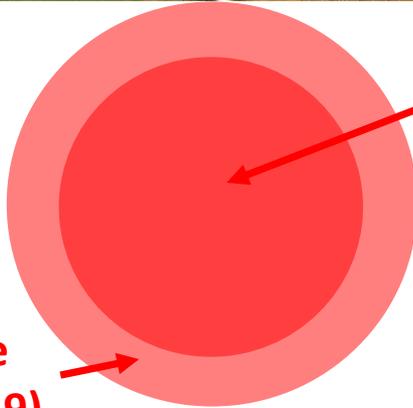


Thématiques Scientifiques OGMA



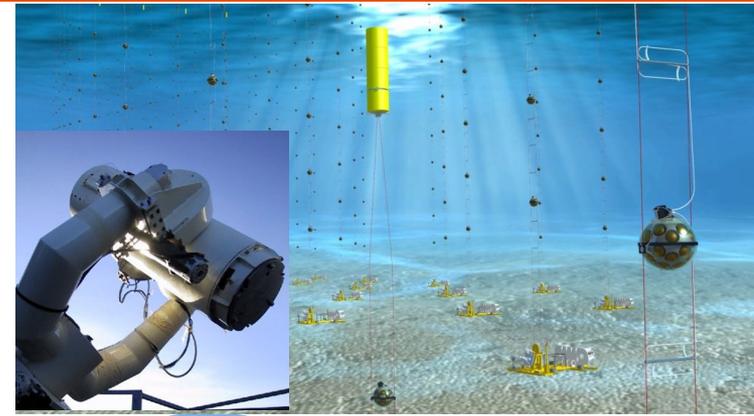
**Astronomie
Gravitationnelle
Virgo
(depuis 2019)**

**Virgo
Technique
(depuis 2019)
~2 ETP**



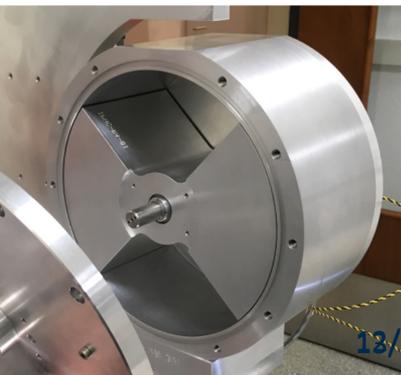
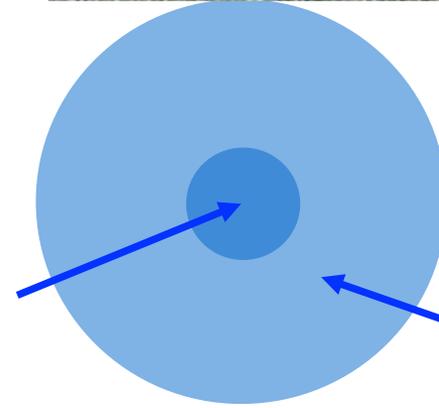
**~2 ETP permanent
+1 postdoc 2020-23
+3 PhD au 06/2023**

**~0.75 ETP permanent
1 postdoc 2017-19
1 postdoc 2018-20
1 PhD 2016-19**



**Astronomie Neutrino
KM3NeT
(depuis 2002)**

**KM3NeT
Technique
(depuis 2016)
~2 ETP**



18/06/2023



IN2P3

Implication dans les projets: ANTARES/KM3NeT



- Responsable scientifique de labo du (master) projet : **T. PRADIER**
- Responsable technique de labo du (master) projet : **S. KIHÉL (KM3NeT)**

Liste des chercheurs de l'équipe impliqués dans le projet :

- Permanents [prénom, nom, %ETPT dans le projet, (responsabilité)]
 - T. PRADIER, 75% - corrélations ondes gravitationnelles / neutrinos + suivi électromagnétiques neutrino (GRANDMA)
 - A. ALBERT, 5 % [Service tasks = Shifts + Stagiaires L3]+ D. DROUHIN, 5 % [Service tasks = Shifts + Stagiaires L3]
- 0 Post-doctorants / 0 Doctorants - dernière thèse ED 2006, dernière thèse soutenue 2019
 - Derniers postdoctorants 2017-2019 (ANR DAEMONS APC) et 2018-2020 (H2020 KM3NeT 2.0)

Liste des ingénieurs et techniciens du laboratoire impliqués dans le projet :

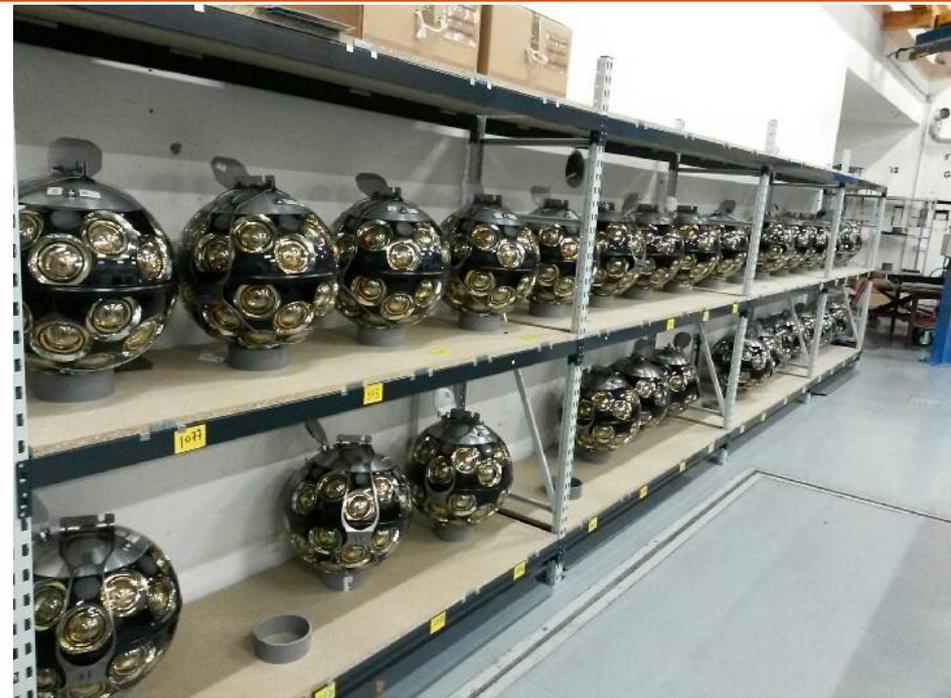
- 5 permanents – **total >2.2ETP**
 - Safia KIHÉL, IE 100% **Supervision Production des DOMs**
 - Christian WEBER, IE 100%, production des DOMs
 - Marc RICHER, IE Informatique 10% - Bancs de tests, communication Banc ↔ PC DB DAQ
 - Stella SUZANNE-OCHSENBEIN IR 10% **Local Quality Supervisor**
- + **contributions de la Mécanique** : Eddy DANGELSER (IEHC), Steve VEERAMOOTOO (AI), Valentin WEBER (CDD T), Mehmet OZTURK (AI)

Responsabilités/contributions de l'IPHC dans ANTARES/KM3NeT :

- **Production** Digital Optical Modules (DOM) KM3NeT
- (+**Supervision**) Analyses GW+HEN (ANTARES/KM3NeT + Virgo/LIGO) en ligne/hors ligne
- (+**Supervision**) Suivi électromagnétique Alertes Neutrinos (IceCube//KM3NeT) pour GRANDMA



Activités et faits marquants KM3NeT – Technique



- **2.2ETP IT – 63 DOMs produits = 3.5 DUs**
 - **Phase 1 – 9 DOMs déployés + Phase 2-1 – 9 DOMs – intégration à Caen sur DU 100% Fr !**
 - **Phase 2-2 : 18 DOMs, 1 DU – envoyés à NIKHEF pour intégration DU**
 - **Phase 2-3 en cours : 27 DOMs fermés/testés, 1.5DU**
 - 9 DOMs envoyés à NIKHEF, 18 en attente d'expédition
 - 9 DOMs en cours d'intégration
 - En attente de composants pour 27 DOMs (1.5 DUs) pour continuation run 3
 - Capacité de production : 1 DOM/semaine annoncée
- + stockage intermédiaire des composants pour Rabat avant envoi**



Juillet 2018

Pour KM3NeT : 1105 DOMs intégrés (18%), 48 DUs intégrés (14%), 18 DUs en cours (5%), 39 DUs déployées (11%)

8 sites DOMs (dont IPHC, Subatech), 6 sites DUs (dont Caen)

13/06/2023

IN2P3

Activités et faits marquants ANTARES/KM3NeT – Physique

→ **Corrélations GWHEN***, initiées à l'IPHC en 2008

Analyse « Catalogues O3 » publiée [JCAP04 \(2023\) 004](#) – initiée 2020 @ IPHC

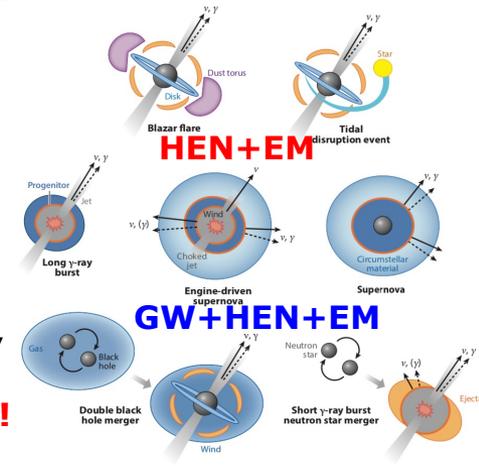
Analyse « Sous le seuil » O2-O3 en cours, menée pour LIGO/Virgo par Columbia

MoU KM3NeT + LIGO-Virgo-KAGRA en cours de revue

***GW** = Gravitational Waves, **HEN** = High Energy Neutrinos, **EM** = ElectroMagnetic emissions

→ **GRANDMA HEN** : Resp. Suivi EM* alertes HEN (IceCube, KM3NeT) avec GRANDMA, Préparation/Implémentation du suivi des alertes HEN

→ **Même objectif – Identifier/Caractériser les sources des Rayons Cosmiques !**



[Article \(TP\) accepté par A&A](#) sur méthode de suivi électromagnétique des alertes Neutrinos (IceCube/KM3NeT)

Estimating Source Distances for High Energy Neutrinos: A Method for Improving Electromagnetic Follow-up Searches

Distance probable vs Energie de la source pour différentes populations vs caractéristiques du candidat HEN

Contraintes sur distance de la source à partir des informations (notices) IceCube

-> pour observations avec télescopes (exemple [GRANDMA](#))

Puis Cross-match avec catalogue(s) de galaxies pour identifier/cibler galaxies hôtes possibles et observer la source

-> Gain de temps pour transitoires rapides (gamma-ray bursts GRB, supernovae SN...)

A droite : exemple de IC230306A

Vert : Population SN, spectre E^{-2}

Noir : population sans évolution en redshift

Violet : population GRB, spectre $E^{-2.5}$

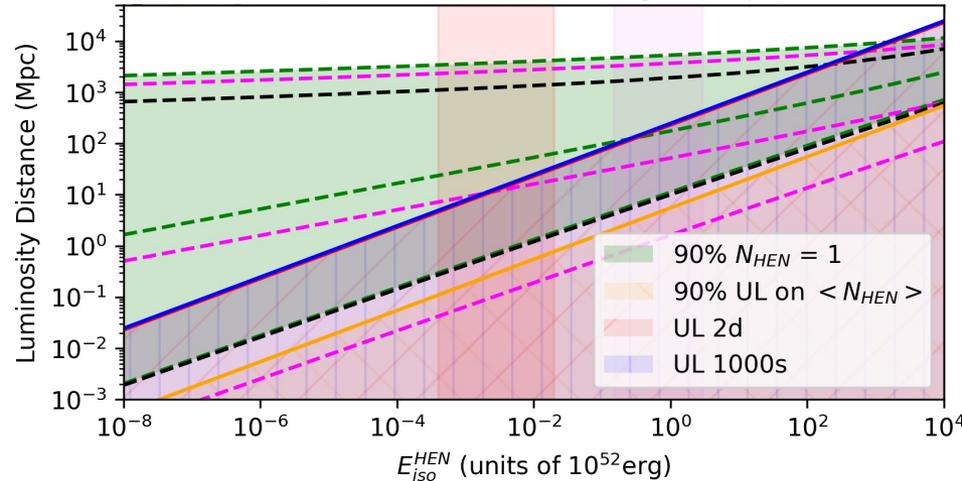
Jaune : limite inf après observation d'un neutrino

Bleu/rouge : limite inf après limite de flux par IceCube

-> la source est à 90% à une distance dans bande verte

+ contrainte sur distance > zone bleu/rouge

Bandes verticales : Énergies max. permises



Implication dans les projets: Virgo et ET

- Responsable scientifique de labo du (master) projet : B. Mours

Liste des chercheurs de l'équipe impliqués dans le projet :

• Permanents

- Benoit MOURS, DR, HDR, 100% (NCal, All sky search liaison for MBTA, Porteur de l'ANR ACALCO)
- Thierry PRADIER, MCF HC HDR, <25% (Co-responsable du WP Calibration pour Einstein Telescope)
- Pierre VAN HOVE, CR, 50%

• Post-doctorants

- Dimitri ESTEVEZ (VIRGO/EGO 07/2020 → 31/07/21, IN2P3 → 31/07/22, IN2P3+ANR → 31/07/23) 100%
(All Sky search CBC-flow liaison)
- XX (IN2P3) 1/8/23 → 31/07/25, 100%

• Doctorants

- Vincent JUSTE – VIRGO Analyse (Bourse CNRS MITI) (dir. B.M.) 1/10/20 → 30/9/23, 100%
- Antoine SYX – VIRGO NCal (Bourse ANR ACALCO)) (dir. B.M.) 1/10/21 → 30/9/24, 100%
- Thomas SAINRAT – VIRGO Analyse (Bourse Ecole Doctorale) (dir. B.M.) 1/10/22 → 31/9/25, 100%

Liste des ingénieurs et techniciens du laboratoire impliqués dans le projet :

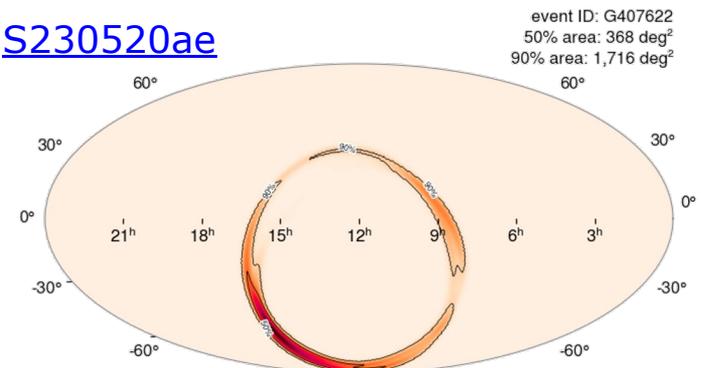
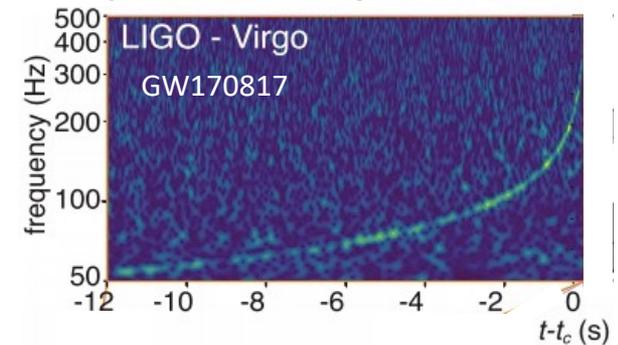
• Permanents **total ~2 ETP**

- Mécanique - Eddy DANGELSER, IEHC 50%
 - Hubert KOCHER, AI 10%
 - Marc KRAUTH, IR1 5%
 - Mehmet OZTURK, AI 50%
 - Valeria ZETER, TCE 30%
- Electronique - Cédric MATHIEU, IE-HC 40%

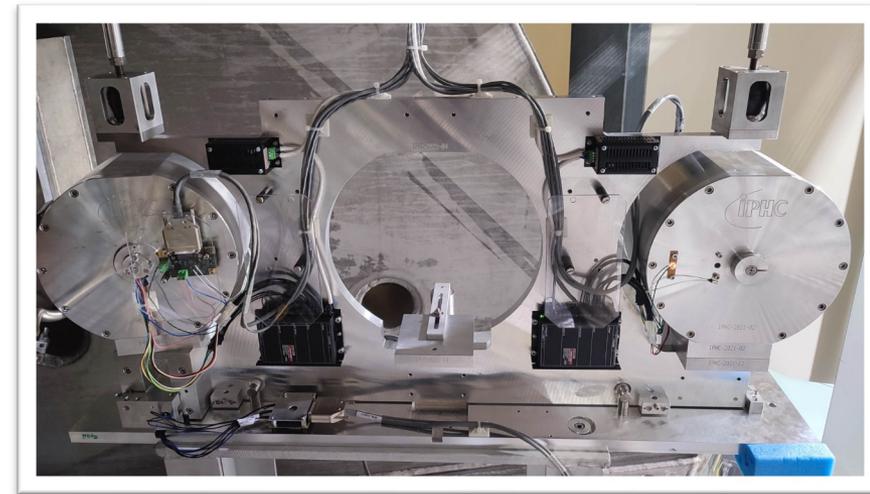
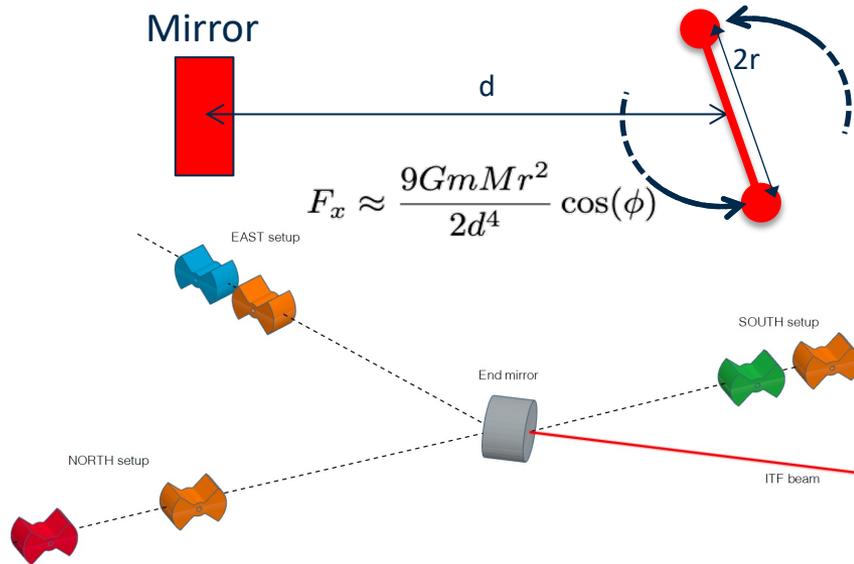
- CDD : pas de CDD ITA

Activités et faits marquants du projet Virgo: analyse

- Mise en place de l'analyse « MBTA » (recherche de binaires) pour le run O4
 - IPHC: leader du développement du pipeline MBTA
 - Seul pipeline CBC entièrement développé par Virgo (IPHC, IP2I, LAPP, Urbino)
- Nouveautés pour O4:
 - Amélioration de la classification des sources et du calcul du bruit de fond
 - BNS, BBH, NSBH
 - Envoi d'alertes pour les événements observés dans un seul détecteur
 - Recherche online de binaires "sub-solar mass" (trous noir primordiaux?)
 - Seul pipeline faisant actuellement cette recherche
 - Rajouté une analyse "early warning"
 - alerte avant la fin de la coalescence
- Participation au MDC de validation pendant 2022
- Pipeline en ligne dès le début du run
 - Exemple d'alerte publique fournie par MBTA: [S230520ae](#)
- Préparation de l'analyse offline



Activités et faits marquants du projet Virgo: detecteur



- **NCal: Calibration de Virgo avec la force de gravitation**
 - Mise en place du système "NCal" sur le site de Virgo
 - Six rotors installés et testés
 - Précision préliminaire: 0.26 %
 - Différence NCal-PCal: 3% (préliminaire)
 - Meilleur résultat de tous les systèmes de calibration LIGO-Virgo
 - Début de la préparation de l'upgrade pour O5
- **Acquisition des données de Virgo**
 - Maintenance et évolution de logiciels pour la DAQ
 - Fonctionnement 365 jours/an, même hors prise de données



Production scientifique de l'équipe OGMA

• Thèses récentes soutenues dans l'équipe

- **Dernière thèse ANTARES/KM3NeT - M. Organokov** (2016 → 10/2019) : ANTARES search for High Energy Neutrinos from TeV-emitting Blazars, Mrk 421 and Mrk 501, in coincidence with HAWC gamma-ray flares
- 3 thèses **Virgo** en cours (CNRS MITI, ANR ACALCO, ED Unistra)

• 3 publications emblématiques de l'équipe dans revues à comité de lecture

• Virgo Calibration

- Relative calibration of the LIGO and Virgo detectors using astrophysical events from their third observing run, **corresponding author** D. Estevez, [Class. Quant. Grav. 39 \(2022\) 19, 195019](#)

• Virgo Analyse MBTA

- Assessing the compact-binary merger candidates reported by the MBTA pipeline in the LIGO-Virgo O3 run: probability of astrophysical origin, classification, and associated uncertainties, **corresponding author** D. Estevez, [Class. Quantum Grav. 39 \(2022\) 055002](#)
- GWTC-3: Compact Binary Coalescences Observed by LIGO and Virgo During the Second Part of the Third Observing Run, LIGO Scientific and VIRGO and KAGRA Collaborations, R. Abbott, [Accepted by PRX](#)

• ANTARES/KM3NeT – Corrélations HW-HEN-EM

- Search for neutrino counterparts to the gravitational wave sources from LIGO/Virgo O3 run with the ANTARES detector, ANTARES Collaboration, publiée [JCAP04 \(2023\) 004](#)
- Estimating Source Distances for High Energy Neutrinos: A Method for Improving Electromagnetic Follow-up Searches, TP, [accepté A&A](#) (Letter)

• 3 publications récentes de conférence à forte contribution de l'équipe :

• Passages aux conseils scientifiques de labo (3 ans)

- Création de l'équipe OGMA, 08/2020 - [Lien vers Rapport du CS](#)

Evolution anticipée de l'équipe (3-5 ans)

- Evolution scientifique de l'équipe dans les prochaines années
- Déplacement du centre de gravité des activités de KM3NeT (~0.5 ETP Recherche) vers Virgo (4.6 ETP Recherche)
- Renforcement de l'axe Ondes Gravitationnelles

- Fin de production des DOMs KM3NeT >2028 - Production pour ORCA puis pour ARCA

- Nouveaux projets en vue (inclus réponse aux appels ANR, Europe, appel d'offre locaux, ...)
- Si recrutement MCF/CR et/ou promotion PR – AAP « Attractivité » IdEx Unistra (doctorant, postdoctorant)
- Participation à la proposition ACME (HORIZON-INFRA-2023-SERV-01) (demande d'un post-doc)
- Suite du projet ANR ACALCO en 2025 (financement hardware + un post-doc ou doctorant)

- Evolution de la composition de l'équipe (départs/arrivées permanents, docs, post-docs, ...)
- 1 Candidate thèse ED 2023 mais prise ailleurs juste avant l'audition
- Maintien du nombre de post-docs et doctorant dans les prochaines années
- Départ à la retraite de B. Mours (date ?), Eméritat ?

- Départ en retraite de C. Weber (DOM KM3NeT) au plus tôt en 2025 -> à anticiper (demande T ou AI)

- Attente vis-à-vis de l'IN2P3
 - Priorité: un poste de charge de recherche pour Virgo/ET
 - Plus un financement doctorant pour Virgo l'année prochaine