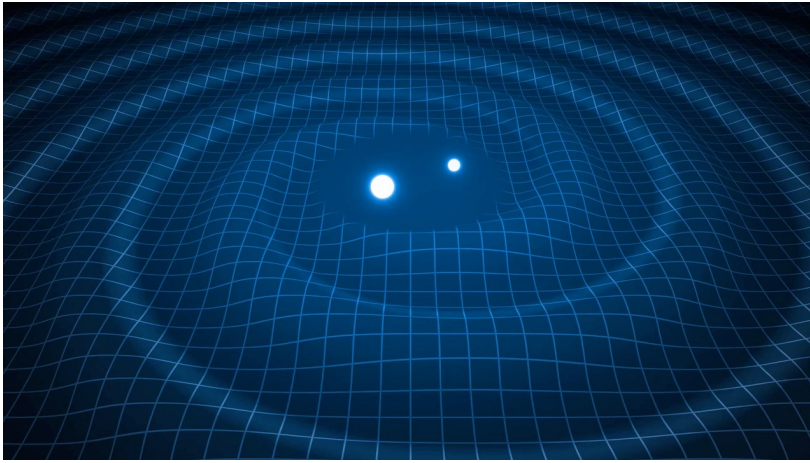


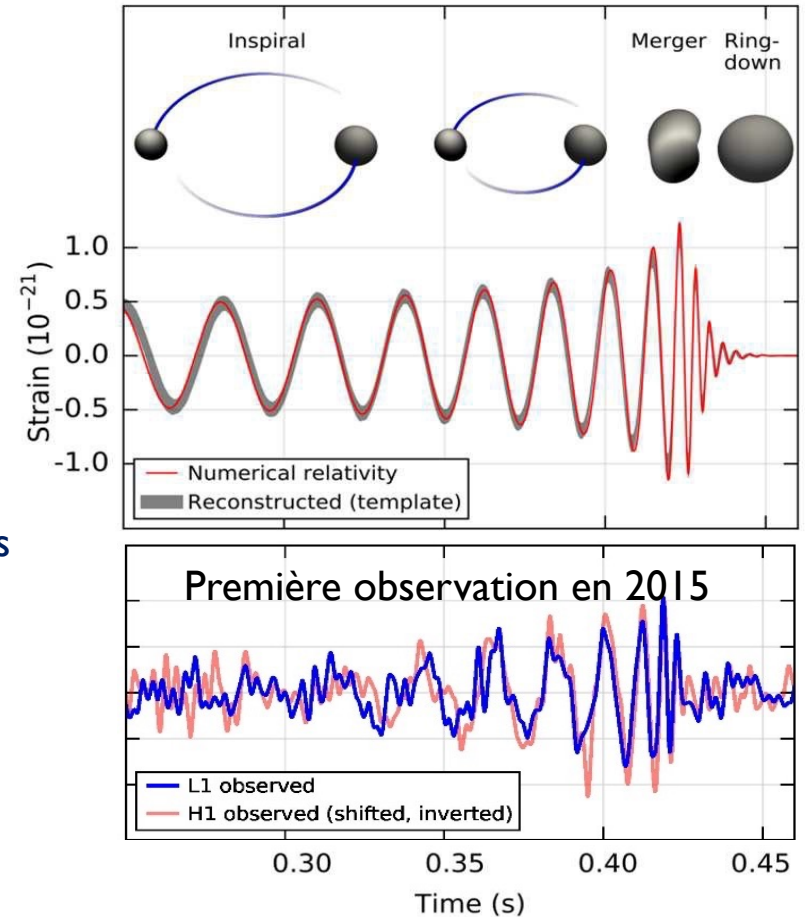
**OGMA: Ondes Gravitationnelles
et Messagers pour l'Astronomie**
Virgo ... + LIGO + KAGRA

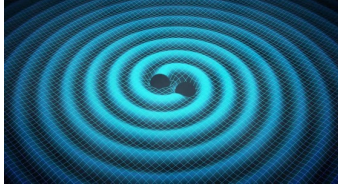
Benoit Mours



Ondes gravitationnelles?

- ▶ O.G. = déformation de l'espace-temps qui se propage
- ▶ Masse accéléré → ondes gravitationnelles
- ▶ La génération d'O.G. nécessite des conditions extrêmes
 - Source = phénomène astrophysique violent
 - Exemple: deux trous noirs et/ou étoile à neutron en orbite:
- ▶ 2015: première observation d'O.G.: une binaire de trous noirs
 - Trous noirs de 29 et 36 fois la masse du Soleil
 - Distance: 1.3 milliard d'années lumières
 - Brièvement plus puissant que toutes les galaxies de l'Univers
 - Brièvement plus « brillant » que la pleine lune malgré la distance
 - Déformation de l'amphi pour la première observation: 10^{-20} m
 - → un challenge pour la détection



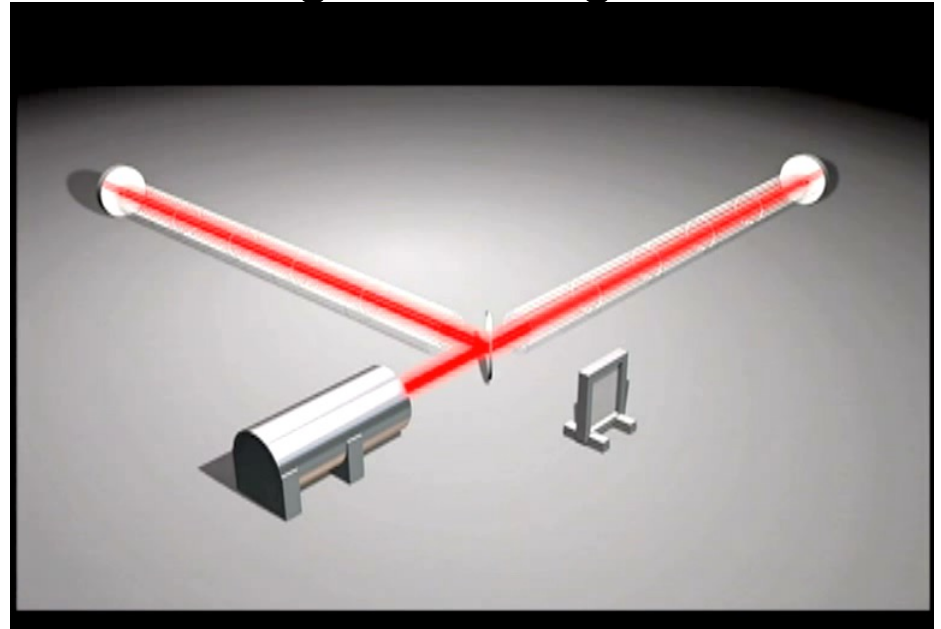


Des interféromètres pour détecter les O.G.

- ▶ Les ondes gravitationnelles sont très faibles sur terre:

$$h = \frac{\delta L}{L} \leq 10^{-21}$$

- ▶ Il faut mesurer de faibles déplacements sur de grandes longueurs
→ Grands interféromètres



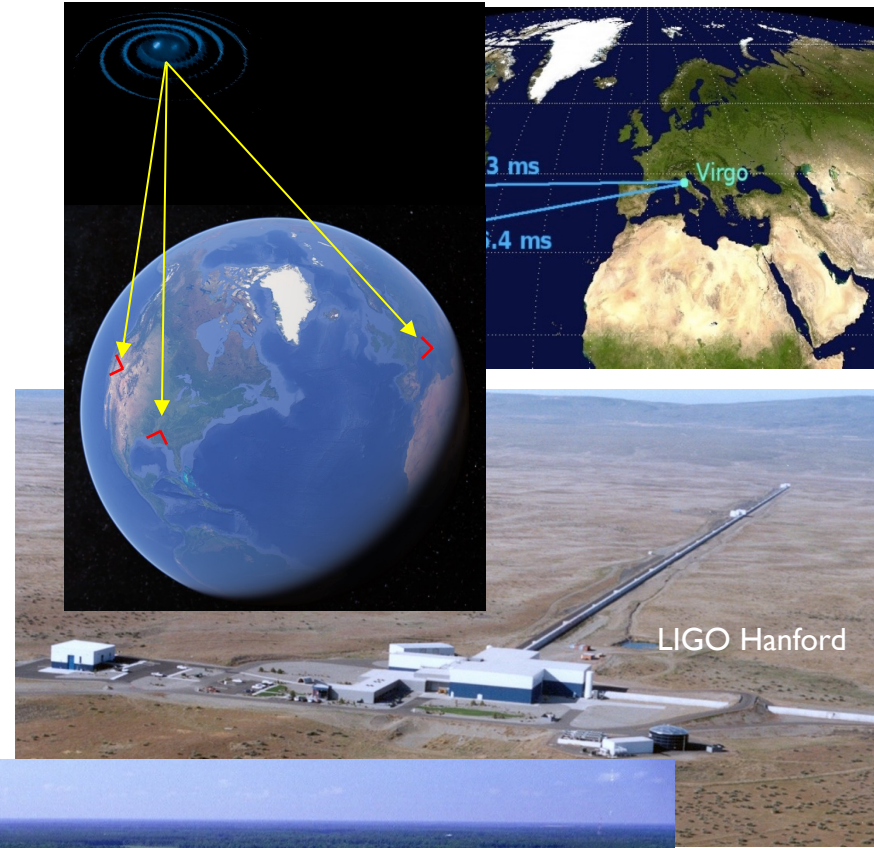


LIGO
Scientific
Collaboration



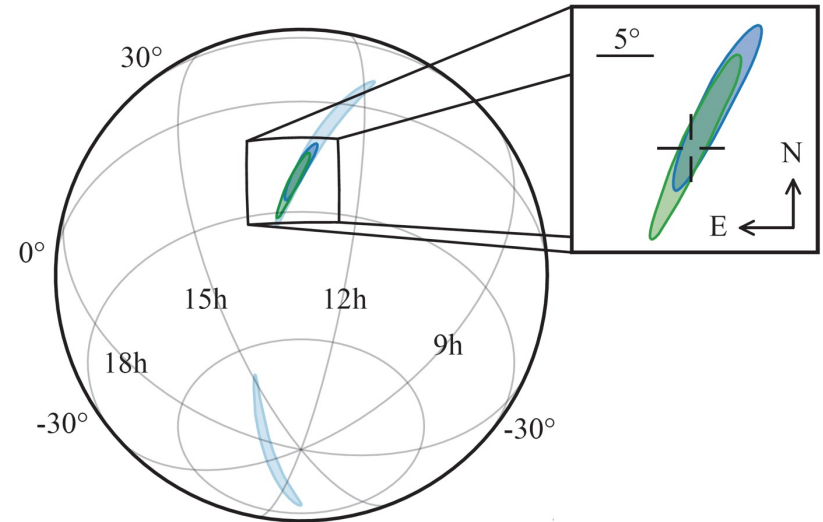
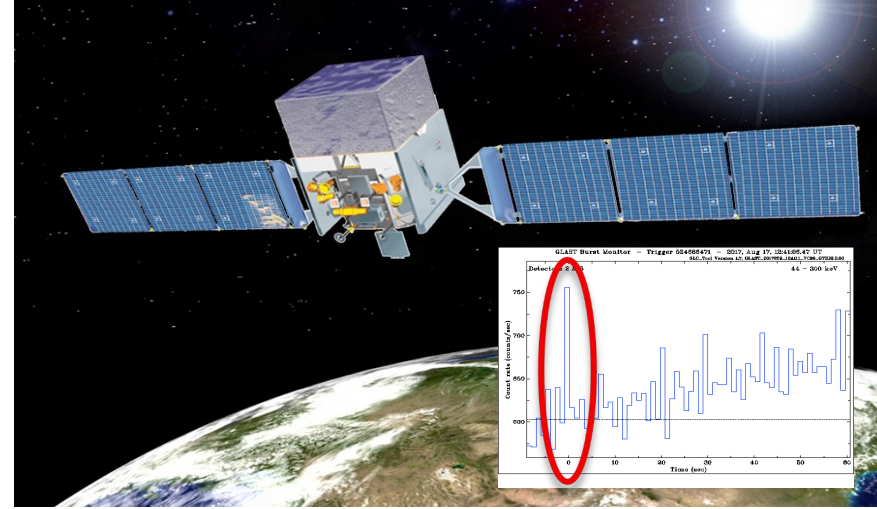
LIGO-Virgo : un réseau mondial

- ▶ Réseau pour:
 - La validation du signal,
 - La localisation de la source,
- ▶ Accord LIGO – Virgo depuis 2007
 - Mise en commun des données
 - Prises de données communes

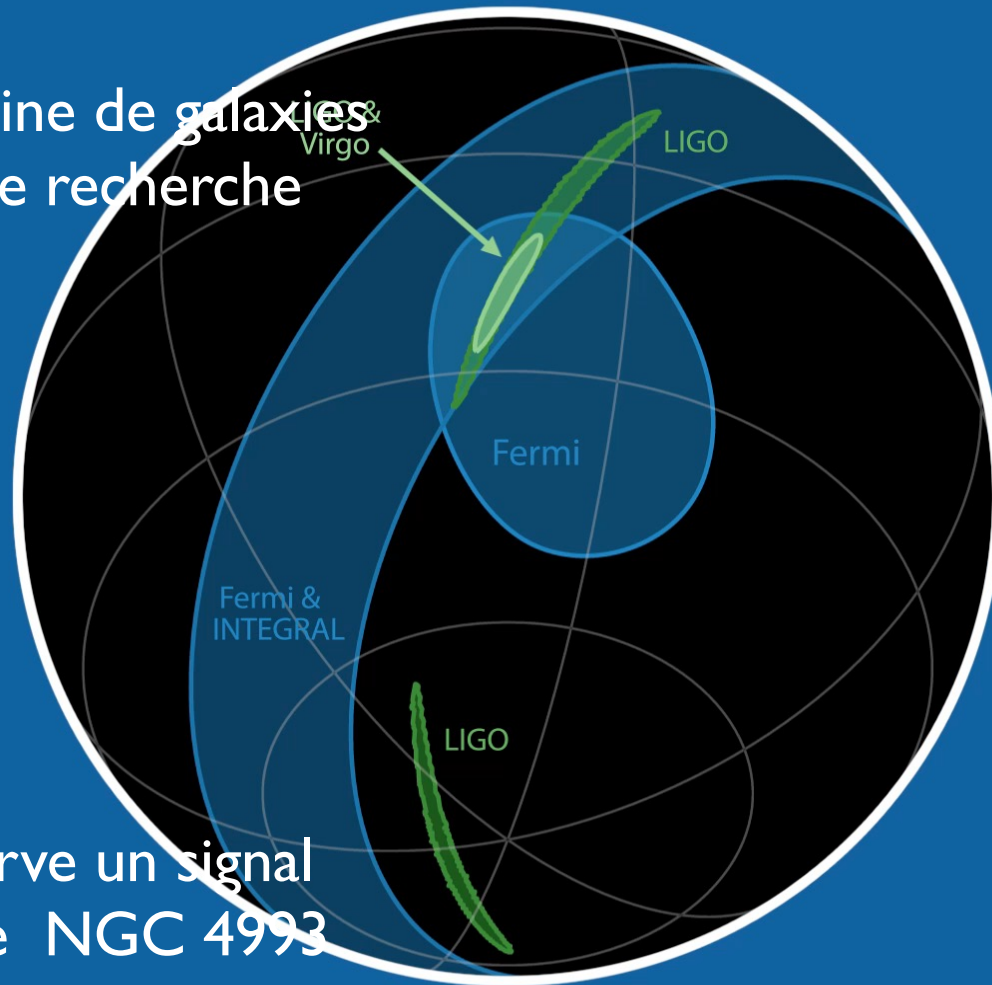


GW170817: 17 août 2017,

- ▶ Alerte sursaut gamma court de faible intensité
 - Direction mal déterminée
 - A priori sans intérêt ...
- ▶ Alerte LIGO-Virgo peu après
 - Candidat binaire étoile à neutrons
- ▶ Carte du ciel O.G. beaucoup plus petite
- ▶ Les O.G. fournissent aussi une distance
 - 130 millions d'années lumière
- ▶ Les télescopes peuvent commencer à chercher

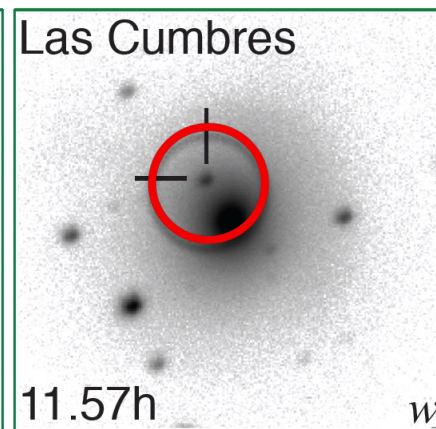
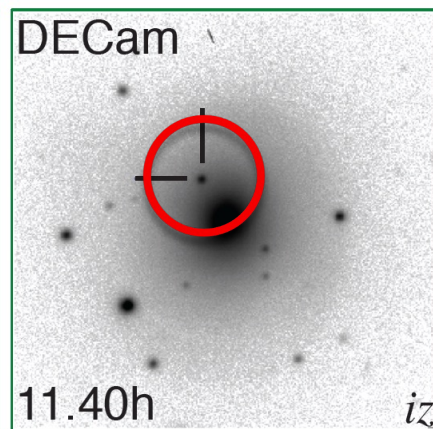
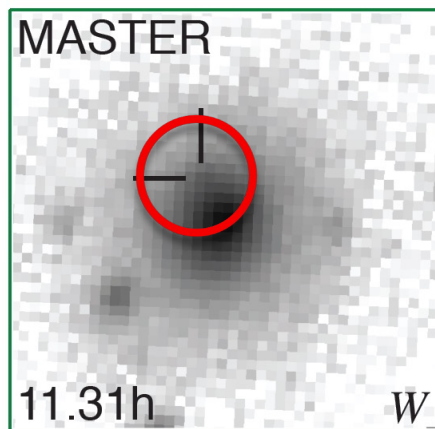
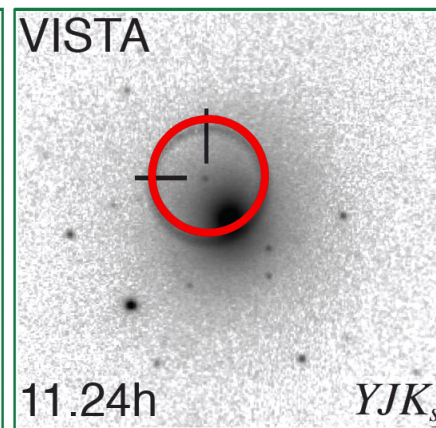
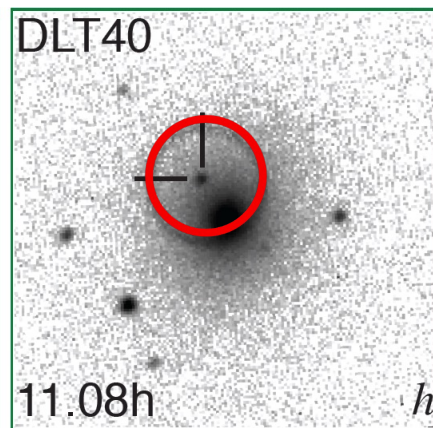
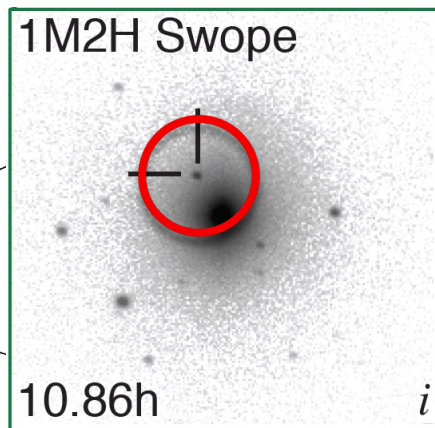
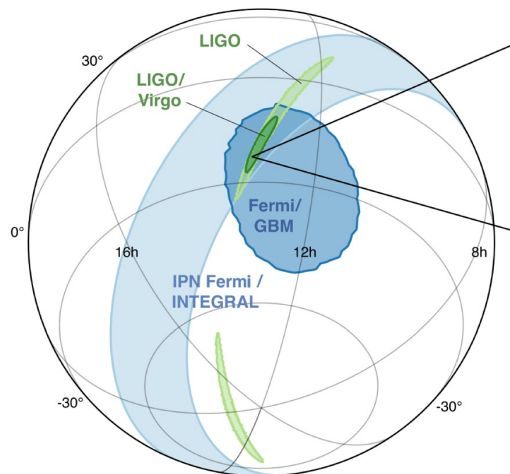


Une cinquantaine de galaxies
dans la zone de recherche



SWOPE observe un signal
dans la galaxie NGC 4993

Une ruée vers la source



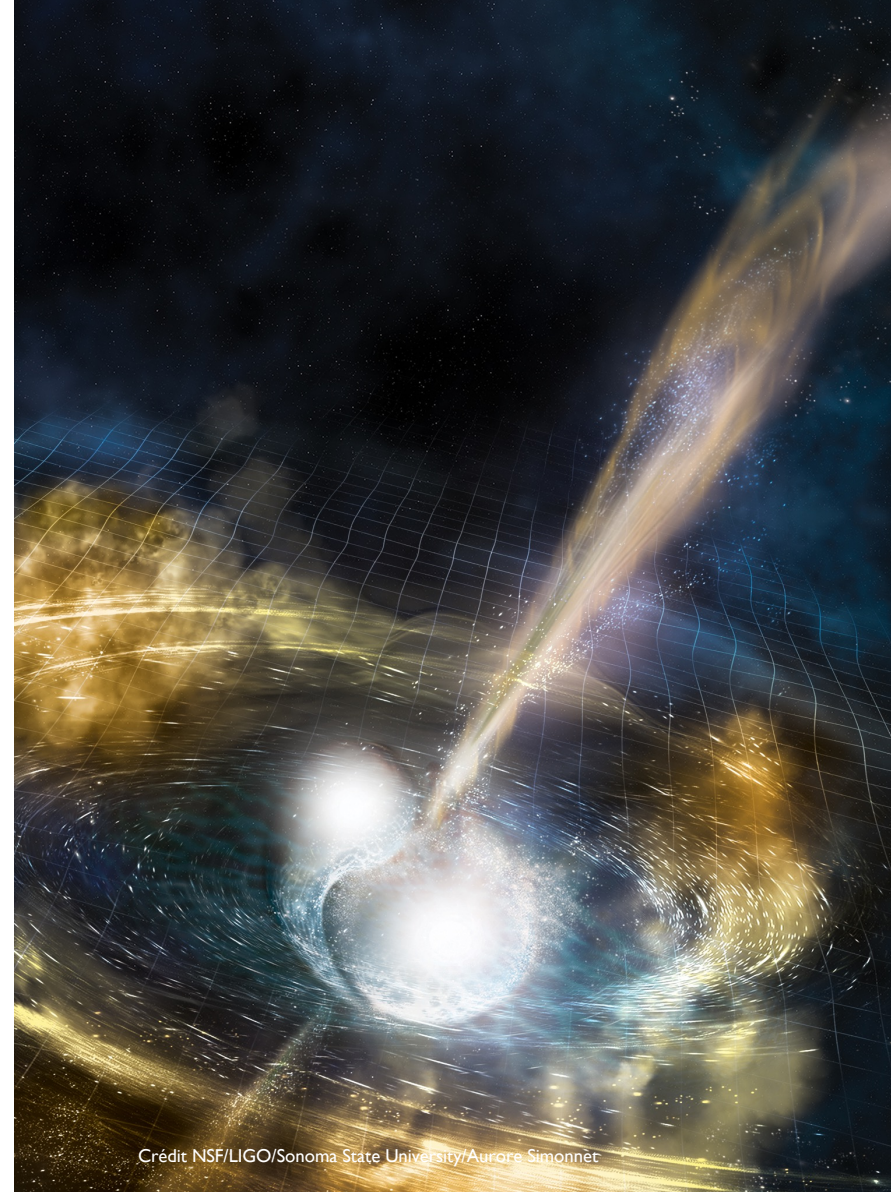
$T_0 + 12$ heures: alerte de 1M2H Swope



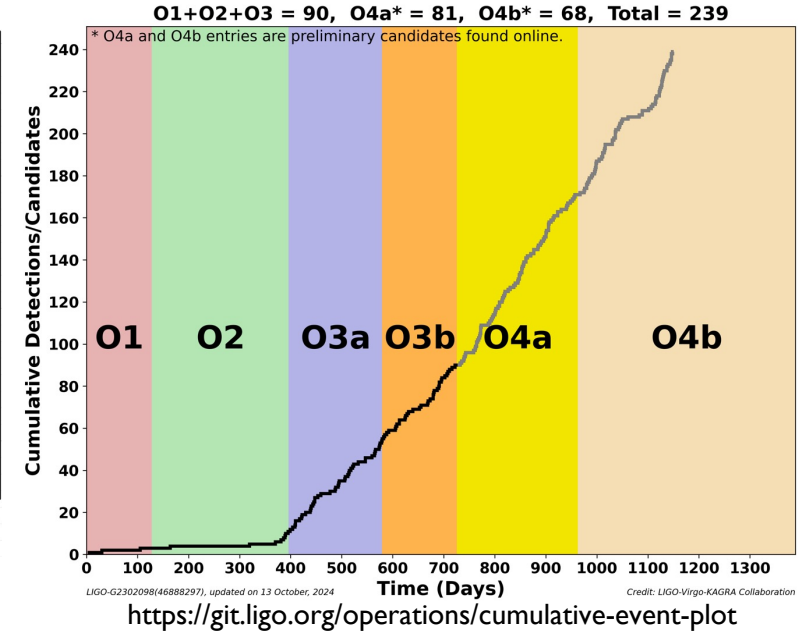
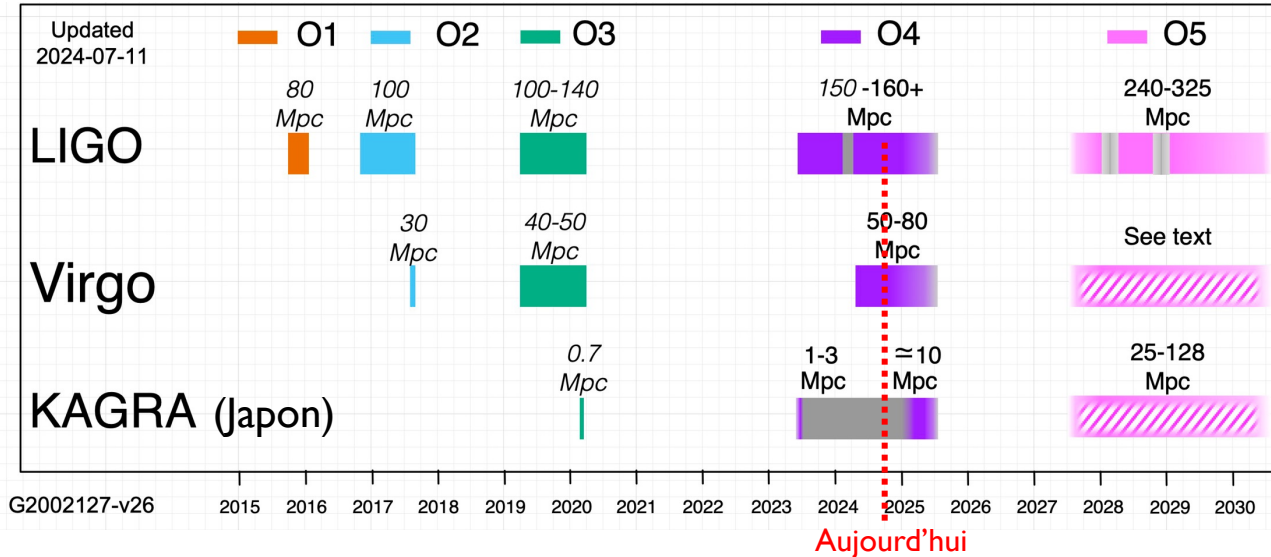
GW170817 + GRB170817A + AT2017gfo

Premières observations...

- ▶ O.G. de la fusion d'étoiles à neutrons
 - + Un sursaut gamma
 - + Une source lumineuse
- ▶ Contributions de plus de 70 instruments
- ▶ Une moisson de résultats tels que:
 - Physique des étoiles à neutrons
 - Etude de la matière très dense
 - Origine des sursauts gamma courts
 - Origine des éléments chimique les plus lourds
 - Vitesse d'expansion de l'Univers
 - Test de la relativité générale



Ondes Gravitationnelles: un domaine en rapide évolution



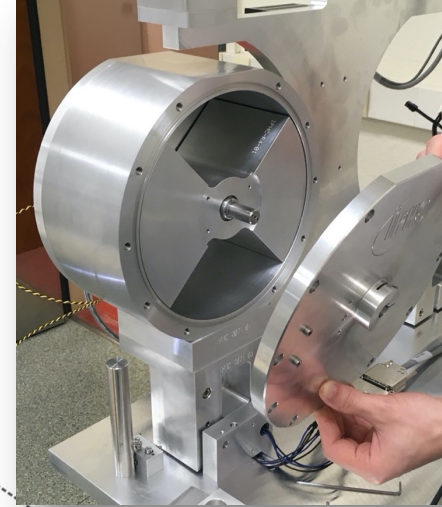
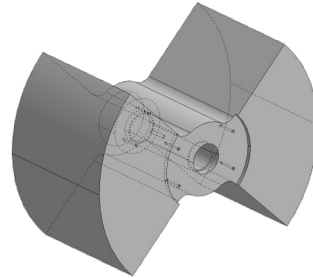
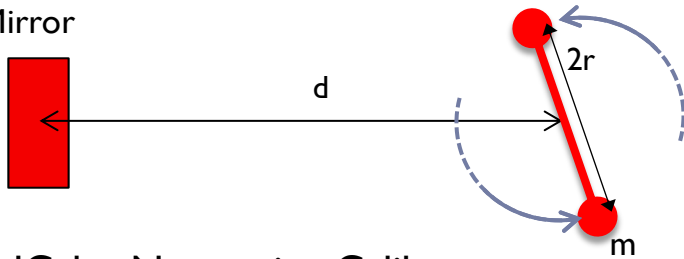
- ▶ 2015: Première détection: deux trous noirs
- ▶ 2017: Première binaire d'étoile à neutrons
- ▶ 2018: Premier catalogue LIGO-Virgo: 11 évènements (O1+O2)
- ▶ Augmentation du taux d'évènements d'un facteur 2 à 4 d'une prise de données à la suivante
- ▶ Aujourd'hui: trois à quatre évènements par semaine

O.G./Virgo à l'IPHC

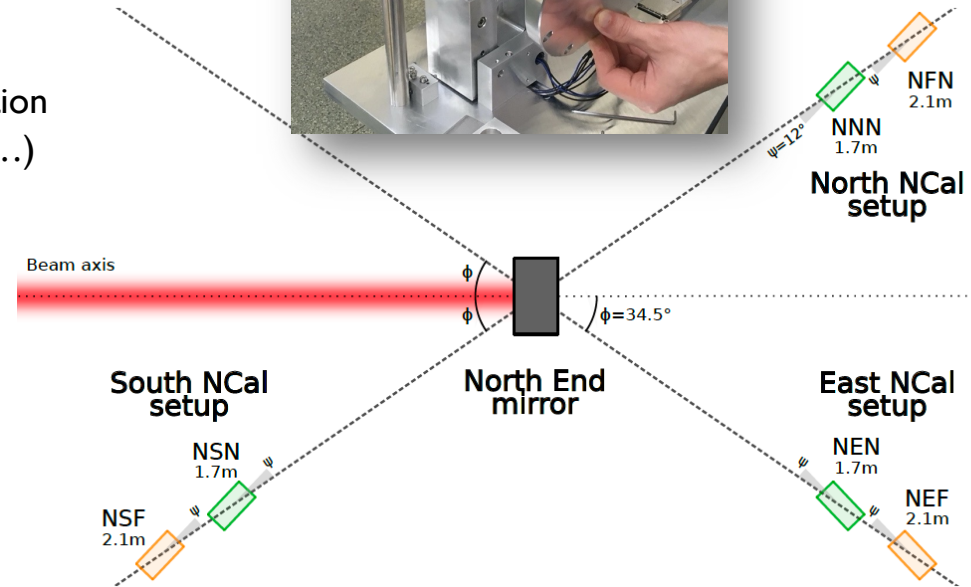
- ▶ L'IPHC rejoint la collaboration Virgo en 2019
 - 2021: Création de l'équipe OGMA :Virgo + KM3NeT
 - ▶ Voir présentation de Thierry Pradier cette après-midi
- ▶ Le groupe Virgo aujourd'hui (~ 7 ETP)
 - Physiciens:
 - ▶ Florian Aubin (postdoc), Benoit Mours, Thierry Pradier, Thomas Sainrat (Doctorant), Pierre Van Hove + 2 thèses soutenues en 2023 (Vincent Juste) et 2024 (Antoine Syx)
 - ITA:
 - ▶ Eddy Dangelser, Thierry Goeltzenlichter, Dominique Thomas, Marc Kruth, Cédric Mathieu, ...
+ Alessia Romagnoli Cecchini et bien d'autres qui travaillent pour faire marcher l'IPHC
- ▶ Activités: instrumentation et analyse des données

Développement technique: NCal (+ support DAQ)

Mirror

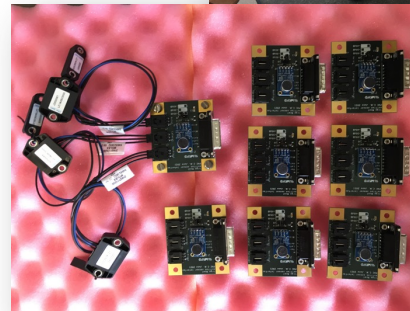
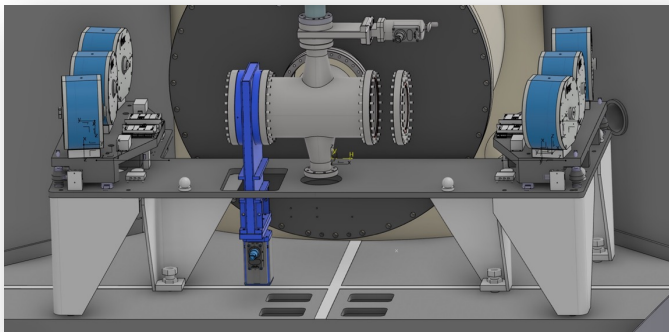
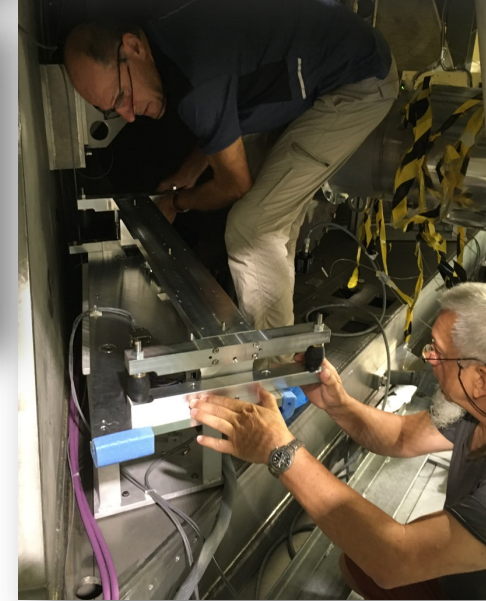


- ▶ NCal = Newtonian Calibrator
 - Générateur de champ gravitationnel variable
- ▶ But:
 - Bouger un miroir d'une quantité connue avec la gravitation
 - Nécessaire pour physique de précision (mesure de H_0 ...)
- ▶ Activités démarrée en 2020
 - 2022-2023: installation sur site de 6 rotors
 - En opération depuis aout 2023
 - Amélioration en parallèle
- ▶ Fournit l'étalonnage absolu de Virgo
 - Système unique dans LIGO-Virgo
 - Précision: 0.12%




NCal un système complet réalisé par l'IPHC

- ▶ Des challenges:
 - d'usinage
 - de métrologie
 - d'intégration
 - de mise au point
 - d'évolution
- ▶ De la mécanique, mais aussi
 - de l'électronique,
 - de l'administration
- ▶ Upgrade en cours pour équiper un autre miroir
- ▶ Possible grâce aux multiple compétences de l'IPHC (actuellement...)



L'analyse des données LIGO-Virgo à l'IPHC

- ▶ Développement de la chaine d'analyse "MBTA"
 - Recherche en ligne de binaires pour des alertes publiques
 - Réanalyse offline pour les catalogues
 - Exemples de nouveautés pour la prise de données O4
 - ▶ Améliorations des performances du pipeline
 - Classification des sources,
 - Localisation,
 - latence...
 - ▶ Recherche online de "sub-solar mass" (trous noir primordiaux?)
 - ▶ Pré-alertes pour les sources légères
 - L'IPHC est leader pour le développement de MBTA
- ▶ Participation aux shifts de validation des candidats
- ▶ Contribution à la recherche OG-neutrinos

 **General Coordinates Network**

Missions Notices Circulars

New Swift-BAT/GUANO and IceCube Notice Types Available! See [news and announcements](#)

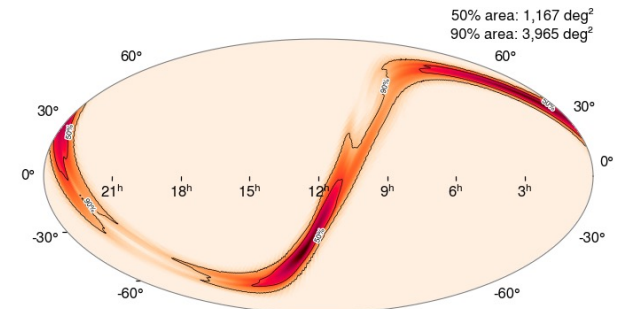
[← Back](#) [Text](#) [JSON](#) [Cite \(ADS\)](#)

GCN Circular 34124

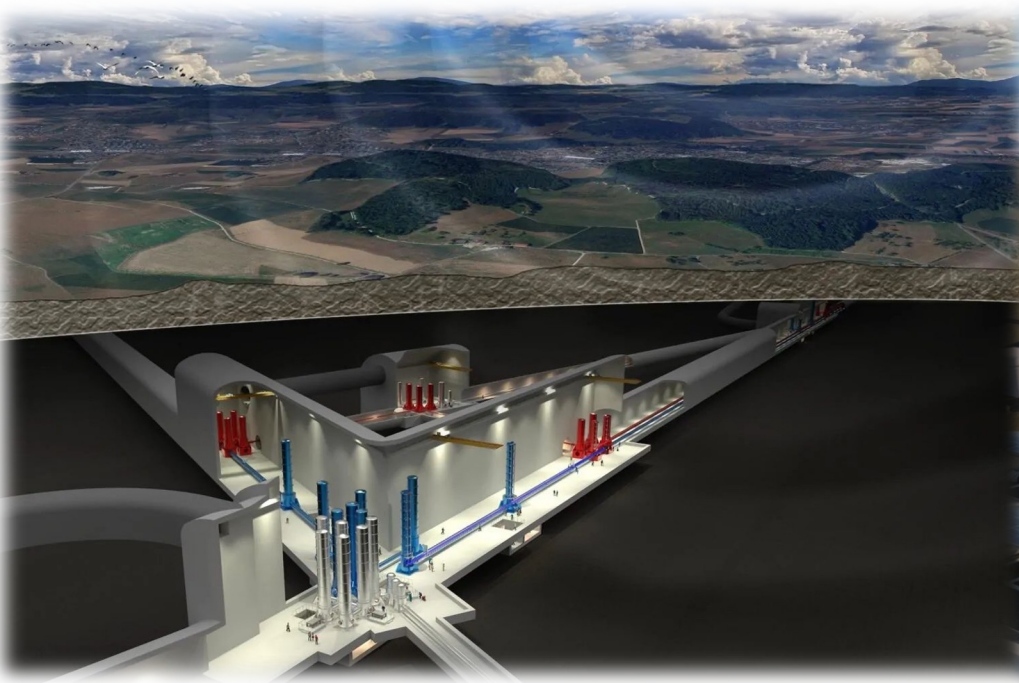
Subject LIGO/Virgo/KAGRA S230630am: Identification of a GW compact binary merger candidate
Date 2023-06-30 12:58:06.902 UTC (30 days ago)
From thomas.sainrat@iphc.cnrs.fr

The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration, and the KAGRA Collaboration report:

We identified the compact binary merger candidate S230630am during real-time processing of data from LIGO Hanford Observatory (H1) and LIGO Livingston Observatory (L1) at 2023-06-30 12:58:06.902 UTC (GPS time: 1372165104.902). The candidate was found by the CWB [1], MBTA [2], and GstLAL [3] analysis pipelines.



...et cela ne fait que commencer



- ▶ Einstein Telescope (ET) et Cosmic Explorer (CE) à l'horizon 2040
- ▶ De 10 à 40 km de long
- ▶ Au moins 10 fois plus sensible → 1000 fois plus de source
- ▶ De nouveaux challenges pour l'analyse et la calibration...