

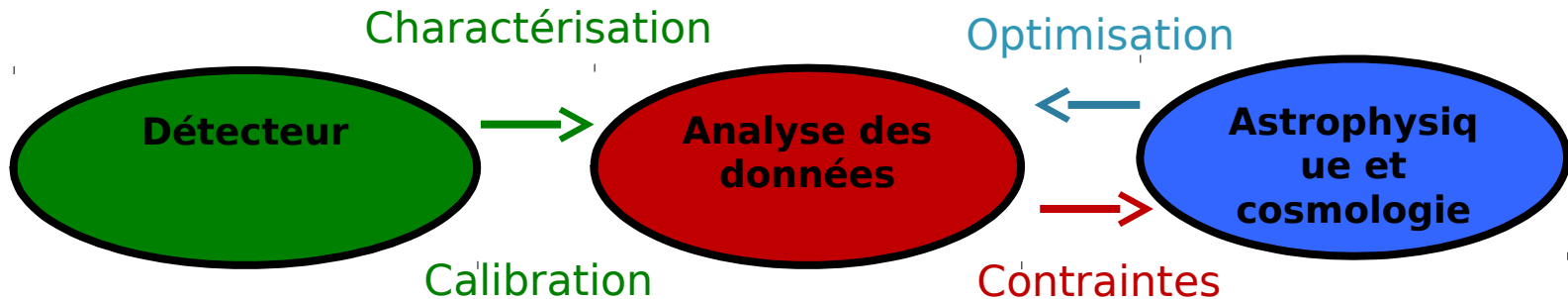
ANALYSE DES DONNEES VIRGO au LAPP

Réunion astro/cosmo, LAPP, 6 Décembre 2017

Virgo au LAPP

Groupe: 9 permanents, 3 doctorants, 11 ingénieurs & techniciens

Activités: Impliqué dans tous les aspects de l'expérience:
instrumentation, analyse des données, astrophysique & cosmologie

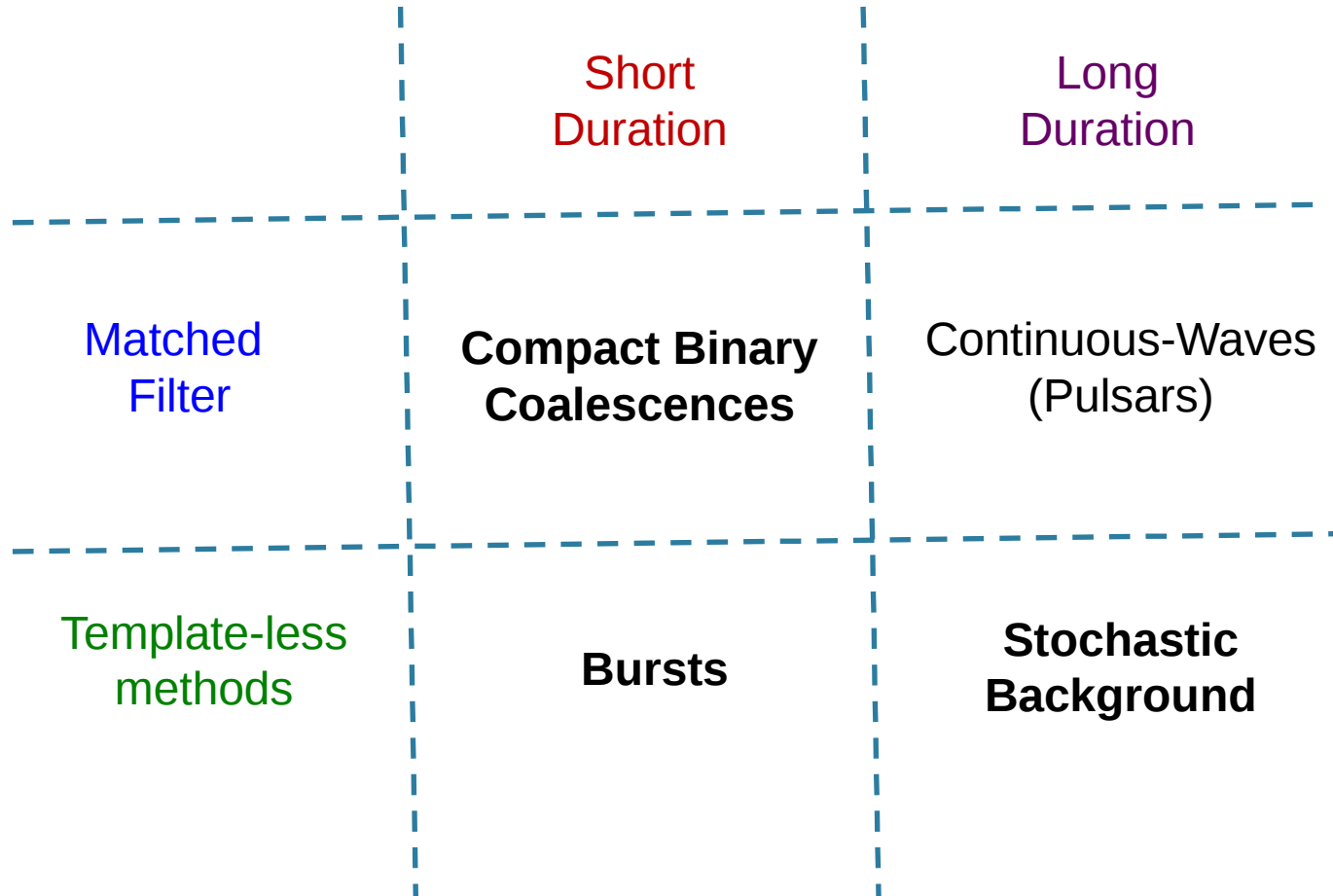


Analyse dans LIGO/VIRGO

L'analyse des données dans LIGO/Virgo se partage en 4 groupes qui correspondent aux 4 catégories de sources avec chacune leur(s) méthode(s) de détection spécifiques.

- **Compact Binary Coalescences:** forme d'onde très bien modélisée par la théorie post newtoniennes (phase spiralante) et des perturbations (oscillation finale). Technique du filtre adapté.
- **Bursts:** forme d'onde mal modélisée. Recherche d'un excès de puissance dans le domaine temps/fréquence simultanément dans plusieurs détecteurs.
- **Continuous Waves:** sources qui évoluent très peu pendant le temps d'observation. Typiquement les pulsars. Intégration sur de longues période de temps. Recherche aveugle ou dirigée.
- **Stochastiques:** ensemble de toutes les sources que l'on ne peut pas résoudre individuellement. Méthode de corrélation entre détecteurs pour séparer le signal du bruit.

Analyse dans LIGO/VIRGO



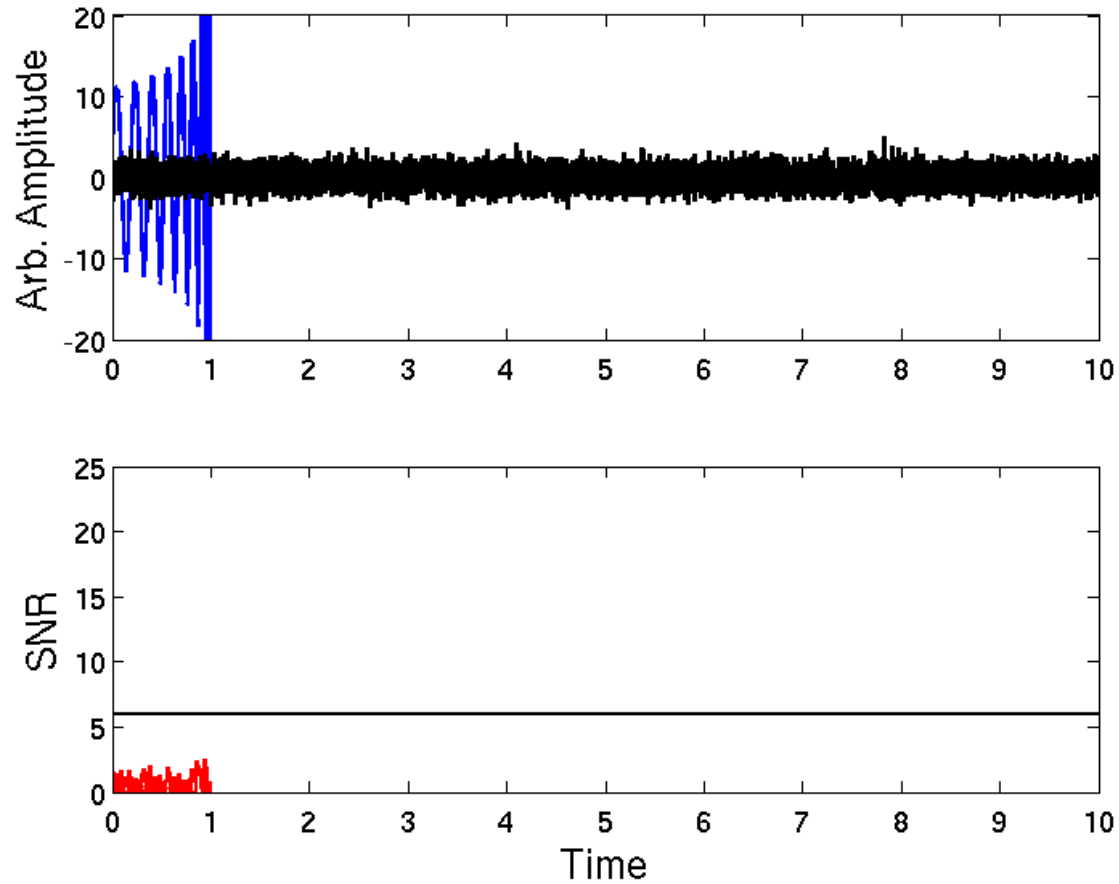
Coalescences de Binaires Compactes

- Virgo/LIGO dispose de 3 logiciels d'analyses basée sur la méthode du filtre adapté (GSTLAL, PyCBC, MBTA).
- L'équipe Virgo du LAPP a développé le logiciel MBTA qui analyse les données en temps réel et permet ainsi de lancer des alertes aux partenaires astronomes pour l'identification de contre-parties optiques (sursaut gamma, afterglow, neutrinos).
- Les enjeux majeurs pour lancer les alertes sont **la latence** et **la localisation** de la source (triangulation, catalogues de galaxies, observations EM).
- MBTA a été principalement développé pour la recherche de systèmes binaires d'étoiles à neutrons mais après les premières détections a été étendu à des systèmes plus massifs (étoile à neutrons/trou noir ou trou noir/trou noir).
- Nous sommes aussi impliqué dans l'analyse différée combinée (cohérente) avec les sursauts gamma (burst+CBC).

Match Filtering



Credit Chad Hanna



Localisation GW170817

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 848:L13 (27pp), 2017 October 20

Abbott et al.

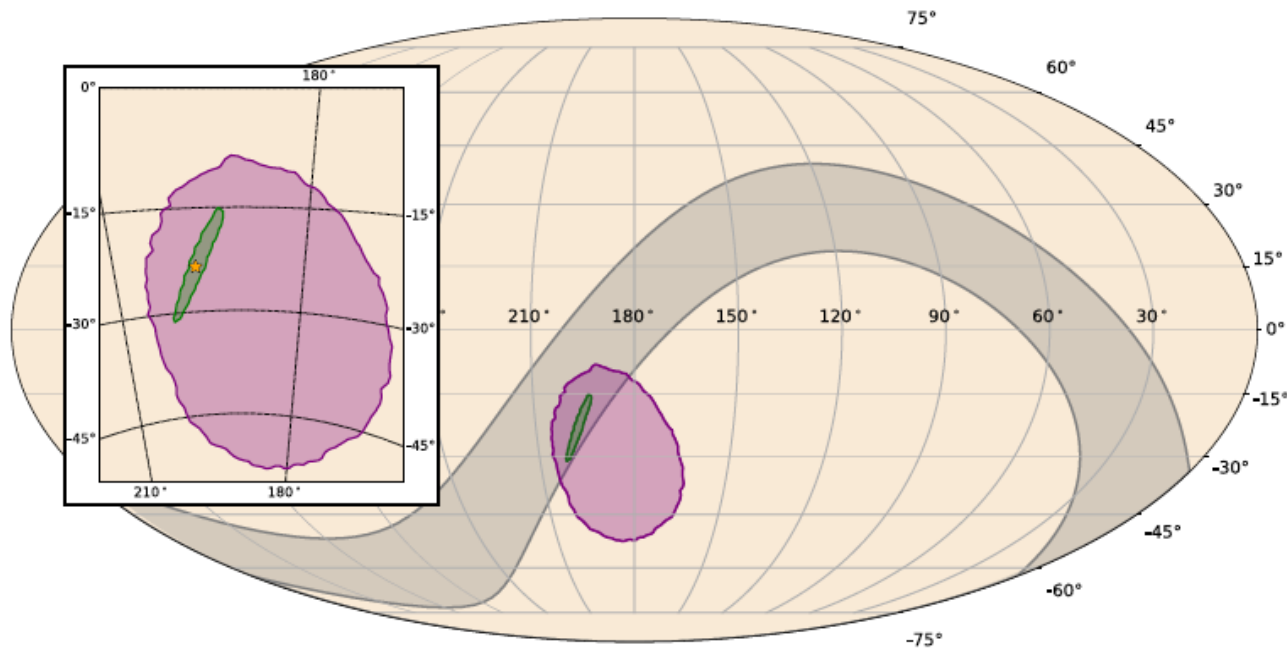


Figure 1. Final localizations. The 90% contour for the final sky-localization map from LIGO–Virgo is shown in green (LIGO Scientific Collaboration & Virgo Collaboration 2017a, 2017b, 2017c). The 90% GBM targeted search localization is overlaid in purple (Goldstein et al. 2017). The 90% annulus determined with *Fermi* and *INTEGRAL* timing information is shaded in gray (Svinkin et al. 2017). The zoomed inset also shows the position of the optical transient marked as a yellow star (Abbott et al. 2017f; Coulter et al. 2017a, 2017b). The axes are R.A. and decl. in the Equatorial coordinate system.

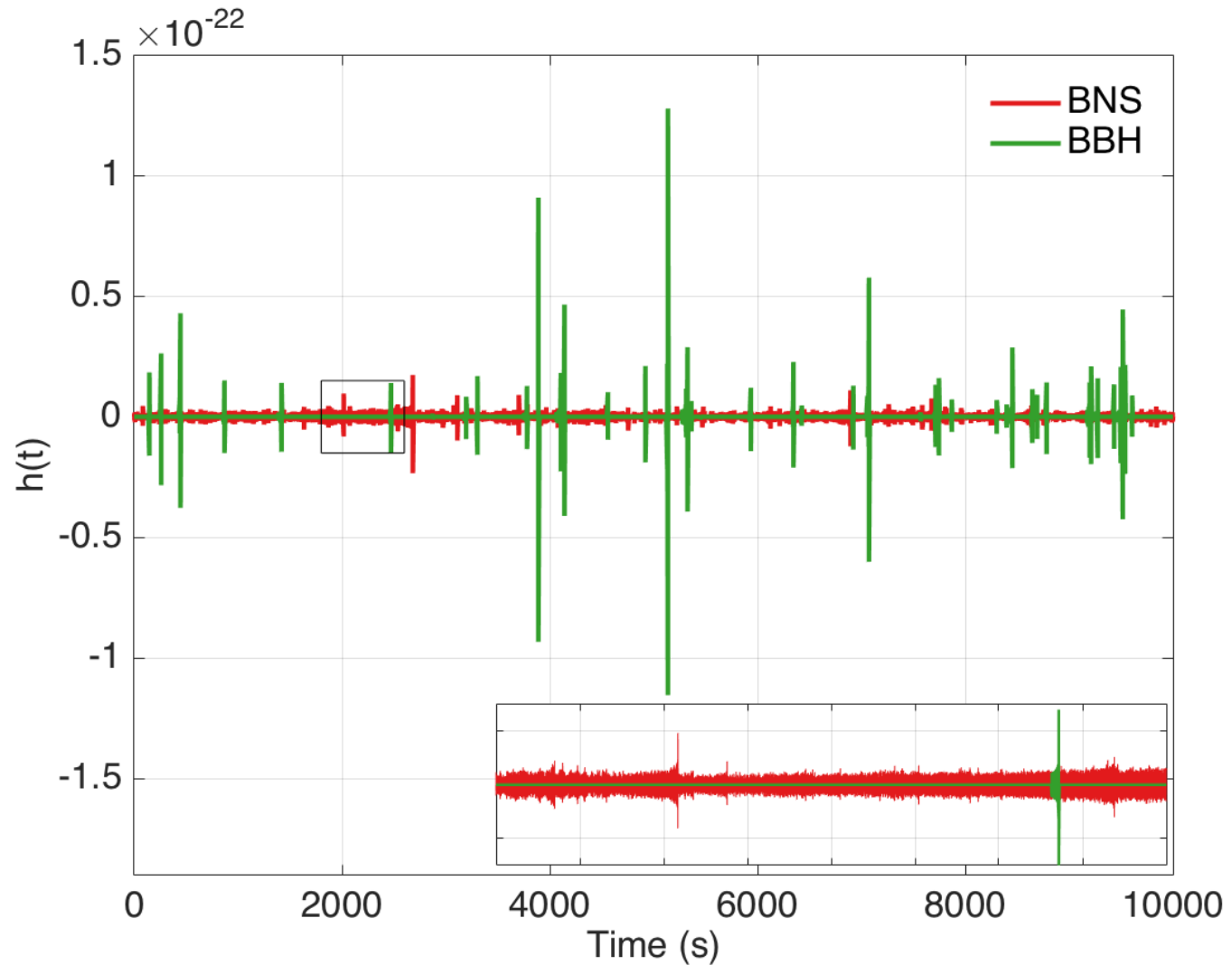
Fond stochastique

- Le fond gravitationnel stochastique est la superposition d'un large nombre de sources non résolues. Il peut être d'origine **cosmologique** (inflation, cordes cosmiques, transitions de phase) ou **astrophysique** (étoiles à neutrons, trous noirs).
- La méthode de détection standard consiste à corrélérer entre eux un ou plusieurs détecteurs en supposant que le signal est stationnaire, isotrope et Gaussien:

$$\langle s_1 s_2 \rangle = \langle h_1 h_2 \rangle + \underbrace{\langle n_1 / n_2 \rangle}_0 + \underbrace{\langle h_1 / n_2 \rangle}_0 + \underbrace{\langle n_1 / h_2 \rangle}_0 \quad s_i = \underbrace{h_i}_{OG} + \underbrace{n_i}_{bruit}$$

- Les premières détections individuelles montrent que le fond des systèmes binaires de trous noirs et d'étoiles à neutron pourrait être observé dans les prochaines années.
- L'enjeu est de développer des méthodes de détection optimales tenant compte de la spécificité du signal (non stationnaire, non Gaussien, non isotrope)

Fond stochastique des binaires



Implications Astro & Cosmo

La détection de coalescences de binaires proches (individuelles) ou à grand redshift (fond stochastique) aura une incidence considérable en physique fondamentale, en astrophysique et en cosmologie.

- Tester de la Relativité Générale
- Contraindre la constante de Hubble et les modèles d'énergie sombre (sirènes standard)
- Contraindre la nature et le mécanisme de formation des systèmes de trous noirs (stellaires/primordiaux, disque/dynamique).
- Résoudre le mystère des sursauts gamma
- Contraindre l'équation d'état des étoiles à neutrons (effets de marée)
- Tracer l'histoire de l'Univers
- Etc...

