

L'Univers Gravitationnel

Pourquoi eLISA ?

Les sources de eLISA

La détection des OG par eLISA

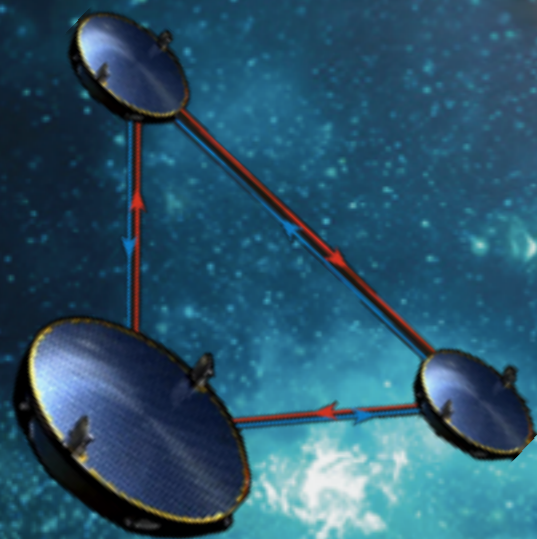
eLISA : c'est qui et c'est quand ?

LisaPathfinder en 4 images

LisaPathfinder : le démonstrateur technologique de eLISA

LisaPathfinder : les performances sur Terre et celle attendues dans l'espace

Donc ...

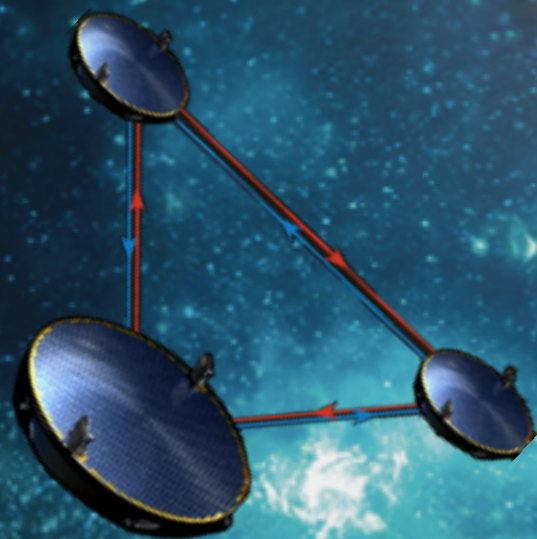


- En 2013, le thème de l'Univers Gravitationnelle a été sélectionné par l'ESA pour le lancement L3 de son programme "Cosmic Vision". eLisa est la mission qui semble la mieux placée pour être sélectionnée.
- A la mi-2015, la mission LISAPathfinder sera lancé. son objectif est de démontrer un grand nombre de techniques qui seront utilisées par eLISA.
- La récente (possible) détection d'ondes gravitationnelles primordiales par BICEP2 a alerté la communauté scientifique (au sens large) sur la capacité de ces ondes a apporter des informations fondamentales sur notre connaissance de l'Univers et de son évolution.
- La prochaine (2016-2017) mise en service des détecteurs LIGO et VIRGO apportera très certainement de nouvelles détections (directes !) d'ondes gravitationnelles.
- Les Pulsar Timing Array sont aussi très proches d'une détection !
- On peut donc prévoir que les années 2020 soient marquées par l'observation de l'Univers des Ondes Gravitationnelles





# Pourquoi eLISA ?

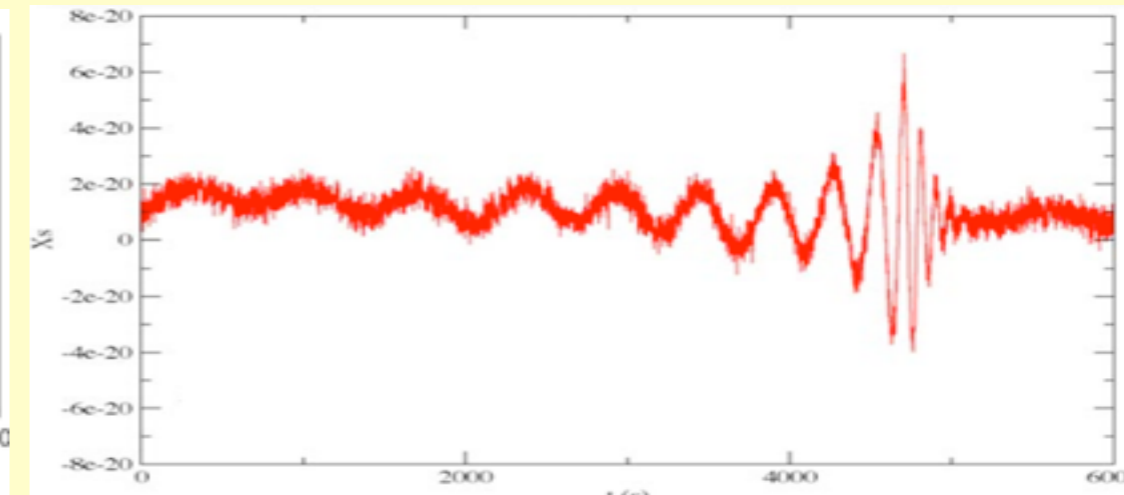
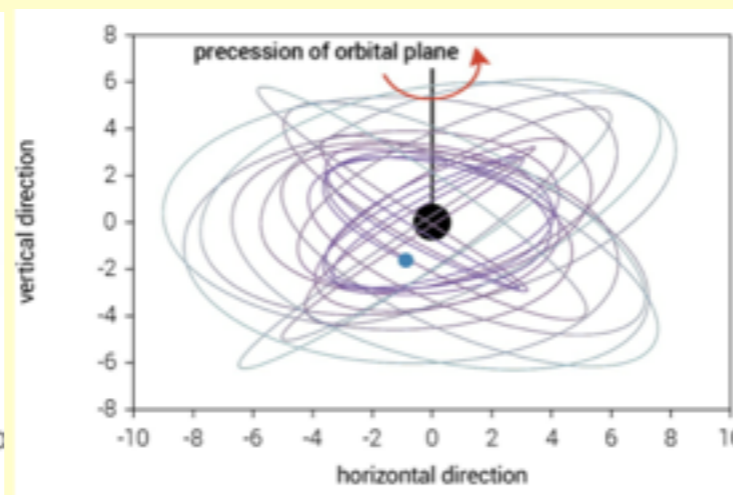
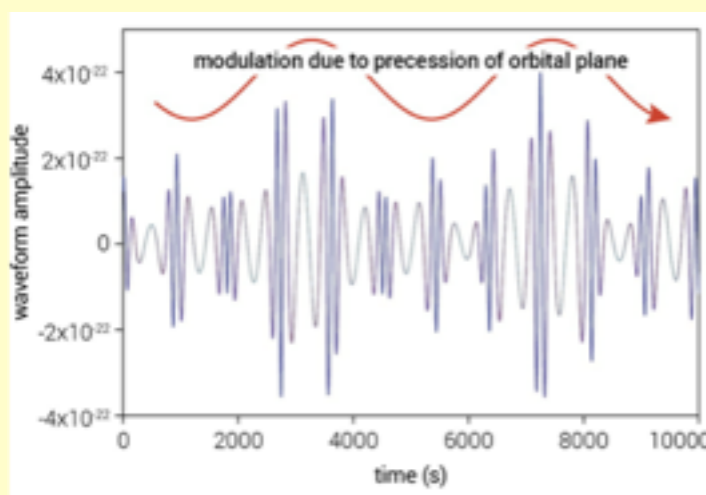
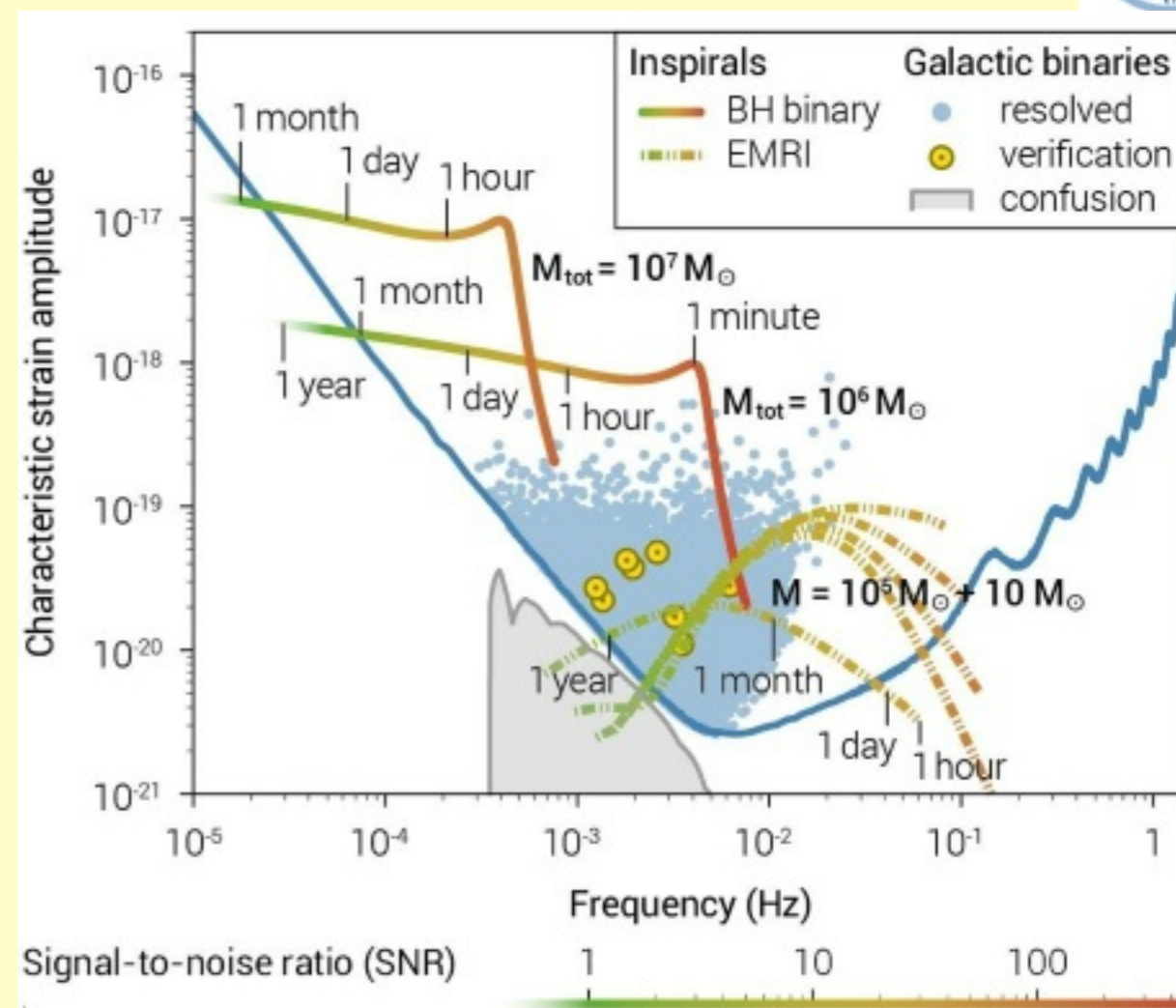


- Parmi tout ces modes de détection, qu'est ce qui distingue eLISA ?
  - La variété des sources visibles par eLisa.
  - l'évolution et la variabilité temporelle de ces sources : eLISA observera ces sources pendant des mois, voir des années.
  - Le rapport signal/bruit de la plupart des sources détectées = 20-2000
  - La possibilité de détecter des sources très lointaines permettant d'avoir un impact fondamental sur des études cosmologiques.
  - eLISA aura un potentiel de découverte sans égal, aussi bien pour l'astrophysique, pour la cosmologie que pour la physique fondamentale.



# Les sources de eLISA

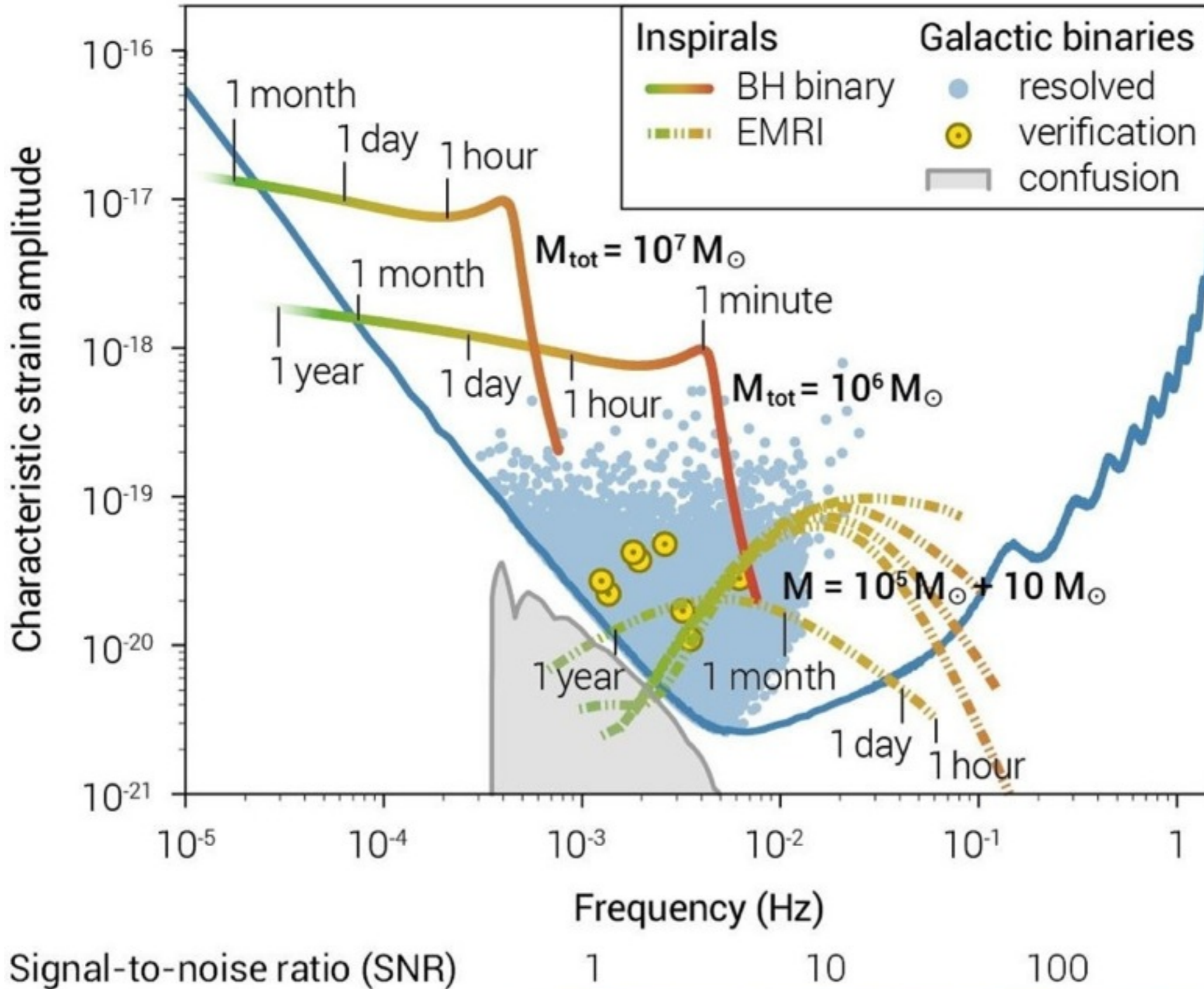
- Binaires Galactiques : fond continu, mais  $\sim 3000$  détections individuelles.
- 7 Binaires de verification garanties (Galactique), plus avec Gaia.
- MBHB (Massive Black Hole Binaries) : rapport de masse  $\approx 0.1-10$  (10-100/an)
- EMRI (Extreme Mass Ratio Inspiral) : rapport de masse  $\approx 10^4-10^6$  (5-50/an)
- OG Cosmologiques: l'inflation, transitions de phases après le Big Bang,...
- ...







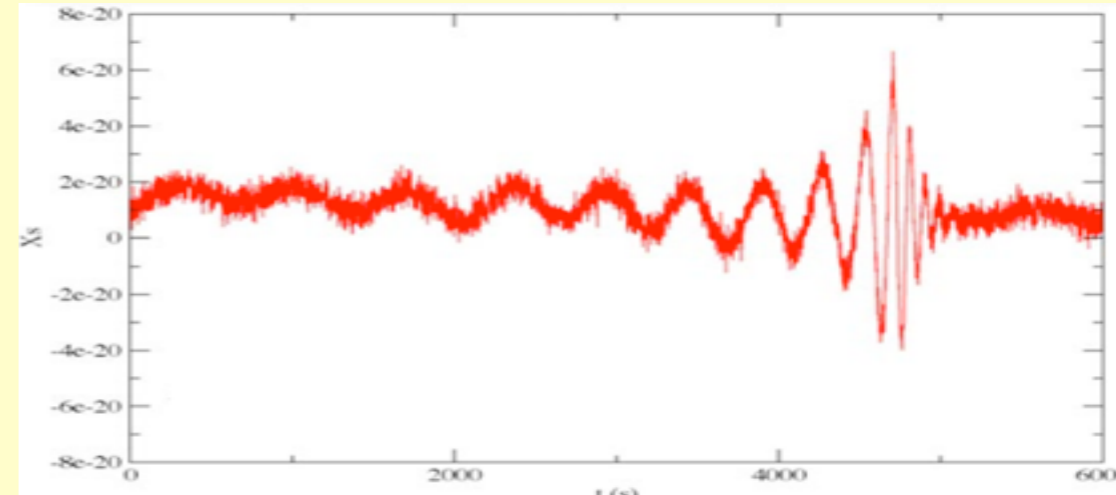
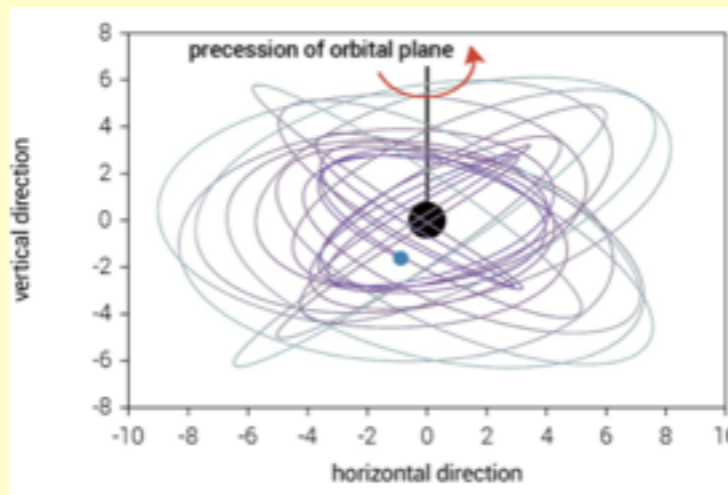
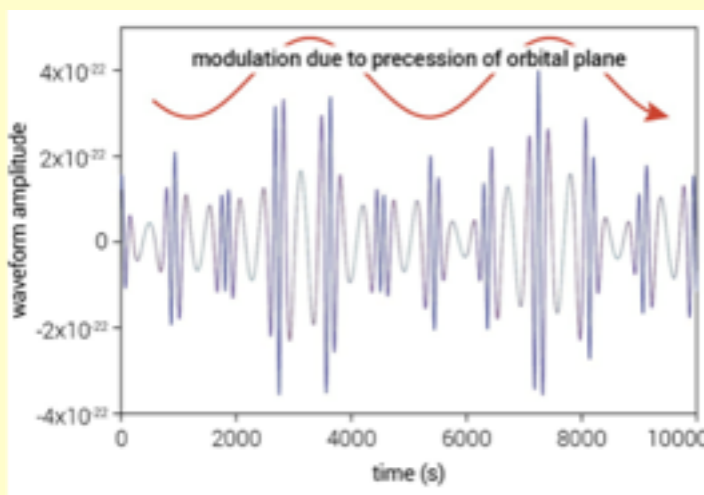
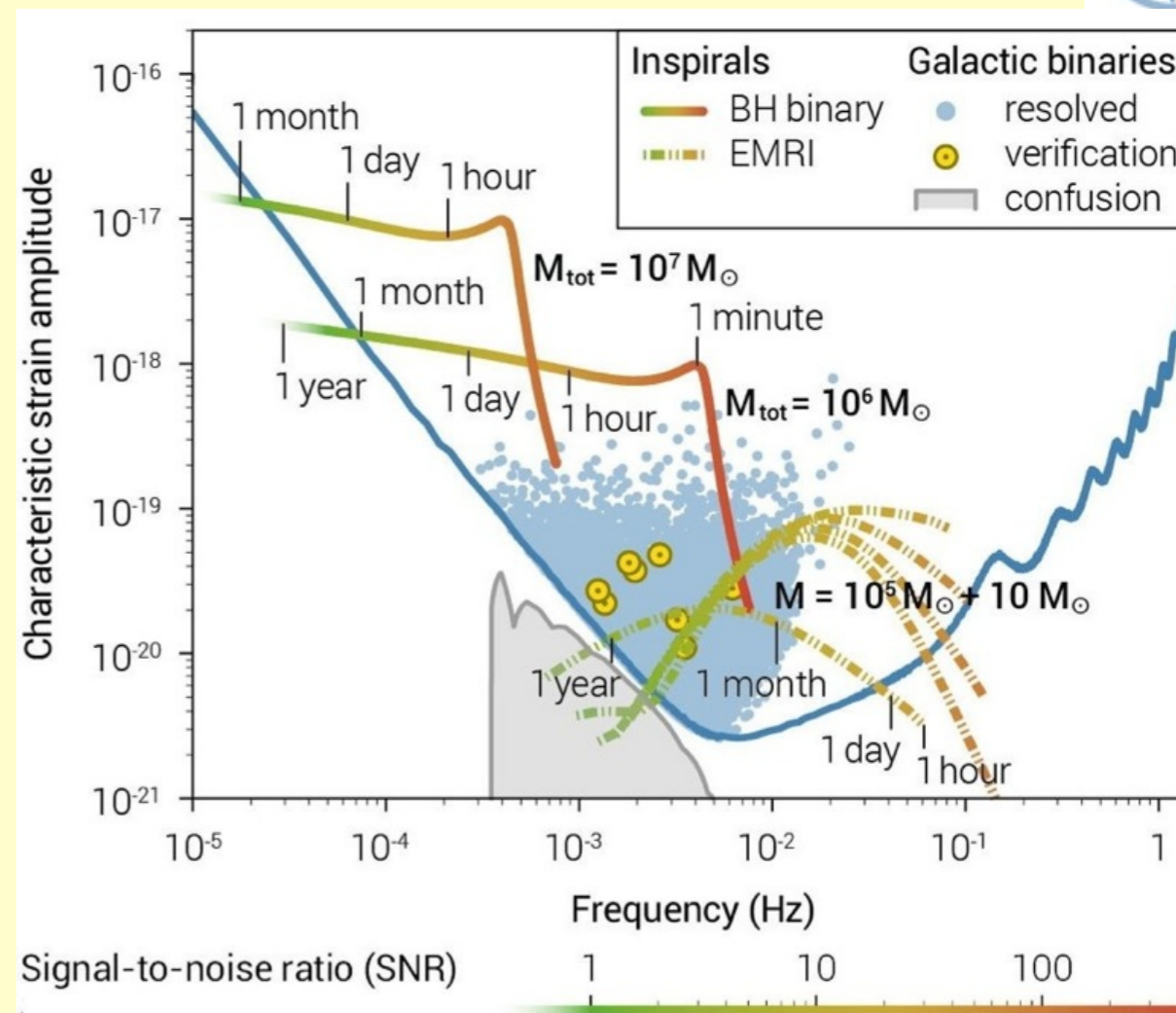
# Les sources de eLISA





# Les sources de eLISA

- Binaires Galactiques : fond continu, mais ~3000 détections individuelles.
- 7 Binaires de verification garanties (Galactique), plus avec Gaia.
- MBHB (Massive Black Hole Binaries) : rapport de masse  $\approx 0.1-10$  (10-100/an)
- EMRI (Extreme Mass Ratio Inspiral) : rapport de masse  $\approx 10^4-10^6$  (5-50/an)
- OG Cosmologiques: l'inflation, transitions de phases après le Big Bang,...
- ...

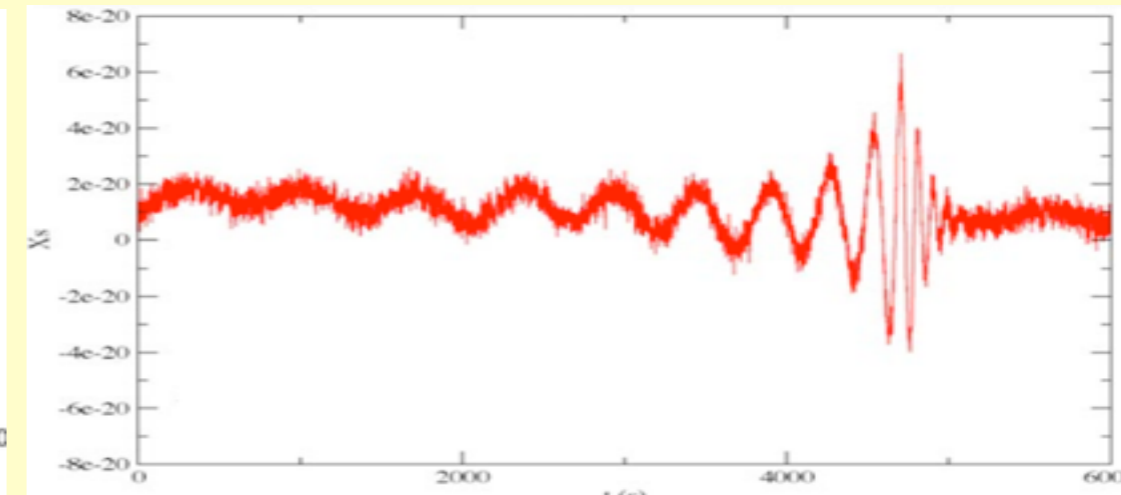
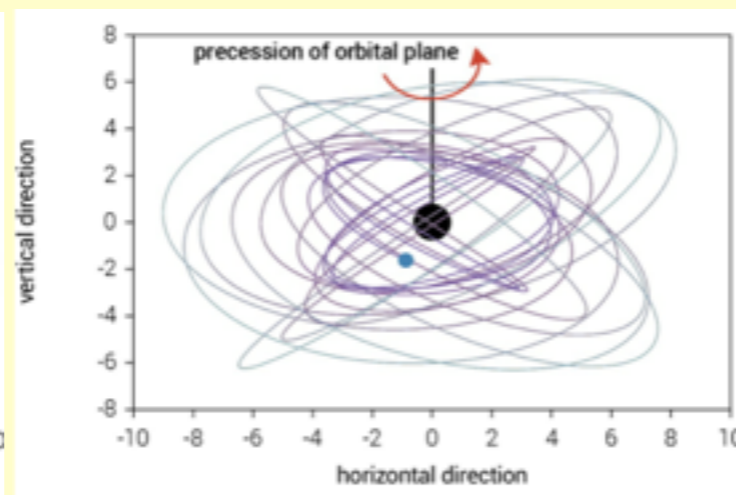
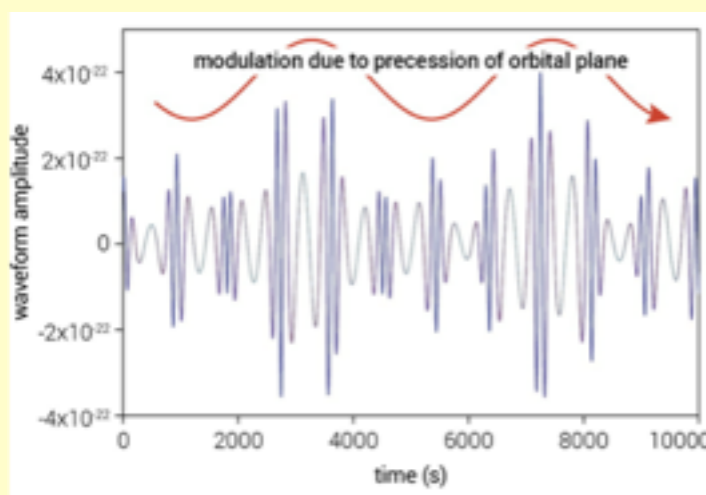
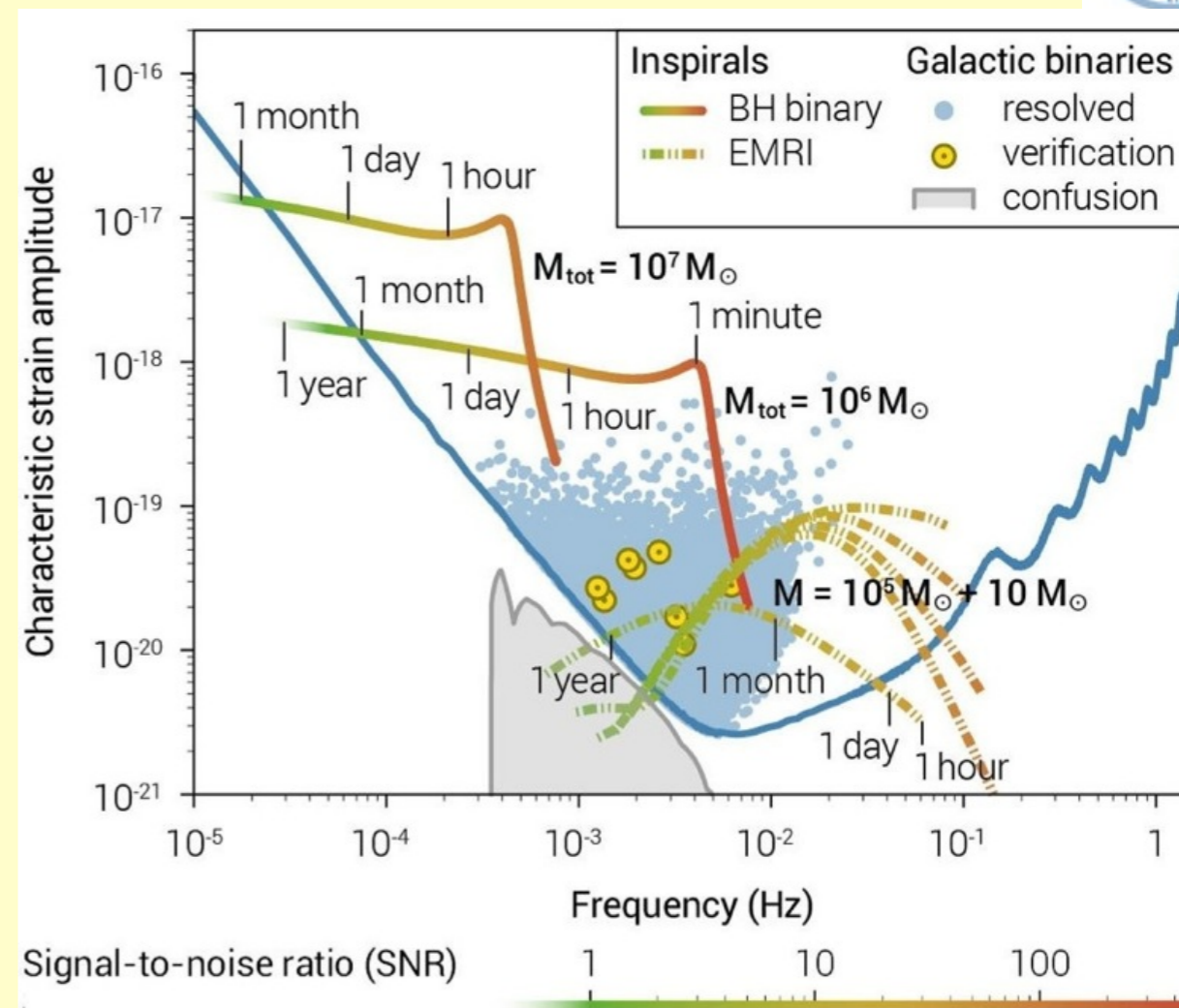






# Les sources de eLISA

- Binaires Galactiques : fond continu, mais  $\sim 3000$  détections individuelles.
- 7 Binaires de verification garanties (Galactique), plus avec Gaia.
- MBHB (Massive Black Hole Binaries) : rapport de masse  $\approx 0.1-10$  (10-100/an)
- EMRI (Extreme Mass Ratio Inspiral) : rapport de masse  $\approx 10^4-10^6$  (5-50/an)
- OG Cosmologiques: l'inflation, transitions de phases après le Big Bang,...
- ...





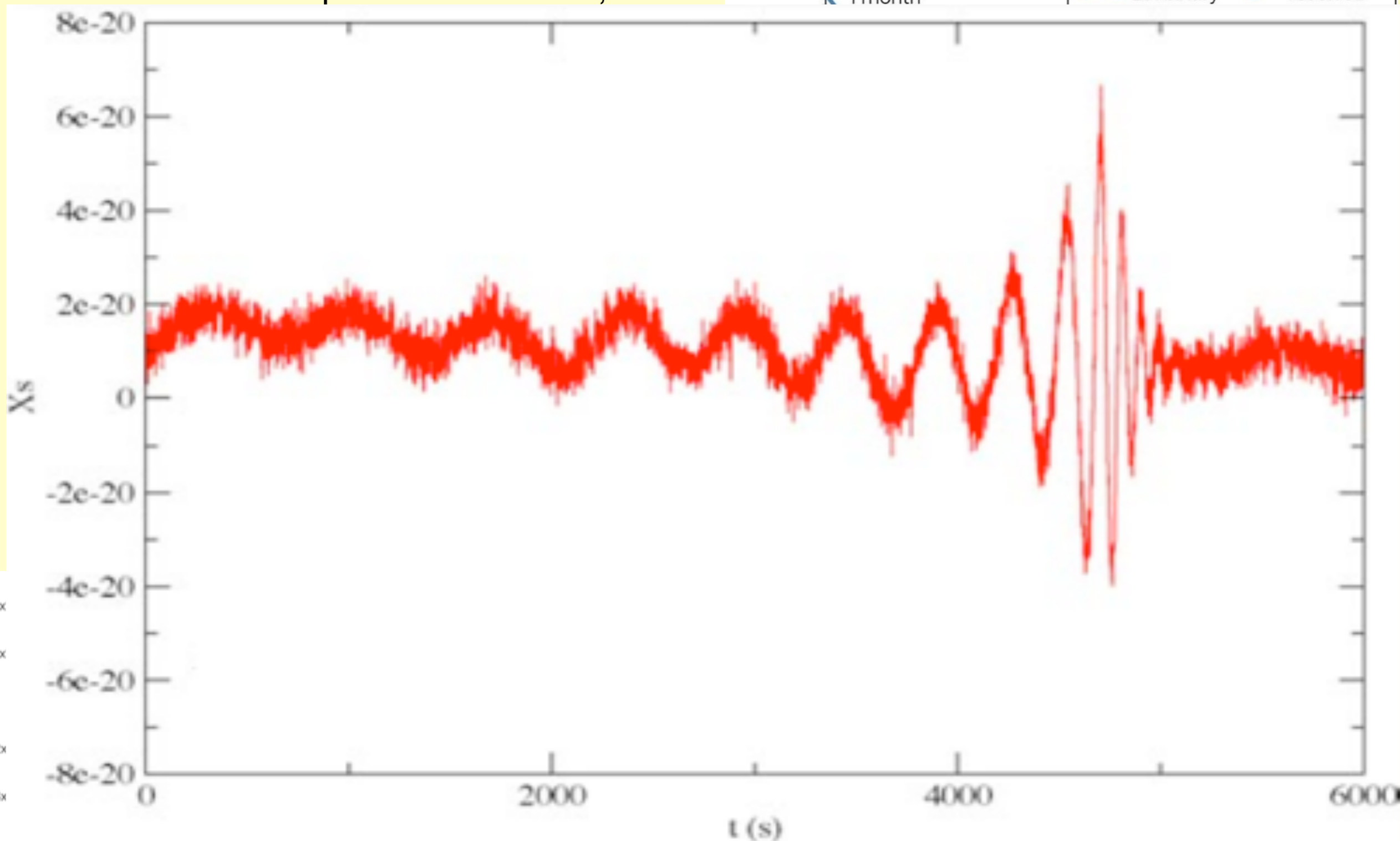
# Les sources de eLISA



- Binaires Galactiques : fond continu, mais

$10^{-16}$   
1 month

Inspirals  
— BH binary    • resolved  
Galactic binaries



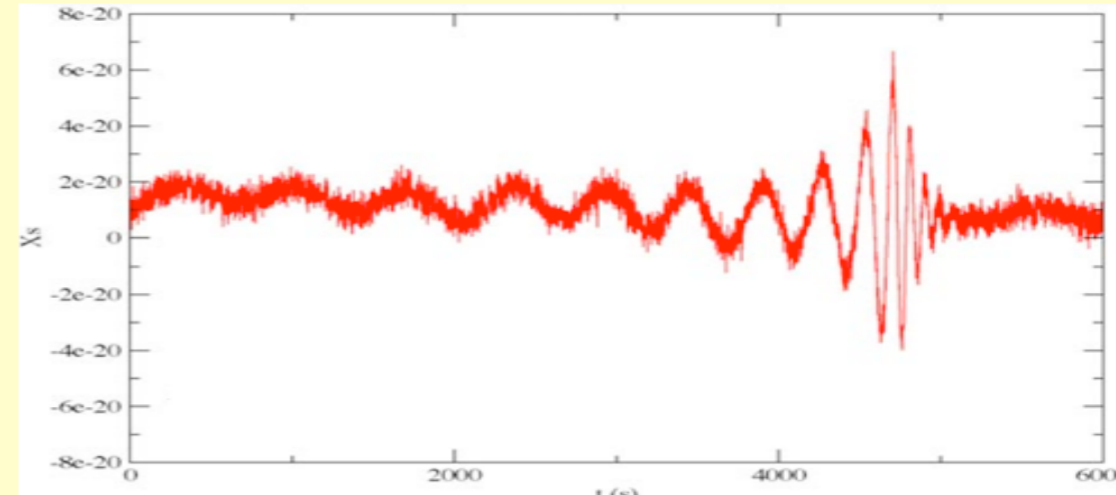
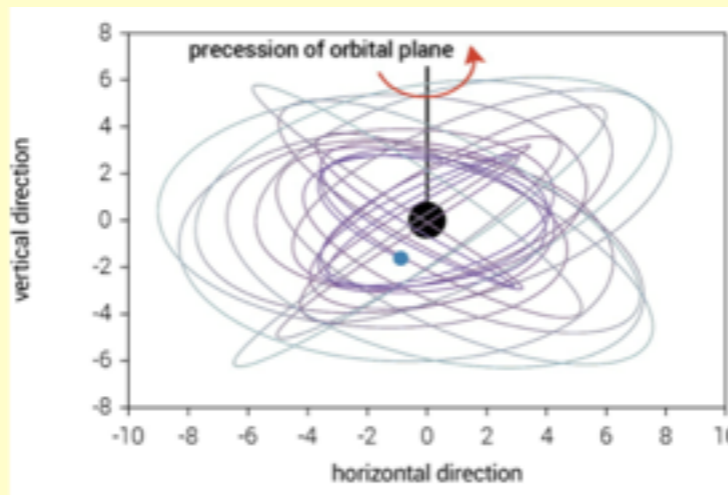
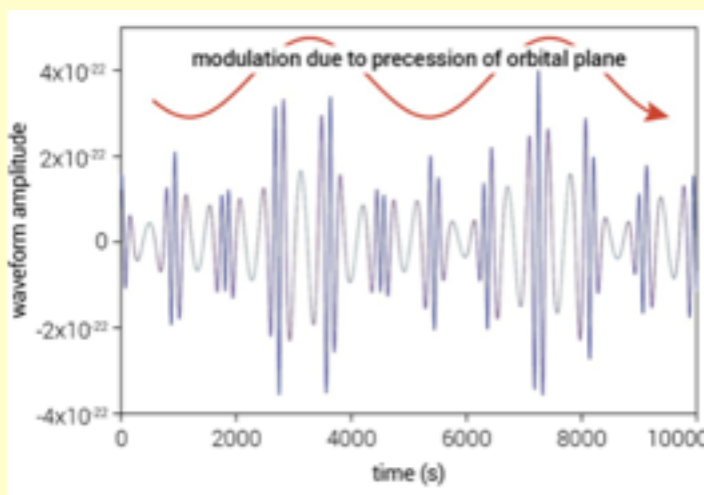
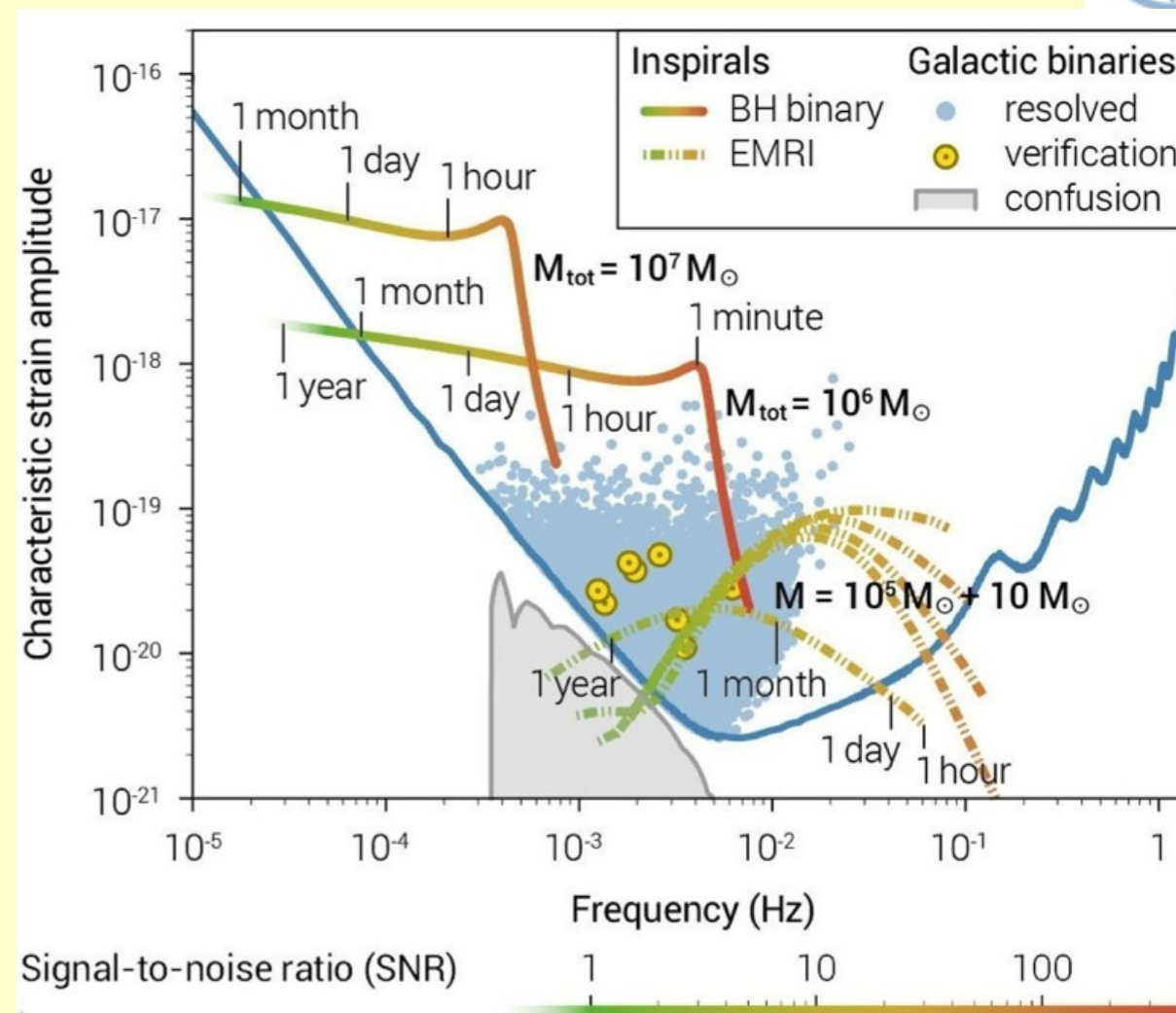




# Les sources de eLISA

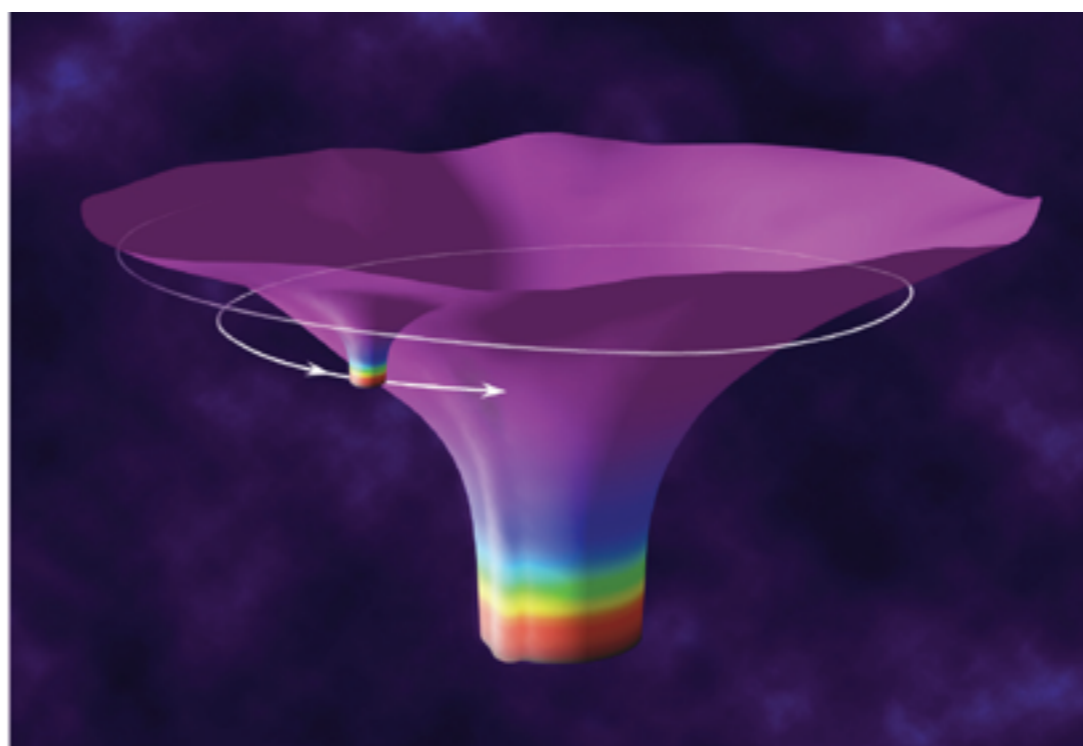
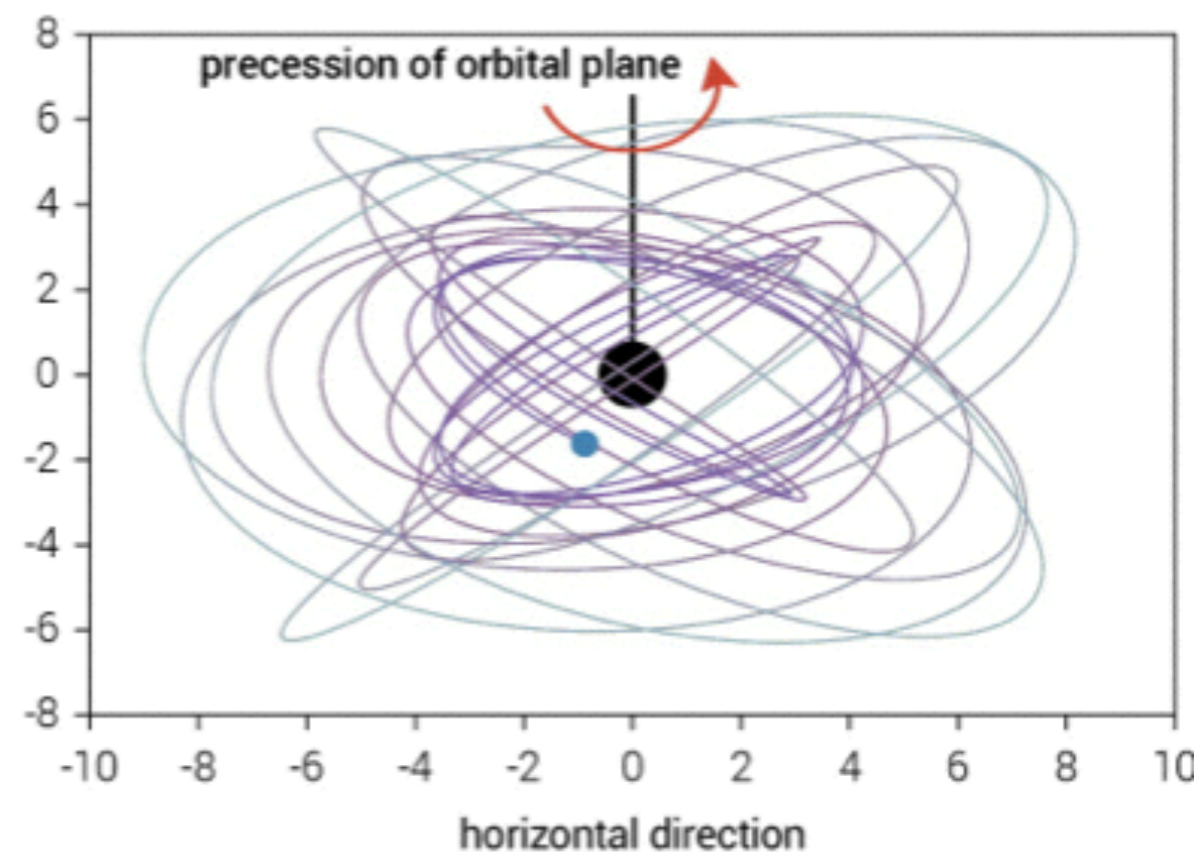
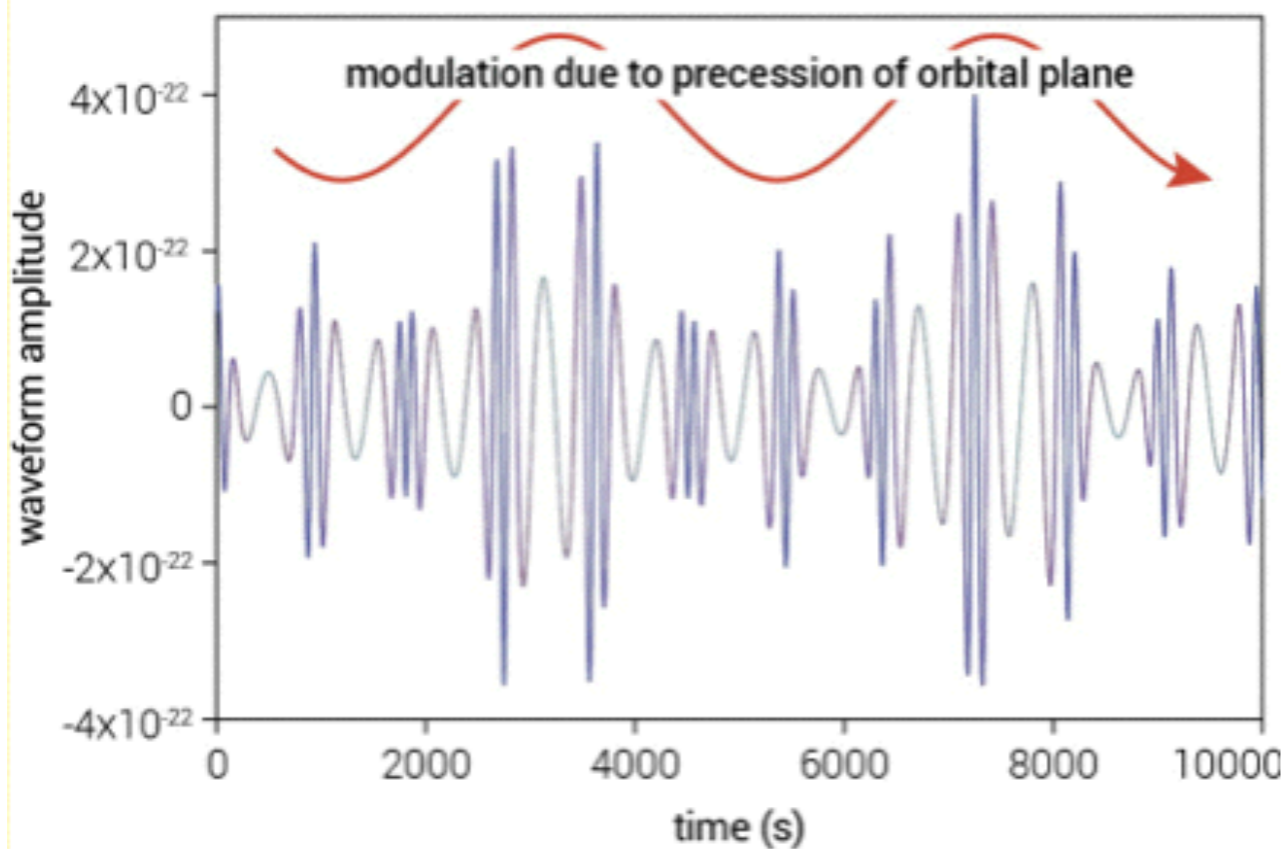


- Binaires Galactiques : fond continu, mais ~3000 détections individuelles.
- 7 Binaires de verification garanties (Galactique), plus avec Gaia.
- MBHB (Massive Black Hole Binaries) : rapport de masse  $\approx 0.1-10$  (10-100/an)
- EMRI (Extreme Mass Ratio Inspiral) : rapport de masse  $\approx 10^4-10^6$  (5-50/an)
- OG Cosmologiques: l'inflation, transitions de phases après le Big Bang,...
- ...





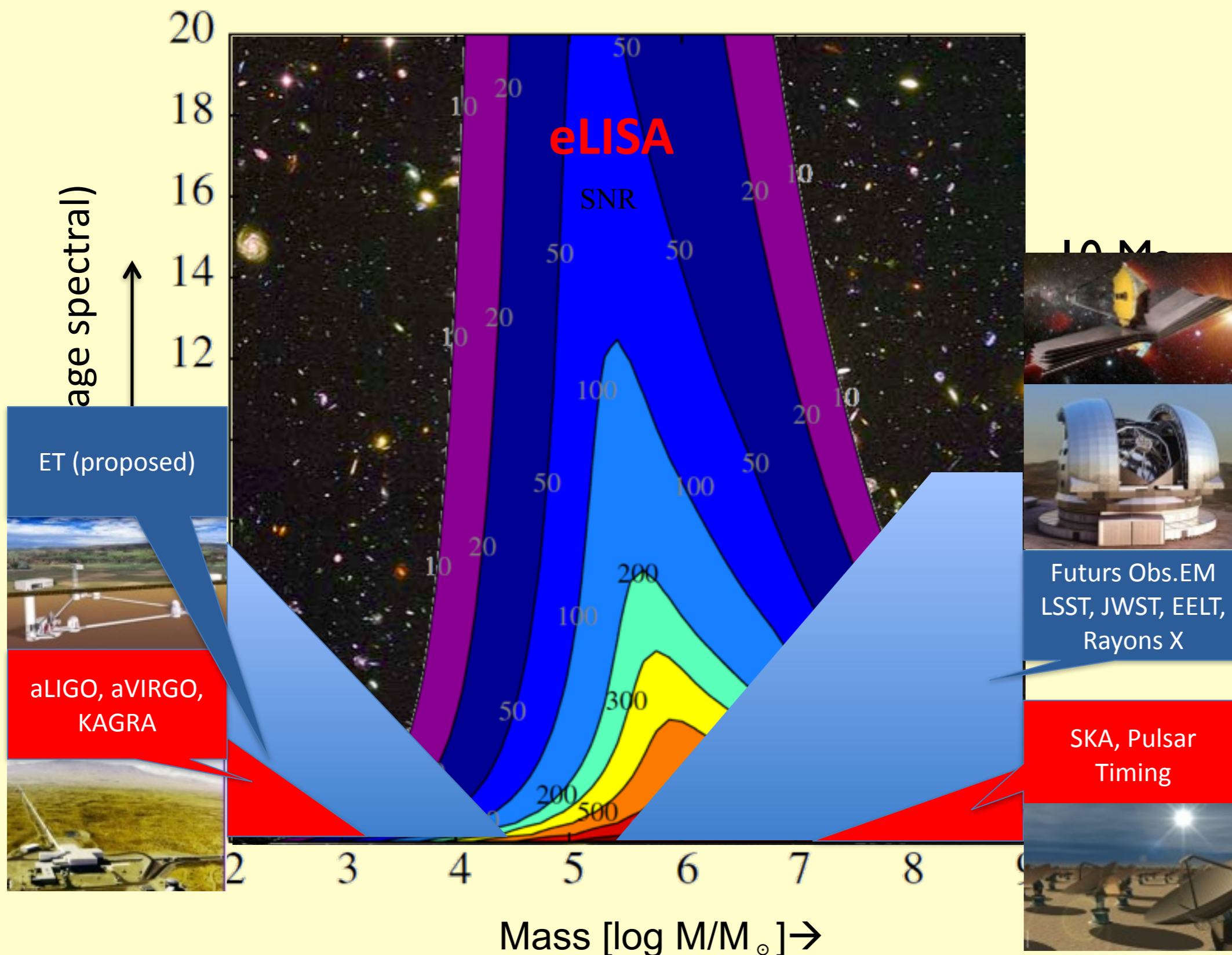
# Les sources de eLISA : Les EMRI







# La détection des OG par eLISA





# eLISA : c'est qui et c'est quand ?

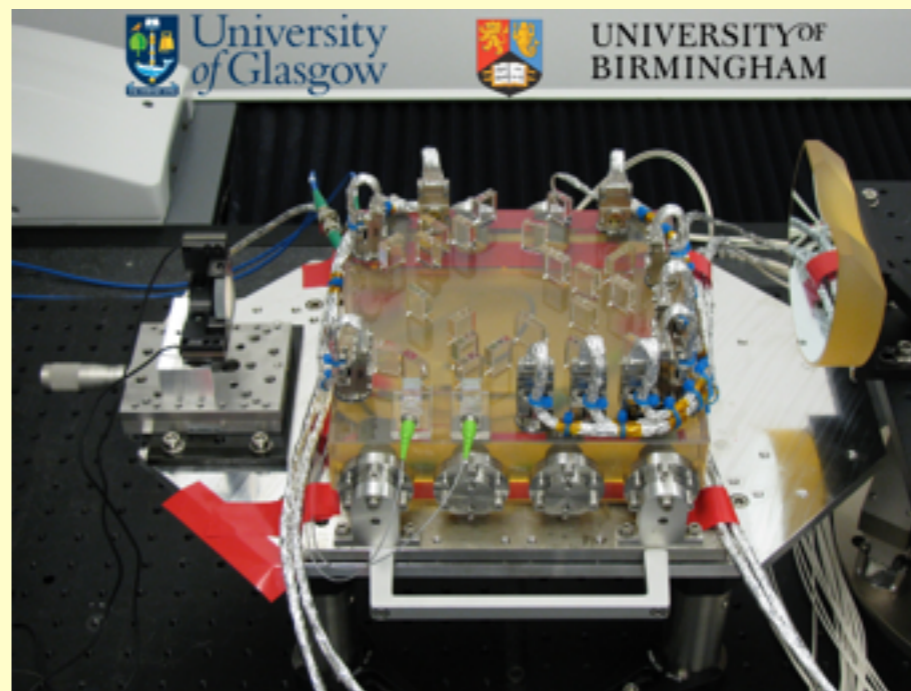
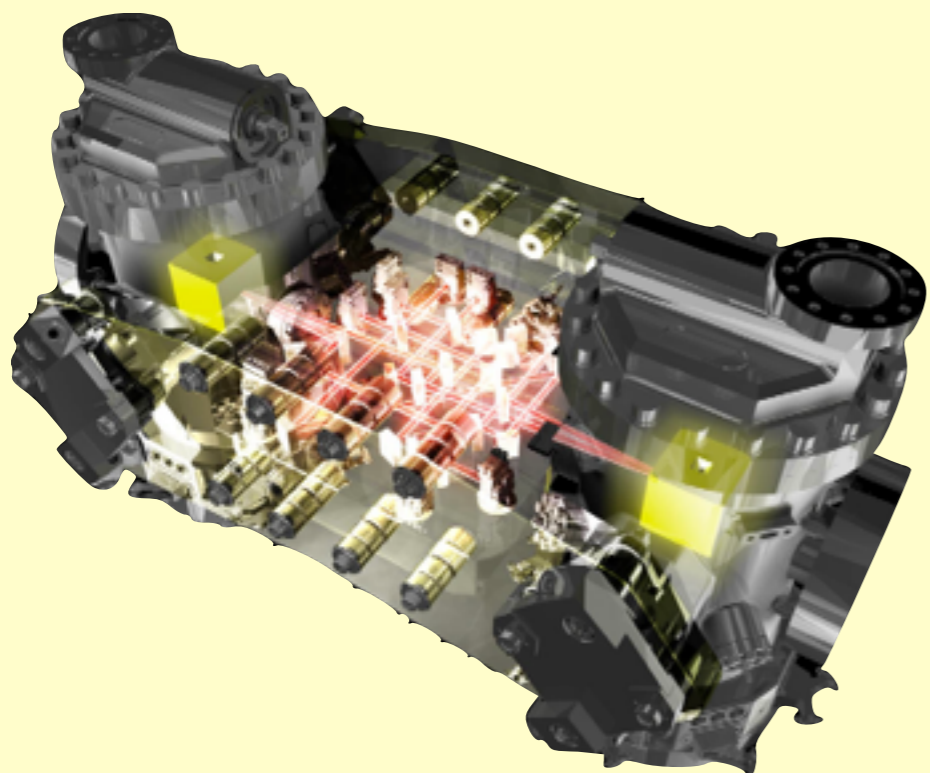
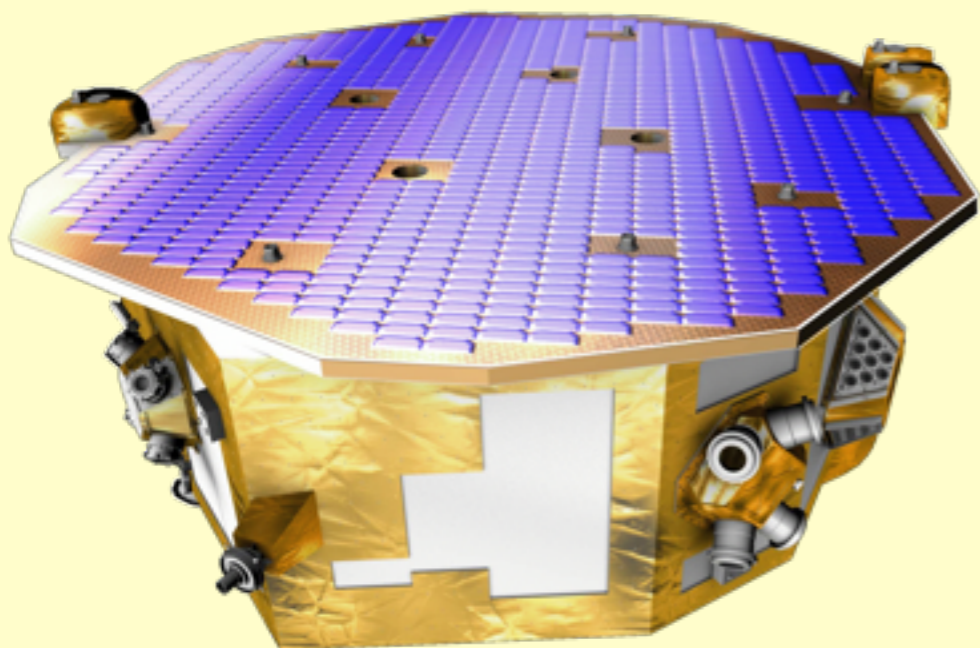


- eLisa est une mission ESA basée sur un Consortium européen.
    - Une participation de la NASA est très probable, mais peu avoir quelques obstacles sur le chemin : date de lancement, répartition des tâches,...
    - La Chine semble assez intéressée
  - Le Consortium européen : Allemagne (PI), Italie, France, Espagne, UK, Suisses, Hollande
  - En France :
    - Instrumental : APC...Artemis (OCA/Nice) + ?
      - La France est en charge de : Integration (AIT/AIV) + Centre de traitement de données (DPC)
    - Théorie: APC, IAP, CEA, Obs PM, Orleans...
- 
- En 2013, le thème Univers Gravitationnel est sélectionné pour L3 (2034)
  - Mi-2015, lancement de LisaPathfinder : résultats mi 2016.
  - Etude système : Phase 0 CNES pour le DPC et l'AIT-AIV
  - ~2018 appel pour une mission L3
  - Avant 2020, selection de la mission
  - Lancement en 2034 (?)





# LisaPathfinder en 4 images







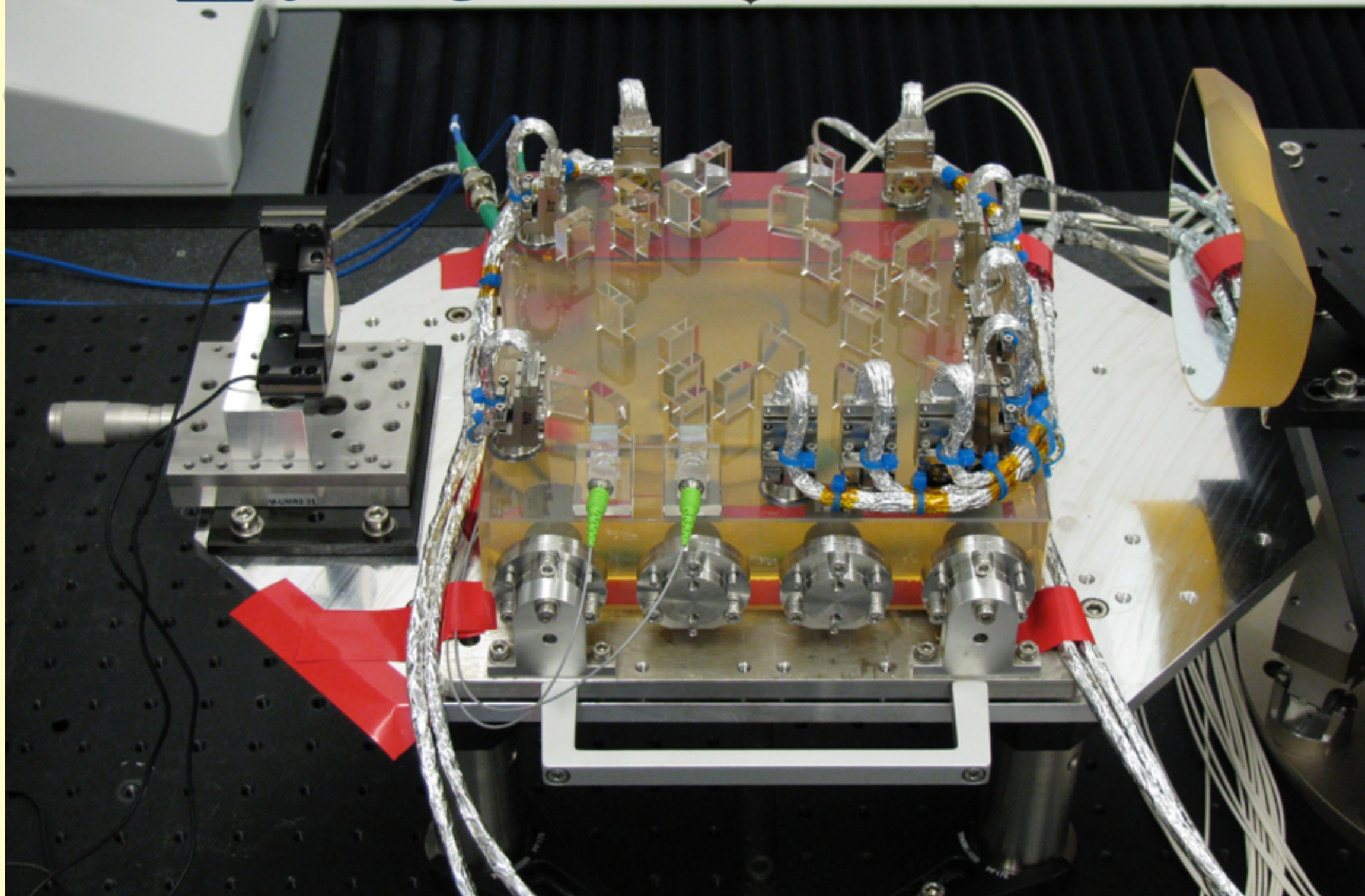
# Lisa Pathfinder en 4 images



University  
of Glasgow






UNIVERSITY OF  
BIRMINGHAM







-  **Free flying test mass subject to very low parasitic forces:**
  - Drag free control of spacecraft (non-contacting spacecraft)
  - Low noise  $\mu$ -thruster to implement drag-free
  - Large gaps, heavy masses with caging mechanism
  - High stability electrical actuation on cross degrees of freedom
  - Non contacting discharging of test-masses
  - High thermo-mechanical stability of S/C
  - Gravitational field cancellation
  
-  **Precision interferometric, *local* ranging of test-mass and spacecraft:**
  - pm resolution ranging, sub-mrad alignments
  - High stability monolithic optical assemblies
  
-  **Precision 1 million km spacecraft to spacecraft precision ranging:**
  - High stability telescopes
  - High accuracy phase-meter
  - High accuracy frequency stabilization
  - Constellation acquisition
  - Precision attitude control of S/C

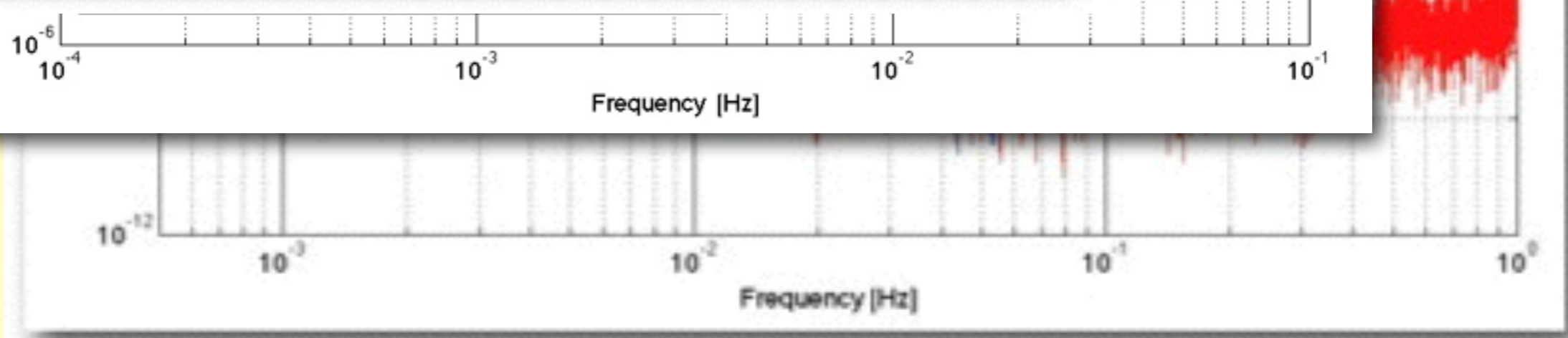
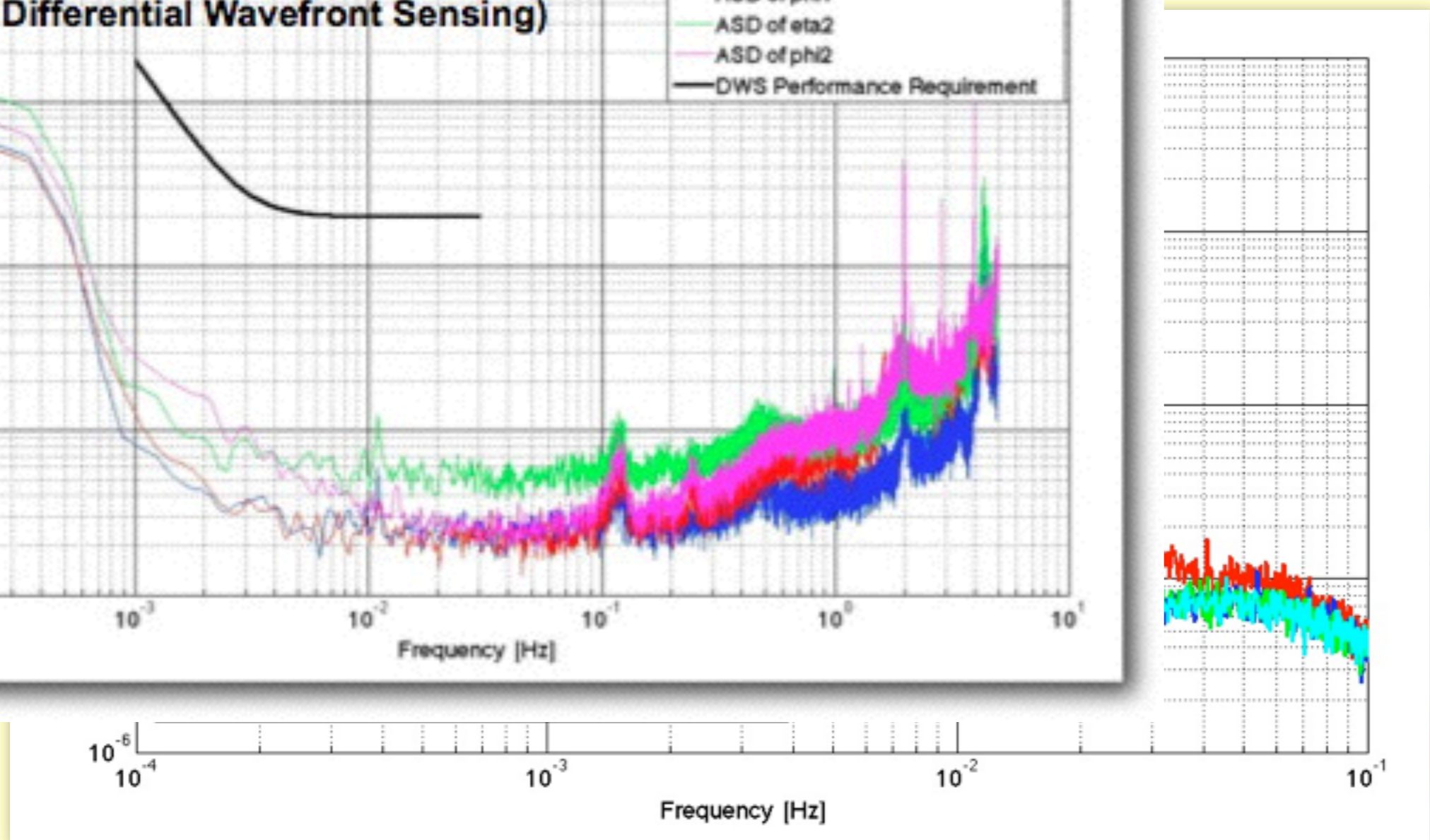
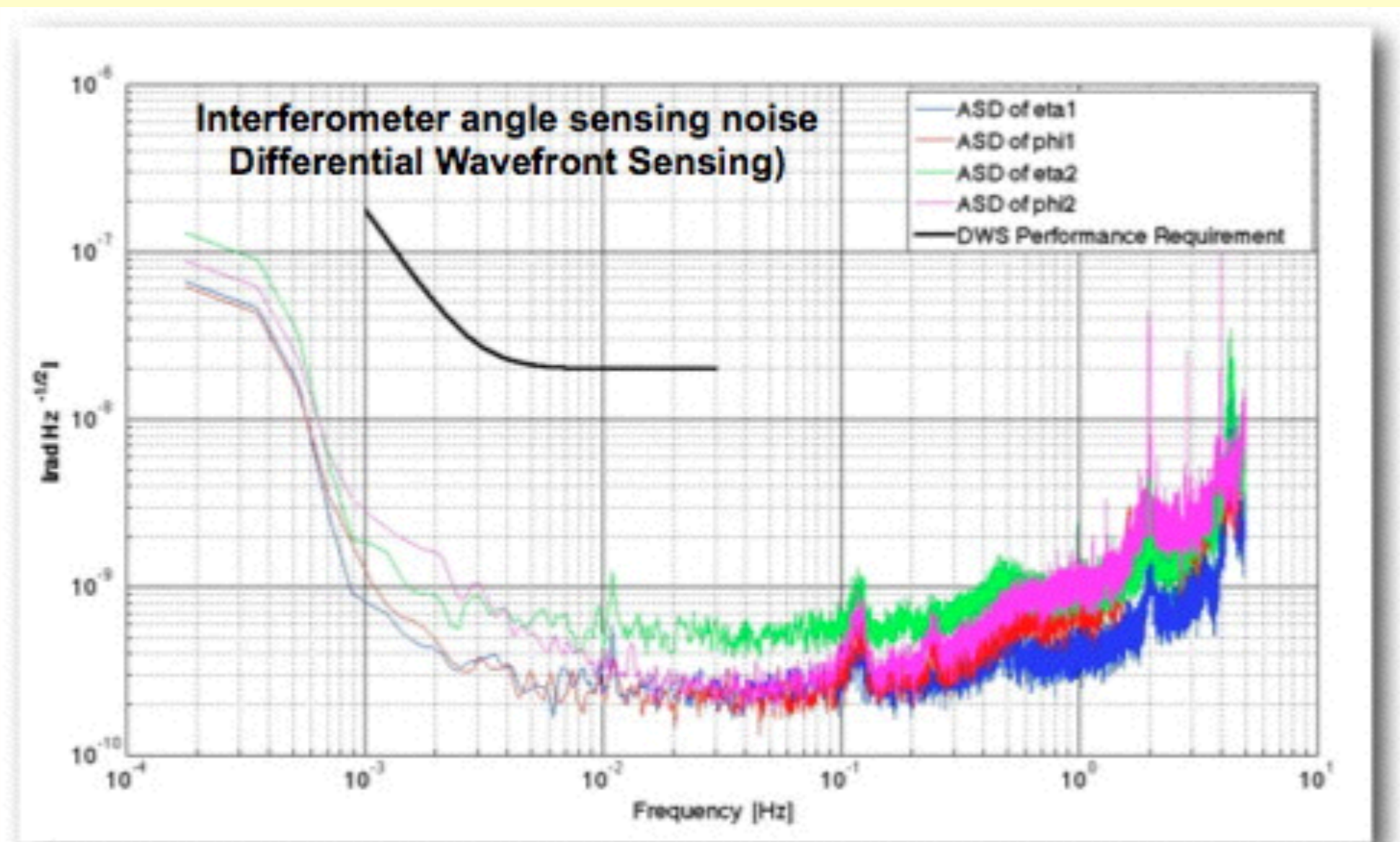


- Free flying test mass subject to very low parasitic forces:
  - Drag free control of spacecraft (non-contacting spacecraft)
  - Low noise  $\mu$ -thruster to implement drag-free
  - Large gaps, heavy masses with caging mechanism
  - High stability electrical actuation on cross degrees of freedom
  - Non contacting discharging of test-masses
  - High thermo-mechanical stability of S/C
  - Gravitational field cancellation
- Precision interferometric, *local* ranging of test-mass and spacecraft:
  - pm resolution ranging, sub-mrad alignments
  - High stability monolithic optical assemblies
- Precision 1 million km spacecraft to spacecraft precision ranging:
  - High stability telescopes
  - High accuracy phase-meter
  - High accuracy frequency stabilization
  - Constellation acquisition
  - Precision attitude control of S/C



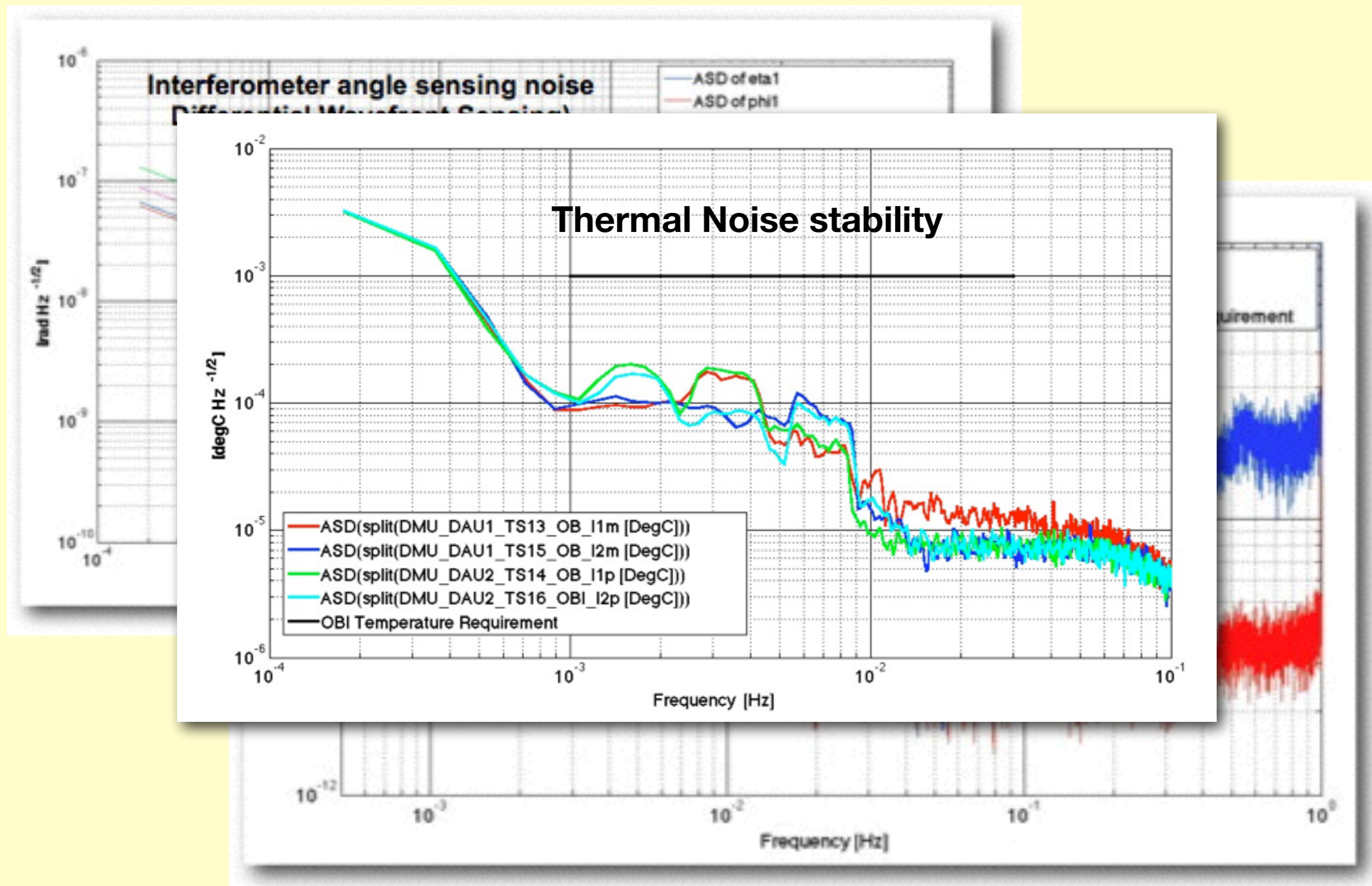


# LisaPathfinder : les performances sur Terre





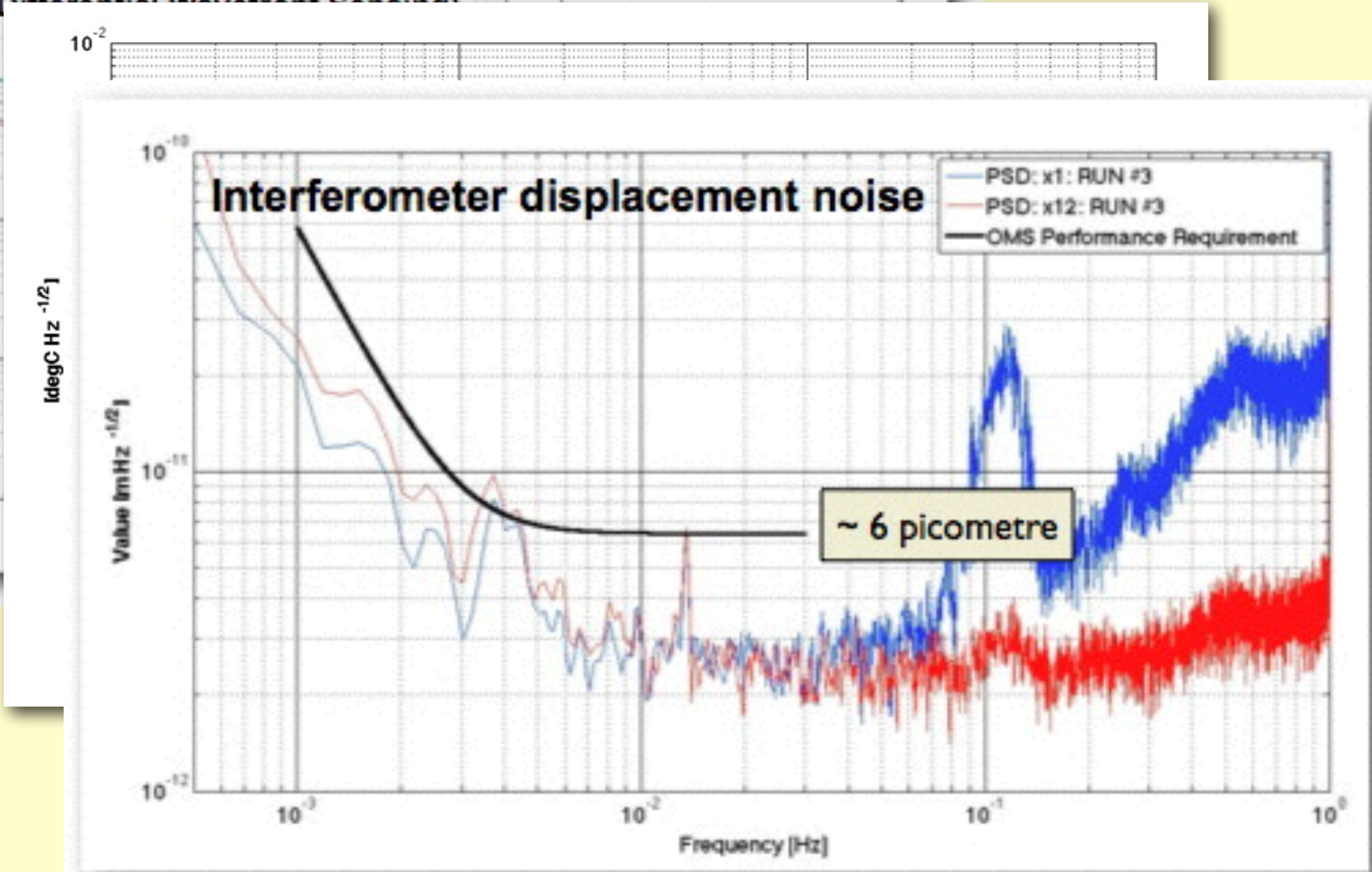
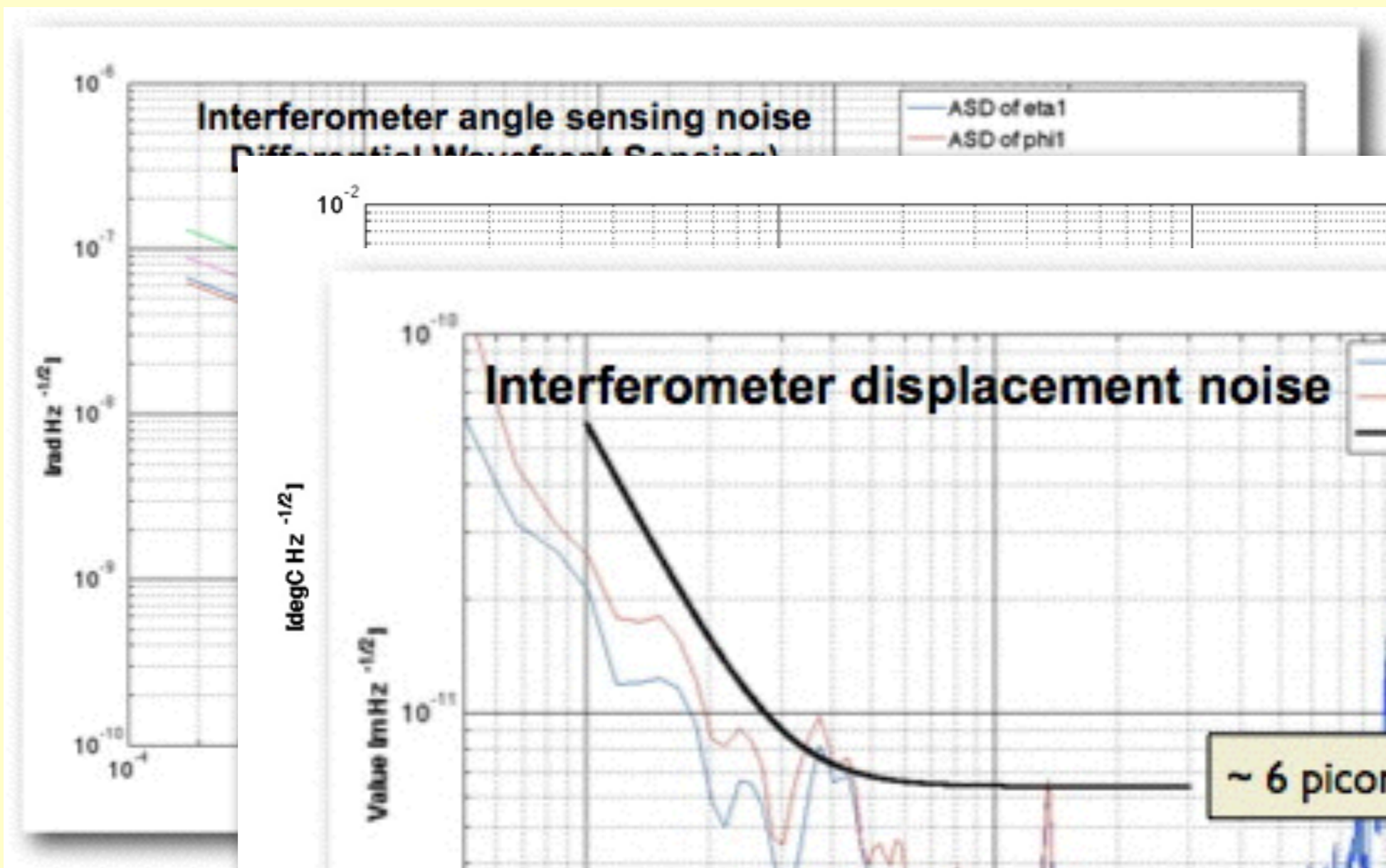
# LisaPathfinder : le démonstrateur technologique de eLISA





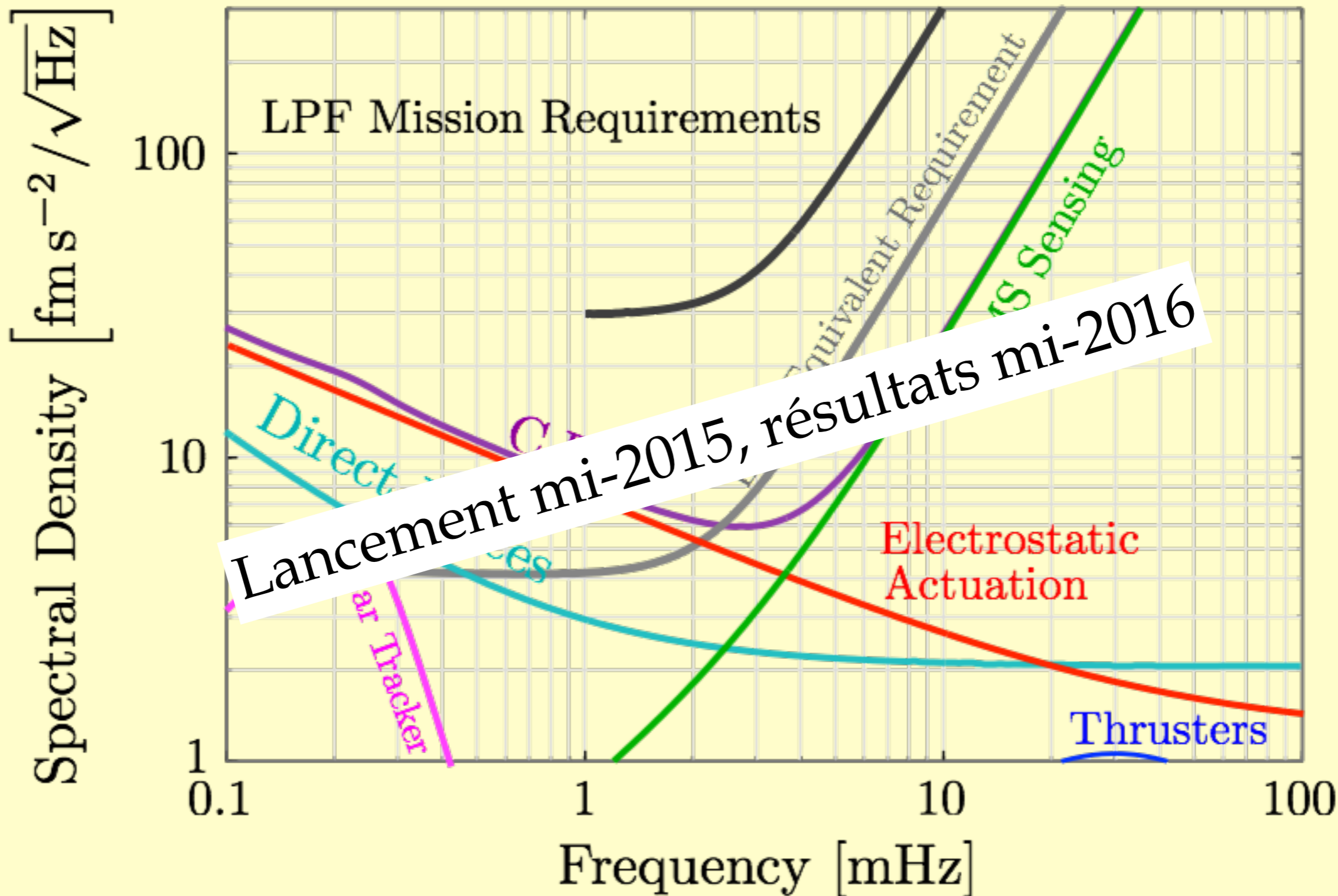


# Lisa Pathfinder : le démonstrateur technologique de eLISA





# LisaPathfinder : Les performances attendues







## Donc ...

- C'est une période intense pour "l'Univers Gravitationnel" !
- Un lancement en 2034 semble loin... Cependant
  - les années à venir sont très importantes :
    - Le lancement de LisaPathfinder
    - la définition exacte de la mission... il rest bien des options à lever :
      - La configuration exacte des satellites : 1 ou 2 masse d'épreuves
      - les orbites à définir,
      - les  $\mu$ -propulseurs
      - ...
    - la participation de la NASA et de la Chine...
- Le Consortium espère que l'ESA se rendra compte que la date du lancement peut être avancée
- Avec un succès de LisaPathfinder, faut-il attendre 18 ans pour lancer eLISA ?