

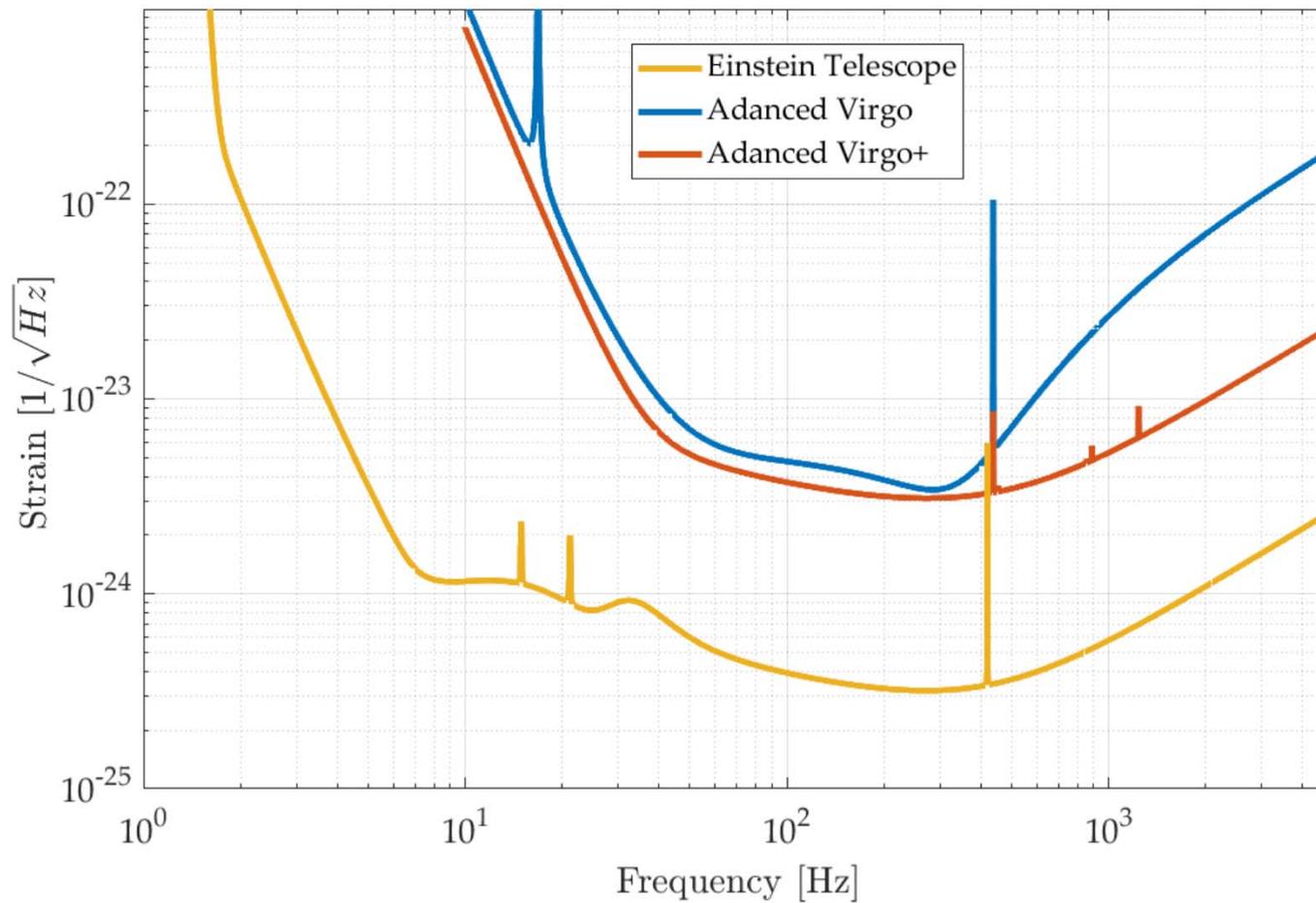
L'optique pour le Einstein Telescope

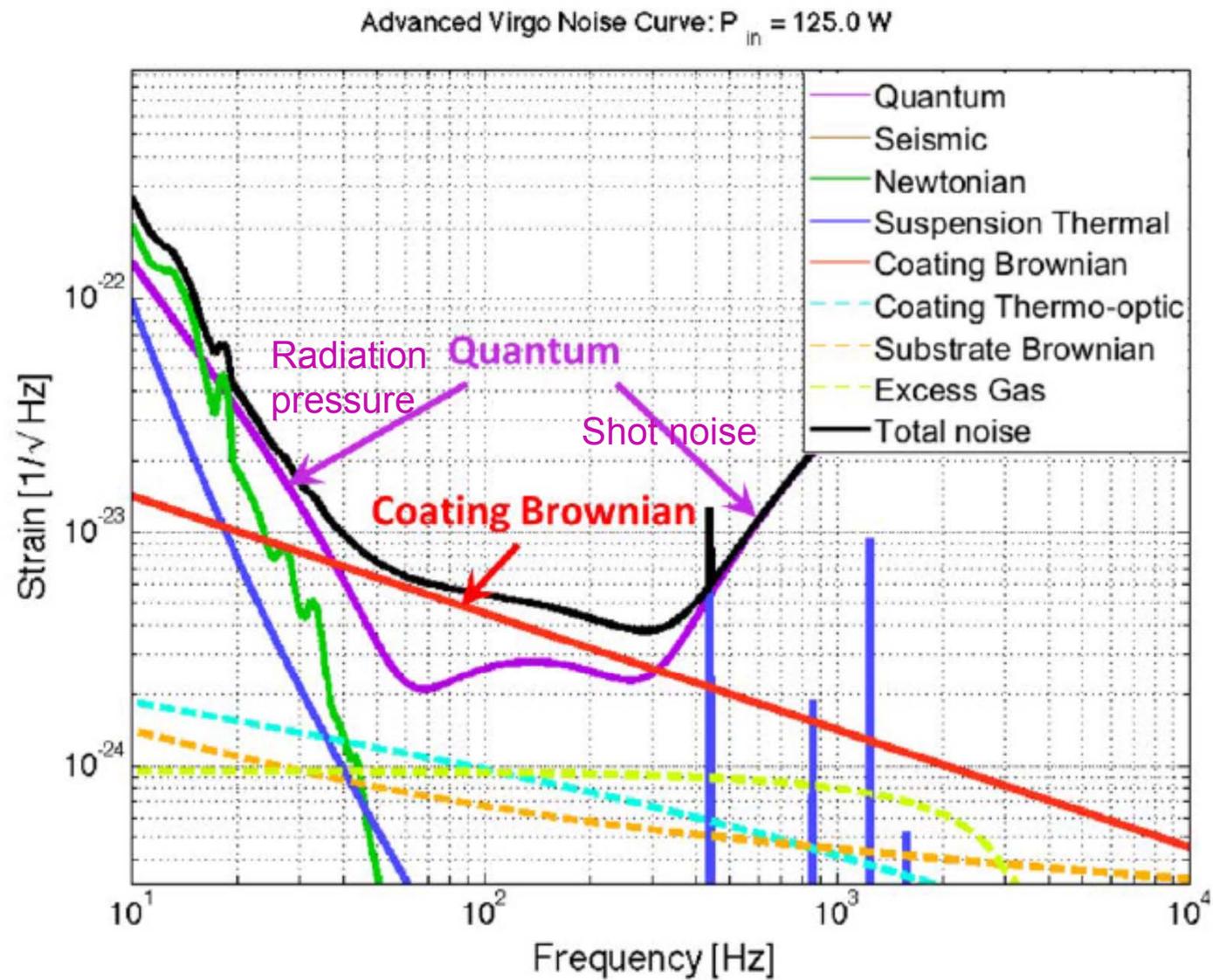
First ET-France workshop

4 février 2021

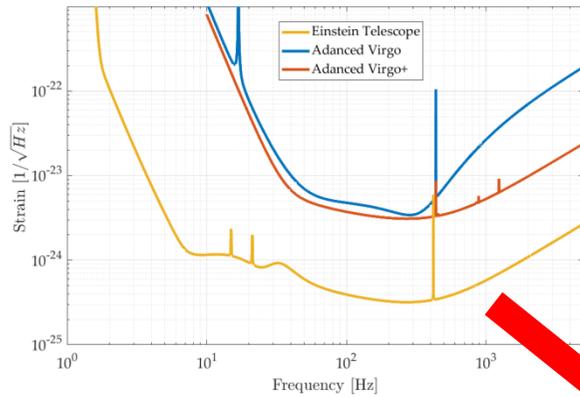
Edwige Tournefier

De Advanced Virgo à ET



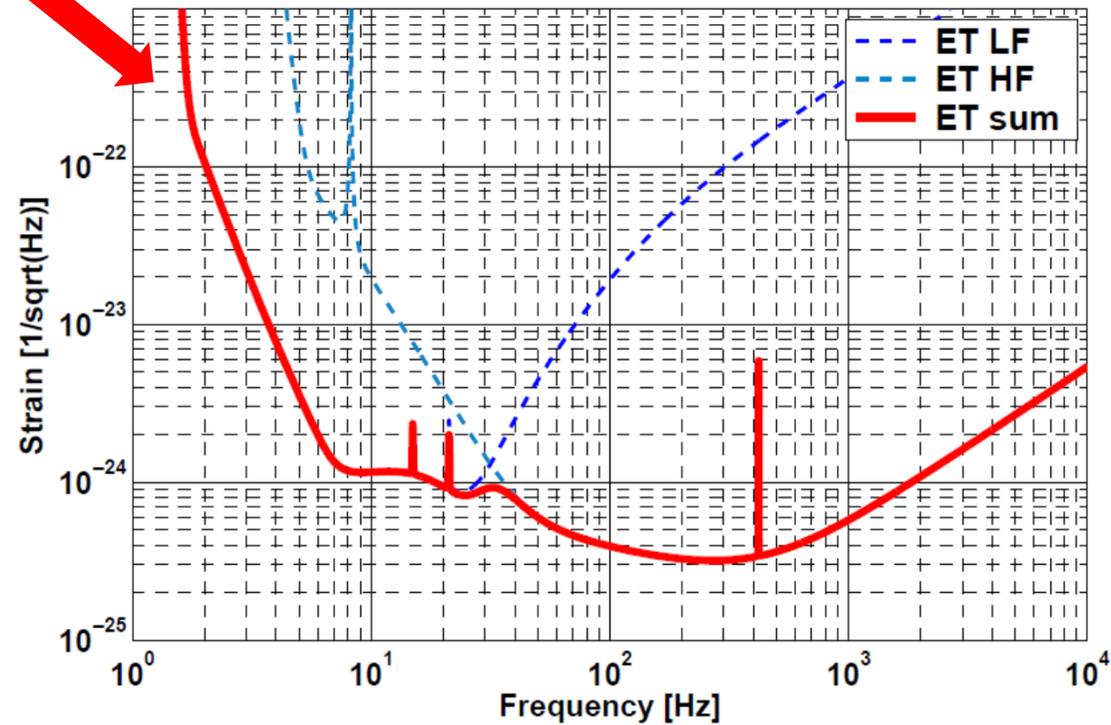


De Advanced Virgo à ET

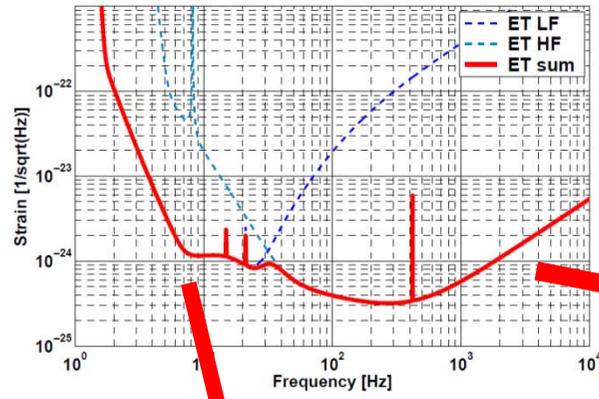


Combiner deux interféromètres:

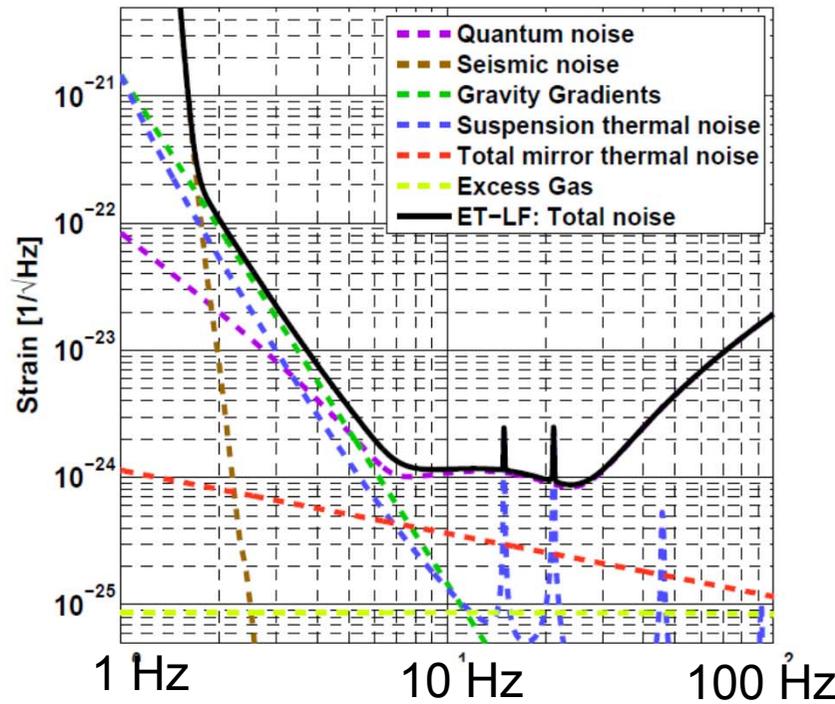
- ET- HF: haute fréquence, haute puissance, chaud
- ET-LF: basse fréquence, faible puissance, froid



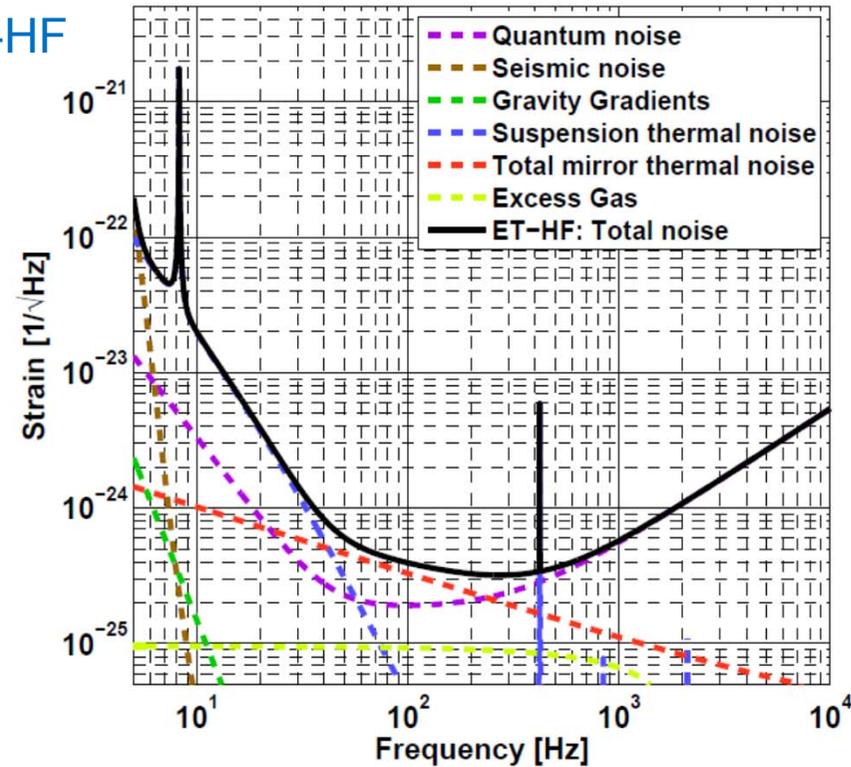
ET HF et ET LF



ET-LF



ET-HF

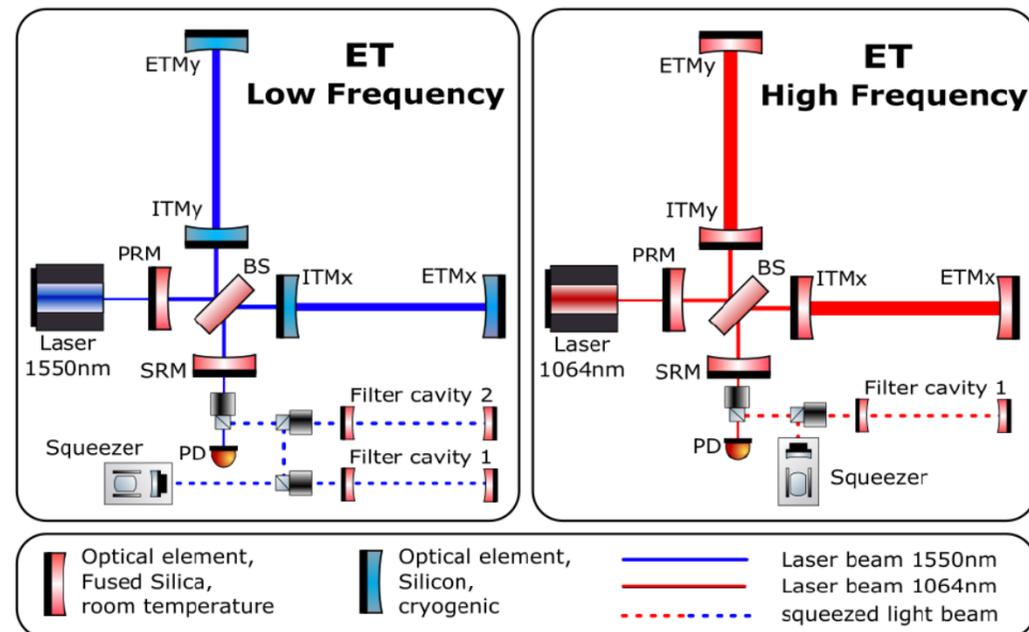


+ les bruits techniques

- contrôles (electronique,...)
- lumière diffusée
-

Les interféromètres ET HF et ET LF

	AdV+ Phase 1	ET-HF	ET- LF
Longueur bras	3 km	10 km	10 km
Puissance en entrée	25-40 W	500 W	3 W
Longueur d'onde	1064 nm	1064 nm	1550 nm (?)
Matériau miroirs	silice	silice	silicium/ saphir?
Diamètre miroirs	35 cm	62 cm	45 cm
Niveau de squeezing	4.5 dB	10 dB	10 dB



Les systèmes optiques

Systèmes d'injection et de detection

effets thermiques
faible pertes
faible bruit (senseurs,...)

Laser

stabilité
faible bruit
(puissance, jitter,...)

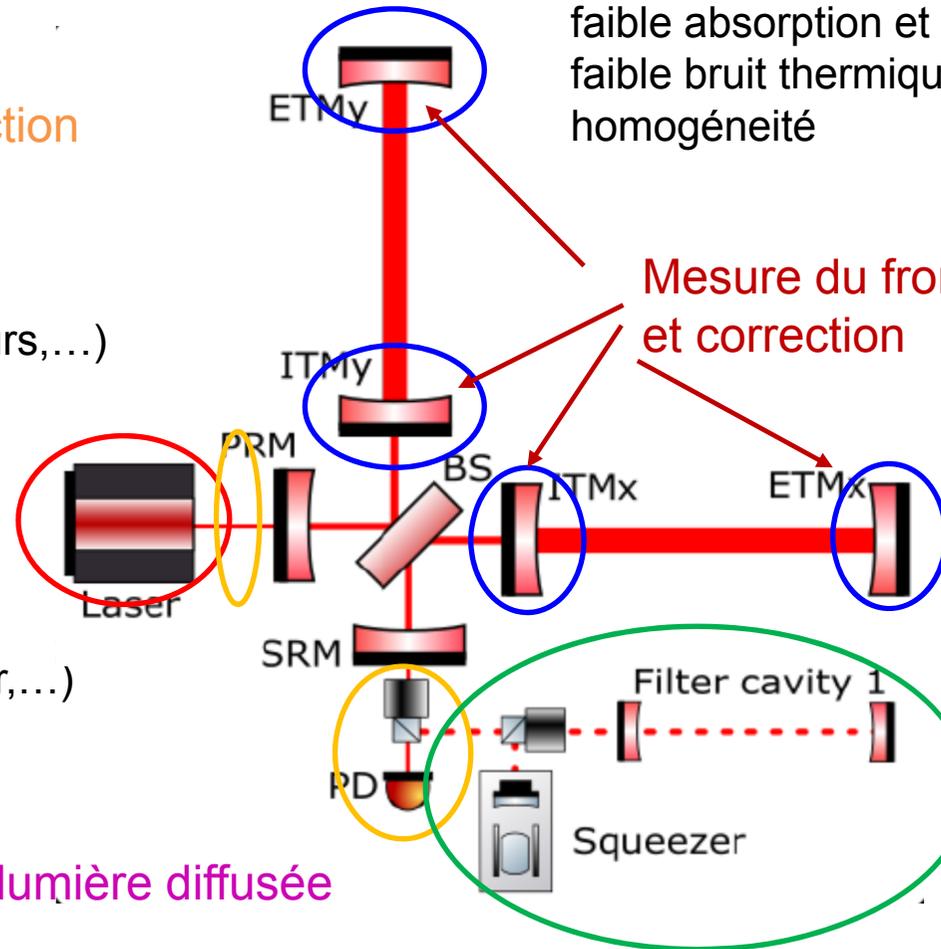
Réduction de la lumière diffusée

Grands miroirs: substrats et revêtements

faible absorption et diffusion
faible bruit thermique
homogénéité

Mesure du front d'onde et correction

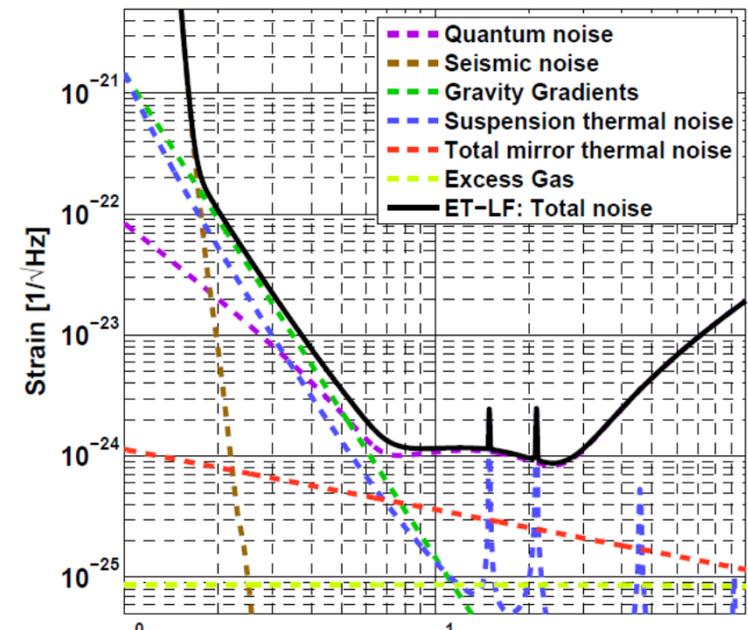
Le squeezing
très faible pertes



Les challenges en optique

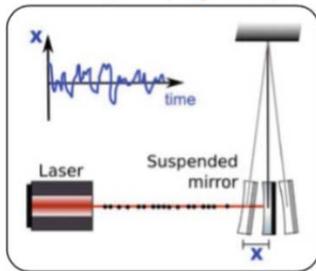
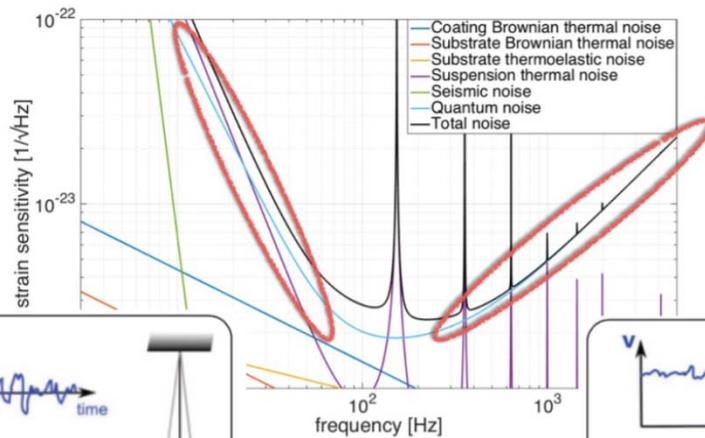
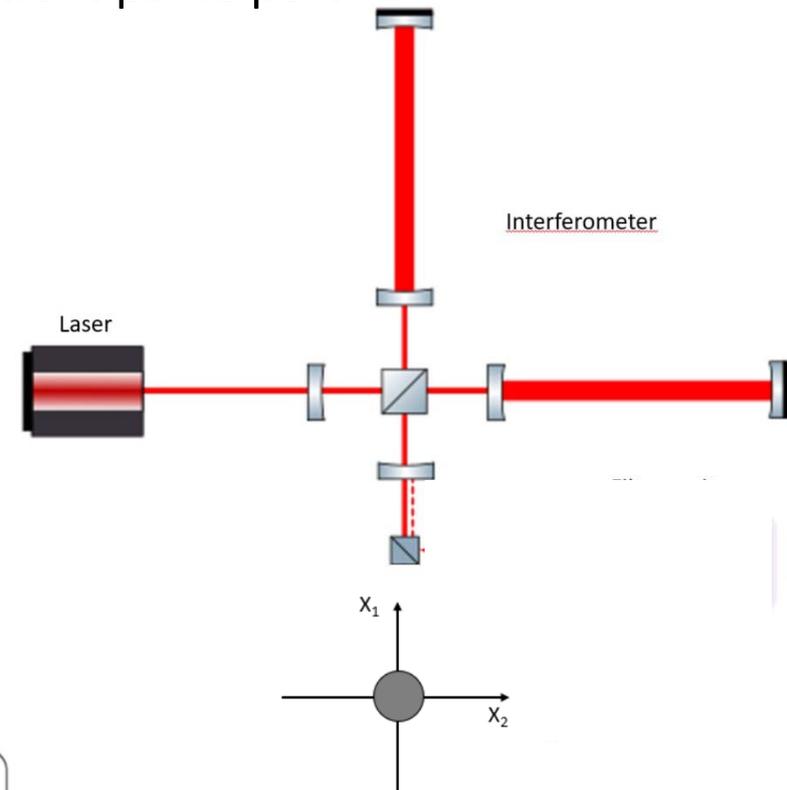
	AdV+ Phase 1	ET-HF	ET- LF
Longueur bras	3 km	10 km	10 km
Puissance en entrée	25-40 W	500 W	3 W
Longueur d'onde	1064 nm	1064 nm	1550 nm (?)
Matériau miroirs	silice	silice	silicium/ saphir?
Diamètre miroirs	35 cm	62 cm	45 cm
Niveau de squeezing	4.5 dB	10 dB	10 dB

- Technologie pour ET-LF: nouvelle λ
- Laser haute puissance, bas bruit
- Effets thermiques
- Grands substrats de très haute qualité
- Bruit thermique des miroirs et revêtements
- Optiques très faible pertes (absorption et diffusion)
- Réduction du bruit quantique

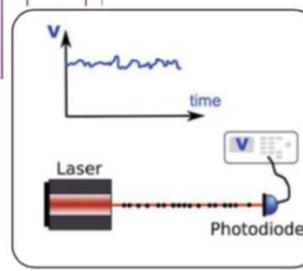


Réduction du bruit quantique: le squeezing

- Bruit quantique = fluctuations du vide entrant par le port de sortie de l'interféromètre
- Manifestation du bruit quantique:
 - Pression de radiation
 - Shot noise



Radiation pressure noise

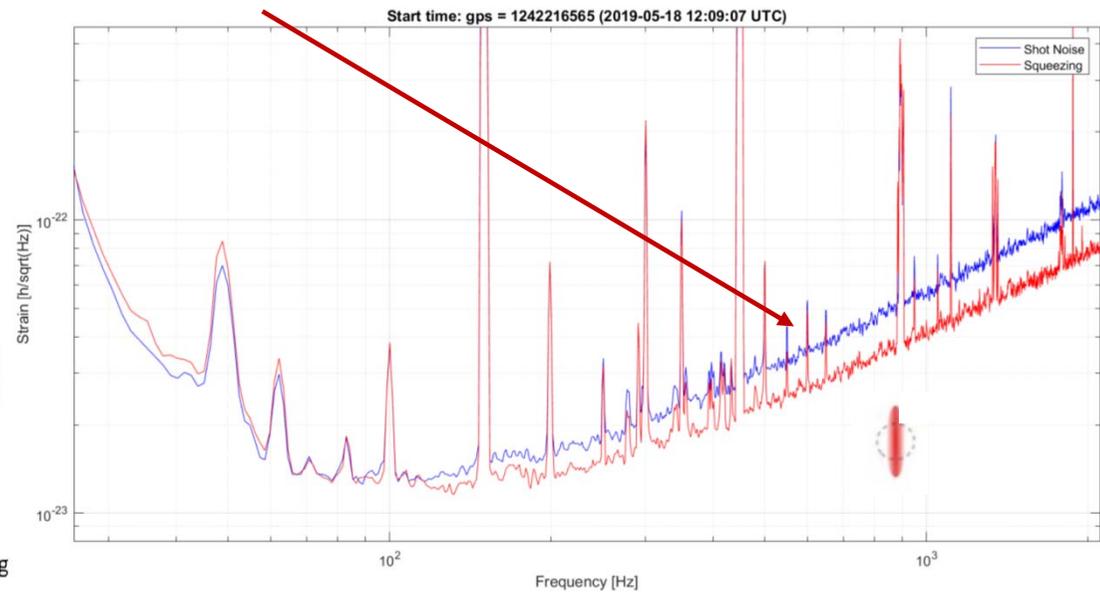
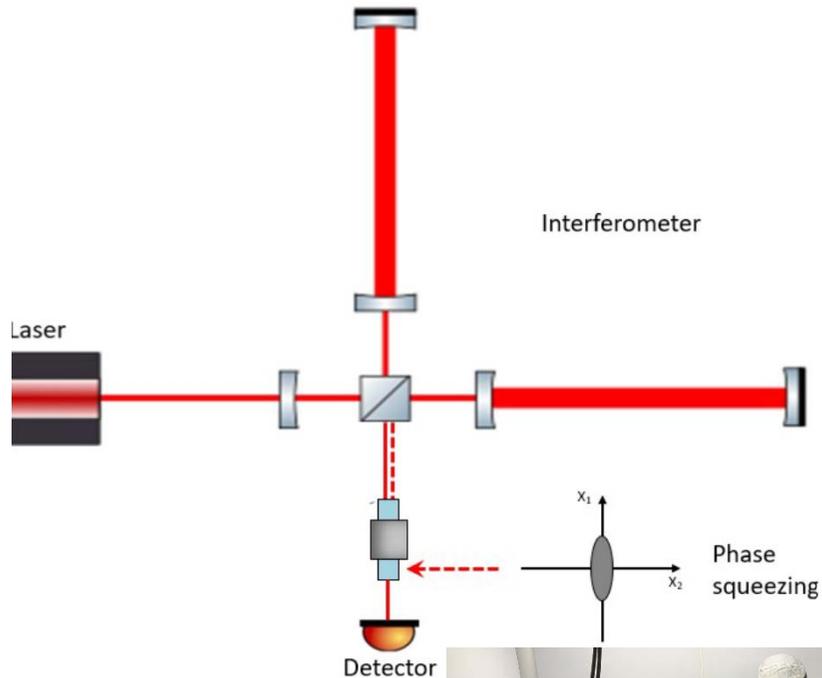


Shot noise

courtesy Eleonora Polini

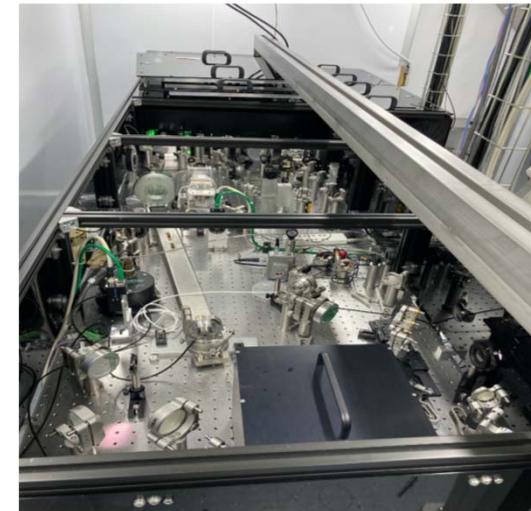
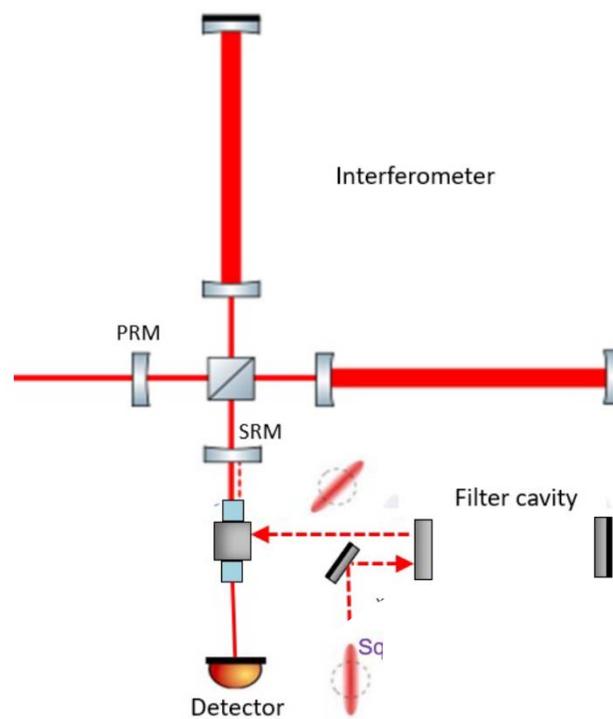
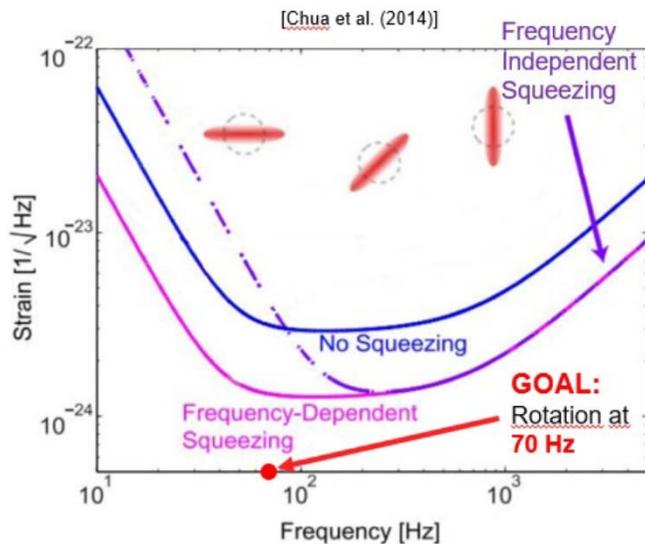
Le squeezing dans Advanced Virgo

- Squeezing indépendant de la fréquence implémenté dans AdV et aLIGO
→ réduction du shot noise de ~ 3 dB



Squeezing pour AdV+ et ET

- Réduction du shot noise **et** du bruit de pression de radiation
 - Rotation de l'ellipse en fonction de la fréquence: cavité(s) de filtrage
 - AdV+: 4.5dB → ET: 10 dB : système à très faible pertes
 - Développement de la technologie à 1550 (?) nm

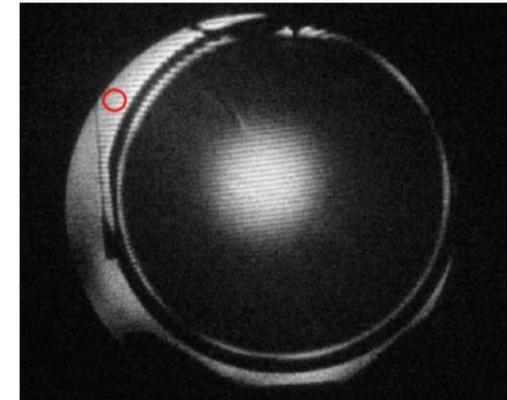
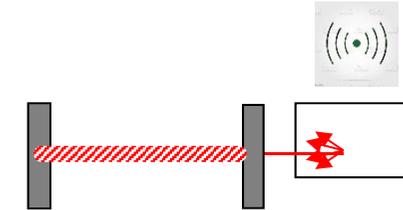


Principe:

Lumière diffusée par les objets sur les bancs optiques

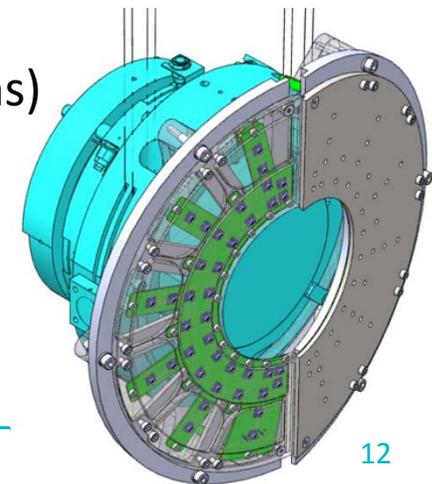
+ Bruit environnemental

⇒ bruit de phase et d'amplitude sur le faisceau principal



Réduction de la lumière diffusée et de son impact:

- Outils de simulation (étude du couplage,...)
- Guide de bonnes pratiques pour le dessin des bancs
- Caractérisation et développement de matériaux peu diffusants
- Développement de systèmes de monitoring
- Développement de montures rigides (reduction des vibrations)
- ...



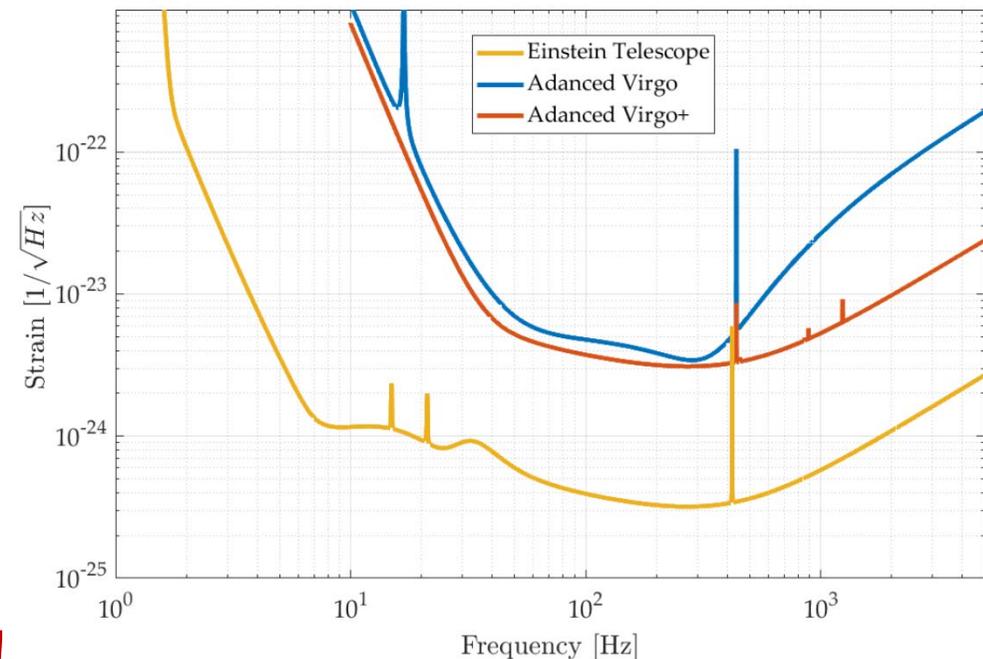
II Optics	Stuart Reid (Strathclyde), Edwige Tournefier (LAPP)
II.1 Core optics LF (substrates+coating)	Alex Amato (ILM), Martin Ian (Glasgow)
II.2 Core optics HF (substrate+coating)	Jessica Steinlechner (Maastricht), Benoit Sassolas (LMA)
II.3 Lasers	Margherita Turconi (Artemis), Benno Willke
II.4 Input and output optics	Keiko Kokeyama (Cardiff), Michal Was (LAPP)
II.5 Squeezed light	Giacomo Ciani (INFN-Padova), Henning Valbruch (AEI-Hannover)
II.6 Wave-front sensing and control	Alessio Rochi (INFN-Roma), Martin van Beuzekom (Nikhef)
II.7 Scattered light	Thomas Bretz (RWTH-Aachen), Mario Martinez (IFAE-Barcelona)

Développements et challenges en optique pour ET

- Nouvelles technologies pour ET-LF (longueur d'onde)
- Haute puissance
- Réduction et contrôle des effets thermiques
- Réduction des pertes optiques et mécaniques
- Réduction des bruits (sensing, lumière diffusée,...)

Expertise française en optique:

- Lasers
- Substrats et revêtements
- Squeezing
- Système de détection
- Lumière diffusée
- ...



N'hésitez pas à rejoindre les efforts!