



Quantum technologies in future GW detectors

Edwige Tournefier pour les groupes Virgo de
APC, Artemis, IJCLab, IPHC, IP2I, LAPP, LKB, g-MAG
31 Juin 2021

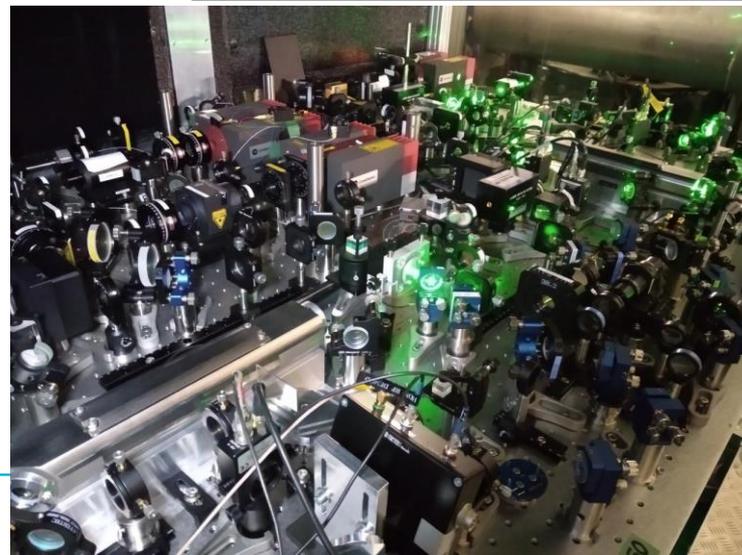
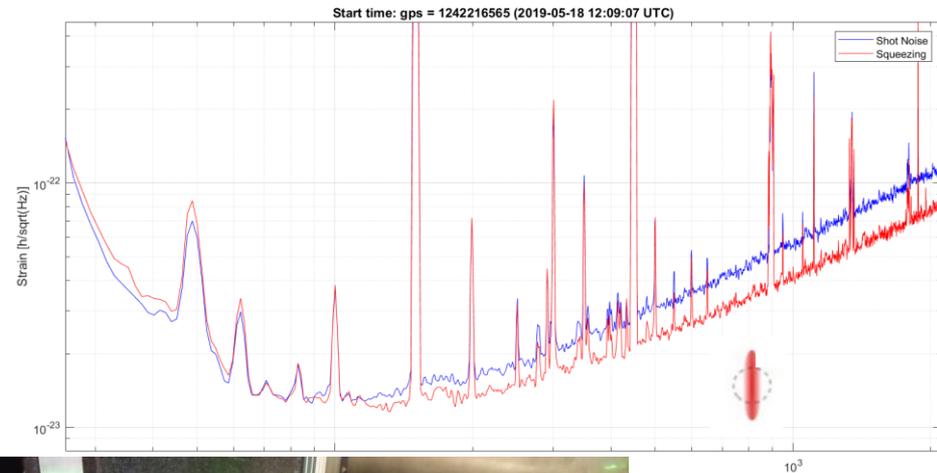
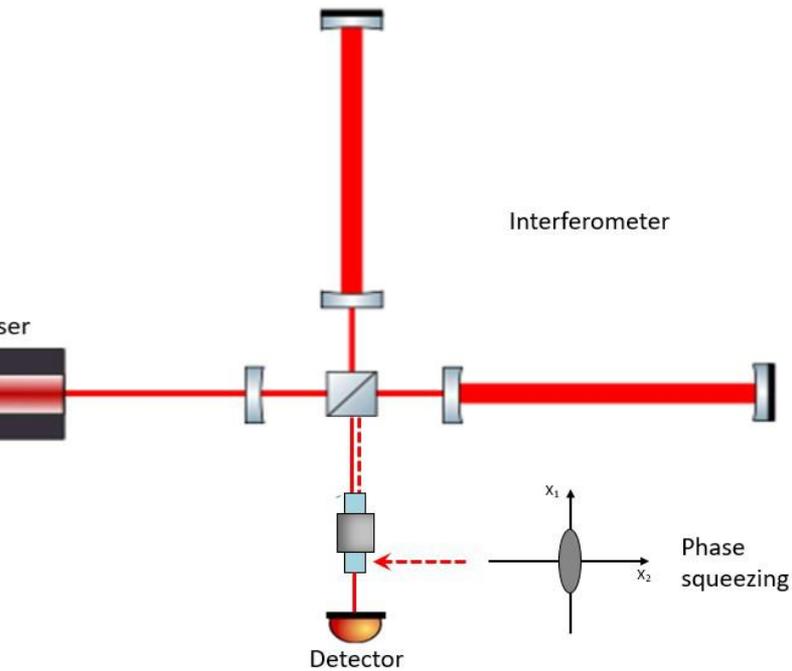


Le squeezing dans Advanced Virgo

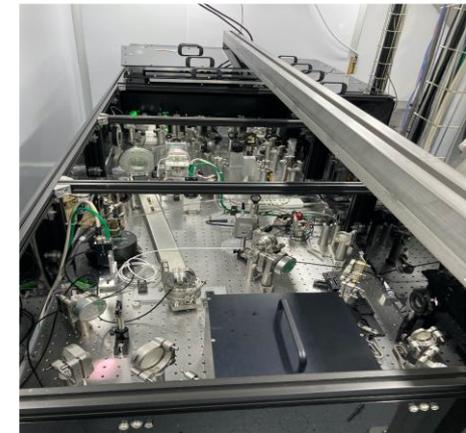
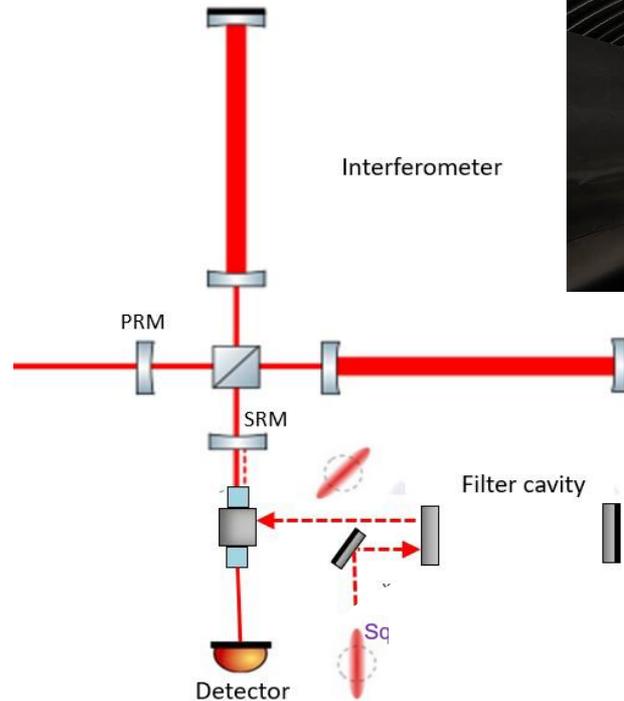
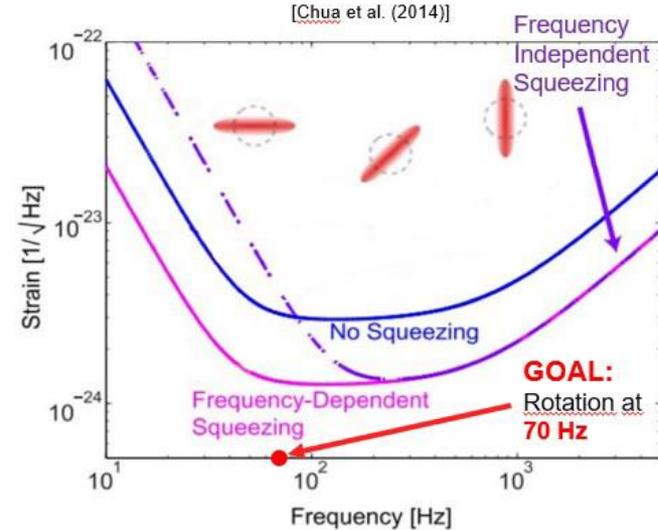
- Squeezing indépendant de la fréquence implémenté dans AdV pour O3 (2019-2020):
⇒ Réduction du bruit quantique à haute fréquence (3dB)

Voir presentation d'Eleonora Capocasa)

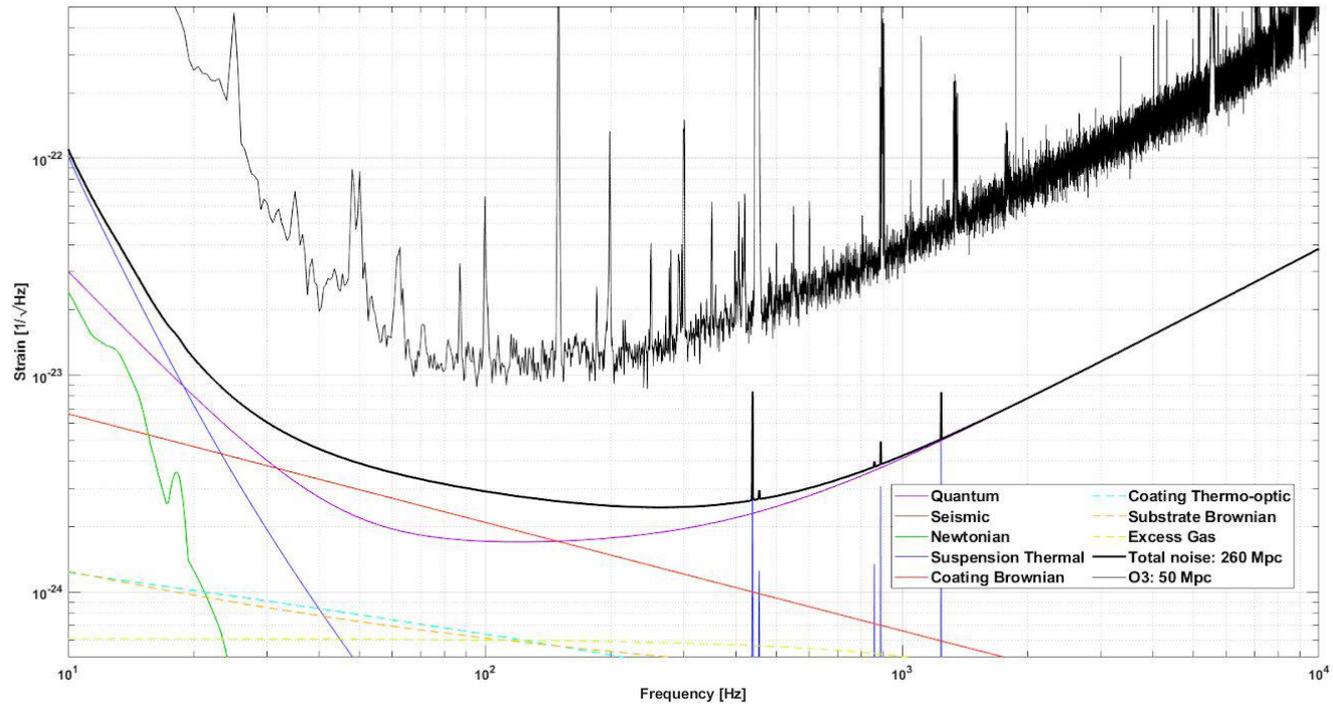
Pertes optique ~30%



- Réduction du shot noise **et** du bruit de pression de radiation
 - Rotation de l'ellipse en fonction de la fréquence: **cavité de filtrage**
 - But AdV+: 4.5dB : **système à faible pertes (<20%)**

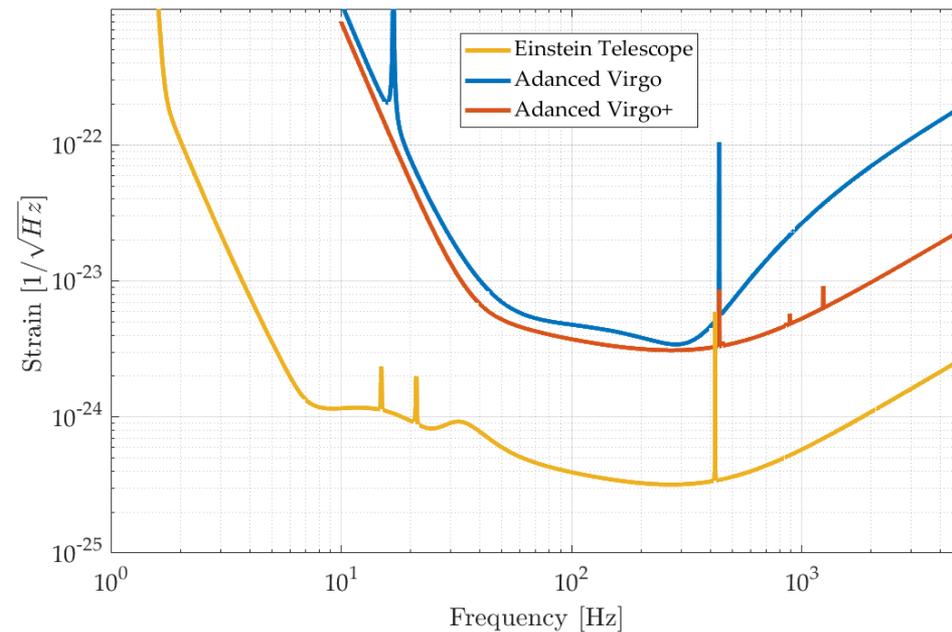


- AdV+: de O3 (2019-2020) à O5 (2025-2026)

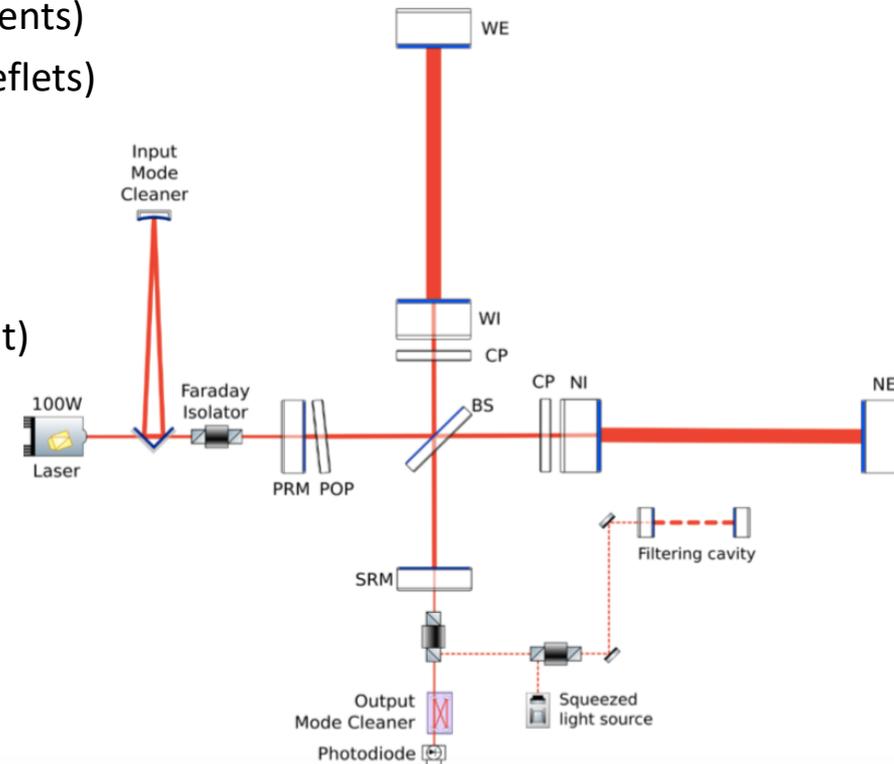


Détecteurs de 3ème génération: Einstein Telescope

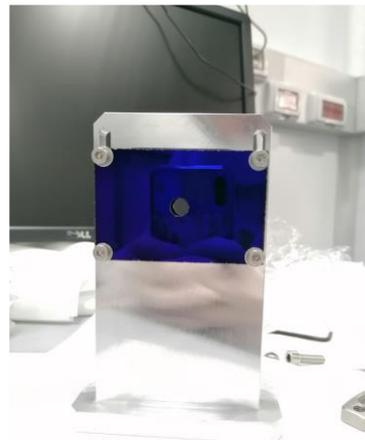
- Préparation des détecteurs de 3ème génération: ET (Europe), CE (US)
 - Étendre la longueur des bras (10-40km)
 - Aller à plus basses fréquences (ET souterrain)
 - Démarrage à l'horizon 2035
- Le squeezing pour ET:
 - Réduction des pertes => 10dB
 - Étendre à basse fréquence (~3Hz)
 - Nouvelles longueurs d'onde (1.5,2um)
=> Technologie à développer
 - Cavités de filtrage kilométriques



- Réduction des pertes:
 - Composants optiques (compatibles vide):
 - Source de squeezing: OPO (absorption et diffusion du cristal non linéaire)
 - Isolateur de Faraday (absorption et diffusion cristal TGG)
 - Output Mode cleaner (absorption, diffusion, filtrage)
 - Mirroirs de la cavité de filtrage (revêtements)
 - Optiques génériques (absorption, anti-reflets)
 - Bancs optiques contrôlés sous vide
 - Détection du signal:
 - Photodiodes (QE + électronique bas bruit)
 - Mode matching:
 - Telescopes adaptatifs



Miroir cavité de filtrage

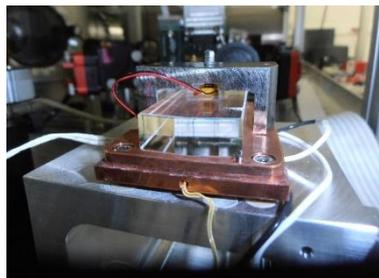


Diaphragmes,
beam dumps

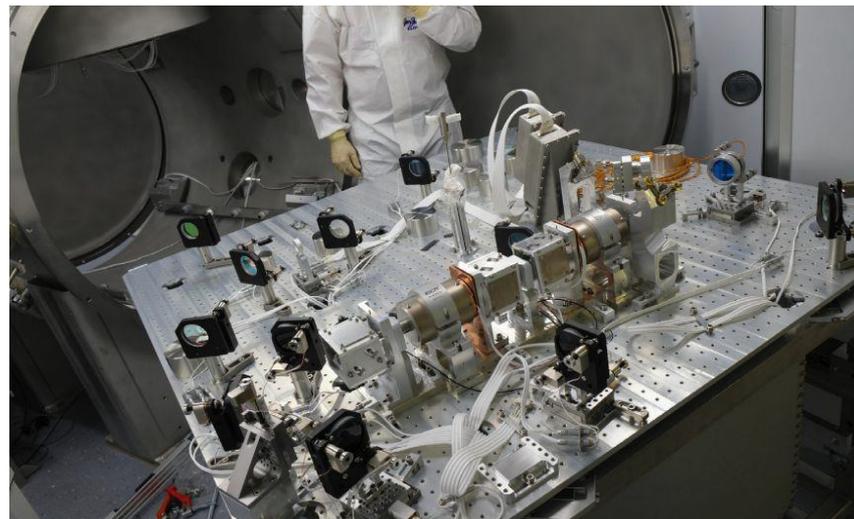


Optiques superpolies

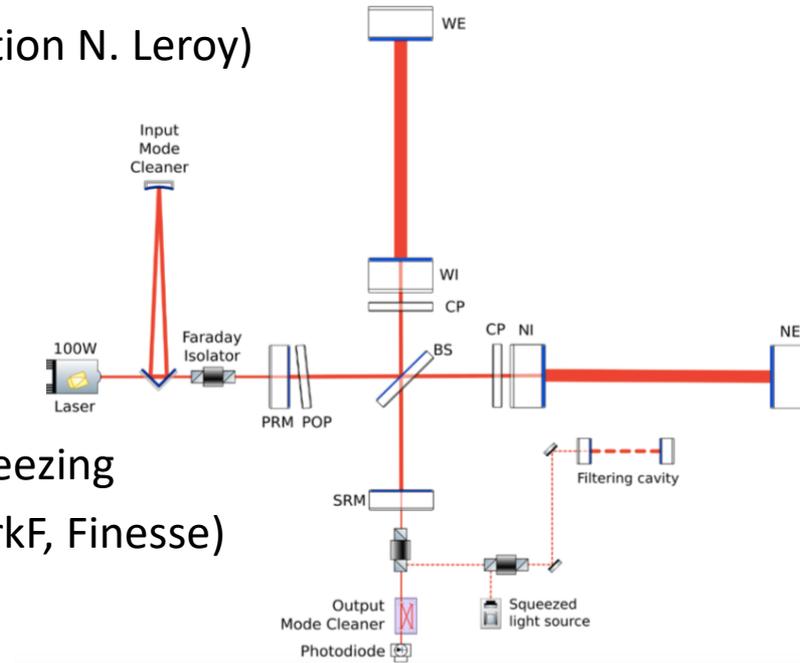
Cavité mode cleaner



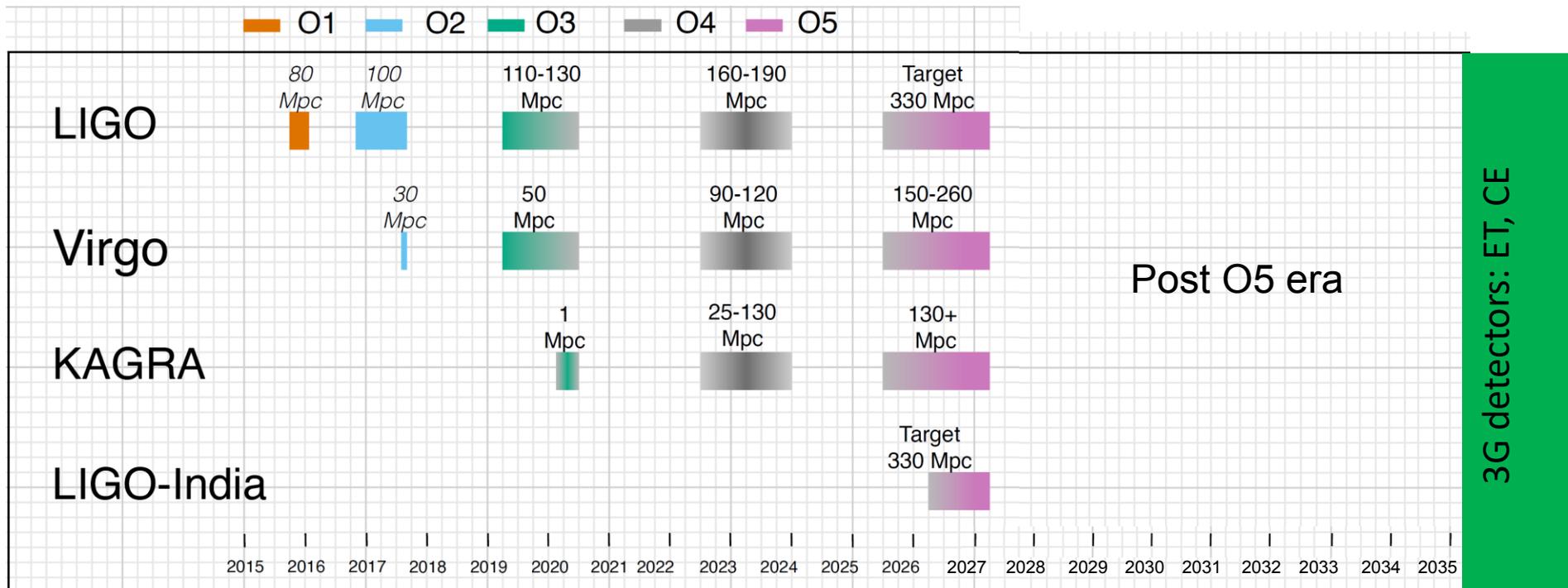
Bancs suspendus sous vide



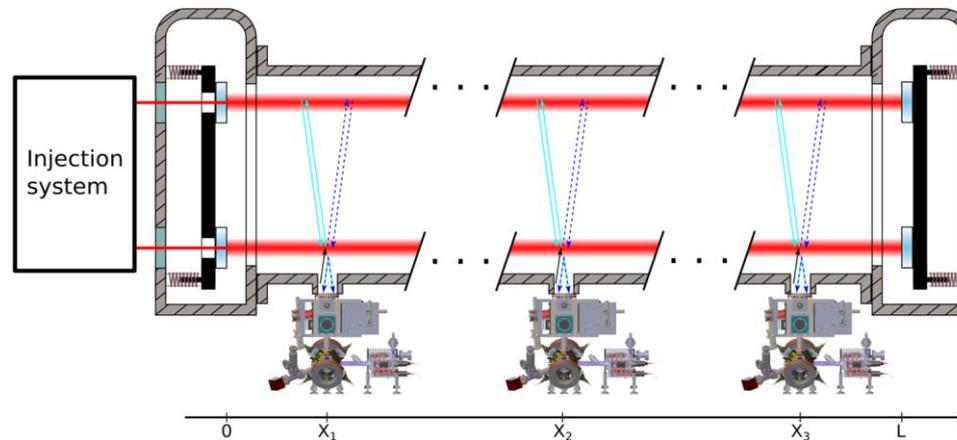
- Réduction du bruit de phase:
 - Contrôle de la cavité de filtrage
- Réduction de la lumière diffusée:
 - Lumière diffusée par l'OPO => bruit additionnel dans l'interféromètre
 - ⇒ OPO sous vide et suspendu (voir présentation N. Leroy)
 - Importance des Faraday (isolation)
- Simulation:
 - Étude de l'impact des imperfections de l'interféromètre sur les performances du squeezing
 - > développement software (OSCAR, DarkF, Finesse)



- De AdV+ à ET: upgrade des détecteurs de 2ème génération (2027-2035)
 - Amélioration de la technologie actuelle (pertes,...)
 - Technologies alternatives pour le squeezing ?
 - Einstein-Podolsky-Rosen (EPR): états intriqués
 - Q-filter: réglage de la fréquence de rotation de l'ellipse par une double cavité



- Interféromètres atomiques pour la détection des ondes gravitationnelles
 - À plus basse fréquence (0.1-10Hz)
 - En développement, démonstrateur MIGA
 - Limitation = bruit quantique => utilisation des techniques de squeezing



- Réduction des pertes optiques et du bruit de phase:
 - Bancs optiques
 - Photodiodes
 - Optiques et revêtement à faible absorption, faible anti-reflet
 - Contrôle des cavités de filtrage
 - Cavité mode cleaner
 - OPO sous vide
 - Bancs optiques suspendus et contrôlés sous vide
- Source des états du vide comprimé
 - OPO
- Technologies alternatives:
 - EPR
 - Q-filter

Contribution des groupes de: APC, Artemis, IJCLab, IPHC, IP2I, LAPP, LKB, g-MAG