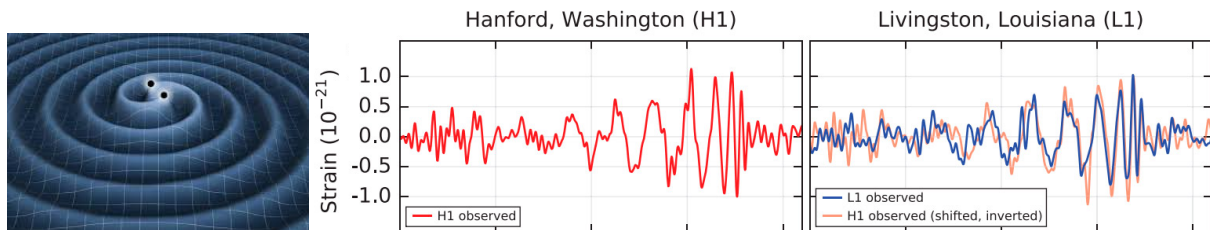
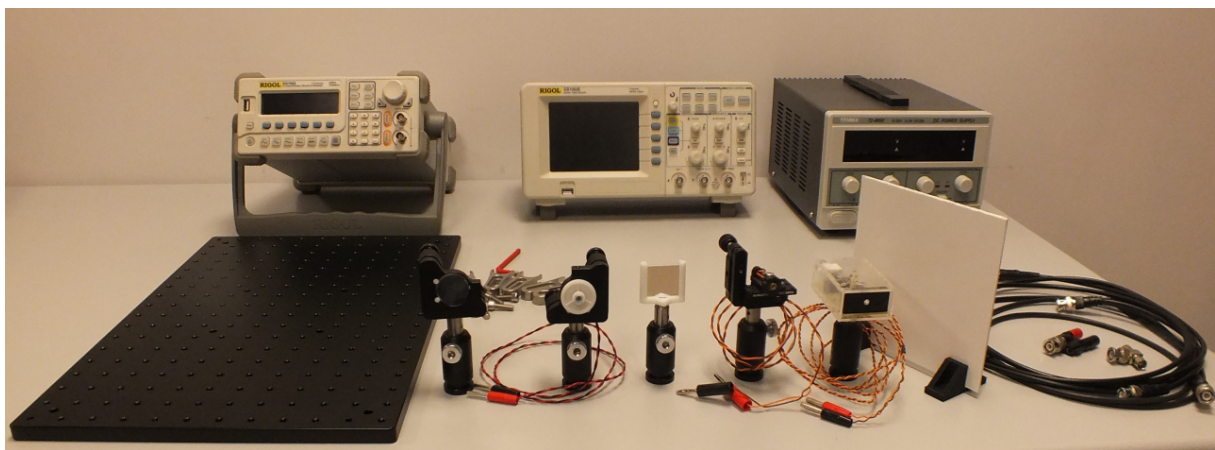


L'interféromètre gravitationnel

Les ondes gravitationnelles sont des déformations de l'espace provoquées par des phénomènes astrophysiques cataclysmiques comme la coalescence de deux étoiles à neutron ou deux trous noirs. Elles ont été détectées pour la première fois le 14 septembre 2015, un siècle après leur prédiction par Albert Einstein dans sa théorie de la relativité générale. Ce jour là les infimes variations de longueur provoqués par la coalescence de deux trous noirs situés à plus d'un milliard d'années lumière ont été observées simultanément par les deux interféromètres de Michelson géants LIGO dont les bras font 4km de long.



Le but du TP est de réaliser un interféromètre de Michelson et de l'utiliser pour mesurer les petits déplacements d'un miroir et simulant à petite échelle l'observation d'une onde gravitationnelle. la diode laser utilisée dans ce TP est de classe II : laser visible de puissance inférieure à 1mW. Aucune précaution particulière n'est requise.

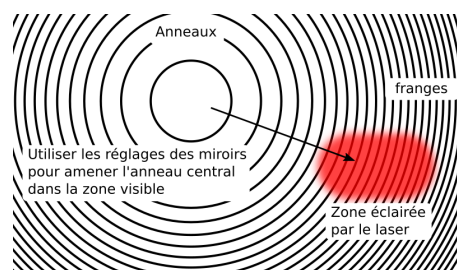
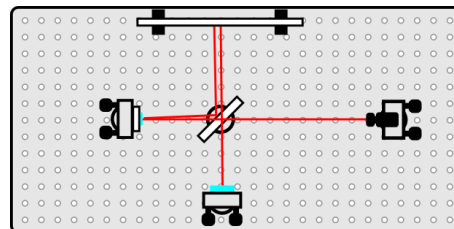
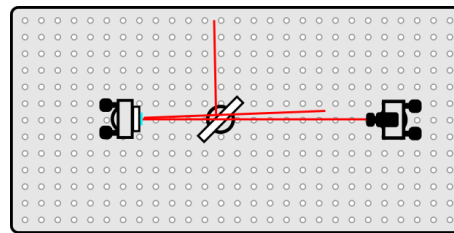


Breadboard 30x60cm
 GBF Rigol 1022
 Oscilloscope Rigol 1052E
 Alimentation 2 voies
 5 fourches, 5 vis

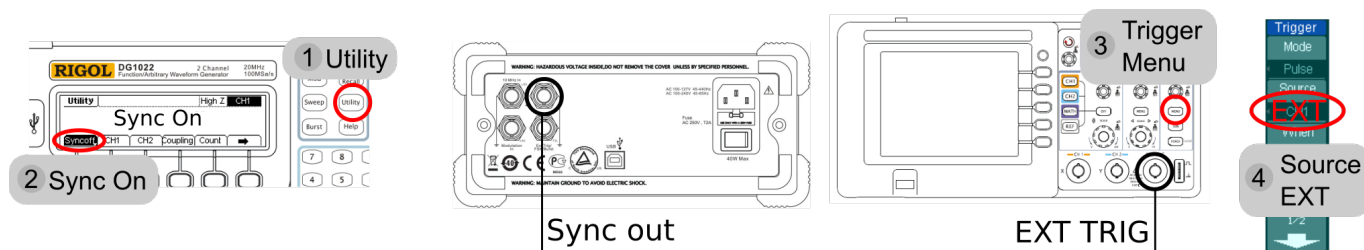
Miroir argenté
 Miroir mobile
 lame semi-transparente
 Diode laser
 Photodétecteur

Ecran blanc
 Tournevis ou clé Allen
 3 câbles BNC
 T BNC
 Adaptateur BNC-banane

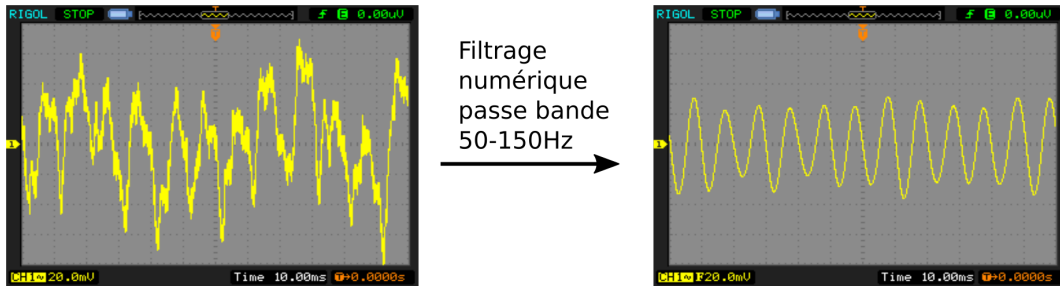
1. Alimenter le laser en 5V en utilisant **la sortie 5V** de l'alimentation de laboratoire et régler l'objectif du laser pour que le faisceau ne diverge pas. On dit que le faisceau est collimaté. Sur le Breadboard placer le laser, la lame semi et le miroir mobile. Régler l'inclinaison du miroir mobile pour que le faisceau retour vers le laser soit bien horizontal mais ne retourne pas dans le laser. On évite ainsi tout couplage entre la diode laser et l'interféromètre.
2. Ajouter le miroir fixe à peu près à la même distance de la lame séparatrice que le miroir mobile. Visualiser sur l'écran les deux tâches provenant des deux bras de l'interféromètre. En jouant sur les réglages du miroir fixe, superposer les deux tâches. Des franges d'interférence devraient apparaître, sans doute peu visibles car le spot laser est petit et éblouissant.
3. Décollimater légèrement le laser pour obtenir sur l'écran une tâche d'environ 2cm de diamètre. Resuperposer les deux tâches si nécessaire et aligner finement pour observer tout d'abord des franges puis des anneaux dits "anneaux de Newton". Si vous avez du mal à observer les franges, c'est certainement qu'elles sont trop fines, dans ce cas projeter les faisceaux sur un mur blanc à 1 ou 2 mètres plutôt que sur l'écran.
4. Rapprocher ou éloigner le miroir fixe pour que les deux bras de l'interféromètre soit les plus semblables possible. Le signe d'un bon réglage est que l'anneau central est le plus gros possible et au final prend toute la zone éclairée par le laser. Remplacer alors l'écran par le photodétecteur. Ce dernier peut être alimenté indifféremment entre 5 et 12V. Observer alors à l'oscilloscope le défilement des franges d'interférence. Brancher le miroir mobile sur le GBF et appliquer un signal sinusoïdal de 5V à 10V d'amplitude et de 100 Hz. S'assurer que plusieurs franges défilent, sinon augmenter l'amplitude de la sinusoïde. Jouer sur les réglages des miroirs pour optimiser le contraste des franges.



Pour déclencher l'oscillo sur le GBF, connecter la sortie "Sync out" au dos du GBF à l'entrée EXT de l'oscillo. Activer la sortie "Sync out" en allant dans "Utility" puis sélectionner "Sync OFF" → "Sync ON". Dans le menu TRIGGER de l'oscilloscope sélectionner la voie EXT comme source de déclenchement.



5. Réduire l'amplitude de la sinusoïde à 0.1V. Vérifier que l'on détecte toujours le mouvement du miroir. On pourra passer en couplage AC sur l'oscilloscope pour augmenter le calibre vertical. La sensibilité de l'interféromètre varie au cours du temps à cause des dérives de fréquence du laser et de longueur des bras.
6. Diminuer encore l'amplitude à 10mV. Appliquer un filtre numérique sur l'oscilloscope : CH1 → "Filt. Num." → "activé". Sélectionner un filtre passe-bande et fixer la fréquence inférieure à 50Hz et la fréquence supérieure à 150Hz.



7. Sur le GBF, sélectionner la forme arbitraire : Arb → "load" → "Stored". Sélectionner "ARB1:gw" et valider avec "Recall". Ce signal doit être joué à 1Hz et correspond à la première détection d'une onde gravitationnelle par les interféromètres Ligo. Choisir une amplitude de 1V et retirer le filtrage numérique de l'oscilloscope. Abaisser ensuite l'amplitude et adapter le filtrage numérique pour continuer à observer le signal.

