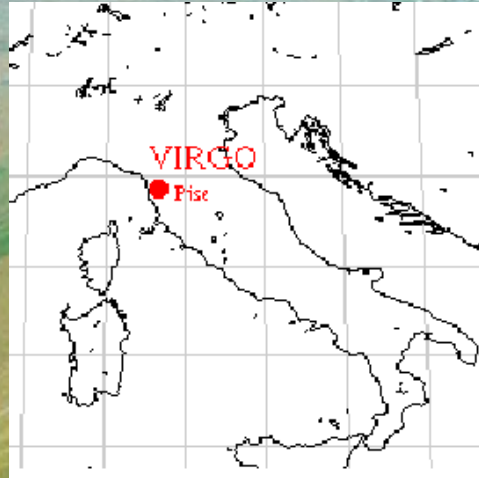


# L'acquisition du lock de VIRGO



Stephane KRECKELBERGH

Groupe VIRGO, LAL  
Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

Orsay

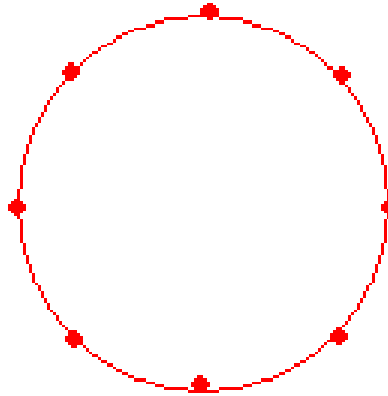
# SOMMAIRE

- Les ondes gravitationnelles (OG) et principe de détection
- **Problème de l'acquisition du lock**
- Données expérimentales sur le bras nord de 3 km



# OG et principes de détection

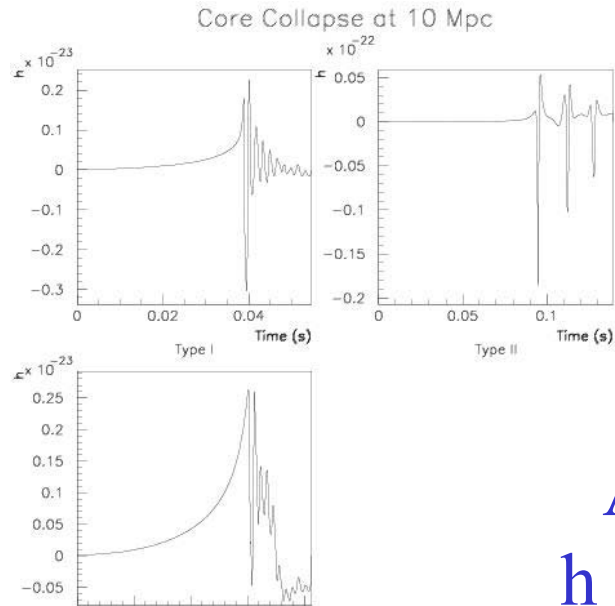
- Prédites par la Relativité Générale
- Perturbations de l'espace-temps
- Vitesse de la lumière
- Très peu d'interactions avec la matière



**La déformation relative  $\Delta L/L$  est égale à l'amplitude de l'OG ( $h$ )**

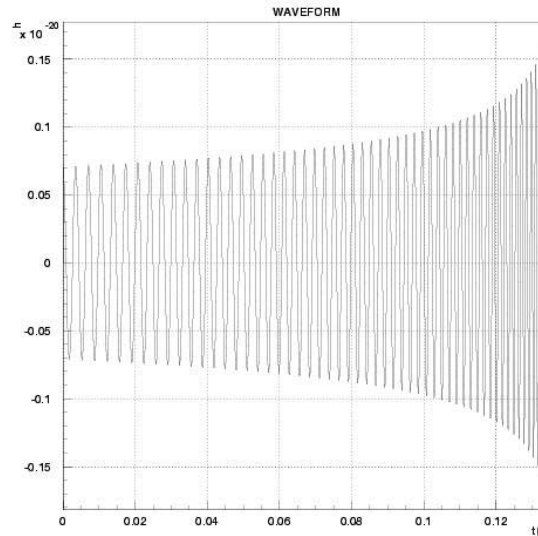
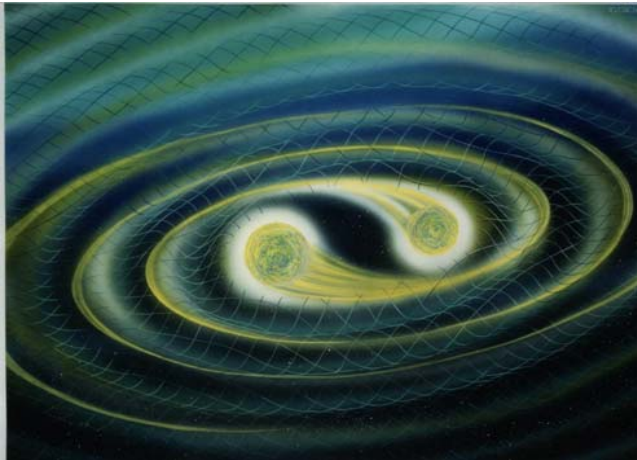


# Explosion d'étoiles (supernovae)



AMPLITUDE :  
 $h \sim 10^{-21}$  @ 10 Mpc

# Binaires spirallantes



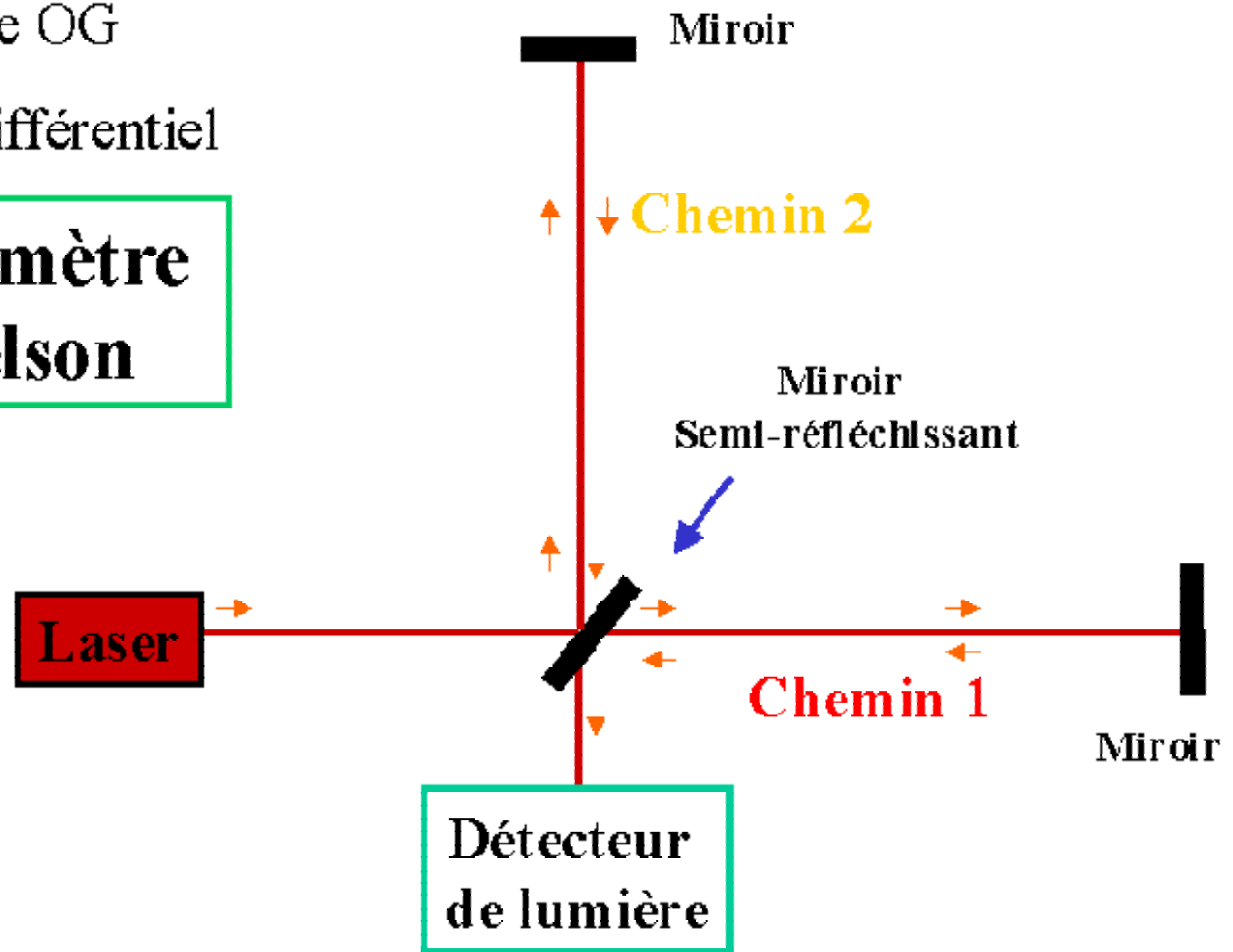
- Signal très bien connu théoriquement
- Grande incertitude sur le taux annuel de coalescence
- Durée : de quelques secondes à plusieurs minutes



Passage d'une OG

=> mouvement différentiel

## L'interféromètre de Michelson



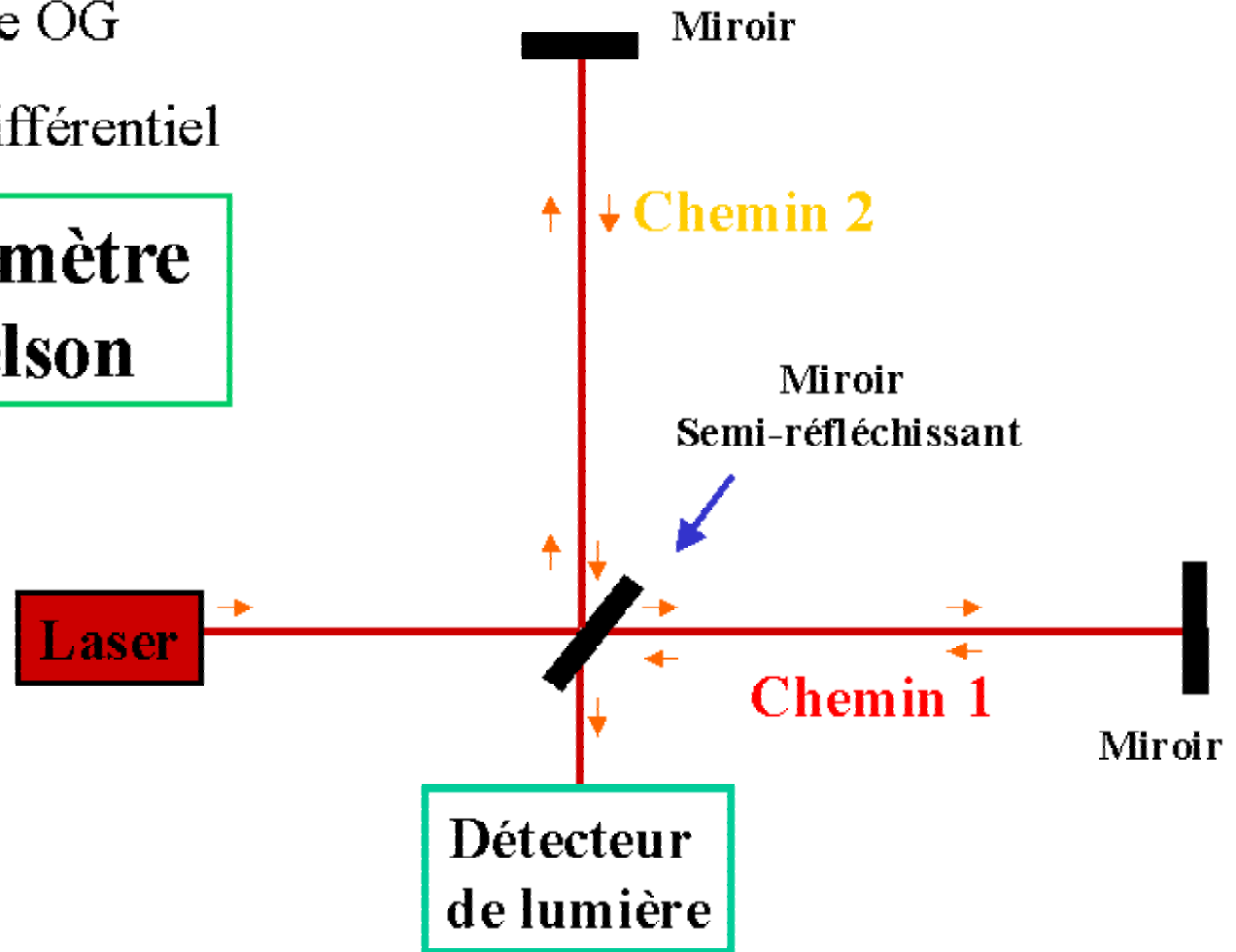
- Régler l'interféromètre sur une frange noire
- La quantité de lumière est proportionnelle à l'amplitude de l'OG  $h$



Passage d'une OG

=> mouvement différentiel

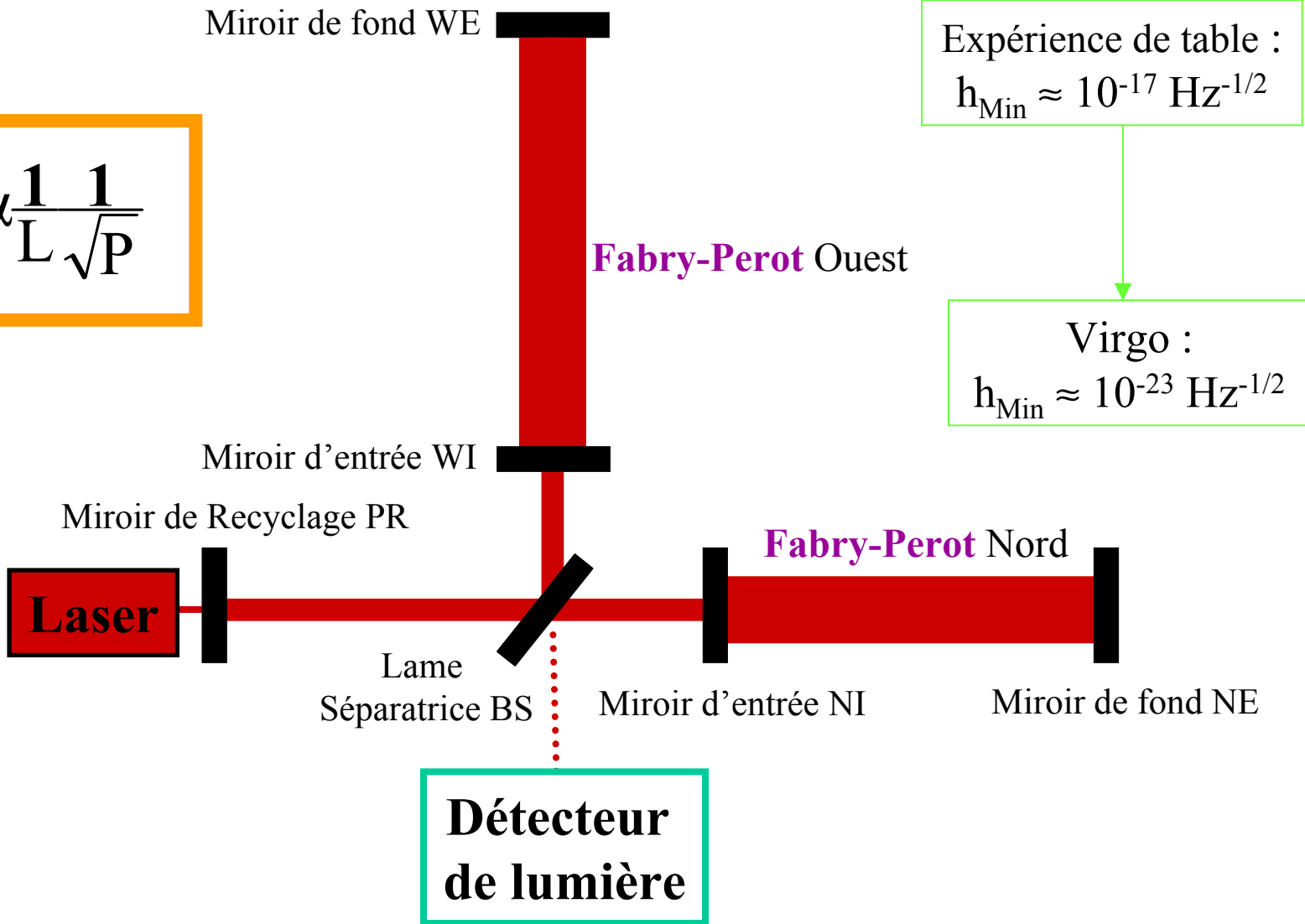
## L'interféromètre de Michelson



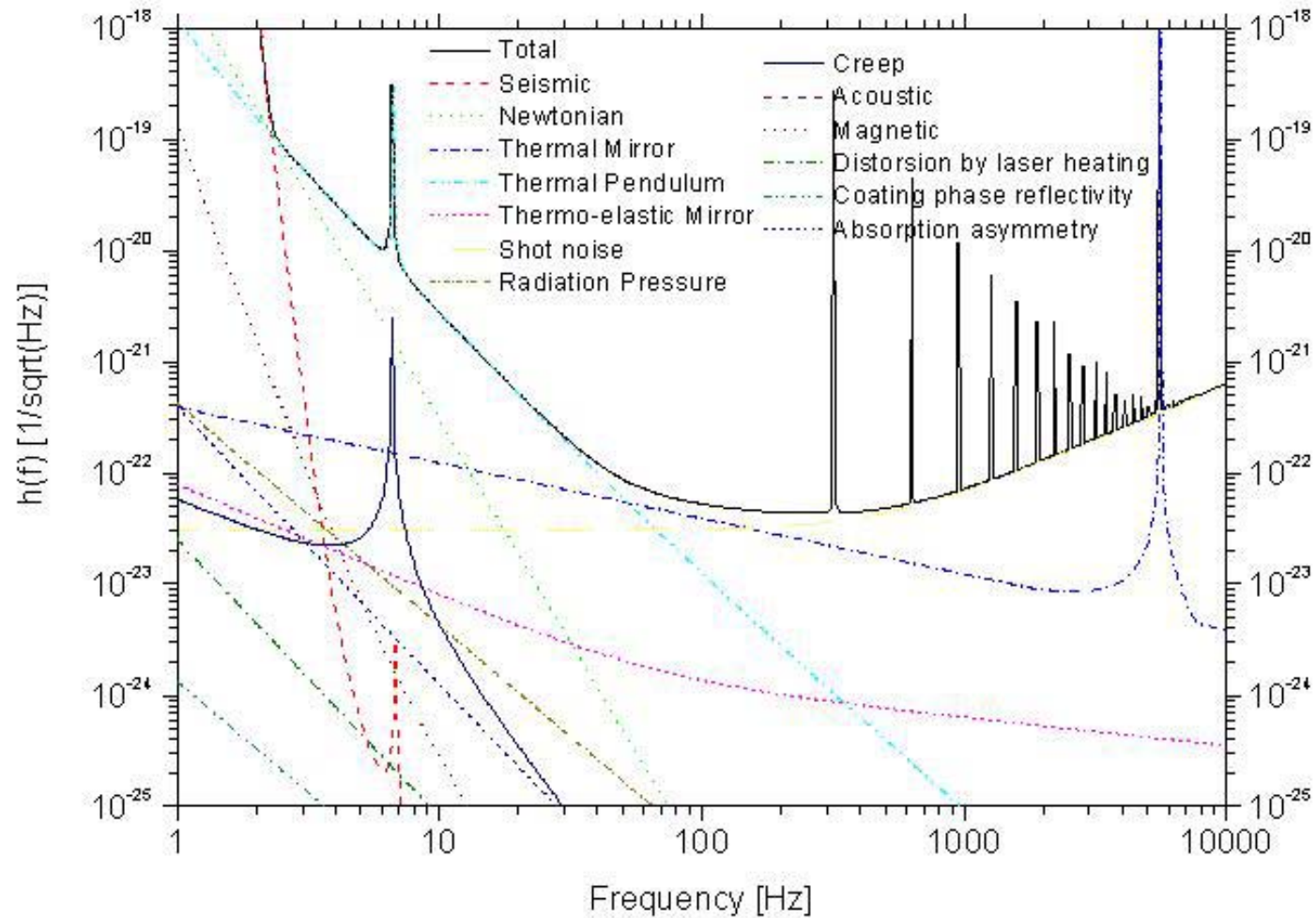
- Régler l'interféromètre sur une frange noire
- La quantité de lumière est proportionnelle à l'amplitude de l'OG  $h$



$$h_{\min} \propto \frac{1}{L} \frac{1}{\sqrt{P}}$$

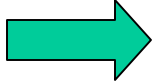


# Sensibilité théorique de VIRGO





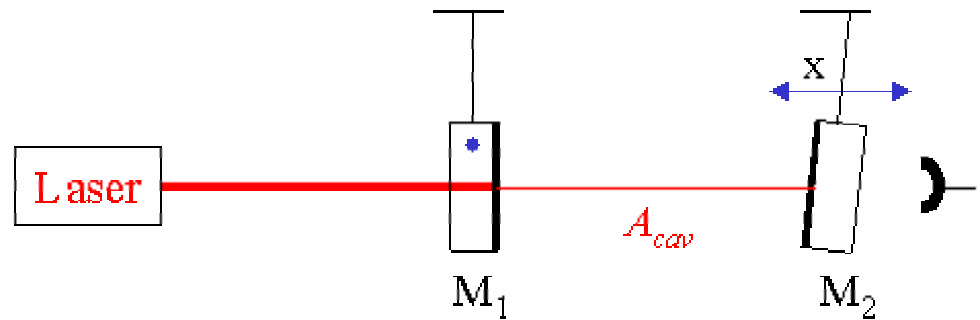
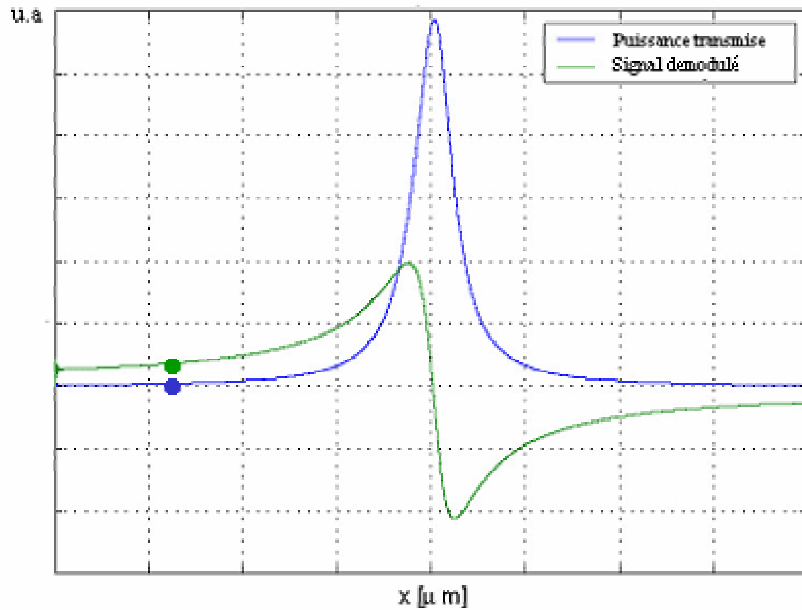
# L'acquisition du lock

- Pas de lock  pas de détection d'OG
- Qu'est ce que l'acquisition du lock?
  - Processus par lequel un interféromètre est emmené à son point de fonctionnement (contrôle longueur à qq Å près)
- Plus ou moins difficile
  - Simple pour des configurations optiques simples (ex: Fabry Perot)
  - Plus difficile pour des systèmes plus complexes (VIRGO)



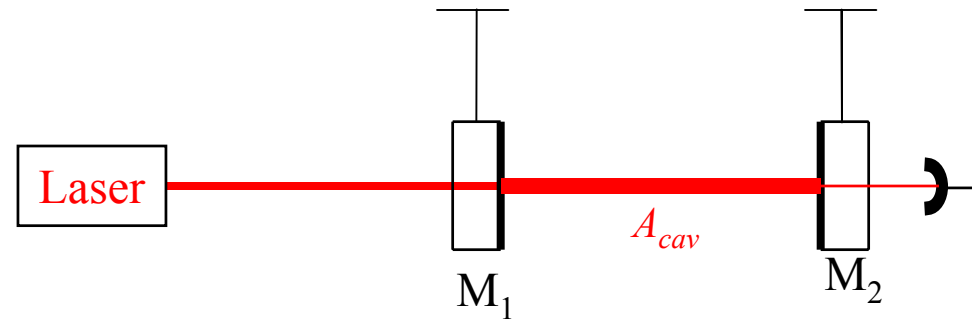
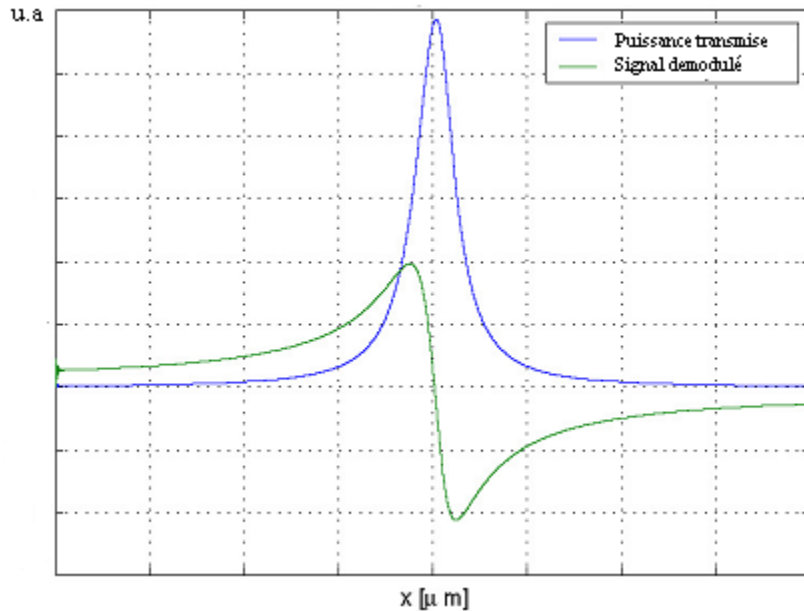
# La Cavité Fabry-Perot

## Puissance et signal démodulé

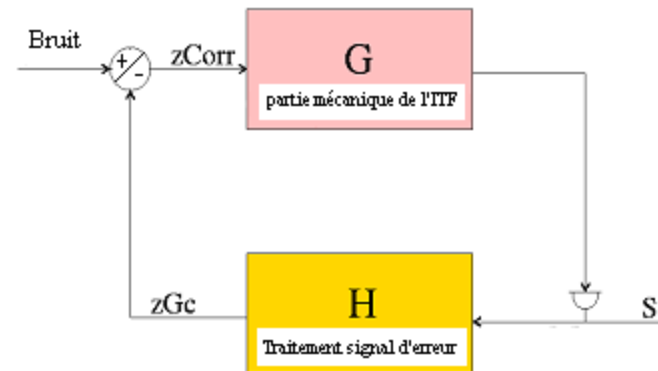


# La Cavité Fabry-Perot

## Puissance et signal démodulé

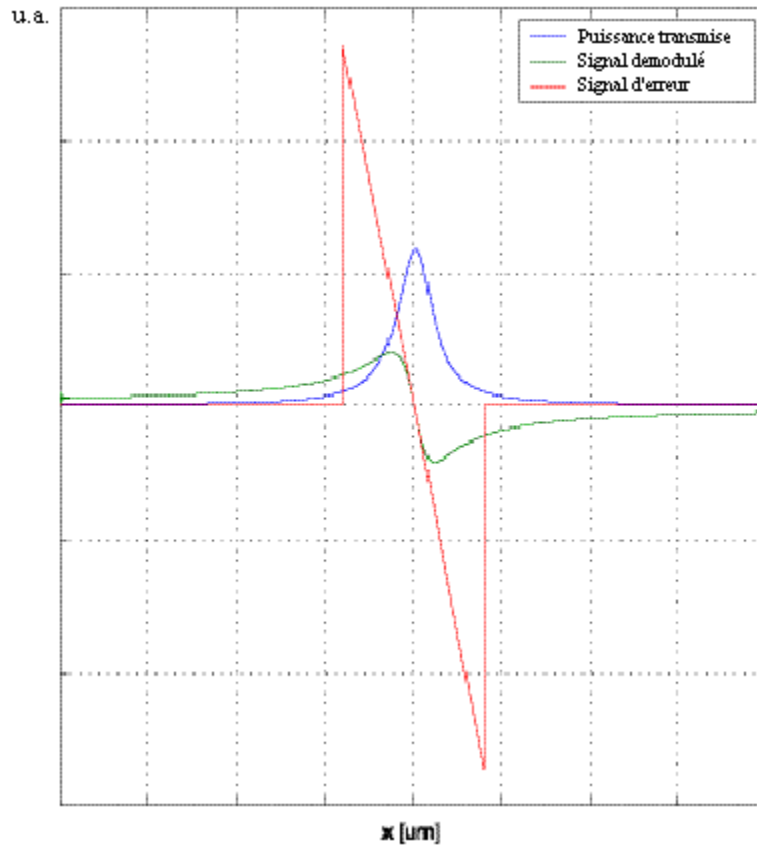


## Technique Pound-Drever

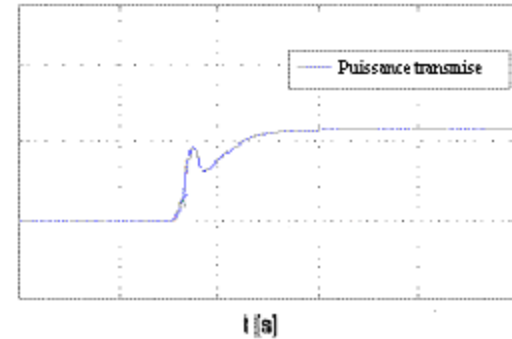


# Le signal d'erreur linéarisé

$$S_{\text{err}} = \frac{S_{\text{demod}}}{P_{\text{transmise}}} \approx g_{\text{FP}} x \text{ pour } x \ll \lambda$$



Puissance

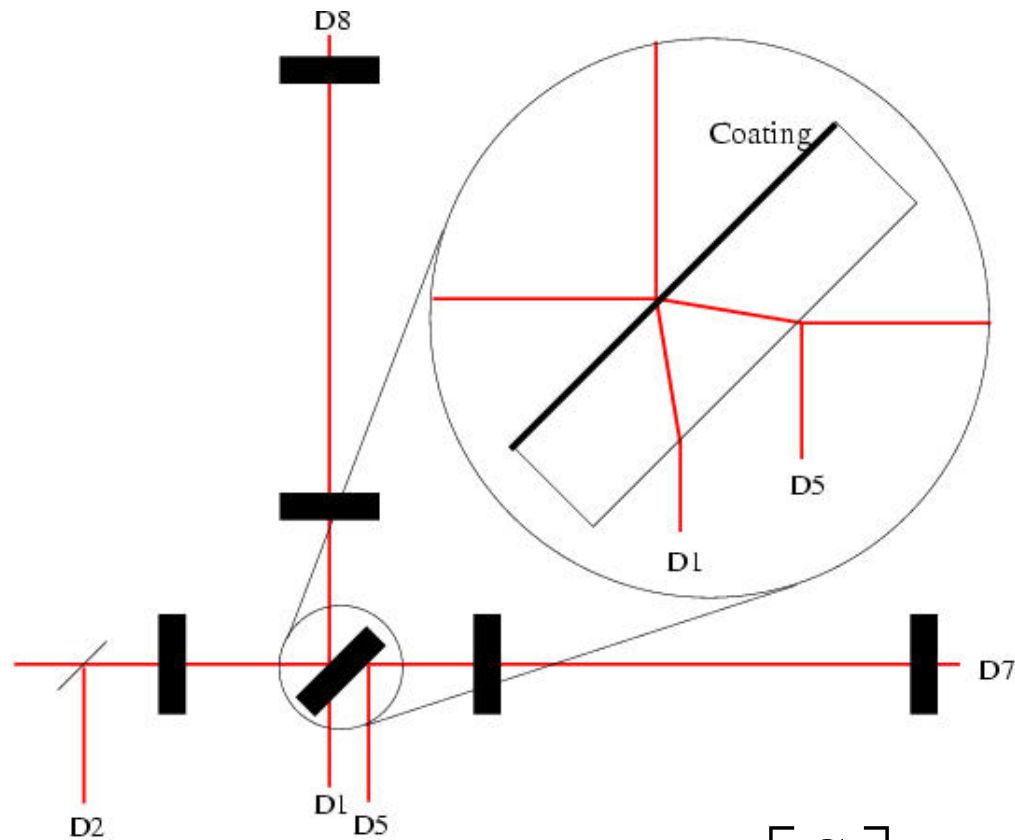


$$\Rightarrow \vec{\Delta} = \mathbf{M}^{-1} \vec{\mathbf{S}} \rightarrow x = \frac{S_{\text{demod}}}{g_{\text{FP}} P_{\text{transmise}}}$$

Fabry-Perot

Matrice optique (1x1)  
Une longueur à contrôler



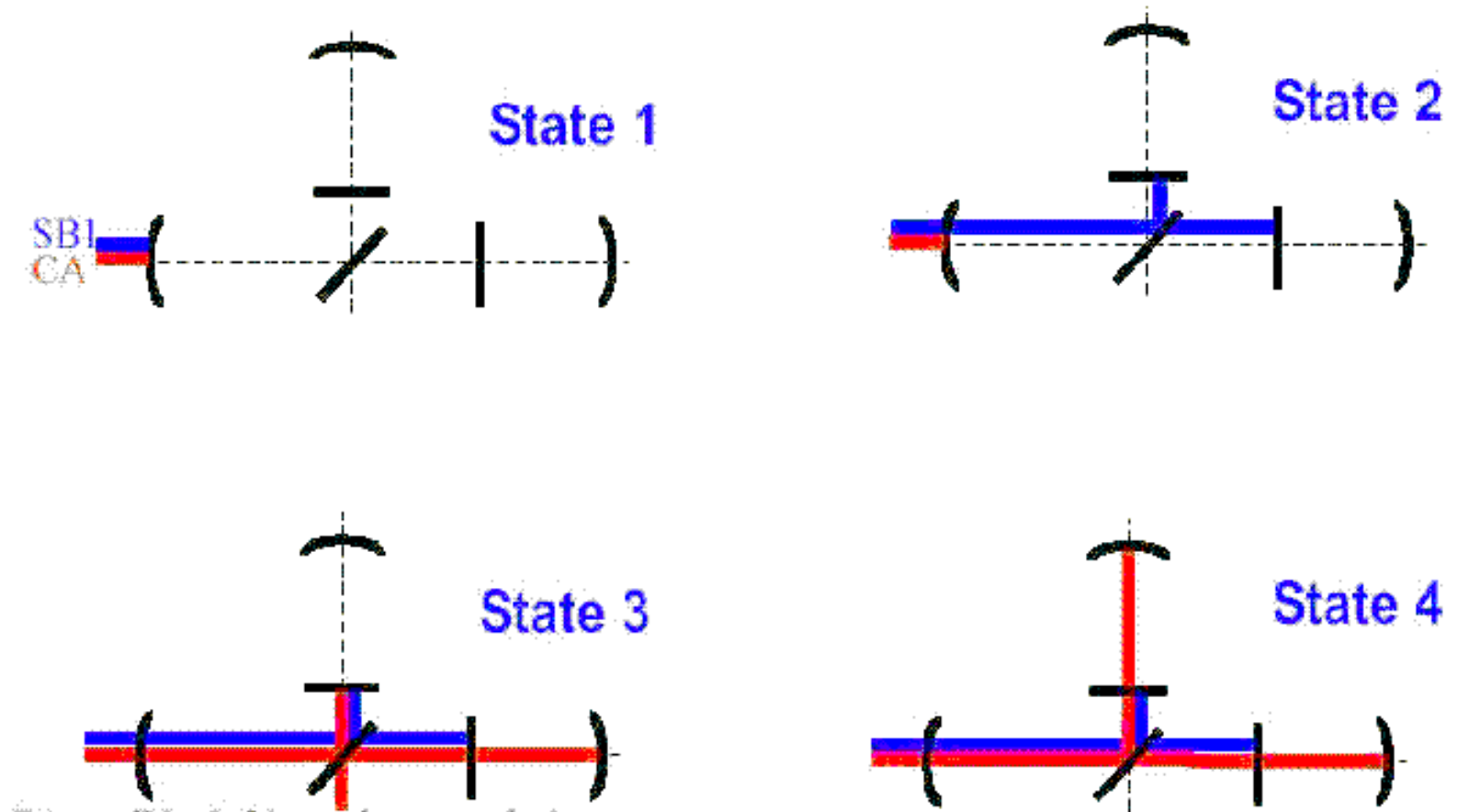


- Matrice optique plus complexe
- Plusieurs longueurs à contrôler
- Matrice évolutive
- Signaux couplés
- Acquisition du lock par étapes

$$\vec{\Delta} = \begin{bmatrix} \Delta_{mich} \\ \Delta_{prcl} \\ \Delta_{darm} \\ \Delta_{carm} \end{bmatrix} \quad \vec{S} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \vec{\Delta} = \mathbf{M}^{-1} \vec{S}$$



# Acquisition du lock par étapes



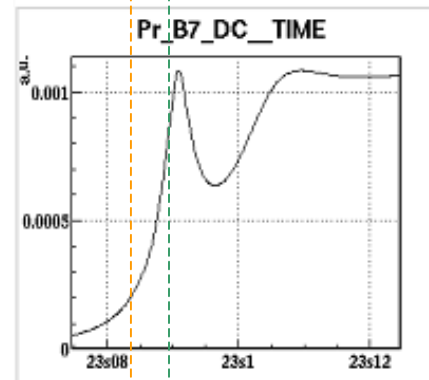
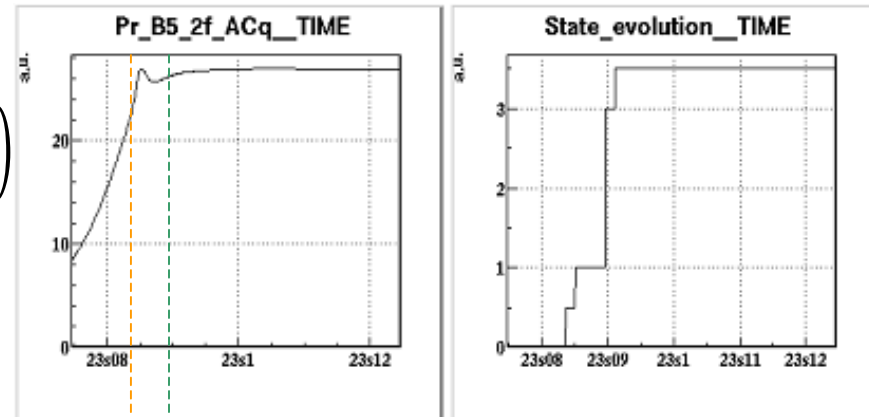
# Lock de l'étape 3 en simulation

## Matrice optique étape 2

$$\begin{pmatrix} d2.quad \\ d2.phase \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1 B5\_2f\_ACq & 0 \\ 0 & g_2 B5\_2f\_ACq \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mich \\ prcl \end{pmatrix}$$

## Matrice optique étape 3

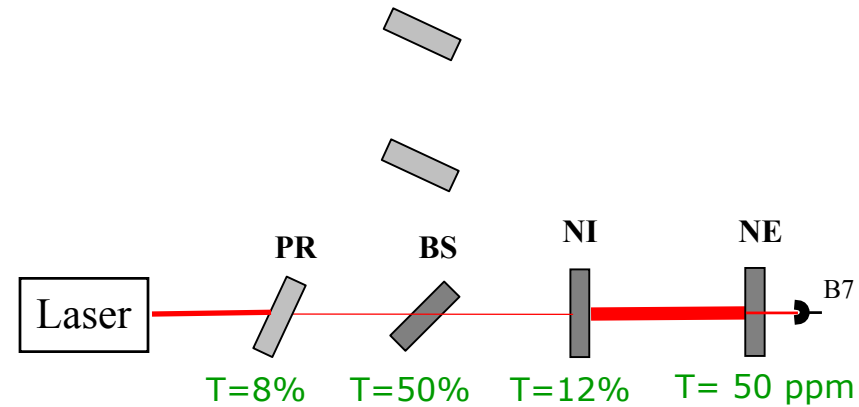
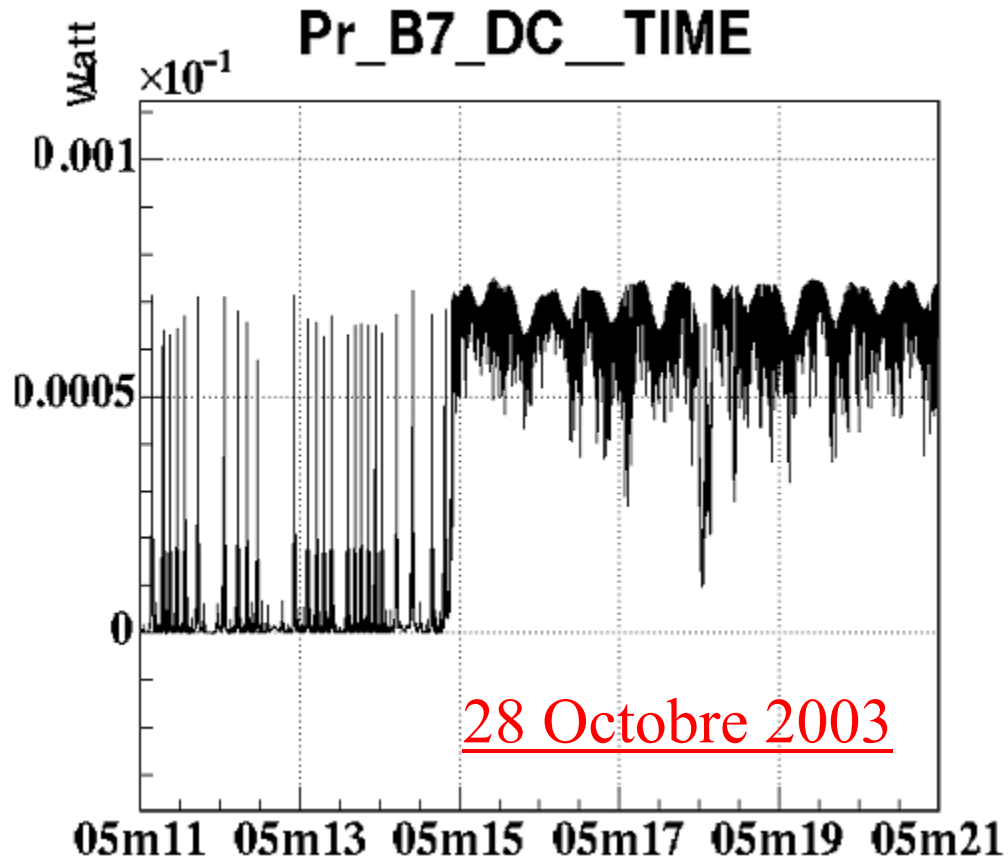
$$\begin{pmatrix} d2.quad \\ d2.phase \\ d1.quad \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1 B5\_2f\_ACq & 0 & 0 \\ 0 & g_2 B5\_2f\_ACq & 0 \\ 0 & 0 & g_3 \sqrt{B5\_2f\_ACq B7\_DC} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mich \\ prcl \\ darm \end{pmatrix}$$



étape 2    étape 3

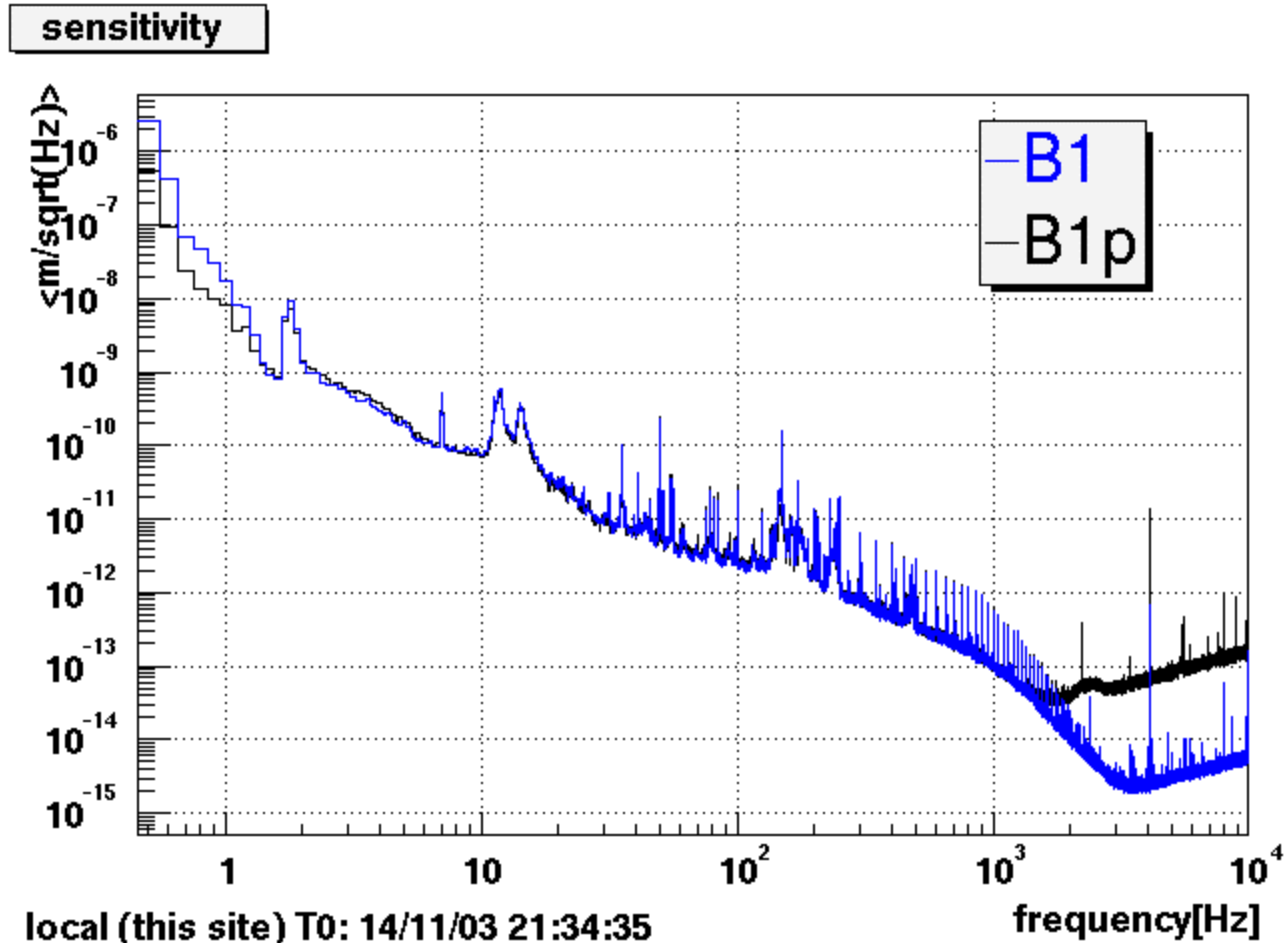


# Lock du bras nord





# Sensibilité du bras nord de 3 Km



# Conclusion

- Simulation de l'étape 4 en cours
- Mesures préliminaires pour caractériser l'ITF
  
- Lock du bras nord de 3 km : première étape vers le lock de VIRGO
- Prochaines étapes:
  - lock du bras ouest de 3 km
  - lock du « recombined »
  
- Premières données scientifiques : fin 2004



