

Présentation du TIPE

Gyromètre à fibre optique basé sur l'effet Sagnac :

Ayoub Bousslama

13 juin 2017

I- Un exercice démonstratif :

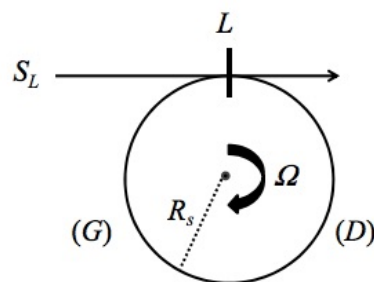
II- Analyse de l'effet Sagnac :

III- Le gyromètre à fibre optique :

IV- Conclusion :

I- Un exercice démonstratif : (CCP Physique 2 2012)

L'exercice consiste à mesurer des vitesses angulaires à l'aide d'un interféromètre de type Sagnac. Un Gyromètre à fibre optique est utilisé pour mesurer avec précision la rotation d'un dispositif par rapport à un référentiel inertiel.



- a. Le chemin (G) est plus long que le chemin (D).

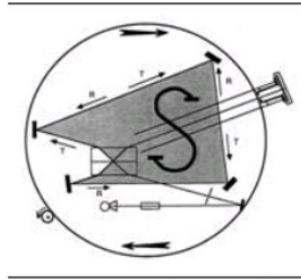
- b. Le déphasage :
- $$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_D - L_G)$$

- c. La différence de chemin optique entre les 2 ondes :
- $$\delta = \frac{4\pi n^2 R_s^2}{c} \Omega$$

- d. La différence de phase induite par la rotation :
- $$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = \frac{8\pi^2 n^2 R_s^2}{\lambda c} \Omega$$

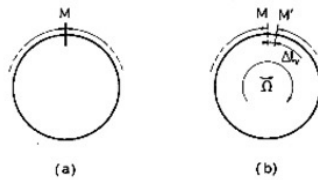
II- Analyse de l'effet Sagnac :

- a. L'expérience originelle de Sagnac en 1913 cherchait à démontrer l'existence de l'éther lumineux que la théorie récente de la relativité restreinte d'Einstein réfutait.

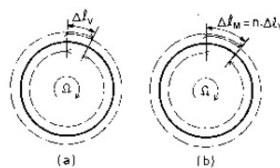


- b. 1 seul tour et détection de $\lambda/10$

- c. Explication cinématique : différence de temps de propagation



- d. Effet Sagnac dans la matière : Parfaitement indépendant



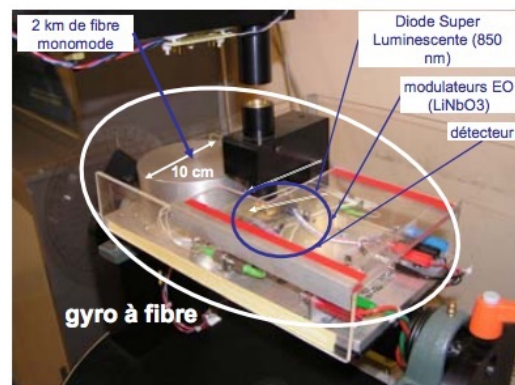
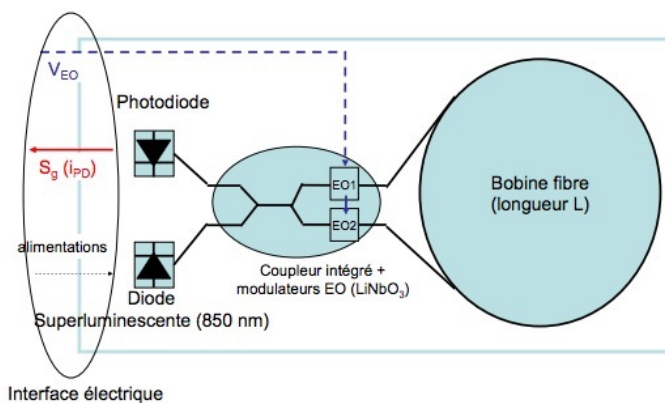
e. Approche électromagnétique :

- L'équation de propagation devient :

$$\Delta A - \frac{n^2}{c^2} \frac{d^2 A}{dt^2} + \frac{2\Omega}{c^2} \frac{d^2 A}{d\theta dt} = 0$$

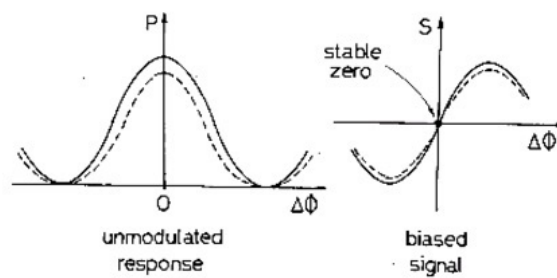
- L'effet Sagnac est rigoureusement indépendant de la matière (et d'un guidage éventuel), et ce quelque soit le type de phénomène physique utilisé.

III- Le gyromètre à fibre optique : (Matériel Institut d'Optique Graduate School)





Réponse et mise au biais

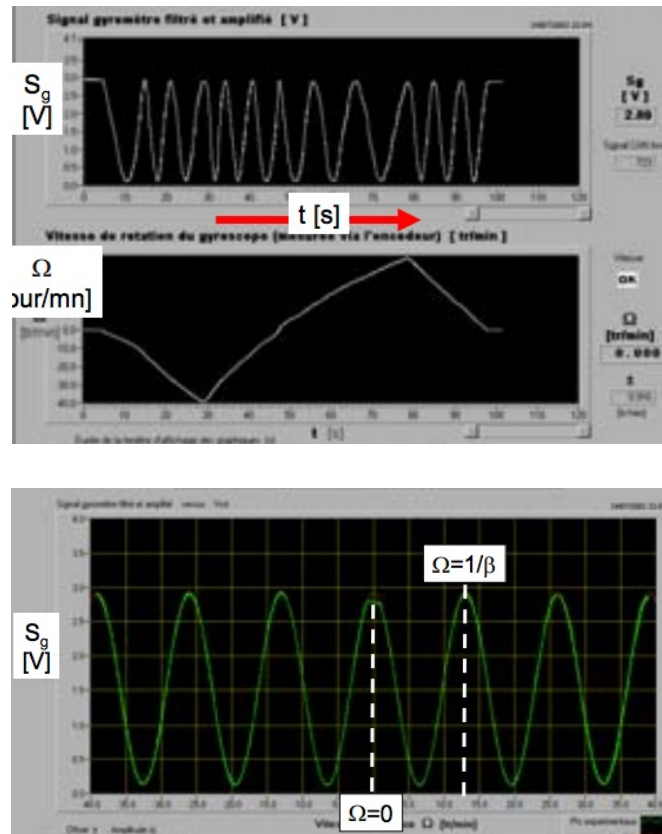


- Réponse au départ en \cos^2 (toujours positive).
- Recherche de la dérivée en sinus.

• Principe (Effet Sagnac) : différence de phase entre 2 ondes contrapropagatives dans un interféromètre en boucle fermée en rotation

- 1) différence de phase $\Delta\phi$ fonction linéaire de Ω (vitesse de rotation) :
$$\Delta\phi_{\text{Sagnac}} = 2\pi\nu\Delta\tau_{\text{Sagnac}} \approx \frac{8\pi A}{\lambda c}\Omega$$
- 2) intensité de sortie (flux) proportionnelle à $\cos(\Delta\phi_{\text{Sagnac}})$:
$$I \propto 1 + m \cdot \cos(\Delta\phi_{\text{Sagnac}})$$

3) S_g le signal gyro mesuré :



Donc : $S_g = \gamma + \alpha \cdot [1 + \cos(2\pi\beta\Omega)]$

($\Delta\phi$ Sagnac [rad], A = aire [m^2], λ dans le vide [m], c [m/s], Ω [rad/s])

m : indice de modulation («contraste des franges »)

$\gamma = 0,088 \text{ V}$

$\alpha = 3,882 \text{ V}$

$1/\beta \sim 13 \text{ tr/min}$

$\beta = 4A/c\lambda$

$A = 47 \text{ m}^2$

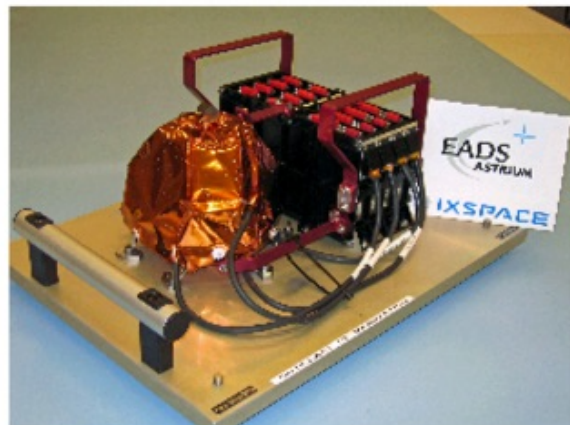
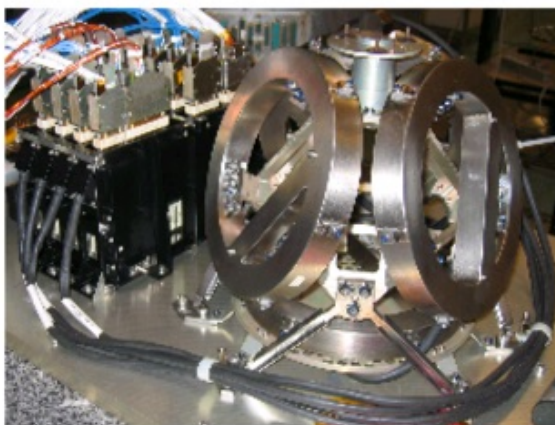
$L = 1.870 \text{ m}$

La grande sensibilité d'un gyromètre à fibre provient essentiellement de la grande longueur de fibre de l'interféromètre, typiquement de plusieurs centaines de mètres. La sensibilité de l'instrument est encore augmentée en utilisant une modulation de phase sinusoïdale sur les deux ondes, de la pulsation et de l'amplitude, au moyen d'un dispositif électro-optique.

IV- Conclusion :

Les fibres optiques permettent de multiplier la surface localisée par le chemin parcouru par la lumière, elles ont conduit à la réalisation de gyromètres de détecter des rotations aussi lentes que la rotation de la Terre, rotations détectées indépendamment de toute référence matérielle. Ces dispositifs à fibres optiques, beaucoup plus simples et beaucoup moins fragiles que les gyrolasers de type Sagnac utilisés dans les centrales à inertie de certains avions, sont appelés à des applications multiples en navigation des véhicules terrestres, aériens ou nautiques.

Gyro 4-axes pour application spatiale (satellite Planck d'EADS)



Bobines de $L = 5 \text{ km}$, $D = 200 \text{ mm}$