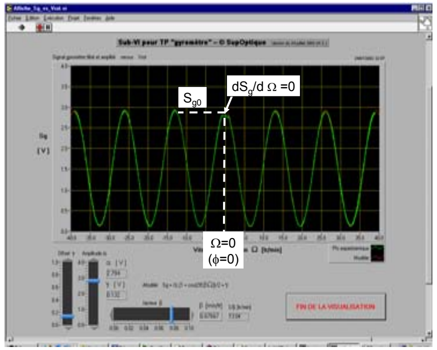
Ecole Supérieure d'Optique
Service des travaux pratiques

Gyromètre à fibre optique : fondements et applications

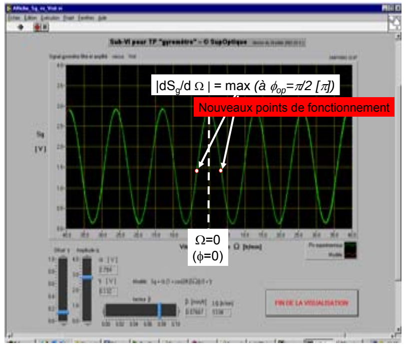
Hervé Sauer, Lionel Jacubowiez, Thierry Avignon, Nicolas Dubreuil, Marc Bondiou

De la vérification expérimentale d'un principe physique… **à la mesure de la vitesse de rotation terrestre**

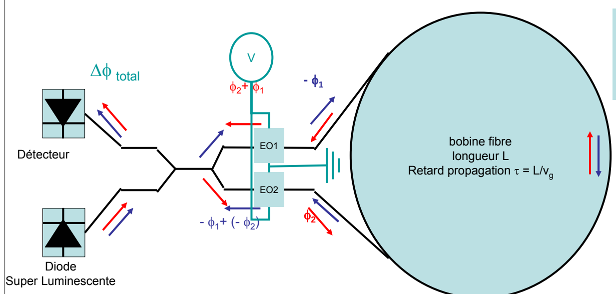
Problème : mesure des faibles Ω



Solution : modulation de phase



Modulation de phase : implémentation avec 2 électro-optiques (EO)



Différence de phase totale : $\Delta\phi_{total} = 2(\phi_1+\phi_2)$

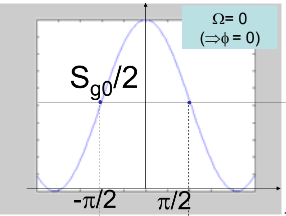
$\Delta\phi_{total} = (-)\pi/2$ if $\phi_1=\phi_2=(-)\pi/8$

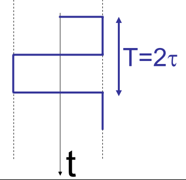
2 conditions à réaliser expérimentalement

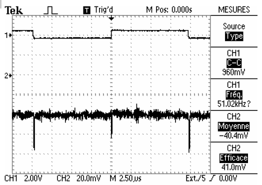
- demi-période T/2 de la modulation carrée de l'EO = Retard propagation $\tau = L/v_g$
- tension appliquée aux EO = $V_{\pi/8}$

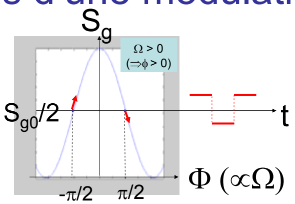
☺ $f_{mod}=1/T=1/(2\tau)$ ⇒ valeur plus précise de L (approximation sur v_g au lieu de R)

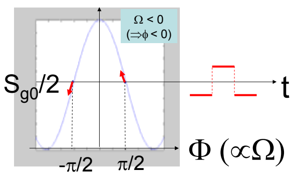
S_g Mesure faibles Ω : cas d'une modulation carrée

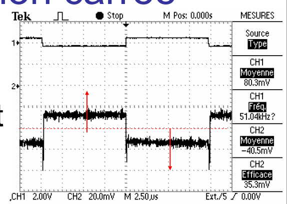


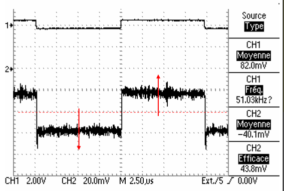






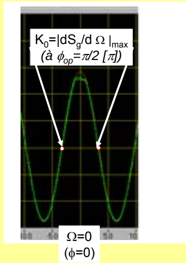






Application : mesure de la rotation terrestre (Ω ~1 tr/j ~7,3.10^{-5} rad/s)

1er problème : extraire le signal gyro $S_g(\Omega_{Terre})$ du bruit



Pas de modulation
$$S_g = \frac{S_{g0}}{2}\left[1+m\cos(2\pi\beta\Omega)\right]$$

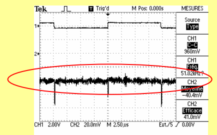
Modulation au point de fonctionnement $\phi_{op}=\pi/2$ [π]
$$S_g = \frac{S_{g0}}{2}\left[1+m\cos(2\pi\beta\Omega\pm\varphi_{op})\right]$$

si Ω<<1/β
$$S_g = \frac{S_{g0}}{2}+K_0\Omega$$

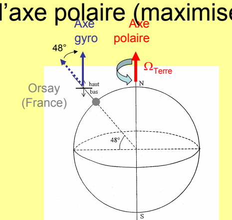
K_0 facteur d'échelle
$K_0 = \beta\,\pi.m.S_{g0}$

Expérience :

Ω_{Terre} ~ 7,3.10-5 rd.s^{-1}, K_0 = 136 mV/(rad.s^{-1})
⇒ $K_0.\Omega$<10 µV << 10 mV bruit r.m.s.

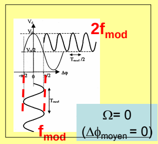


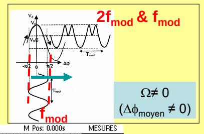
2ème problème : aligner l'axe du gyro suivant l'axe polaire (maximise S_g)

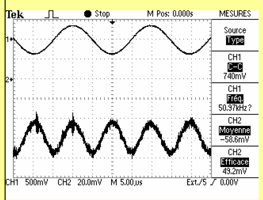


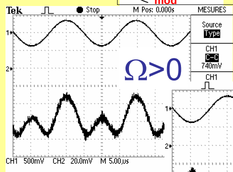
Solution : boussole + cercle gradué

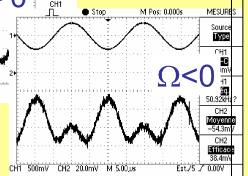
Solution : modulation sinusoïdale + détection synchrone (lock-in)











Théorie : modulation sinusoïdale entre 2 points de fonctionnement $\phi_{op}=\pm\pi/2$

$$S_g = \frac{S_{g0}}{2}\left[1+m\cos(2\pi\beta\Omega+\varphi_{op}\cos(2\pi.f_{mod}.t))\right]$$

Développement de Fourier en fonctions de Bessel ⇒

$$S_{H1} = -S_{g0}.m.(2\pi\beta\Omega).J_1(\varphi_{op}).\cos(2\pi.f_{mod}.t)$$

S_{H1} composante de Fourier à f_{mod} (1ère harmonique impaire)

$$\phi_{Sagnac} = 2\pi\beta\Omega = \frac{\sqrt{2}.V_{lock-in}}{S_{g0}.m..J_1(\varphi_{op})}$$

avec
$V_{lock-in}=(SH1)_{rms}$
$J_1(\pi/2)\approx 0{,}567$

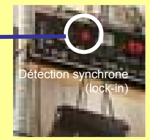
Mesures :

Mesure de $V_{lock-in}$ (=S_{H1}rms) en 3 positions

1) Axe gyro // axe polaire
2) Axe gyro ⊥ axe polaire
3) Axe gyro anti-// axe polaire

Résultats :

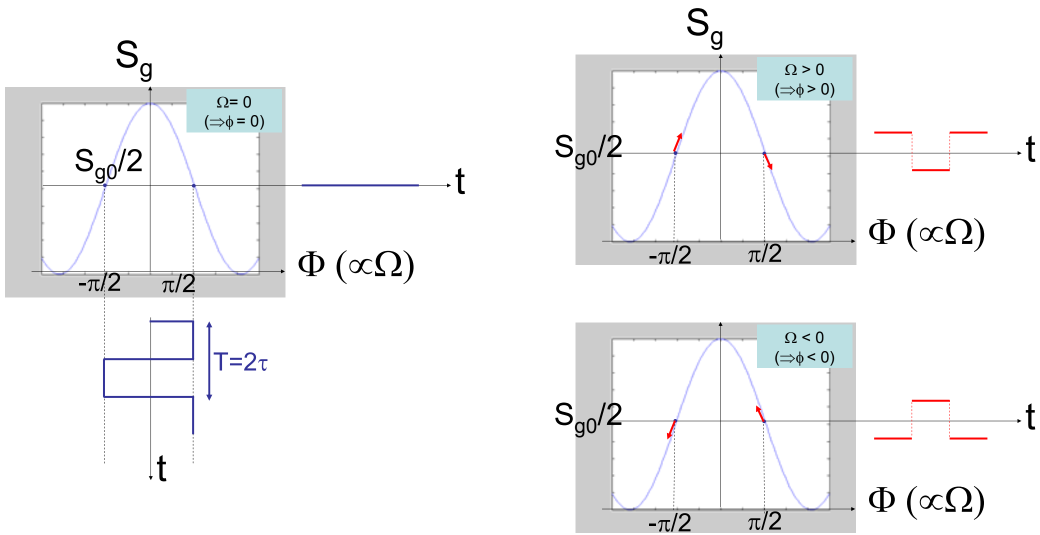
$V_{lock-in}$ // ≈ -$V_{lock-in}$ anti-//
$V_{lock-in}$ ⊥ ≈ 0



Ω_{Terre} ~ 7,3.10^{-5} rd.s^{-1}± 10%

« Eppur se muove ! »
(Galileo Galilei ,
22 juin 1633)

Remerciements : les étudiants de projet système 2002 Marie-Virginie Ehrensberger, Aglaëe Kelerer, Christine Richard, Régis Tessières, Carine Thibaud, les chercheurs du LCFIO Gérald Roosen, Philippe Delaye *et al.*



Sg
Ω= 0
(⇒φ = 0)
Sg0/2
t
Φ (∝Ω)
-π/2
π/2
T=2τ
t
Sg
Ω > 0
(⇒φ > 0)
Sg0/2
t
Φ (∝Ω)
-π/2
π/2
Ω < 0
(⇒φ < 0)
Sg0/2
t
Φ (∝Ω)
-π/2
π/2