



Centrales à inertie et centrales d'attitude

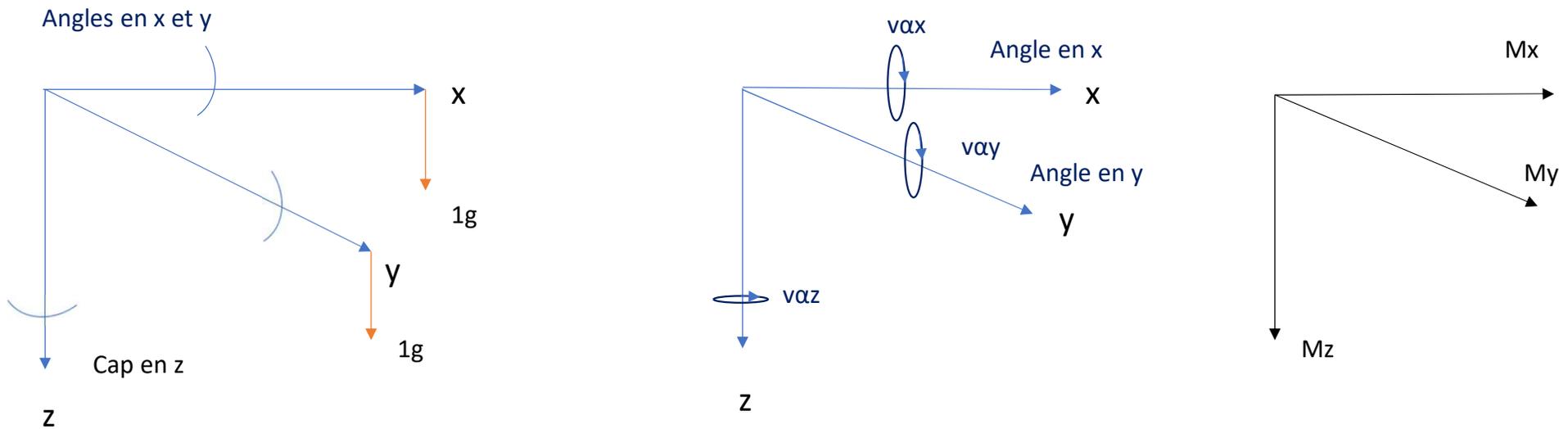


Si une mesure de position d'un élément fixe peut être réalisée avec un inclinomètre deux axes et une référence de cap, cette même mesure sur un vecteur en mouvement suppose d'avoir recours à d'autres types de capteurs.

Par ailleurs les vecteurs x et y étant soumis à la gravité, il est possible de mesurer un angle avec un inclinomètre mais par manque de référence, le cap ne peut être mesuré avec un inclinomètre.

Un outil permettant de mesurer la verticale utilise donc des gyromètres pour la vitesse angulaire et des accéléromètres ou inclinomètres pour la référence.

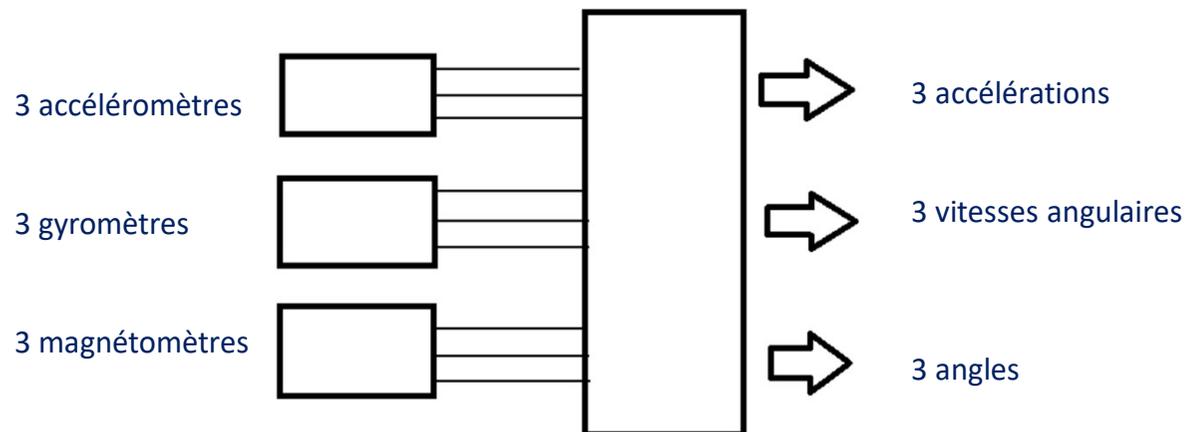
Pour obtenir les angles en x , y et z , il faudra ajouter une composante avec des magnétomètres (voir présentation magnétomètres) à lignes de flux M . La centrale sera dite d'attitude avec 9 composantes.



Les accéléromètres utilisés doivent, impérativement, donner la composante continue. Ils sont choisis, suivant la qualité d'instrument à réaliser, parmi les accéléromètres asservis utilisant des mécanismes de précision ou des accéléromètres MEM's de type capacitif. La précision de l'accéléromètre est, sans doute, très importante mais, dans la mesure où les vecteurs sont en mouvement, sa dérive est une notion cruciale. La raison est assez simple l'accélération se mesure en mètre seconde carré, une dérive, même très faible, sera élevée au carré au terme de chaque seconde.

Les magnétomètres à porte de flux calent leurs mesures sur les lignes de flux terrestre, la présence d'environnement métallique doit être prise en compte et des compensations envisagées pour éviter les erreurs.

Les gyromètres peuvent être de différentes natures, nombre de centrales à inertie et de centrales d'attitude utilisent des gyromètres MEM's ou des gyromètres FOG



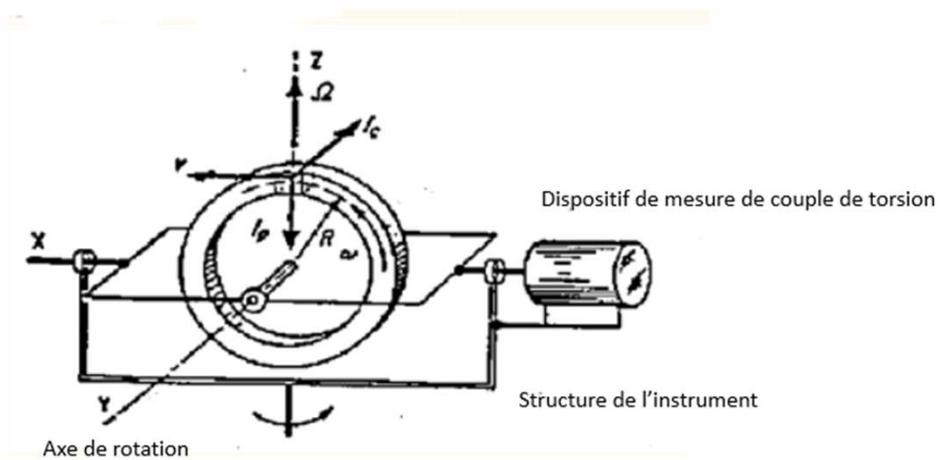
Le Gyromètre mécanique

Seconde loi de Newton pour les systèmes en rotation

$$M = \dot{H}$$

Le Moment de réaction est égal à la première dérivée du moment angulaire

Le gyromètre permet de mesurer la vitesse angulaire

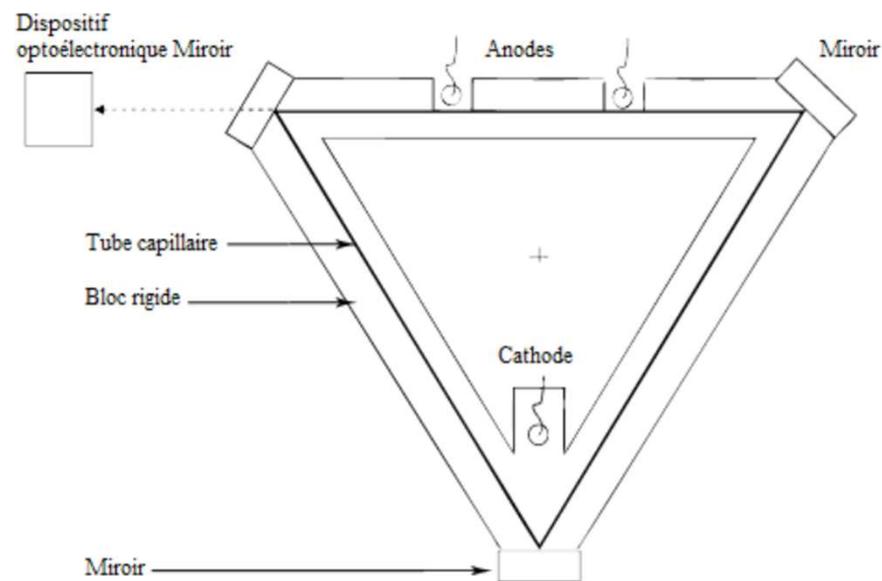


Pour les centrales à inertie, le gyro laser :

On considère un trajet optique circulaire (rayon R) dans le vide animé d'un mouvement de rotation à la vitesse ω . Après un temps Δt , le point P est placé à la position P' . Deux rayons laser parcourent le trajet en sens inverse. Il est possible de montrer que la différence de chemin optique αR est proche de $\frac{\omega R^2}{c}$ où c est la vitesse de la lumière. Cette expression s'écrit aussi $\frac{\omega S}{c}$ (avec S la surface limitée par le cercle décrit) et se généralise pour toutes les surfaces³.

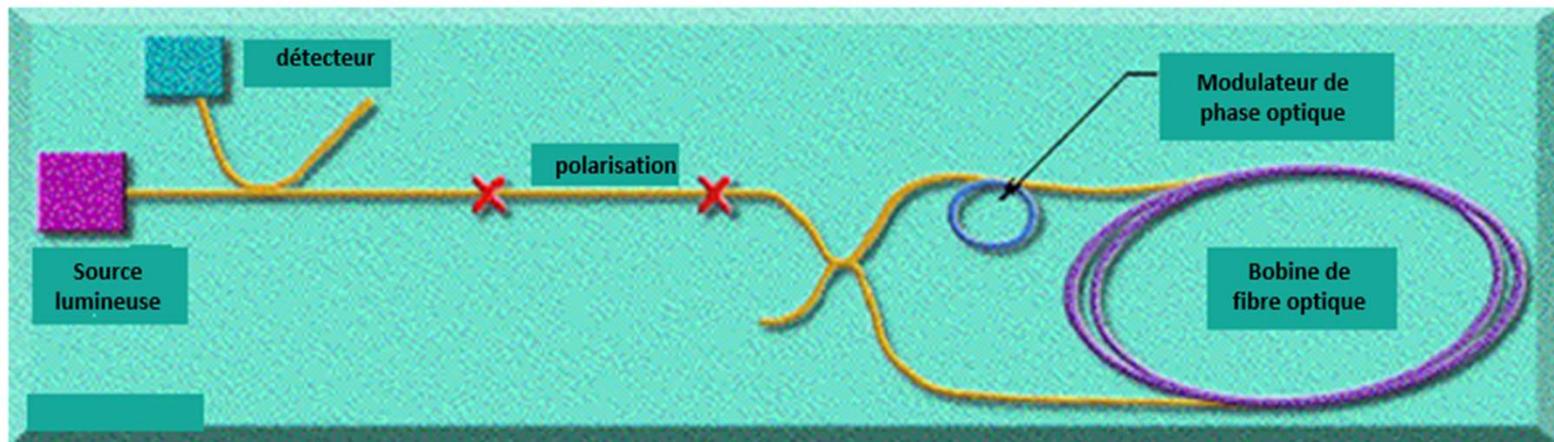
L'interférence va permettre d'accéder à la différence de chemin optique et donc à la vitesse de rotation.

Le gyro laser est insensible aux accélérations, c'est, de loin, le plus performant et le plus coûteux. Son principe, optique, est voisin de celui des FOG.

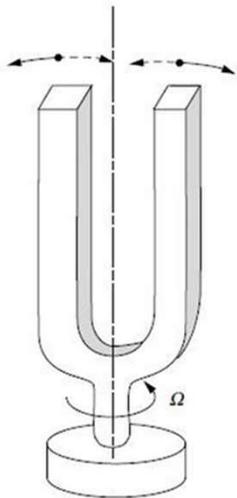


Le gyro à fibre optique (FOG) :

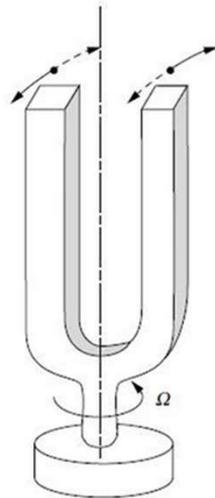
Il est moins précis que le gyro laser, moins performant que le gyro laser. Son défaut est une sensibilité aux vibrations mais l'avantage incontesté est une faible dérive.



Le gyro à quartz :

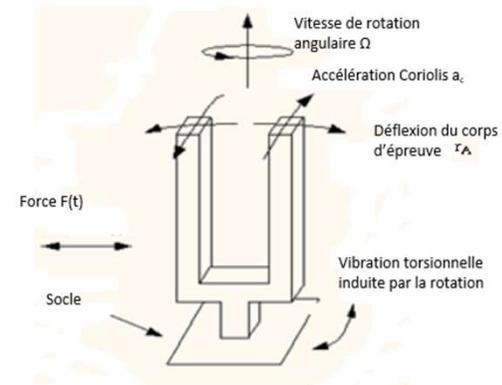


1^{er} mode : vibrations naturelles du diapason : branches en opposition de phase : (mode entretenu)



2^e mode : vibrations de torsion autour de l'axe longitudinal induites par les forces de Coriolis (mesure de la vitesse de rotation Ω)

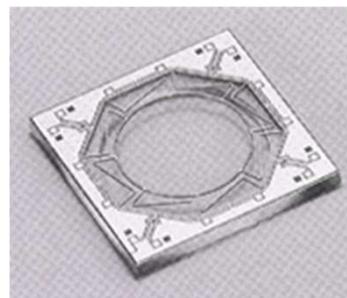
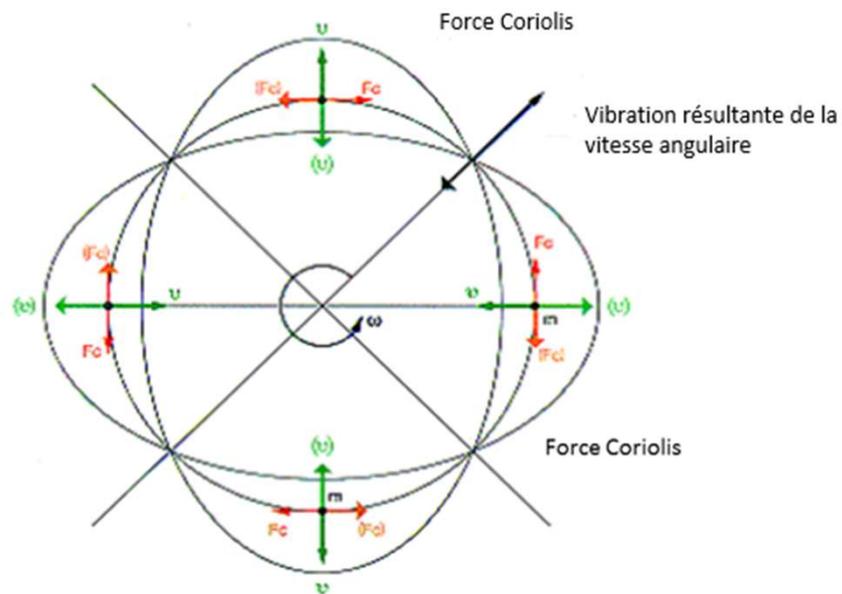
$$F_C = 2mv \times \Omega = 2mr_a \omega_d \Omega$$



Gyro MEM's annulaire.

Ces éléments sensibles utilisent deux pièces micro usinées et les vibration d'une de ces deux pièces par rapport à l'autre donne une vitesse angulaire.

Ce type de capteur semble moins sensible que les FOGs mais si l'élément est de qualité et le signal correctement traité, les résultants sont très bons

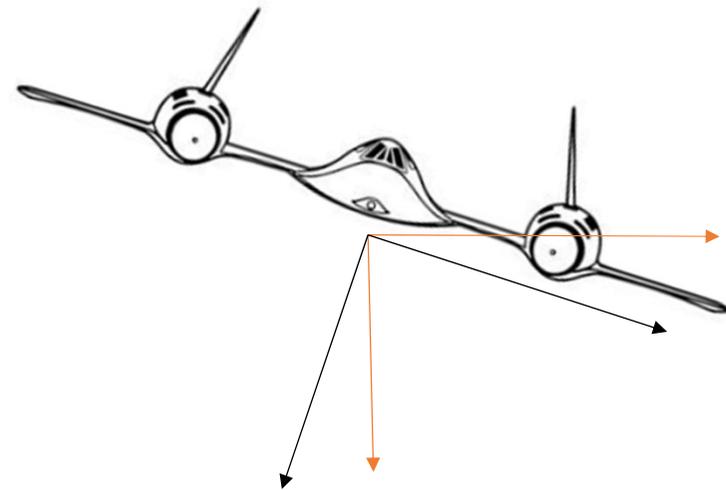
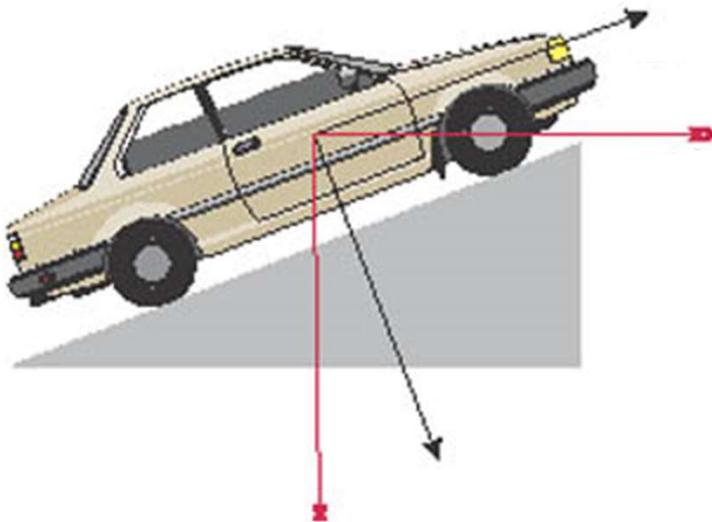


Les instruments doivent être installés avec soin de sorte à proposer les mesures selon un référentiel choisi. La référence peut être terrestre, en rouge sur l'illustration ou la structure du vecteur.

La différence est évidente lorsque l'on évoque l'attitude du mobile dans l'espace.

Attention, pour les applications marine, un autre facteur est de nature à générer une erreur de référence, il s'agit du pilonnement.

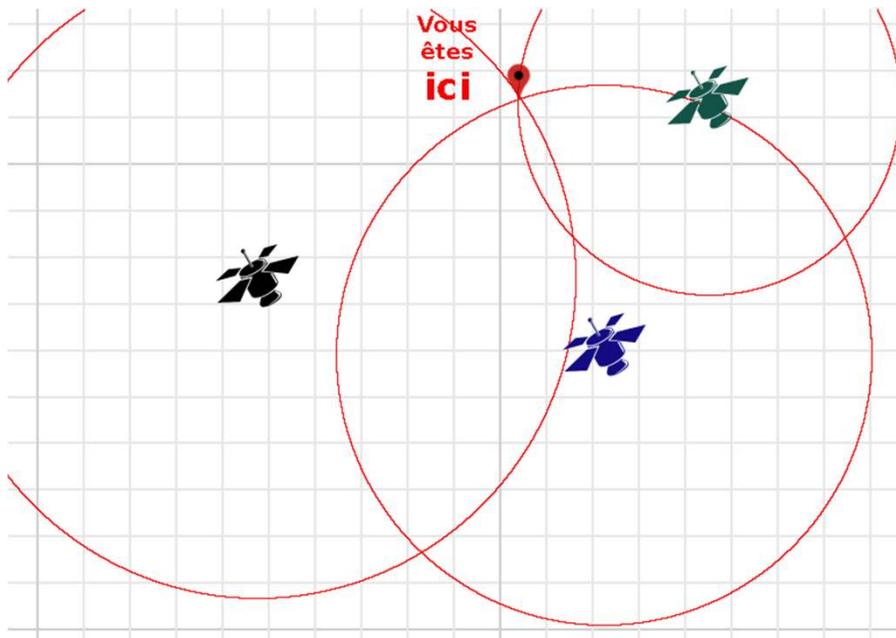
Le roulis et le tangage peuvent souffrir de ces déplacements verticaux.



Puisque le déplacement est difficile à calculer avec les composantes des centrales dans la mesure où les dérives dans le temps interdisent de se fier à la double intégration de l'accélération, la solution consiste à recalibrer les mesures régulièrement avec un GPS.

Compte tenu du nombre de satellites disponibles à l'instant t et de la précision des calculs réalisés par les électroniques, un positionnement en 2 voire 3 dimensions est simplifié et permet de corriger les informations perçues par la centrale.

Certains modèles de centrales utilisent le GPS comme une aide à ma mesure de cap.



Les données calculées en utilisant les différents capteurs permet de réaliser d'excellents dispositifs de navigation.

Il est souvent fait appel à un filtrage de Kalman pour supprimer de la base des calculs les valeurs considérées comme incohérentes.

Nous proposons des instruments comme :

- Gyromètres
- IMS Système de Mesure Inertielle
- AHRS Centrale d'attitude
- IMS avec 1 antenne GPS
- IMS avec 2 antennes GPS
- Plateforme stabilisée
- Etc ...

