

## Navigation inertielle

Centre informatique  
pédagogique (CIP)  
Rue Théodore-de-Bèze 2  
Case Postale 3144  
1211 GENÈVE 3  
Tél: (022) 318.05.30  
Fax: (022) 318.05.35  
Directeur: Raymond Morel

Bernard Vuilleumier

### Lettre n° 56

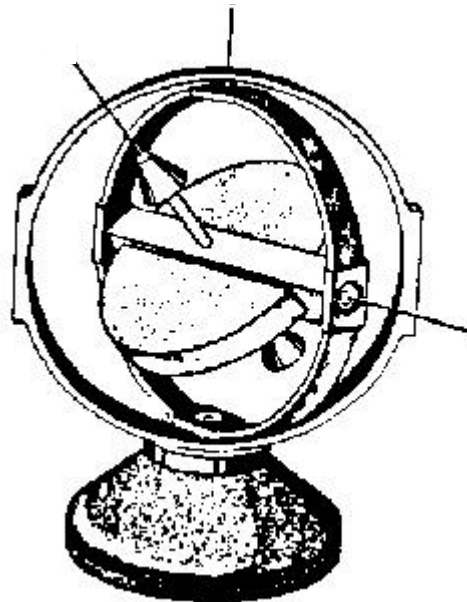
*La capacité d'une toupie à conserver une direction fixe dans l'espace est à l'origine des systèmes autonomes de navigation*

*Pour réaliser une centrale inertielle de navigation, il faut associer trois gyroscopes à trois accéléromètres*

*Une première intégration de l'accélération par rapport au temps donne la vitesse, une deuxième intégration donne le chemin parcouru et, par suite, la position*

Les systèmes autonomes de navigation sont basés sur le fait que l'accélération est une grandeur mesurable sans référence externe et qu'une toupie, animée d'un mouvement de rotation rapide, conserve une direction fixe dans l'espace. Voici quelques dates significatives qui ont jalonné l'évolution continue de la navigation inertielle durant ces dernières décennies. En 1923, Maximilien Schuler réalise la première combinaison accéléromètre-gyroscope et, en 1924, Claude Abbot, aux États-Unis, est l'auteur de la première plate-forme à trois axes. Le premier équipement opérationnel est embarqué en 1940 sur les fusées V2. Dans les années 1960 ces systèmes sont implantés à bord des sous-marins et des avions de combat. Il faut attendre les années 1970 pour les voir apparaître dans les avions civils long-courriers.

L'accélération est obtenue par l'intermédiaire de la force d'inertie  $F$  d'une masse  $m$  soumise à l'accélération  $a$  du mobile ( $F = ma$ ). Les systèmes de navigation inertielle mesurent des accélérations suivant trois axes. Comme dans le logiciel *STELLA*, une première intégration de l'accélération par rapport au temps donne ensuite la vitesse, une deuxième intégration, le chemin parcouru et, par suite, la position par rapport au point de départ. L'instrument fondamental d'une centrale inertielle est ainsi l'accéléromètre, qui mesure l'accélération dans une direction privilégiée, appelée axe sensible. Trois accéléromètres travaillent selon trois axes sensibles



parfaitement déterminés par des gyroscopes associés. En pratique, le gyroscope est formé par un disque installé dans une monture à cardan qui permet la liberté de mouvement dans toutes les directions. Si le gyroscope est bien équilibré, c'est-à-dire si son centre de masse est exactement au centre de la suspension, son axe de rotation conservera sa direction par rapport aux étoiles fixes. En effet, la Terre tourne, et, par rapport à la Terre, l'orientation du gyroscope paraîtra changer au cours du temps. Dans un gyroscope intégrant flottant, un décalage de 2 nm ( $2 \cdot 10^{-9}$  m) entre le centre de gravité et le centre de

poussée d'Archimède produit un balourd suffisant pour créer une dérive de  $10^2$  degré par heure. Pour un navire dont la navigation peut durer des semaines, les erreurs s'accumulent avec le temps, et un recalage périodique s'impose. Au contraire, pour un avion dont le vol ne dure que quelques heures, ou un missile dont la durée de vol se mesure en minutes, les erreurs accumulées restent acceptables. Dans les systèmes actuels, une dérive gyroscopique de  $10^2$  degré par heure, entraîne une erreur de l'ordre de 1 mille par heure. Un système autonome de navigation inertielle utilise donc trois gyroscopes qui définissent trois axes sensibles selon lesquels l'accélération est mesurée avant d'être intégrée deux fois pour fournir la position.

# Travaux pratiques

## Mots clefs

gyroscope, inertie, accélération, navigation, publier-s'abonner.

*Pour construire un modèle d'intégrateur d'une centrale inertielle de navigation*

## Exercice 1

L'instrument fondamental d'une centrale inertielle de navigation est l'accéléromètre, qui mesure l'accélération dans une direction privilégiée appelée axe sensible. Trois accéléromètres travaillent selon trois axes sensibles parfaitement déterminés par des gyroscopes associés. Construisez un modèle STELLA capable de traiter les informations recueillies par ces senseurs.

*Pour traiter des accélérations enregistrées sous forme de fichiers*

## Exercice 2

Trois accéléromètres  $a_x$ ,  $a_y$  et  $a_z$  mesurent et enregistrent périodiquement l'accélération d'un mobile selon les directions  $x$ ,  $y$  et  $z$ . Le résultat de ces mesures se trouve dans des fichiers  $f_x$ ,  $f_y$  et  $f_z$ .

- Construisez un modèle STELLA comportant trois variables  $x$ ,  $y$  et  $z$  qui simulent les composantes de l'accélération d'un mobile et utilisez la fonction «Create Publisher» pour éditer leurs valeurs dans les fichiers  $f_x$ ,  $f_y$  et  $f_z$ .
- Utilisez la fonction «Subscribe To» pour lire ces fichiers dans le modèle de l'exercice 1.
- Trouvez la position du mobile  $t$  secondes après son départ si sa vitesse initiale est nulle?
- Dessinez la trajectoire du mobile.

*Prochaine réunion: mardi 8 avril 1997 à 17h.*