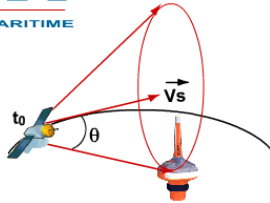


Auteur: Professeur de l'enseignement maritime H.Baudu
herve.baudu@supmaritime.fr
 Version validée département Navigation:
 - 1.0 septembre 2015

ENSM
 ECOLE NATIONALE SUPERIEURE MARITIME



- Besoins
- Différents systèmes
- Qualité des systèmes
- Tableau récapitulatif

Radionavigation

L'auteur dégage toute responsabilité consécutive à l'utilisation incorrecte des informations et schémas des cours proposés, et ne saurait être tenu responsable ni d'éventuelles erreurs ou omissions, ni des conséquences liées à la mise en oeuvre des informations et schémas contenus dans ce cours. La diffusion de ce support est soumise à l'autorisation de l'auteur et ne doit, en aucun cas servir à des fins commerciales.



www.traitedemanoeuv्रे.fr

Traité de Manœuvre

Accueil Ouvrages App Colregs Cours Code Polaire News Contact

COURS DE NAVIGATION

Cours de navigation L1, L2 et L3

En version Pdf:

En cours de rédaction pour les versions .pdf

1. Cours de Navigation L1:
2. Cours Navigation L2:
3. Cours de Navigation L3:

En version Flash:

Vous pouvez télécharger les fichiers des cours de Navigation en Flash.swf sur votre PC et les lire avec le plugin Flash player ou Internet (uniquement sur PC). Pour cela, décompresser les fichiers ZIP à télécharger ci-dessous. Mettre tous les fichiers L1, L2 et L3 dans un même dossier pour bénéficier des liens à partir de la page « passerelle.swf » (vous pouvez également mettre les fichiers Colregs – voir menu « Cours Colregs »):

Cours sur Youtube: [Cours de navigation Hervé Baudu](#)

Radionavigation

- Besoins

Les besoins du navigateur



Les organismes de tutelle des domaines maritimes et des Transports font un certain nombre de **recommandations** dans l'élaboration des besoins aux navigateurs en matière de systèmes d'aide à la radionavigation, notamment du DOT Department of Transport US ou localement Ministère du MEDDE.



L'OMI diffuse des **normes** sous forme de résolutions reprises par les constructeurs qui développent les systèmes.

Recommandations du DOT:

a) Navigation océanique et hauturière:

- Distance > 50M du danger le plus proche et au-delà du plateau continental (ligne de sonde > 200m);
- **Précision 2 à 4 milles** (1 à 2 souhaitables);
- Intervalle de temps entre 2 points = 2heures ou moins (15min souhaitables).

b) Navigation côtière:

- Distance < 50M du danger le plus proche et en-deçà du plateau continental;
- **Précision: 1M à plus de 10M des dangers; 0,5M de 2 à 10M et 10% de la distance à moins de 2M;**
- Intervalle de temps entre 2 points < à 15min;
- Intervalle de temps: 1 à 2 min.

c) Navigation portuaire ou pilotage:

- Dans les chenaux et entrée de port;
- **Précision de 8 à 20mètres;**
- Intervalle de temps entre 2 points = 10 secondes.



Radionavigation

- Les différents systèmes

Les différents systèmes de radionavigation

Il s'agit de trouver la position du récepteur connaissant la position d'un ou plusieurs émetteurs:

En fonction des principes retenus, les moyens de radionavigation sont classés en systèmes:

- a) **Directionnels** (mesures de direction);
- b) **Circulaires** (mesure de distance);
- c) **Hyperboliques** (mesure des différences de distance).

a) Systèmes directionnels

Les récepteurs **recherchent la direction des émetteurs**; la position du récepteur s'obtient alors par triangulation de plusieurs relèvements:

- [Radiogoniomètre],
- Racon,
- Radar.



b) Systèmes circulaires (en général actif)

Les récepteurs **mesurent la distance qui les sépare des émetteurs**:

- Radar,
- Sylédis,
- GPS, Glonass,
- [Loran C (mode circulaire)].



Radionavigation

- Les différents systèmes

Les différents systèmes de radionavigation



b) Systèmes circulaires (suite)

La **mesure du temps de trajet de l'onde Δt entre émetteur et récepteur** permet de calculer la distance qui les sépare $D = c \times \Delta t$. Le lieu de position obtenu est un cercle.

En adoptant la valeur moyenne de $c = 300.000 \text{ km/s}$, pour obtenir une précision à 3km près, il faut synchroniser les horloges des émetteurs et du récepteur à **$10 \mu\text{s}$** près.



Les solutions sont:

- **embarquer une horloge atomique** aussi précise que celle de l'émetteur: Loran C en mode circulaire (usage spécifique militaire) - en voie d'extinction;
- considérer le décalage entre les horloges émetteur et récepteur comme une **inconnue supplémentaire: GPS**;
- **avoir l'émetteur à bord**. L'onde fait un aller-retour après réflexion sur un obstacle:
 - . Passif: radar
 - . Actif: Racon, Syledis; Radius.

On obtient ainsi des systèmes circulaires actifs de faible portée très précis.

c) Systèmes hyperboliques (en général passif)

Les récepteurs **mesurent des différences de distance** entre le navire et plusieurs émetteurs. Les lieux obtenus sont des hyperboles. ils se divisent en trois catégories:

- **mesure d'une différence de temps - Loran C** (mesure grossière);
- **mesure de déphasage - Loran C** (mesure fine); [*Decca*];
- **mesure Doppler** - [*Transit*], Radiobalise de localisation des sinistres (EPIRB) **Cospas Sarsat**.



Radionavigation

- Les différents systèmes

Les différents systèmes de radionavigation

c) Systèmes hyperboliques (suite)



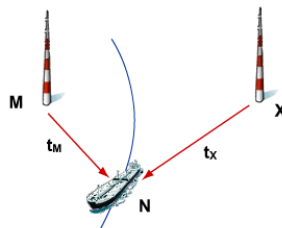
1- Mesure d'une différence de temps

Loran C:

Les émetteurs "maître" M et esclaves X émettent des impulsions que le navire N reçoit avec des retards: $t_M = \frac{MN}{c}$ et $t_X = \frac{XN}{c}$

$$\Delta t = t_X - t_M = \frac{XN}{c} - \frac{MN}{c}$$

$$\Rightarrow XN - MN = \Delta t \cdot c$$



On définit ainsi un **lieu géométrique**, ensemble des points de la surface terrestre où cette différence est constante et sur lequel se trouve le mobile. Ce lieu est **à une hyperbole** de foyer M et X.



Radionavigation

- Les différents systèmes

Les différents systèmes de radionavigation

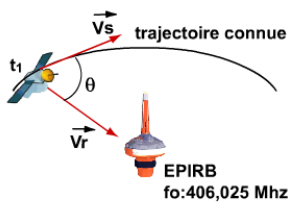
c) Systèmes hyperboliques (suite)

2- Mesures Doppler

Sarsat Cospas:

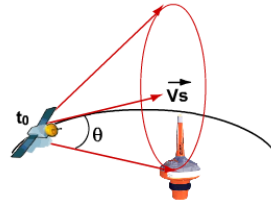
L'émetteur est une balise de détresse dont il faut déterminer la position et le récepteur est un satellite à orbite polaire basse qui défile en passant au-dessus de la balise.

Le signal reçu est affecté de l'effet Doppler du fait du **déplacement relatif entre émetteur et récepteur**.



$$\cos \theta = \frac{c}{V_s} \left(\frac{f}{f_0} - 1 \right)$$

f_0 = fréq émise par la balise
 f = fréq reçue affectée par Doppler
 c = vitesse lumière



La balise se trouve sur 1 cône de sommet Satellite à t_0 défilant sur un axe \vec{V}_s , l'angle au sommet : θ



Radionavigation

- La qualité des systèmes

Les qualités d'un système de radionavigation

Les systèmes de radionavigation doivent présenter un certain nombre de qualités:

a) Précision

Capacité du système à positionner l'utilisateur dans une zone donnée avec une probabilité de 95%.

b) Couverture

Mondiale dite "large", (GPS); locale (DGPS, Loran C; radar)

c) Intégrité

Confiance que l'on peut placer dans l'exactitude des informations fournies par le système.

Présence d'une alarme qui informe l'utilisateur d'un dysfonctionnement. Le seuil de tolérance de ces erreurs du système ou de l'information exploitée doivent être parfaitement connu du chef du quart:

- Quelles erreurs de navigation doit-on tolérer?
- Délai de réaction avant d'interrompre l'exploitation des informations pour éventuellement utiliser un autre système de radionavigation (ex: nombre de satellites minimum pour donner un point avec la précision attendue du GPS)

d) Continuité - fiabilité

Capacité du système à assurer son service sans interruption imprévue. Elle dépend de la probabilité d'interruption non prévue en cours d'opération.



Radionavigation

- La qualité des systèmes



Les qualités d'un système de radionavigation

e) Disponibilité

Capacité du système à être en état de fonctionner dès le début de l'opération.

f) Cadence de rafraîchissement

Intervalle de temps entre deux points qui doit être le plus court possible (ex: 1 seconde pour le GPS).

g) Capacité de saturation

Les systèmes circulaires passifs ou actifs peuvent être saturables, une balise Racon ne peut traiter qu'un nombre limité d'interrogations simultanées.

En revanche, les systèmes hyperboliques dont les récepteurs sont passifs ne sont pas saturables par nature.

Classement en fonction de la technique employée:

- Type de mesure (différence de temps, de déphasage, à effet Doppler),
- Type d'émissions (émissions continue),
- Type de synchronisation (par horloge atomique, par station maîtresse),
- Fréquence et puissance d'émissions.





Radionavigation

- Synthèse des systèmes



Caractéristiques d'un système de radionavigation

	Systèmes moyennes portée		Systèmes longue portée	
	Syledis	Goniomètre	Loran C 	GPS 
Type	Circulaire	Directionnel	Hyperbolique (Circulaire)	Circulaire; Pseudo distance
Bande de fréquence	UHF 420 -450 Mhz	LF / MF / HF 255 à 525 et 2167 à 2197 Khz	LF 100 Khz	SHF 1575 Mhz
Portée	100 M	300 M	800 M	mondiale
Précision	qq mètres	3 à 10° par relèvement	100 à 500 mètres	10 à 100 mètres
Temps de mesure	continu	> 1 minute	10 à 20 points /sec	Continu
Couverture	selon besoin	mondiale	Atl Nord; Med; Pac Nord	mondiale
Avantages	- Précision - Pas d'onde de nuit	- Simple - Faible coût	- Très grande portée - Seul système universel longue portée qui peut pallier à une avarie GPS	- Couverture - Précision - Universalité
Inconvénients	- Portée limitée - coût installation - besoin spécifique	- Imprécis - Moins approprié à une navigation dense	- Ne couvre pas tous les océans - Coût d'exploitation	- monopole de contrôle
Perspective	Bonne en France; en extinction	En extinction	modernisation Nels	Complémentarité avec systèmes Galiléo et Glonass 