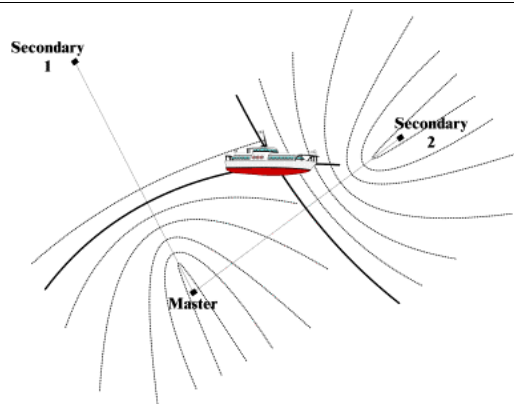


ENMM Le Havre <i>A.Charbonnel</i>	ÉQUIPEMENT DE RADIONAVIGATION <i>SYSTEME LORAN C</i>	V1.2 – 09/08 1/6
--------------------------------------	---------------------------------------------------------	---------------------

## INTRODUCTION

### Loran : système hyperbolique



Loran est un acronyme de Long Range Navigation et utilise les signaux cadencés par au moins trois stations émettrices ; ces signaux permettent de calculer la position du récepteur.

Un récepteur LORAN mesure le temps d'arrivée des signaux transmis et déduit la différence de temps de chaque paire de station. A partir de cette différence de temps et de la vitesse de propagation du signal, on en déduit une ligne de position pour chaque paire de stations ; l'intersection de plusieurs lignes de positions fournit la position du récepteur.

Chaque ligne de position est une hyperbole classant le Loran dans les systèmes hyperboliques.

### Loran C et les satellites

Contrairement aux technologies de radiopositionnement comme le GPS qui fournissent une couverture globale, le LORAN C est un système **régional** avec **contrôle d'intégrité**.

Loran C et les satellites sont deux technologies différentes et **complémentaires** qui peuvent être utilisées conjointement pour améliorer :

- la précision absolue du LORAN et la précision relative,
- l'intégrité des systèmes satellites.

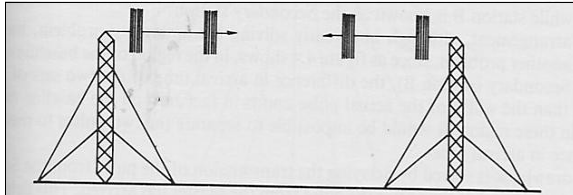
### Autres utilisations du Loran

En outre, les émissions Loran C peuvent aussi être utilisées comme support pour diffuser le temps et comme voie donnée bas débit.

Parmi ces utilisations, il a été démontré que le Loran peut être utilisé pour envoyer des corrections de position des satellites à des utilisateurs sur une vaste région.

## PRINCIPE DU LORAN C

### Logique des systèmes hyperboliques

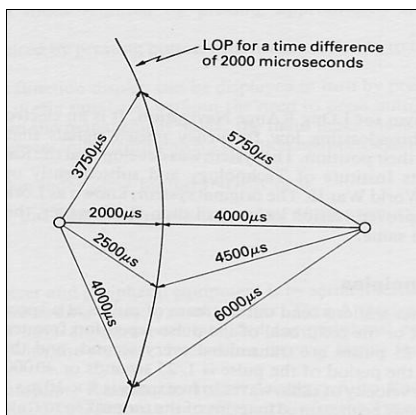


*illustration 1 : Deux stations émettant de courtes impulsions à un intervalle de répétition défini*

Soient deux stations de transmission A et B transmettant simultanément le même train d'impulsions. On suppose que la distance entre ces deux stations est de 972 milles marins (soit 1 800 km).

Pour parcourir la distance entre ces deux stations une onde électromagnétique mettra 6 000  $\mu$ s.

### Définition des lignes de positions (LOPs)

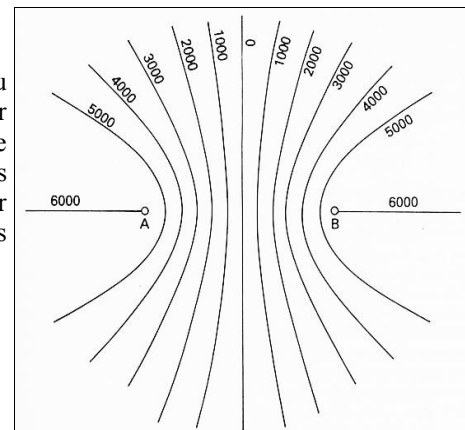


*illustration 2 : Ligne de différence de temps constante (LOP) de deux stations émettant des impulsions simultanément*

Une ligne de position (LOP) peut être définie en fonction de la différence de temps de réception entre le signal de A et de B. L'illustration 2 représente l'ensemble des positions possibles pour une différence de temps (LOP) de 2 000  $\mu$ s.

Ces lignes sont des hyperboles ayant pour foyer les stations.

On peut tracer un réseau d'hyperboles pour représenter les lignes de positions de plusieurs différences de temps comme à l'illustration 3 pour des différences de temps multiples de 1 000  $\mu$ s.



*illustration 3 : Lignes de différence de temps constante de deux stations émettant des impulsions simultanément*

### Problème d'ambiguïté des LOPs

En observant l'illustration 3, on remarque que pour une différence de temps donnée, il existe deux LOPs possibles.

#### Solution

Pour éviter ce problème d'ambiguïté, on décide que la station B, n'émette qu'après avoir reçu le signal de A ; la station A est dite station maître et la station B station esclave.

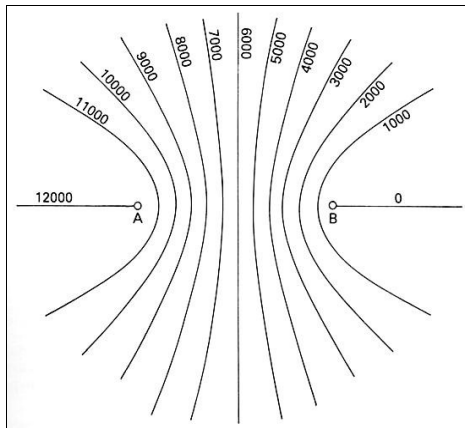
Les lignes de position ne changent pas, mais la valeur de la différence de temps associée à ces lignes est modifiée comme présenté à l'illustration 5.

### Problème de discrimination

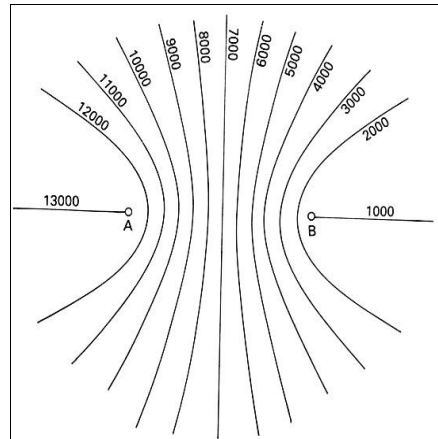
En résolvant le problème d'ambiguïté, on a créé un autre problème. En effet dans le prolongement de la ligne de base (ligne AB), du côté de la station B (esclave), la différence de temps est nulle : les signaux A et B arrivant en même temps, on ne peut les discriminer et donc il est impossible de savoir sur quelle ligne de position l'on se situe.

**Solution** : le problème de discrimination est résolu en imposant à la station esclave (B) de n'émettre qu'après un délai donné après réception du signal de la station maître (A). Ce délai s'appelle le **Coding Delay**.

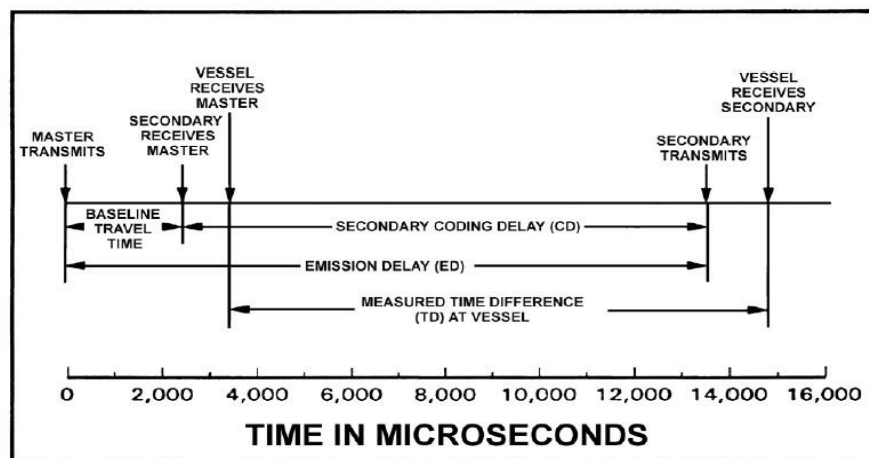
**L'illustration 4** représente les LOPs avec l'ajout d'un coding delay.



*illustration 4* : LOPs - la station B n'émet qu'après réception du signal de A



*illustration 5* : LOPs - la station B n'émet qu'après avoir reçu le signal de A et attendu un délai de 1000  $\mu$ s.



*illustration 6* : Définition des éléments de temps pour le système Loran C

- Emission delay (ED) : différence de temps entre le moment où le maître et l'esclave émettent.
- Base Line : temps de parcours maître-esclave.
- Coding Delay (CD) = intervalle de temps prédéfini qu'un esclave doit attendre, après la réception du signal maître, avant de pouvoir émettre.
- Time difference (TD) : différence de temps entre la réception par le navire d'un signal maître et d'un signal esclave.

### Définition d'un point par deux paires esclave/maître

Une paire esclave/maître permet de définir une ligne de position (LOP).

Avec un maître et deux esclaves on obtient deux lignes de position qui permettent de déterminer la position.

Cette position en latitude/longitude peut être déterminée par calcul (par l'équipement Loran) ou directement en utilisant des cartes Loran C sur lesquelles sont portées les LOPs en surimpression.

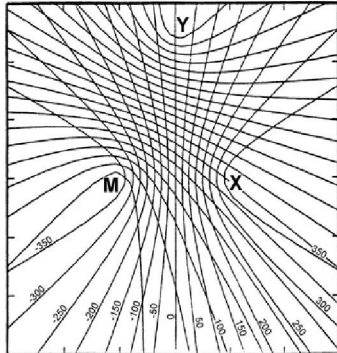


illustration 8 : réseau de LOPs pour un couple de stations maître/esclave M-X

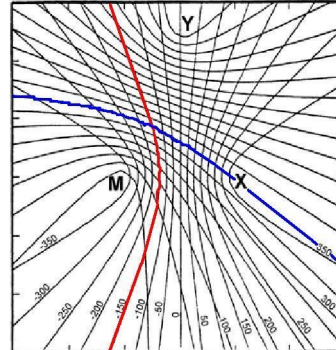


illustration 7 : réseau de LOPs de deux couples de stations M-X et M-Y

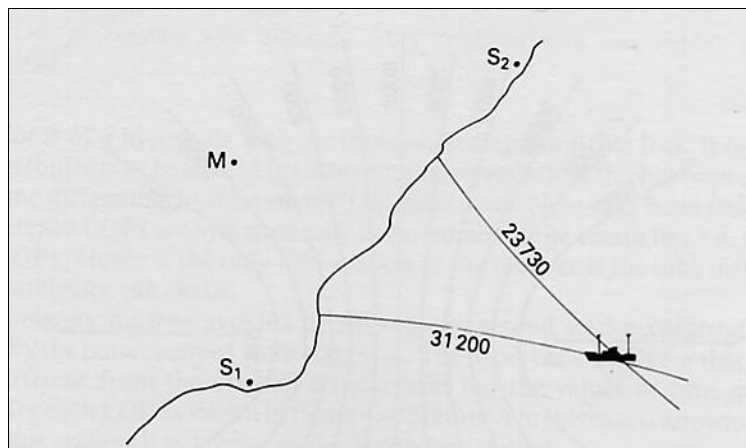


illustration 9 : détermination de la position par l'intersection de deux LOPs

### Organisation de émissions d'une chaîne Loran C

Les émetteurs Loran C sont organisés en chaînes de 3 à 5 stations : un maître et deux à quatre esclaves.

#### Le GRI

Chaque station émet séquentiellement un groupe d'impulsions (9 pour le maître, 8 pour les esclaves) selon l'illustration 10.

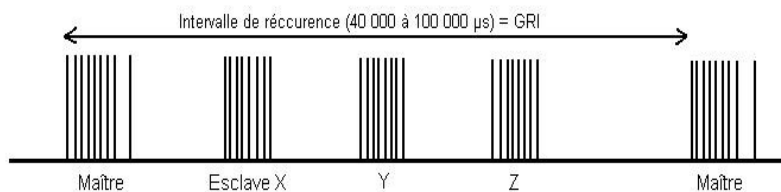
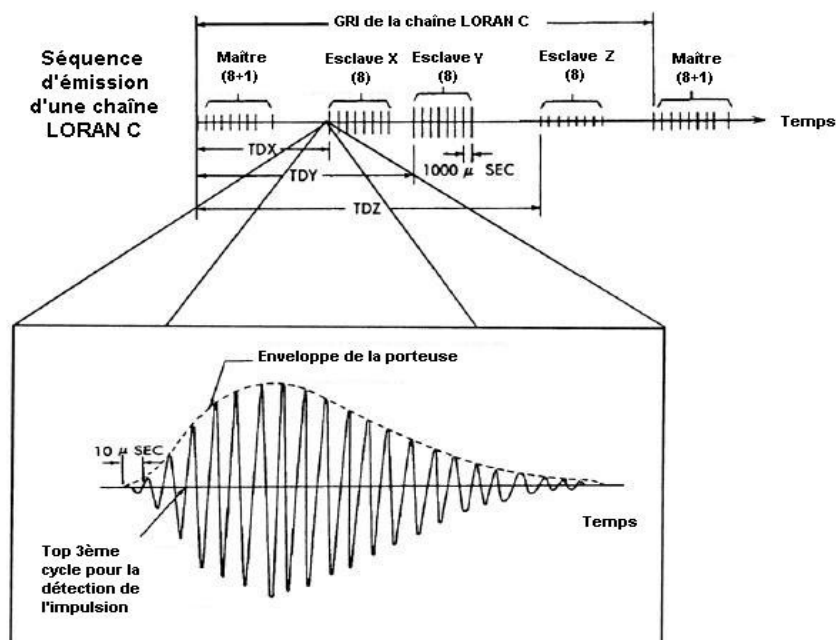


Illustration 10 : séquences d'émissions d'une chaîne Loran C

La période de récurrence ou GRI (Group Repetition Interval) est caractéristique d'une chaîne ; elle est exprimée en  $\mu\text{s}/10$ . Pour période de répétition de  $59\,300\mu\text{s}$ , le GRI est 5930.

## Les impulsions



## RÉCEPTEUR LORAN C



Les récepteurs Loran C peuvent être exploités en mode hyperbolique (affichage des différences de temps entre stations esclave et maître) ou en mode latitude/longitude (affichage des coordonnées).

## PROPAGATION

La propagation se fait par deux types d'ondes :

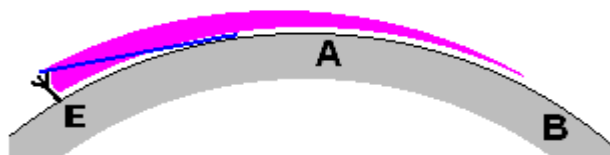
- une onde de sol,
- une onde de ciel (réflexion sur les couches ionosphériques).

### Onde de sol

La propagation se fait par diffraction sphérique sur la surface de la terre.

La vitesse de propagation est fonction :

- de l'air (indice de réfraction),
- de l'eau de mer,
- des terres traversées (conductivité),
- de l'époque de l'année.



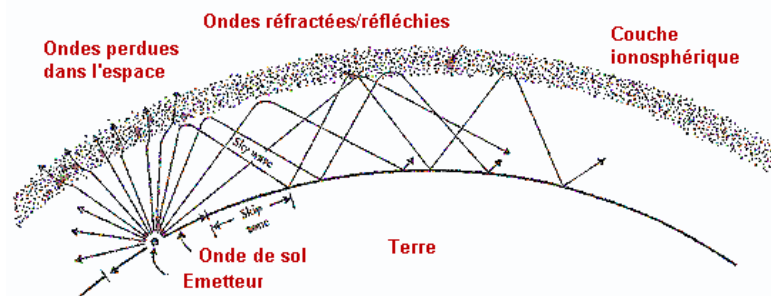
Des corrections sont donc à apporter à la vitesse en fonctions de ces éléments.

Primary factor (PF)	Vitesse de propagation au dessus de la mer pour des conditions standards PF = 299 691 km/s
Secondary Factor (SF)	Correction à apporter fonction de la salinité des océans
Additional Secondary Factor (ASF)	Correction à apporter en fonction des terres traversées

Le temps de propagation est défini par PF+SF+ASF

## Onde de ciel

Les ondes loran C se réfléchissent sur la couche ionosphérique.



## PERFORMANCE DU LORAN C

### Portées

	Sol	Ciel
jour	500 à 900 M	2 000M
nuît	350 à 650 M	1 500 à 3 000 M

### Précision

	Sol	Ciel
Précision absolue (sans corrections de propagation)	0,5 M	5 M
Précision absolue (avec corrections de propagation)	100-200 m	1 M
Précision relative	30 m	

## LE LORAN AUJOURD'HUI

### Intéret

Le GPS joue un rôle majeur dans les applications liées à la navigation et à la diffusion du temps.

Néanmoins le GPS et les GNSS sont vulnérables : il peuvent facilement être brouillés par des interférences qu'elles soient volontaires, involontaires.

Le Loran apparaît alors comme un système complémentaire au xGNSS car il permet de s'affranchir de ses vulnérabilités dans des applications critiques.

Les signaux Loran C sont des signaux de forte puissance et de basse fréquence;

- ils peuvent ainsi être utilisés dans les zones telles les immeubles ou les zones à forte densité de végétation là où les signaux GPS sont inaccessibles.
- Ils ne sont théoriquement pas brouillables contrairement aux signaux GPS de faibles puissance (signaux micro ondes /microwatt)

### Evolution du Loran C : vers le E-LORAN

Le loran amélioré (Enhanced Loran) ou eloran est un système loran qui intègre les dernières technologies en matière d'antenne pour servir de système complémentaire et de secours aux systèmes de navigation par satellites.

Le eloran offre des performances bien supérieures à celles du loran C

Il offre ainsi une précision de 8 à 20 m en approche portuaire

Le eloran est déjà opérationnelle dans le nord est de l'Europe.

[http://www.locusinc.com/pdf/Loran%20Brochure\\_What%20is%20E-Loran%20w%20logo6.pdf](http://www.locusinc.com/pdf/Loran%20Brochure_What%20is%20E-Loran%20w%20logo6.pdf)