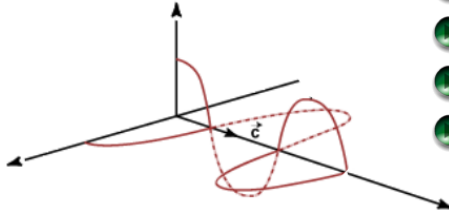


Auteur: Professeur de l'enseignement maritime H.Baudu  
 herve.baudu@supmaritime.fr  
 Version validée département Navigation:  
 - 1.0 septembre 2015



# Les ondes électromagnétiques

- Introduction
- Principe
- Caractéristiques
- Polarisation
- Longueur d'onde
- Classification des fréquences

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](http://www.traitedemanoeuv्रे.fr)



Accueil Ouvrages App Colregs Cours Code Polaïre 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:

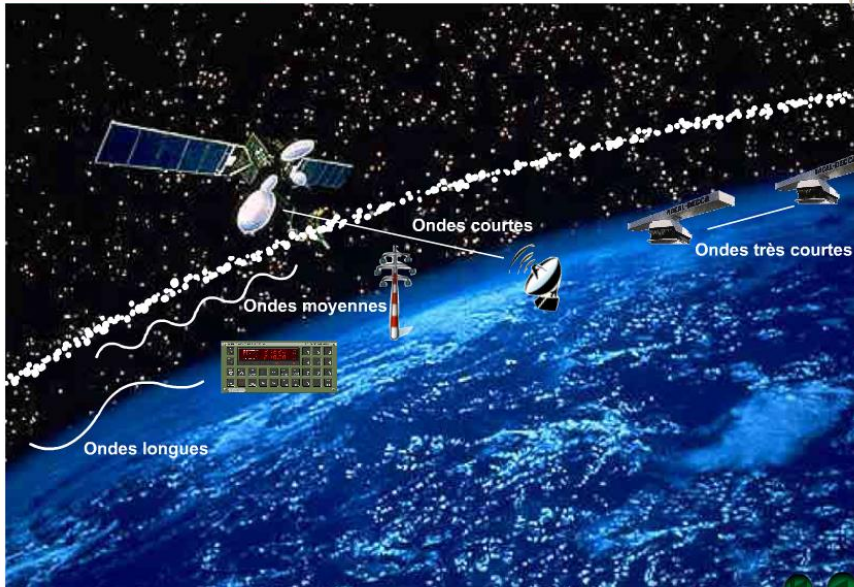
En version Flash:

**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](#)

## Ondes électromagnétiques

### - Introduction

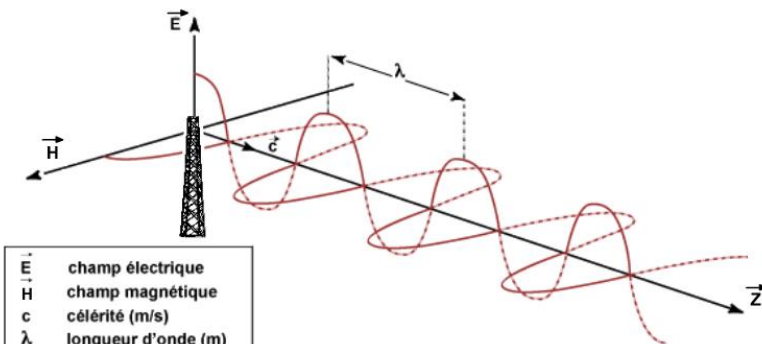


## Ondes électromagnétiques

### - Caractéristiques

#### Onde électromagnétique

Une onde électromagnétique est composée d'un champ électrique  $E$  et d'un champ magnétique  $H$ . Ces deux champs sont perpendiculaires entre eux (X-Y) et progressent suivant l'axe Z; direction de la propagation.



$\vec{E}$	champ électrique
$\vec{H}$	champ magnétique
$c$	célérité (m/s)
$\lambda$	longueur d'onde (m)
$T$	période = $\lambda/c$ (s)
$f$	fréquence = $1/T$ (Hz)

Si le courant a une fréquence  $f = \omega / 2\pi$

$E = E_M \sin \omega t$  et  $H = H_M \sin \omega t$  sont en phase et ont la même fréquence que le courant.



## Ondes électromagnétiques - Caractéristiques

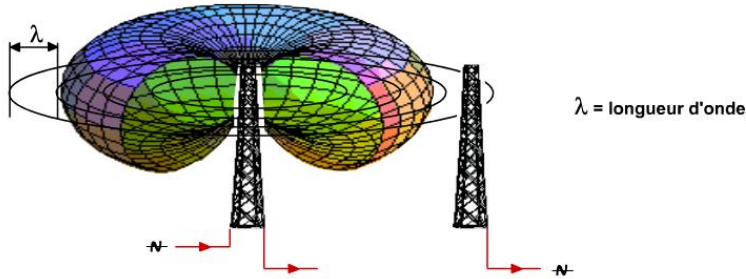


### Principe

Les ondes électromagnétiques sont engendrées à l'émission par un **courant alternatif de haute fréquence** qui parcourt un conducteur (vertical par exemple pour une antenne). Ces ondes se propagent à la vitesse de la lumière. A la réception, les ondes électromagnétiques produisent un champ électrique engendrant un courant alternatif dans un conducteur qu'il suffit alors d'accorder et d'amplifier pour obtenir le signal de départ.

Les ondes électromagnétiques possèdent une quantité de mouvement. Les ondes incidentes sur une surface ou dans un milieu, exerce sur ceux-ci une pression dite pression de radiation.

=> L'onde électromagnétique est un **transport d'énergie** à distance, sans support.



Analogie avec un caillou jeté dans l'eau qui génère des cercles concentriques équivalents à une onde qui se déplace.



## Ondes électromagnétiques - Caractéristiques



### Polarisation

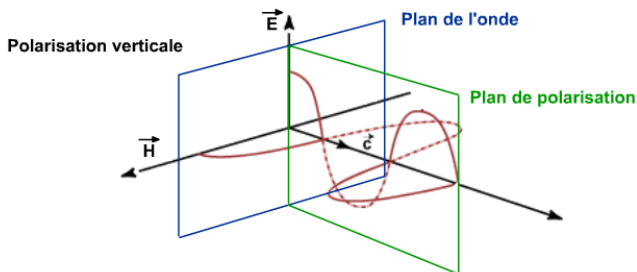
La polarisation est définie par l'orientation du champ électrique  $\vec{E}$ .

**Plan de l'onde:** contient  $\vec{E}$  et  $\vec{H}$ , perpendiculaire à la direction de la propagation.

**Plan de polarisation:** contient  $\vec{E}$  et la direction de propagation.

L'onde peut-être polarisée de 3 façons:

- **verticalement** avec  $\vec{E}$  vertical (antenne verticale, Loran C, Navtex, fouet VHF). Pour des raisons de réflexion sur la surface de la mer - conductrice - préférée à la polarisation horizontale qui court circuite en partie les composantes horizontales de  $\vec{E}$ ;
- **horizontalement** avec  $\vec{E}$  horizontal (la plupart des radars)
- **circulairement ou elliptiquement** si  $\vec{E}$  tourne autour de la direction de propagation et que son extrémité décrit une hélice à base elliptique ou circulaire; cas de certains radars et des vecteurs spaciaux en raison de leur mouvement propre sur leur trajectoire.



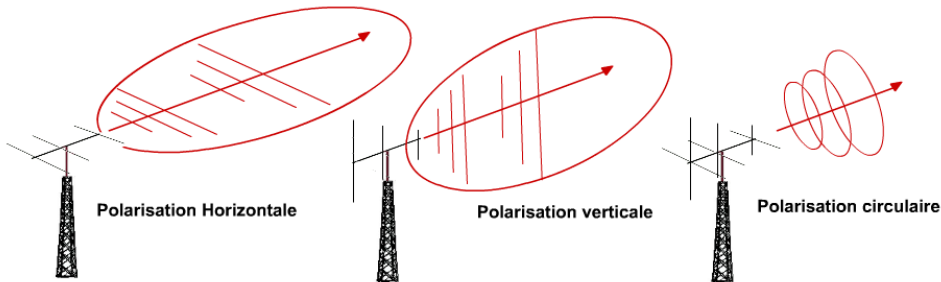
## Ondes électromagnétiques - Caractéristiques



### Polarisation

La polarisation dépend du type d'aérien. Elle est identique à l'orientation physique de l'antenne. Un brin vertical polarise verticalement.

Il est souhaitable que les antennes des deux correspondants soient polarisées ou du moins polarisent les champs électriques et magnétiques de manière identique. Un signal émis avec une antenne en polarisation verticale et reçu sur une antenne polarisée horizontalement est atténué.



## Ondes électromagnétiques - Caractéristiques



### Direction de propagation

La direction de propagation est dans le plan vertical passant par l'émetteur et le récepteur. La trace (théorique) de ce plan sur la sphère terrestre est une orthodromie.

...En 1 seconde, les ondes électromagnétiques font 7,5 fois le tour de la Terre...



### Vitesse de propagation - Longueur d'onde $\lambda$

L'onde électromagnétique se propage dans l'espace d'une manière rectiligne à une vitesse proche de la vitesse de la lumière dans le vide # 300.000 km/s. La propagation d'une onde se caractérise par affaiblissement progressif de l'énergie avec la distance parcourue, de la puissance (qui s'affaiblit à mesure qu'on s'éloigne de l'antenne), de la fréquence, du milieu rencontré ou encore des obstacles .

Pour information, la célérité d'une onde sonore dans l'air = 300 m/s et dans l'eau = 1520 m/s



**Ondes électromagnétiques**  
- Caractéristiques



**Longueur d'onde**

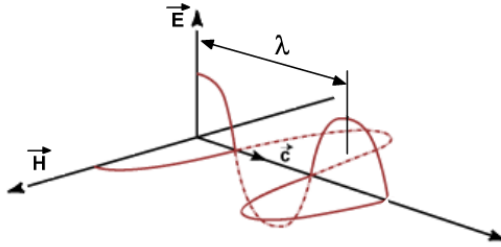
Le chemin parcouru par l'onde pendant une période T s'appelle la **longueur d'onde λ**.

La fréquence est le nombre de cycles par seconde exprimé en Hertz.

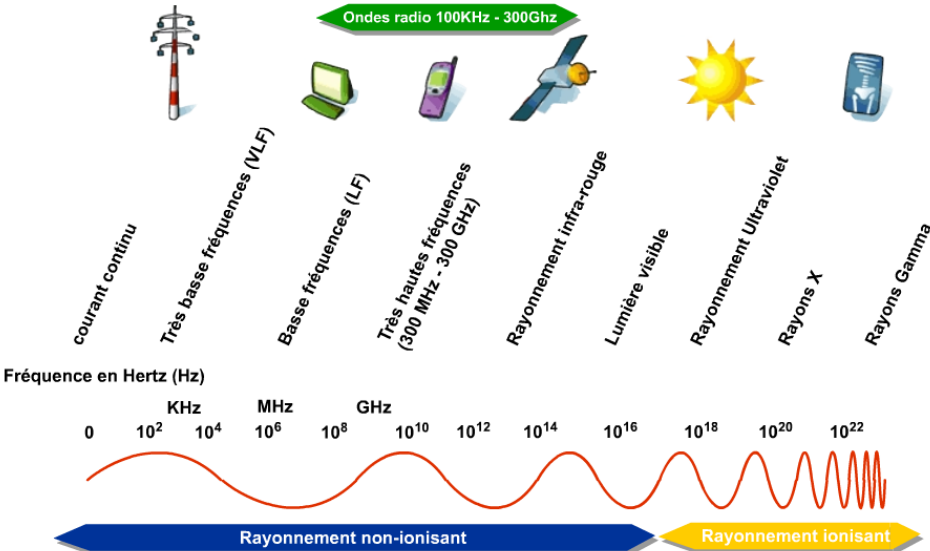
Ex: 10 mètres de longueur d'onde, cela signifie que l'oscillation radioélectrique émise parcourt 10 m à environ 300 000 km/s avant que le début de l'oscillation suivante ne parte à son tour de l'émetteur ou encore que l'onde vibre 30 millions de fois par seconde, soit 30 000 kilohertz ou encore 30 mégahertz.

$$\lambda = c \times T = \frac{c}{f} = \frac{2 \pi c}{\omega}$$

$$\omega = 2 \pi f$$



**Ondes électromagnétiques**  
- Classification des fréquences



- Plus la fréquence augmente, plus la longueur d'onde diminue



## Ondes électromagnétiques - Classification des fréquences



Fréquence	Bande	$\lambda$ Longueur d'onde	Désignation métrique	Systèmes de navigation
3 KHz	ELF Extremely Low Frequencies	100 km		Communications militaires et sous-marines
	VLF - Very Low Frequencies		Ondes Myriamétriques	Communications militaires et sous-marines - Détection sismique - Ex <i>Oméga</i>
30 KHz	LF - Low Frequencies	10 km	Ondes kilométriques	- Ex <i>DECCA</i> - <i>LORAN C</i> (100 kHz) - Goniomètre et DGPS (285 à 315 kHz)
300 KHz	MF - Medium Frequencies	1 km	Ondes hectométriques	Radiocommunications maritimes à moyenne distance
3 MHz	HF - High Frequencies	100 m	Ondes décimétriques	Radiocommunications maritimes à longue distance
30 MHz	VHF - Very High Frequencies	10 m	Ondes métriques	- Radiocommunications maritimes à courte distance - Télévision (174 à 216 Mhz)
	UHF - Ultra High Frequencies		Ondes décimétriques	- DARPS (450 - 870 Mhz) - GPS (1,227 à 1,575 Ghz) - Téléphone portable (0,9 à 1,8 Ghz) - Radar ( $\lambda$ : 10 cm fq: 3 Ghz)
3 GHz	SHF - Super High Frequencies	10 cm	Ondes centimétriques	- Radar ( $\lambda$ : 3 cm fq: 9 Ghz) - Radius - Radar scan - Radiocommunications satellitaires (Inmarsat) - Télévision par satellite (12 Ghz)
30 GHz	EHF - Extremely High Frequencies	1 cm	Ondes millimétriques	- Radar militaires spéciaux - Détecteur infra-rouge Fan Beam
300 GHz		1 mm		

