

CHAPITRE 2 : LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Les ondes électromagnétiques sont utilisées pour les télécommunications notamment dans le domaine maritime. Des canaux de fréquence marine de détresse comme le « canal 70 » (appel sélectif numérique de détresse) ou le « canal 16 » (messages de détresse) permettent aux navires en perdition de demander de l'aide aux autres navires en mer ou aux Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) à Terre.

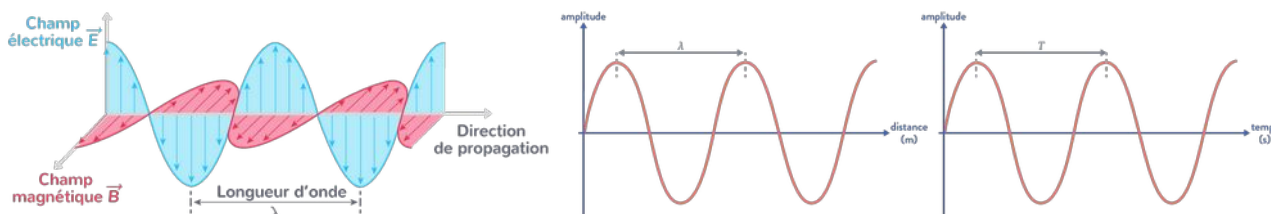
Comment communiquer sur ces canaux ?

CROSS de « Gris nez » (Hauts-de-France) →



1 Propriétés des ondes électromagnétiques

Une **onde électromagnétique** correspond à la **propagation** simultanée d'une **perturbation** des champs **électrique** et **magnétique**. Si cette perturbation est **périodique** (sinusoïdale en général), elle se caractérise par une **double périodicité** dans le temps et dans l'espace.



★ Animations :

- [Propagation d'une onde électromagnétique](#)
- [Longueur d'onde et période](#)



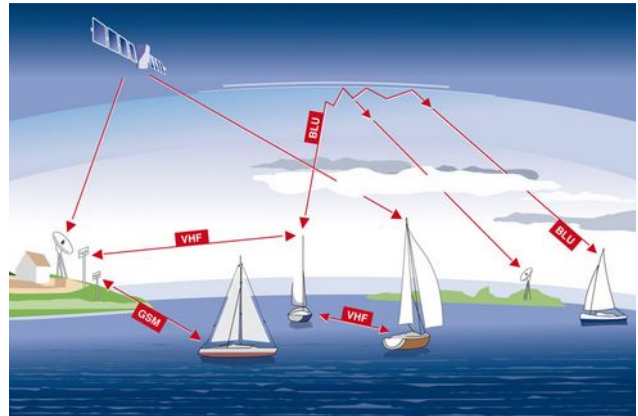
Ces ondes sont caractérisées par :

- Leur **longueur d'onde λ (en m)**, c'est la distance qui sépare deux motifs élémentaires dans l'espace à un instant donné.
- La **période T (en s)**, c'est le temps que met l'onde à se répéter identique à elle-même en un point de l'espace.
- La **fréquence f (en Hz)**, c'est le nombre de fois que l'onde se répète en une seconde en un point de l'espace.
- La **célérité c (en m/s)**, c'est la vitesse à laquelle l'onde se propage.

Pour toutes les ondes électromagnétiques, dans le vide et dans l'air : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Application 1 : Les ondes du « canal 16 » sont de type électromagnétique. La portée des ondes utilisées est d'environ 40 km maximum.

1. Calcule le temps de propagation Δt des informations transmises à la portée maximale et commente le résultat obtenu.

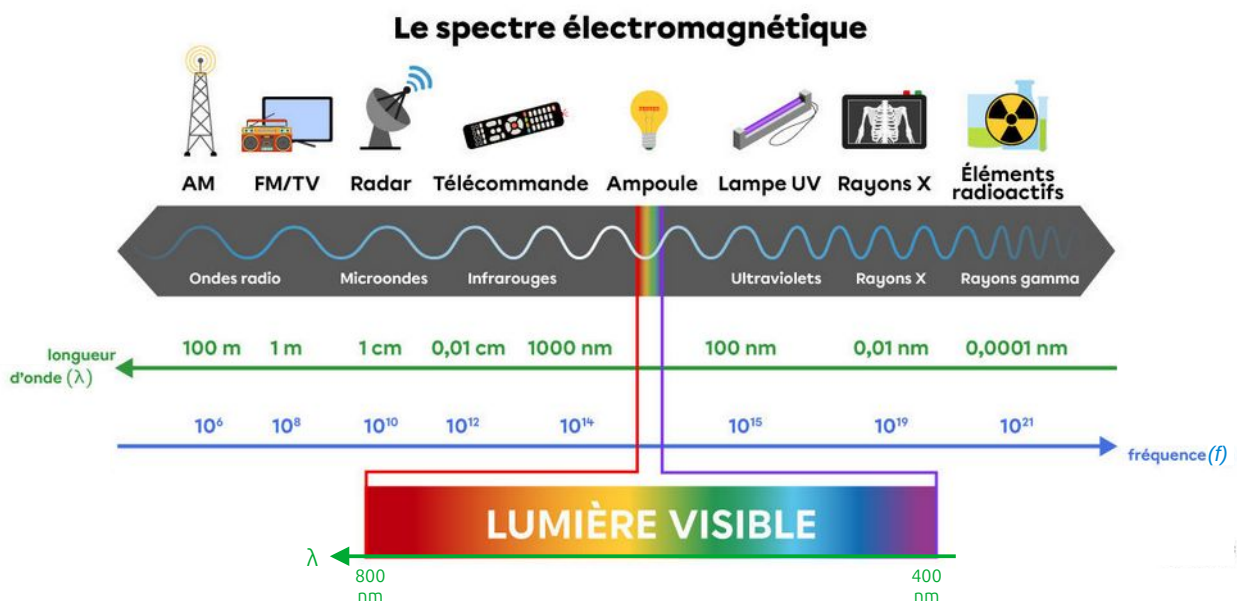


Pendant un temps égal à une période T une perturbation du champ électrique s'est propagée sur une distance égale à une longueur d'onde λ . On peut donc écrire :

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (\text{application de la formule } v = d/t)$$

On rappelle aussi le lien entre fréquence f et période T : $f = \frac{1}{T}$

Domaines spectraux des ondes électromagnétiques :



Sous domaines spectraux des ondes radio :



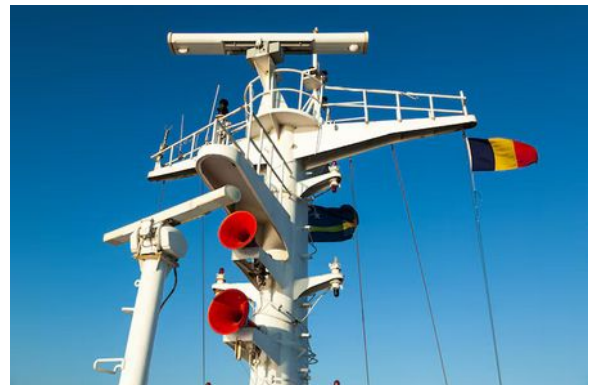
★ Complément : Utilisations des ondes électromagnétiques



Dans le cas d'une transmission sans fil la dimension des antennes utilisées pour recevoir l'onde doit être égale à la **longueur d'onde λ** ou à la moitié de celle-ci (antenne **demi-onde $\lambda/2$**) ou au quart de celle-ci (antenne **quart-onde $\lambda/4$**).

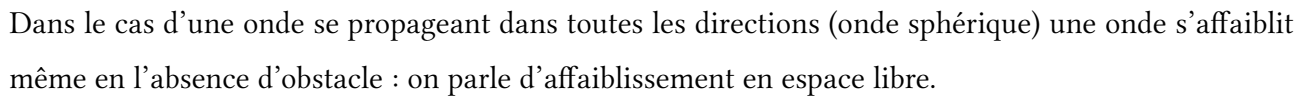
Application 2 : Le « canal 16 » utilise une bande de fréquence électromagnétique centrée autour de $f_p = 156,8 \text{ MHz}$.

1. Calcule la longueur d'onde correspondante.
2. Identifie le domaine et le sous-domaine des ondes électromagnétiques dans lesquels se situe la bande de fréquence du canal 16.
3. Quelle doit être la longueur idéale d'une antenne quart-onde pour détecter un signal de détresse sur ce canal ?



The diagram illustrates five types of energy transfer using arrows and a horizontal surface line:

- Transmission:** A vertical dashed arrow points down to a horizontal line, and a solid arrow points straight down from the line.
- Réflexion:** A dashed arrow points down to a horizontal line, and a solid arrow points away from the line at an angle.
- Réfraction:** A dashed arrow points down to a horizontal line, and a solid arrow points away from the line, bending towards the normal.
- Absorption:** A vertical dashed arrow points down to a horizontal line, and a solid arrow points straight down to the line.
- Diffusion:** A vertical dashed arrow points down to a solid black dot on a horizontal line, and multiple solid arrows point outwards from the dot in various directions.



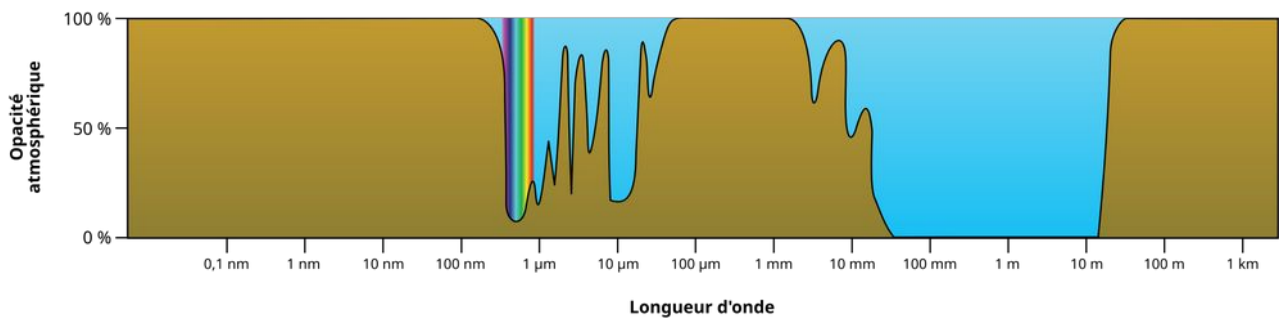
Données :

1. Vérifie qu'un niveau de puissance de -100 dBm correspond à une puissance de 10^{-13} W.
2. Calcule la distance D maximale théorique en deçà de laquelle le signal de détresse émis par la radio du navire en détresse sera bien reçu par le CROSS équipé d'une antenne de surface effective $S = 0,30$ m². Commente le résultat.

[illegible]

2 Principe de la modulation

Les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide mais les autres milieux ne sont transparents que pour certaines longueurs d'ondes. On parle de « **fenêtres de transmission** ».



Application 4 :

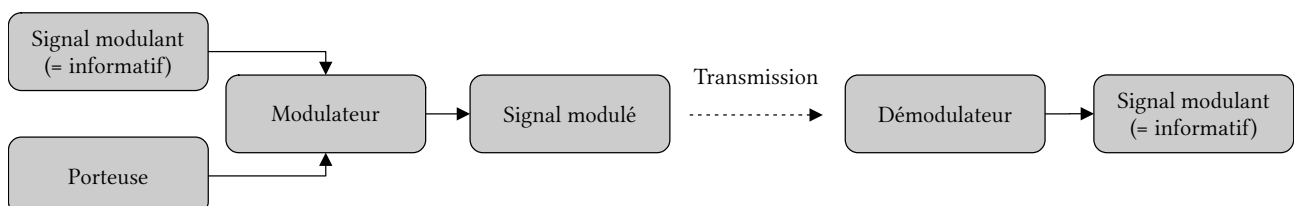
1. Vérifie que les ondes transitant sur le « canal 16 » sont compatibles avec les fenêtres de transmission de l'atmosphère.



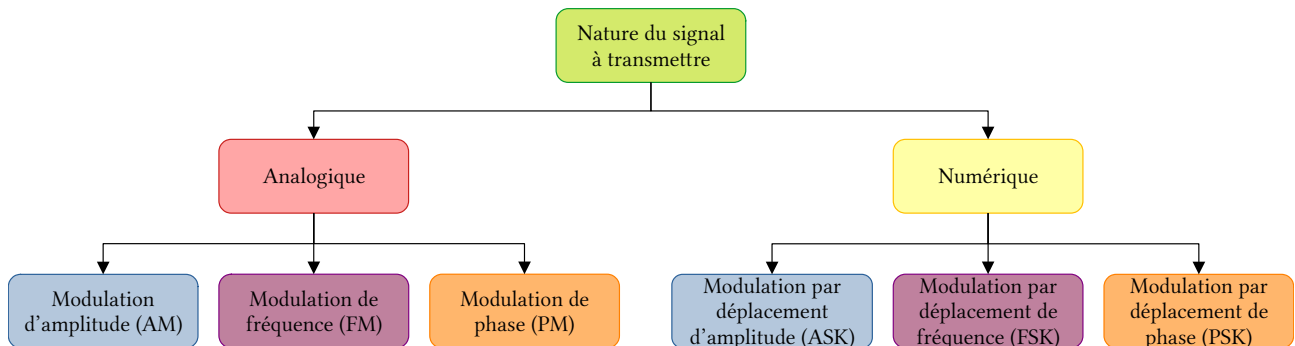
La modulation consiste à moduler un signal appelé **porteuse** et compatible avec les fenêtres de transmission à l'aide d'un **signal modulant** qui est en fait le signal informatif à transmettre. On obtient alors un signal contenant l'information à transmettre et capable de se propager dans le milieu : c'est le **signal modulé**.

Ce signal est transmis. Après réception il faudra le démoduler pour retrouver le signal informatif.

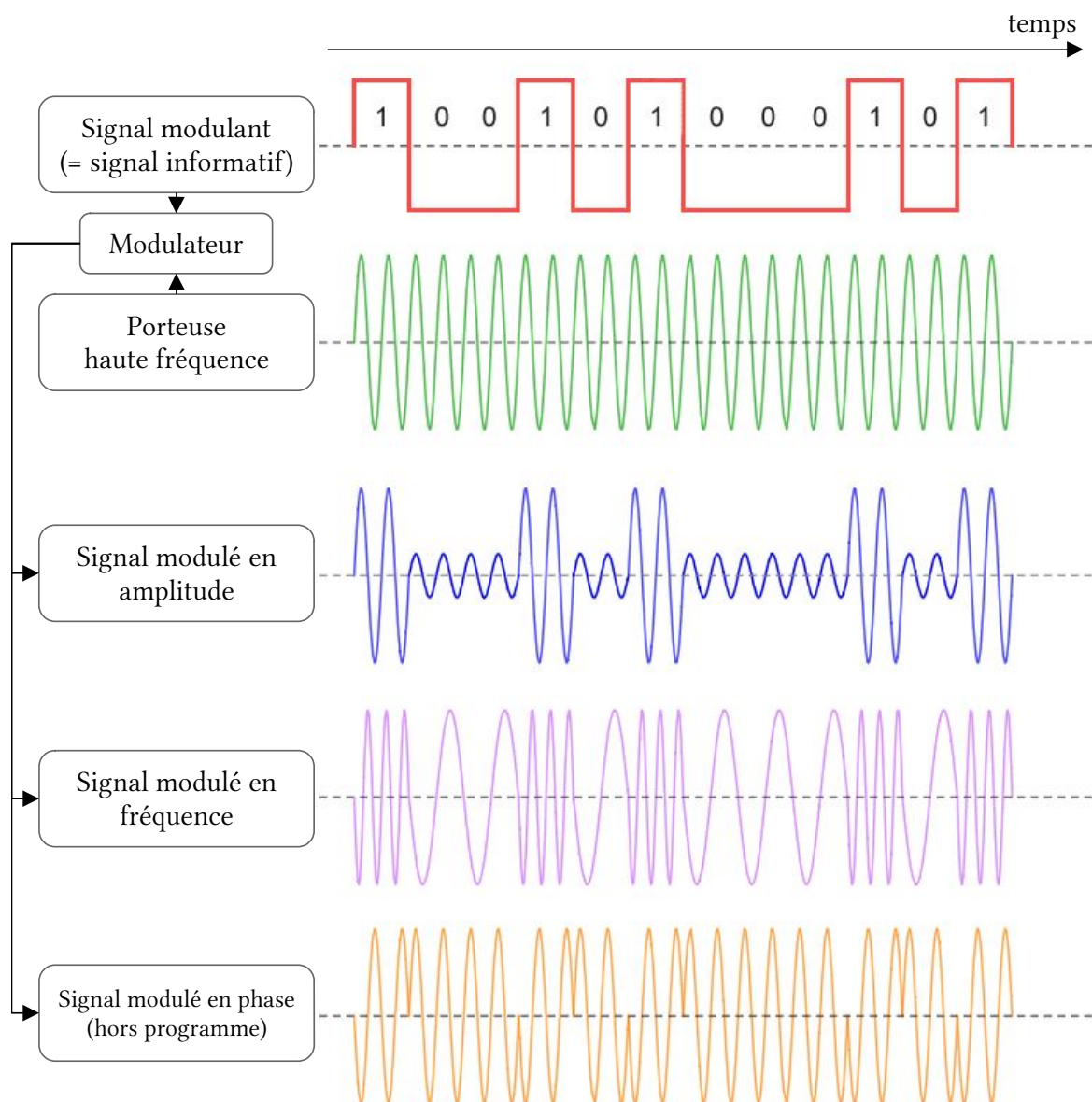
Schéma de principe de la modulation-démodulation :



On distingue plusieurs types de modulation selon la nature du signal informatif à transmettre et selon la méthode utilisée pour encoder ce signal dans la porteuse. Les seules à connaître sont celles modifiant l'**amplitude de la porteuse** (AM et ASK) et celles modifiant la **fréquence de la porteuse** (FM et FSK et PSK)



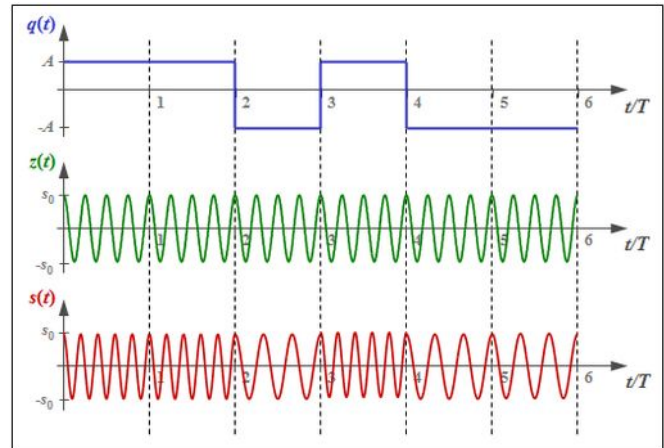
On donne ci-dessous les représentations temporelles des différents signaux :





Application 5 : L'image ci-contre représente l'allure du signal informatif $q(t)$ d'un appel numérique de détresse transmis sur le canal 70. La porteuse est $s(t)$ et le signal modulé est $s(t)$.

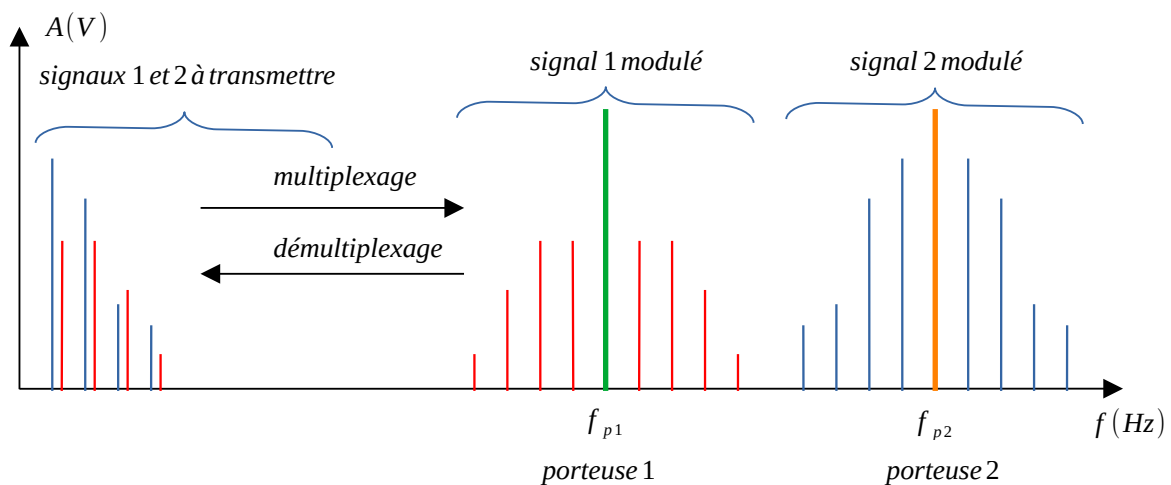
1. Quel type de modulation est employée sur le canal 70 ?
2. Propose une expression mathématique du signal $s(t)$



3 Principe du multiplexage

La modulation sur des canaux différents permet de faire transiter plusieurs signaux dans un même milieu (câble téléphonique, fibre optique, air, ...) : c'est le **multiplexage**.

Principe du multiplexage :



Pour transmettre intégralement le signal modulé il faut une **bande passante** supérieure ou égale à cet encombrement spectral.

[illegible]

[illegible]

