

Chapitre N°11 : Ondes électromagnétiques et information

De nos jours, les ondes électromagnétiques sont au cœur du transport de l'information. Que ce soit l'ADSL, la fibre optique, la radio, la TNT, le WiFi ou la 5G, tous utilisent des ondes électromagnétiques pour transporter de l'information.

L'objectif de ce chapitre est de découvrir les problématiques autour de la transmission de l'information à l'aide des ondes électromagnétiques et étudier les solutions utilisées.

1/ Caractéristiques d'une onde électromagnétique

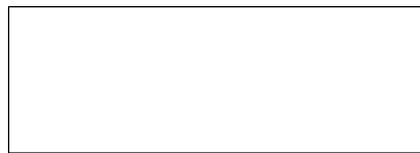
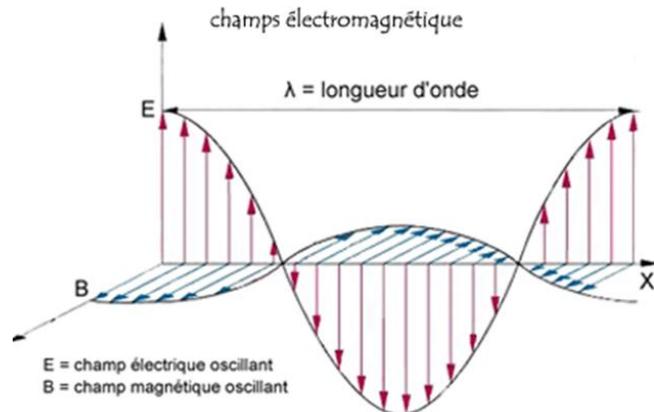
a/ Généralités

Une onde électromagnétique comporte à la fois un champ électrique et un champ magnétique oscillant à la même fréquence.

Elle peut se déplacer dans un milieu de propagation comme le vide ou l'air, avec une vitesse avoisinant :

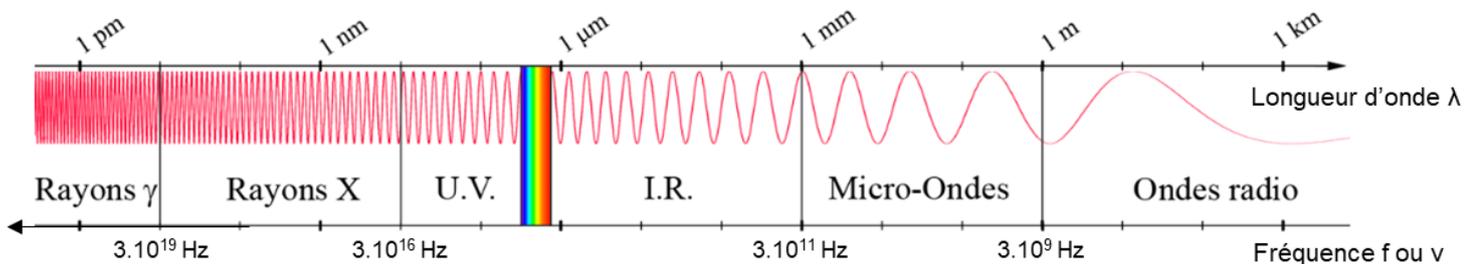
$$c = \dots\dots\dots$$

Rappel : Les ondes électromagnétiques sont périodiques et sinusoïdales. On peut donc mesurer une période temporelle T (en s) et spatiale λ (en m).



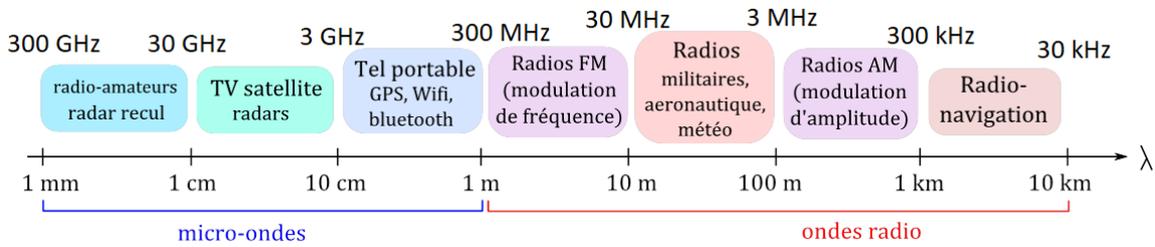
b/ Fréquence et longueur d'onde

Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par leur fréquence et leur longueur d'onde. Elles sont réparties en sept domaines :



c/ Ondes électromagnétiques utilisées dans les télécommunications

Les ondes électromagnétiques utilisées dans les télécommunications appartiennent principalement aux domaines Ces ondes sont aussi appelées et ont une fréquence inférieure à 300 GHz. Elles sont utilisées pour transmettre des informations (radio, télévision, Wifi, Satellites,...).



Remarque : Les ondes infrarouges (IR) peuvent aussi être utilisées dans la communication à courte distance (télécommande de télévision) ou pour la propagation dans les fibres optiques.

2/ Transporter des informations avec une onde électromagnétique

Les signaux associés aux informations que l'on souhaite transmettre ont souvent des fréquences basses (par exemple entre 20 Hz et 20 kHz pour les ondes sonores). La transmission de telles fréquences par ondes radio n'est pas techniquement viable pour plusieurs raisons :

- leur portée est limitée ;
- elles sont soumises à de nombreux parasites (par exemple la fréquence de 50 Hz du réseau électrique) ;
- la bande passante est très étroite, la superposition de nombreux signaux brouillerait le signal. C'est pour répondre à ces problématiques que la modulation d'amplitude a été mise au point.

a/ Transmission et réception d'un signal : exemple de la modulation d'amplitude

L'idée fondamentale de la modulation d'amplitude est de décaler une information de basse fréquence vers une plage de fréquences plus élevée à l'aide d'un signal porteur $x_p(t)$ de haute fréquence.

La modulation d'amplitude consiste à

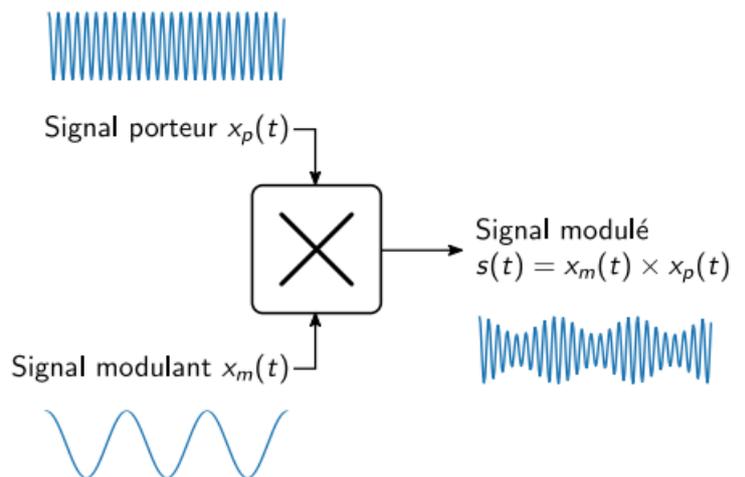
.....

.....

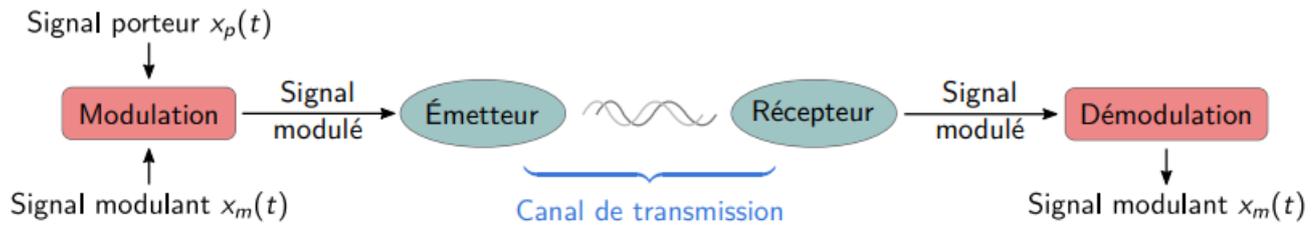
Voici une application basique de modulation d'amplitude :

Remarques :

- Une composante continue est ajoutée au signal modulant afin de garantir une forme qui permettra au signal d'être démodulé correctement.
- Il est possible d'effectuer une modulation de fréquence (FM) et non d'amplitude (AM), c'est alors la fréquence de la porteuse qui varie au cours du temps

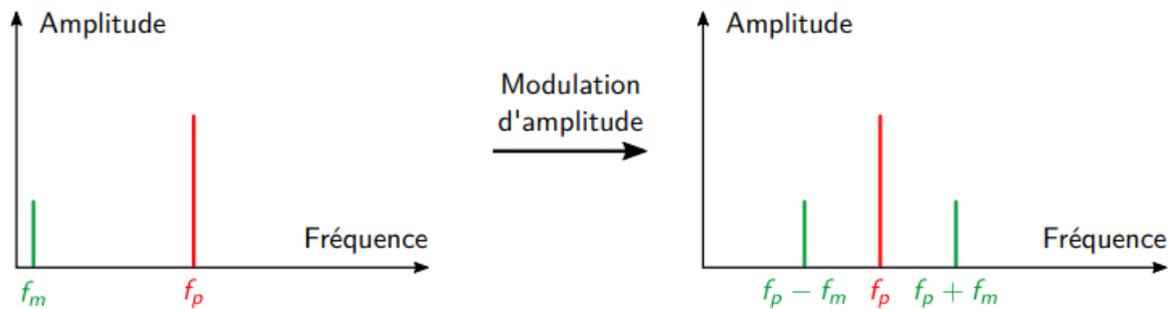


La transmission de l'information s'effectue alors de la manière suivante :



Un canal de transmission est un dispositifs physique à travers lequel l'information transite. Il peut prendre plusieurs formes : câble électrique, fibre optique, canal électromagnétique...

En traçant, le spectre d'amplitude du signal modulé, on constate que l'on retrouve



Exemples :

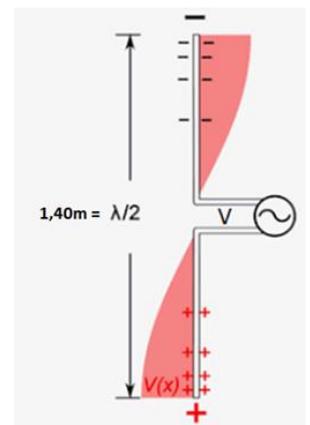
- En pratique, lorsque l'on écoute la radio AM, notre poste radio reçoit toutes les stations en même temps. Mais si on connaît la fréquence de la porteuse f_p utilisée par la station souhaitée, on peut filtrer toutes les autres et ne récupérer que l'information de cette station (fréquences entre $f_p - f_m$ et $f_p + f_m$). On réserve alors un intervalle de fréquence de largeur $2 \times f_m$ centré autour de f_p que l'on appelle bande passante.
- La TNT (télévision numérique terrestre) utilise des fréquences comprises entre 470 MHz et 790 MHz. La bande passante réservée à chaque chaîne est de 8 MHz. On peut donc calculer le nombre de chaînes :

b/ Dimensionnement d'une antenne réceptrice

Pour capter une onde électromagnétique, la dimension d'une antenne est primordiale car la longueur d'une antenne dépend de la gamme de fréquences que l'on souhaite capter. La dimension d'une antenne est égale à la demi-longueur d'onde de l'onde à capter :



On parle d'antenne demi-onde.



Remarque : Si on souhaite utiliser une surface réfléchissante (type parabole), on utilise des antenne quart d'onde c'est-à-dire que $L = \lambda / 4$

Exemple : Pour la TNT, on considère des ondes de fréquences voisines de 470 MHz.
On commence par calculer la longueur d'onde λ :

.....
La longueur de l'antenne correspond à la demi longueur d'onde :



JE DOIS SAVOIR :

- Positionner les domaines fréquentiels des ondes utilisés dans les télécommunications sur une échelle de fréquence ou de longueur d'onde, à partir de données fournies.
- Associer qualitativement la transmission d'informations différentes dans un même milieu à une transposition fréquentielle.
- Relier le domaine de fréquence exploité à la dimension des antennes utilisées.