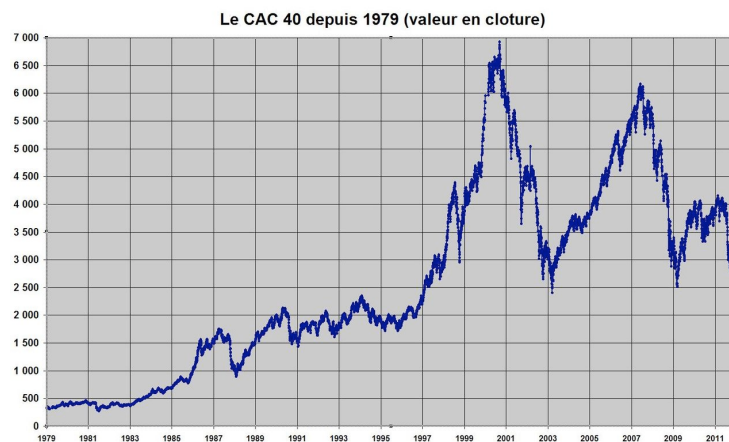
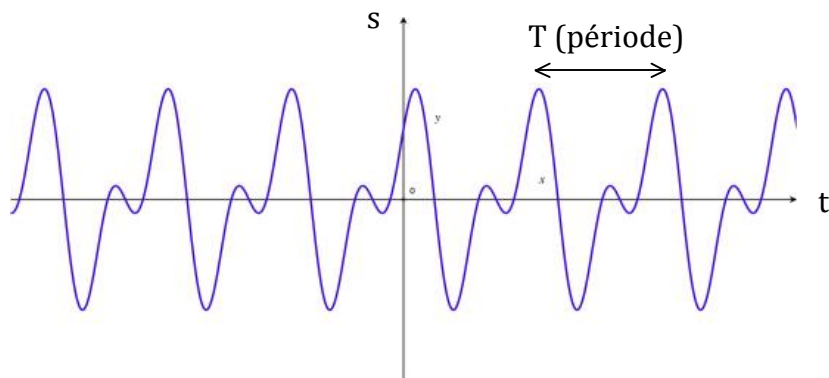


Documents pour illustrer le cours : Propagation d'un signal

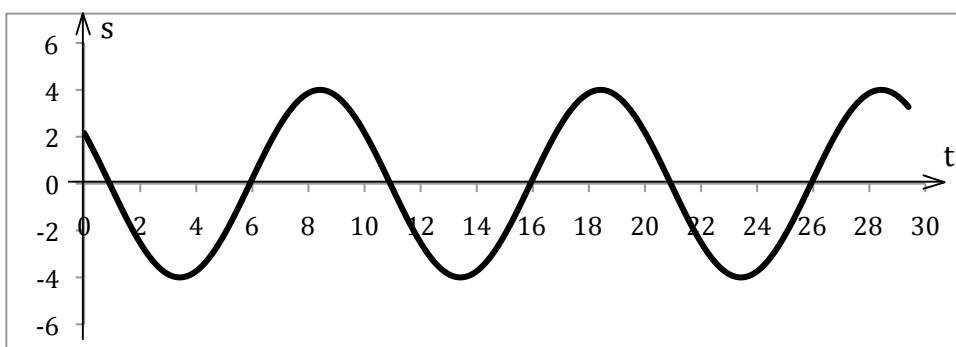
1 - Exemple de signal quelconque (non périodique) :



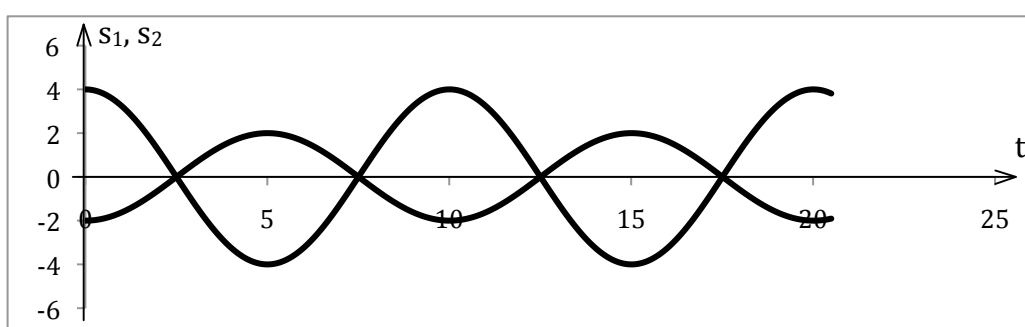
2 - Exemple de signal périodique quelconque :



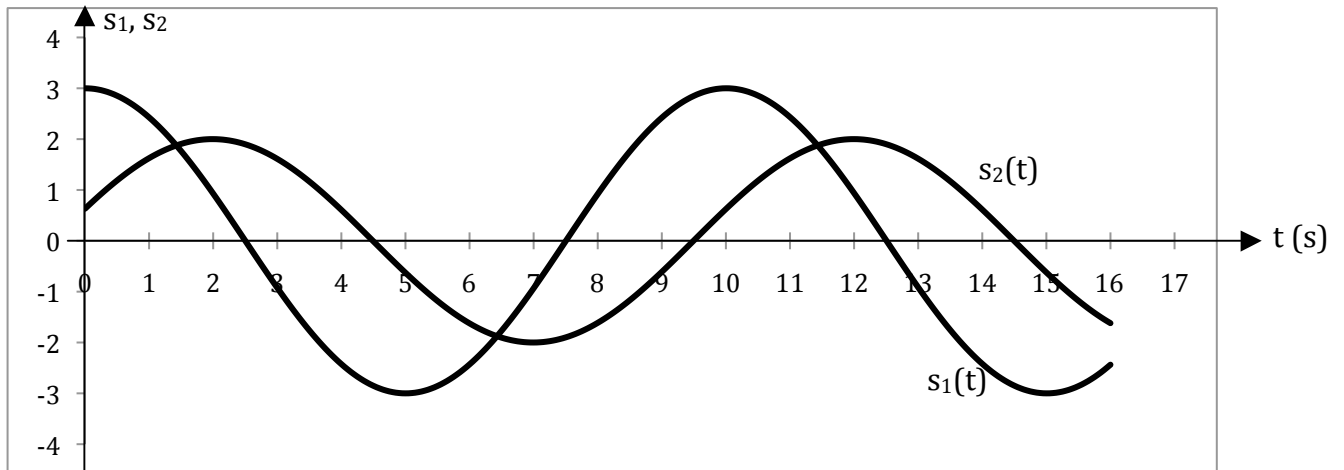
3 - Exemple de signal sinusoïdal : $s(t) = S \cos(\omega t + \varphi)$



4 - Deux signaux sinusoïdaux en opposition de phase ($\Delta\varphi = \pi$) :



Détermination graphique du déphasage entre deux signaux :



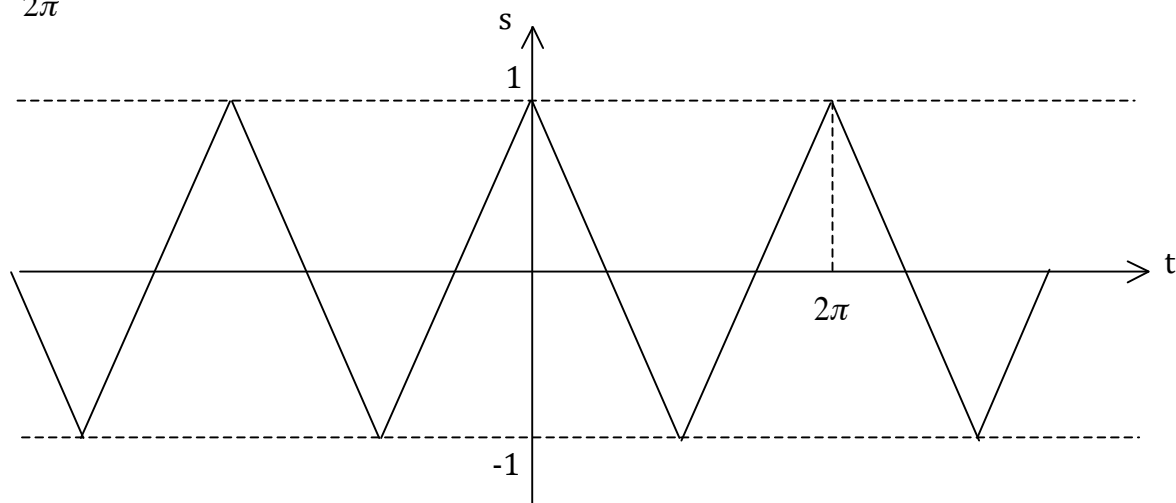
Ces deux signaux ont la même période, le déphasage est donc bien défini.

Lequel des deux signaux est « en avance » sur l'autre ?

Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ entre ces deux signaux.

6 - Exemple d'une décomposition en série de Fourier : le cas du signal triangle :

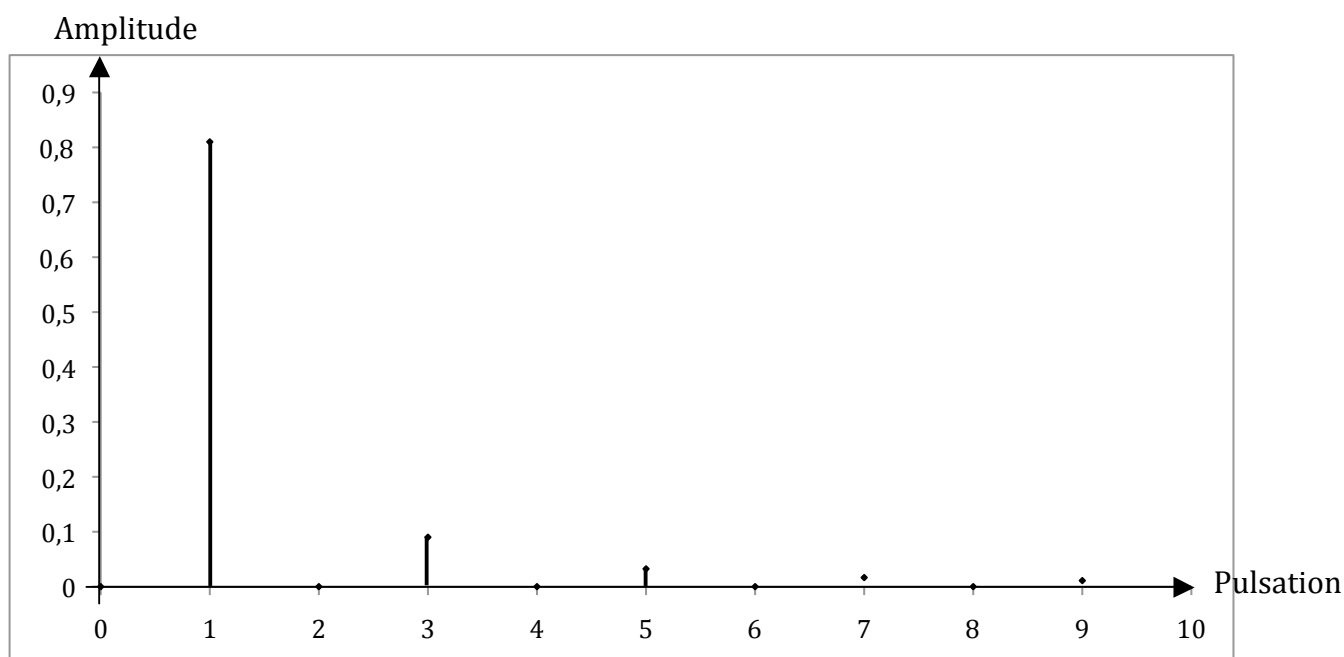
Le signal auquel on va s'intéresser est le signal triangle $s(t)$ suivant, de période 2π (donc de pulsation $\omega = \frac{2\pi}{2\pi} = 1$) et d'amplitude $S = 1$:



On peut montrer (mais le calcul est hors programme) que sa décomposition en série de Fourier est la suivante :

$$s(t) = \frac{8}{\pi^2} \sum_{\substack{n=0 \\ n \text{ impair}}}^{+\infty} \frac{1}{n^2} \cos(nt)$$

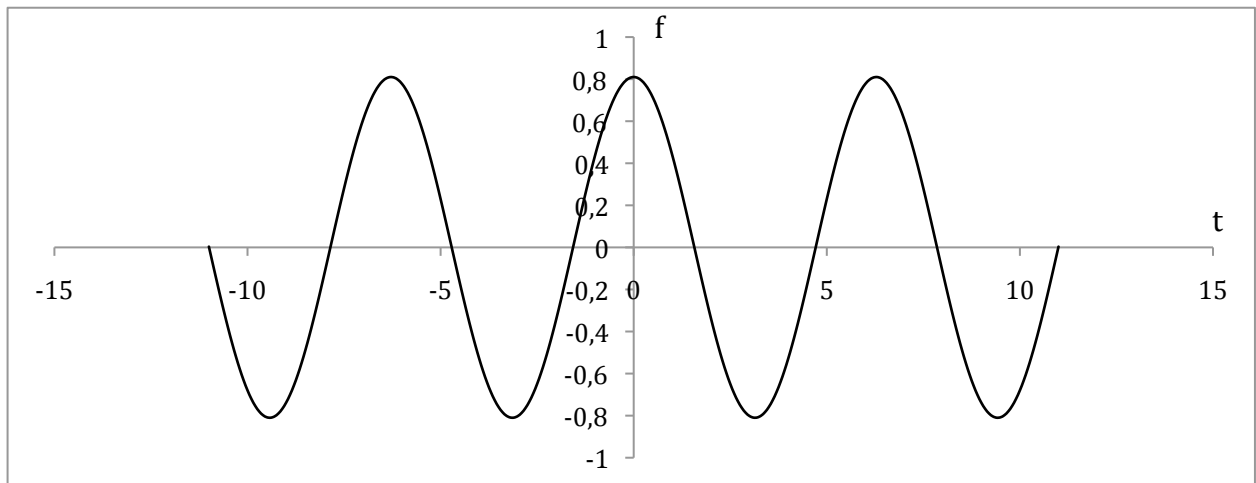
Ainsi, son spectre est le suivant :



Le fondamental est de pulsation $\omega = 1$ (soit de fréquence $f = \frac{1}{2\pi}$), et on n'a que les harmoniques impairs, soit $n = 3, 5, 7, \dots$ avec des amplitudes de plus en plus faibles : $1/9, 1/25, 1/49, \dots$

Pour bien comprendre le principe de la décomposition en série de Fourier, essayons de « recomposer » (ou plutôt de « synthétiser ») le signal triangle à partir de ses composantes sinusoïdales.

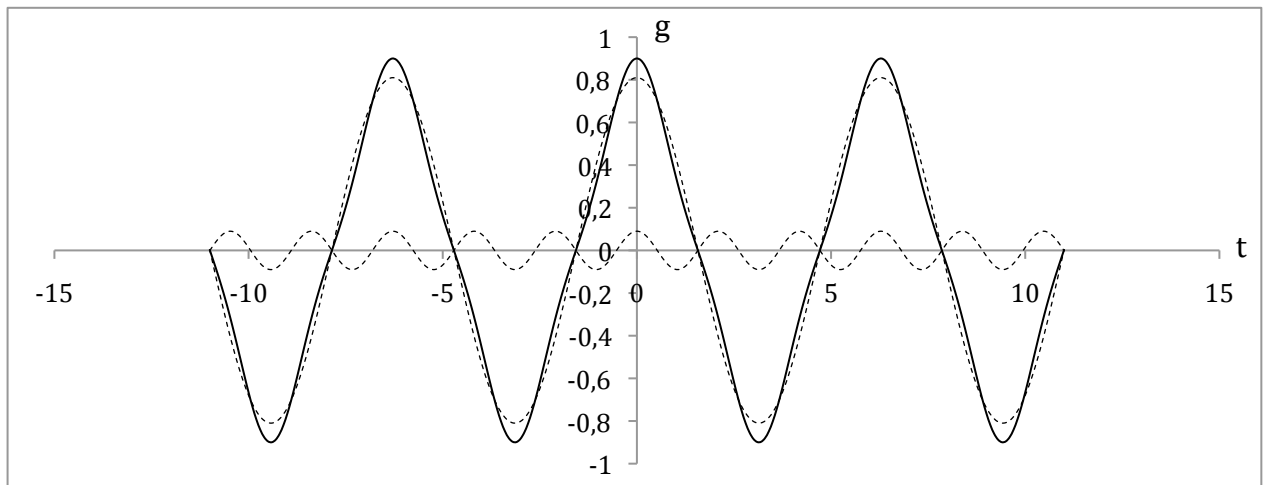
Commençons par tracer le fondamental, soit $f(t) = \frac{8}{\pi^2} \cos(t)$:



Pour l'instant, ça ne ressemble pas vraiment au signal triangle.

Rajoutons la première harmonique, soit celle correspondant à $n = 3$, et traçons donc la fonction :

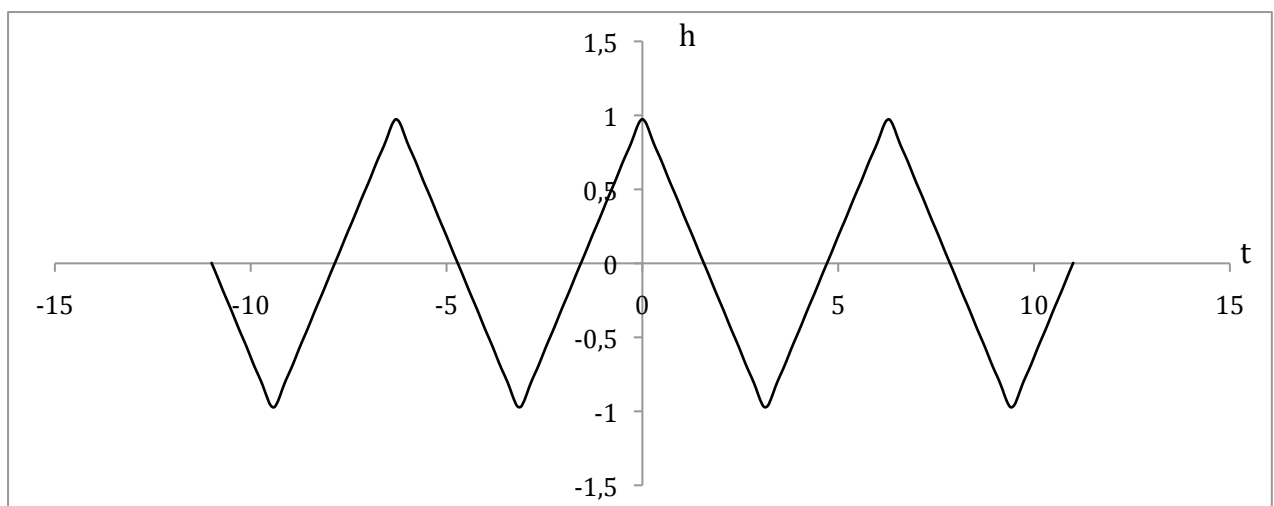
$$g(t) = \frac{8}{\pi^2} \left(\cos(t) + \frac{1}{9} \cos(3t) \right) :$$



On voit que la courbe en traits pleins (qui est la somme des deux courbes en pointillés) ressemble déjà un peu plus à un signal triangle.

Continuons de rajouter des harmoniques et traçons la fonction :

$$h(t) = \frac{8}{\pi^2} \left(\cos(t) + \frac{1}{9} \cos(3t) + \frac{1}{25} \cos(5t) + \frac{1}{49} \cos(7t) + \frac{1}{81} \cos(9t) + \frac{1}{121} \cos(11t) + \frac{1}{169} \cos(13t) \right)$$



On voit maintenant à peine la différence avec le signal triangle. En continuant de rajouter des harmoniques, on va se rapprocher de plus en plus du signal triangle « parfait ».

Remarque (vocabulaire) :

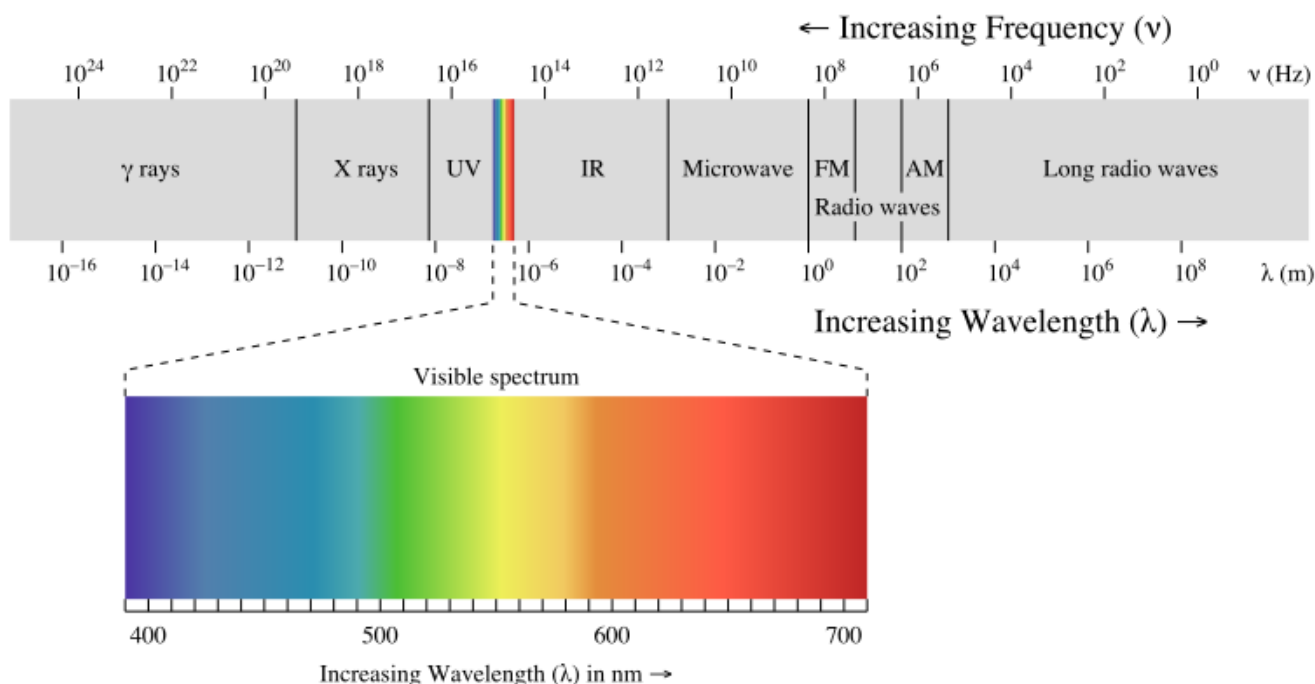
Quand on prend un signal quelconque et que l'on calcule son spectre (c'est à dire qu'on le décompose en tous les signaux sinusoïdaux qui le constituent), on dit que l'on fait l'analyse spectrale ou analyse de Fourier du signal.

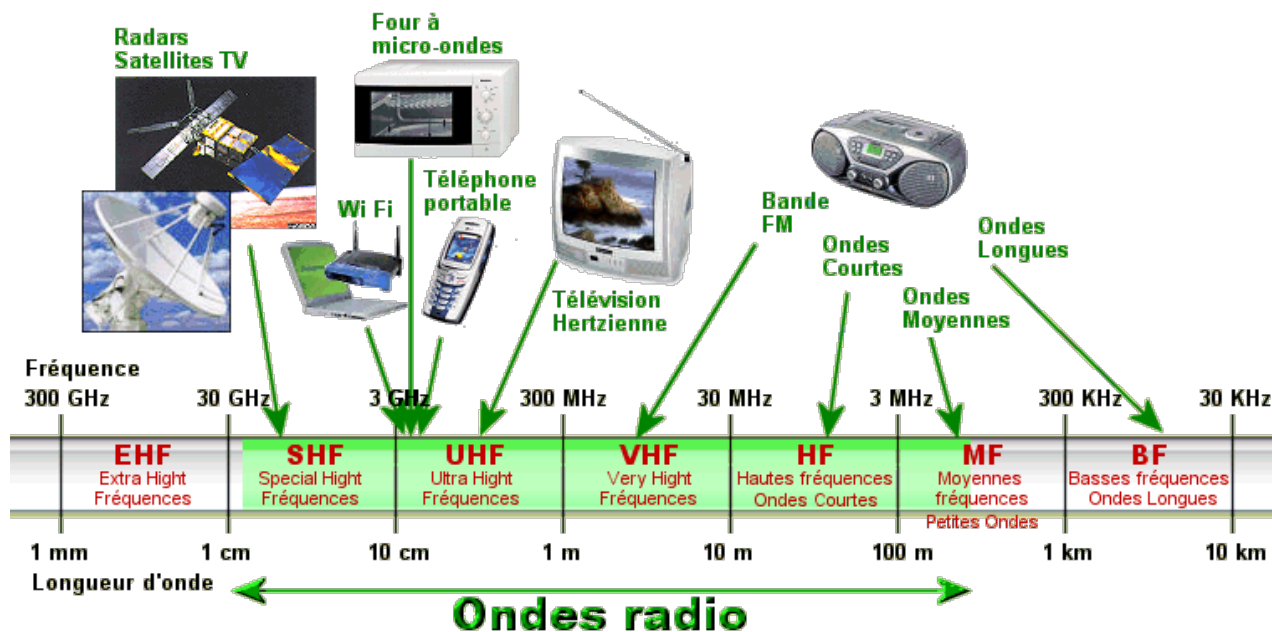
Si, au contraire, on essaye de reconstituer un signal à partir de son spectre, on dit que l'on fait de la synthèse spectrale ou synthèse de Fourier.

7 - Ordres de grandeurs de fréquences et de longueurs d'ondes dans les domaines acoustiques et électromagnétiques :

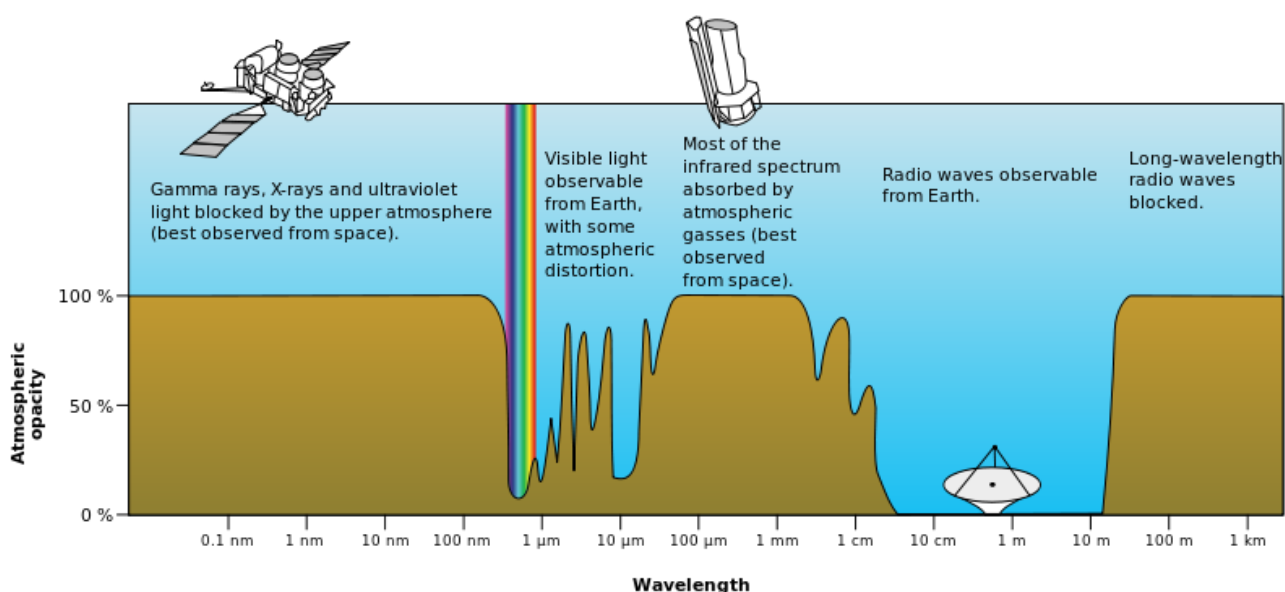
Ondes sonores :

Ondes électromagnétiques :





Les ondes radio et leurs nombreuses applications



Absorption par l'atmosphère terrestre des différentes ondes électromagnétiques (100% signifie que l'onde est complètement absorbée et 0% signifie que l'onde traverse l'atmosphère sans aucune perte).

8 – Signal analogique et signal numérique :

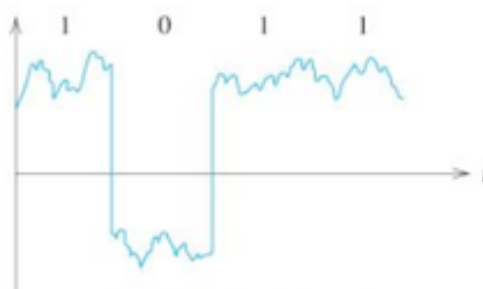
Le signal analogique (« analog » en anglais) est en quelque sorte le signal « normal », non traité, tel qu'il peut-être fourni par un appareil de mesure. Il varie de manière continue et peut prendre n'importe quelle valeur réelle. Par exemple, quand on enregistre des sons à l'aide d'un microphone, le micro renvoie une tension électrique directement proportionnelle à la surpression acoustique correspondant à l'onde sonore. Cette tension est donc « analogue » au signal sonore (elle a exactement la même forme), d'où le nom de signal analogique.

Au contraire, un signal numérique (« digital » en anglais) est un signal dont la valeur ne peut pas varier continuellement mais ne peut prendre qu'un ensemble de valeurs discrètes (très souvent, deux valeurs seulement : 0 ou 1). En d'autres termes, un signal numérique est une suite de 0 et de 1. Pour « numériser » un signal analogique, on mesure, à différents intervalles de temps (par exemple toutes les millisecondes) la valeur du signal, et on l'arrondit au nombre entier le plus proche. Cette étape s'appelle « l'échantillonnage ». On code ensuite cette valeur en base 2 avec des 0 et des 1 (cette étape

s'appelle la « quantification »). On voit que le signal numérique n'est donc qu'une approximation du signal réel et il est donc, a priori, de moins bonne qualité que le signal analogique.

Cependant, l'avantage majeur du signal numérique est qu'il est beaucoup moins sensible aux perturbations extérieures (c'est à dire au « bruit ») que le signal analogique. En effet, lorsqu'on transmet le signal sur de longues distances, des perturbations extérieures (qui sont toujours présentes) vont le transformer légèrement. Avec un signal analogique, il n'y a pas de moyen de corriger ce « bruit », et la qualité du signal devient donc de plus en plus mauvaise au cours du temps (ce qui se traduit notamment par du « souffle » sur les enregistrements sonores ou des « grains » sur les vidéos).

Avec un signal analogique, comme on connaît l'ensemble des valeurs possibles que peut prendre le signal (par exemple 0 ou 1), on peut facilement corriger les petites perturbations : par exemple, si on mesure un signal à 0,9 Volts, on peut facilement en déduire que la valeur réelle était 1. Ainsi, même si on perd en qualité au moment où on numérise le signal, sur le long terme le signal numérique sera meilleur que le signal analogique car il est beaucoup moins sensible au bruit, ce qui explique la domination actuelle du numérique dans le domaine des télécommunications.



Exemple de signal numérique ayant subi du bruit : on voit que l'on peut sans problème « deviner » quel était le signal d'origine (ce qui serait impossible avec de l'analogique).