Propagation d'un signal

1. Exemples de signaux, spectres :

1.1 exemples de signaux :

Un signal est un phénomène destiné à véhiculer, à transmettre, une information. La propagation du signal permettra le transport de cette information de l'émetteur à un récepteur.

Un signal met en jeu la variation temporelle d'une grandeur physique, support du signal.

Un signal va pouvoir se propager dans l'espace.

Pour chacun des types de signaux suivants, on peut mentionner le domaine de propagation, la grandeur physique concernée, les ordres de grandeur caractéristiques de ce signal : fréquence f, longueur d'onde λ, célérité c.

Rappelons la relation : $\lambda = c / f$.

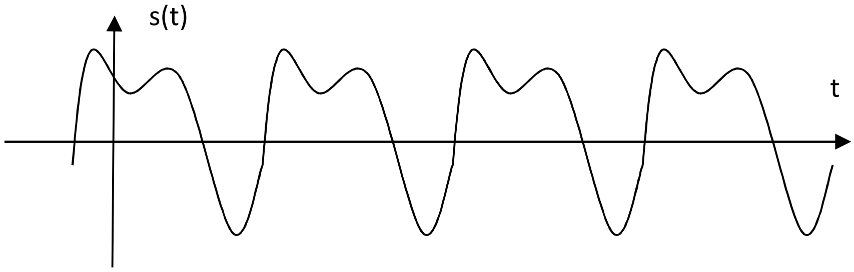
L'objectif est ici de retenir quelques ordres de grandeurs, sur la fréquence ou sur la longueur d'onde ou sur la célérité, concernant certains signaux usuels, et de savoir mettre en oeuvre la relation $\lambda = c / f$ pour pouvoir déterminer numériquement l'une de ces grandeurs connaissant les deux autres.

signal	domaine propagation	fréquence	longueur d'onde	célérité
Sons et ultrasons				
son (ondes acoustiques)	air	20 Hz à 20 kHz pour le spectre auditif humain	17 m à 17 mm	$c \approx 340$ m.s^{-1} dans l'air aux conditions usuelles
son (ondes acoustiques)	liquide	idem	de l'ordre du mètre à 1 kHz	nettement plus élevée : $c_{eau} = 1500$ m.s^{-1}
son (ondes acoustiques)	solide	idem	De l'ordre de 5 mètres à 1 kHz	encore plus élevée : $c_{fer} = 5130$ m.s^{-1}
ultrason (chauve-souris)	air	20 à 100 kHz	1,7cm à 3,4 mm	$c \approx 340$ m.s^{-1} dans l'air aux conditions usuelles
ultrason (sonde d'échographie)	eau, milieux aqueux (gels, tissus mous)	≈ 5 MHz	$\approx 0,3$ mm	nettement plus élevée : $c_{eau} = 1500$ m.s^{-1}
Ondes électromagnétiques				
lumière visible	champ électromagnétique	$\approx 10^{14}$ Hz	400 nm à 780 nm pour le spectre visible humain	$c \approx 3.10^{8}$ m^{-1} dans le vide ou les gaz $v = c/n$ dans un milieu d'indice n

lumière Infra-Rouge	champ électromagnétique	3.10^{11} Hz à 3.10^{14} Hz	1 µm à 1 mm	c ≈ 3.10^{8} m^{-1} dans le vide ou les gaz
Communication par satellite, radar, TV hertzienne	champ électromagnétique	≈ 10^{7} Hz	1 cm à quelques dm	c ≈ 3.10^{8} m^{-1} dans le vide ou les gaz
ondes radio	champ électromagnétique	≈100 kHz (bande Grandes Ondes)	quelques 10^{3} m ≈ 1 km	c ≈ 3.10^{8} m^{-1} dans le vide ou les gaz
ondes radio	champ électromagnétique	≈ 100 Mhz (bande FM)	1 à 10 m	c ≈ 3.10^{8} m^{-1} dans le vide ou les gaz
Ondes électriques dans une ligne				
Réseau de distribution de puissance (EdF)	tension	50 Hz	6000 km	c ≈ 3.10^{8} m^{-1}
Courant Porteur en Ligne (CPL) bas débit	tension	3 à 150 kHz	100 km à 2 km	c ≈ 3.10^{8} m^{-1}
Courant Porteur en Ligne (CPL) haut débit	tension	2 à 20 MHz	150 m à 15m	c ≈ 3.10^{8} m^{-1}

1.2 Analyse spectrale :

Dans le cas d'un signal périodique, une forme de signal va se répéter dans le temps, en un point donné de l'espace.



La période T est la durée correspondant au « motif temporel » du signal. La fonction s(t) prendra la même valeur à des instants séparés d'u nombre entier de périodes T : $s(t + T) = s(t)$.

La théorie de Fourier permet de représenter ce signal comme une somme de termes sinusoïdaux. Dans le cas général, cette somme comporte un nombre infini de termes :

$$s(t) = S_0 + S_1 \cos\left(\omega_1 t + \varphi_1\right) + S_2 \cos\left(2\omega_1 t + \varphi_2\right) + \ldots + S_n \cos\left(n.\omega_1 t + \varphi_n\right) + \ldots$$

S_0 est un terme constant. $S_0 = \langle s(t) \rangle$ puisque tous les autres termes ont une valeur moyenne nulle.

S_0 sera la composante continue de s(t).

Le premier terme variable est dit terme harmonique fondamental. Sa pulsation est $\omega_1 = 2\pi/T$, sa fréquence f_1 est l'inverse de la période du signal s(t) : $f_1 = 1/T$.

Les termes variables suivants sont les harmoniques de rang n, de pulsations $\omega_n = n.2\pi/T$. Leurs fréquences sont multiples de la fréquence fondamentale : $f_n = n.f_1$.

Les amplitudes S_n et les phases φ_n des différentes harmoniques sont calculables grâce aux formules de Fourrier. Ce calcul ne sera pas demandé. Des logiciels permettent un traitement analytique automatisé.

La Décomposition en Série de Fourier (D.S.F.) donnant : $s(t) = S_0 + \sum_{n=1}^{\infty} S_n \cos\left(n.\omega_1 t + \varphi_n\right)$

sera exécutée par un algorithme permettant un calcul approché, mais rapide. Les résultats sont a priori traduits par deux graphes :

- un graphe d'amplitude donnant les S_n pour les différentes fréquences f_n ;
- un graphe de phase donnant les φ_n pour les différentes fréquences f_n.

La perception que nous avons des signaux est généralement liée à la valeur moyenne du carré de leur valeur instantanée, donc au carré de leur amplitude ; on restreindra donc usuellement l'analyse spectrale au graphe d'amplitude.

Pour des rangs n suffisamment grands, les S_n décroissent fortement en pratique, atteignant rapidement des valeurs négligeables. L'analyse spectrale pourra donc se restreindre à un nombre limité d'harmoniques.