

I – ACQUISITION D'UN SIGNAL AVEC LA CARTE D'ACQUISITION

ATTENTION ! La carte d'acquisition n'accepte que des tensions comprises entre
- 8 volts et + 8 volts, sous peine de destruction de la carte (1 000 €) !

Vous devrez toujours mesurer les tensions maximales et minimales à l'oscilloscope avant de brancher la carte d'acquisition.

Par précaution, vous enverrez le signal à la fois sur l'oscilloscope et sur la carte d'acquisition pour vérifier que les tensions sont bien comprises entre - 8 volts et + 8 volts.

1) Branchement de la carte d'acquisition :

- Choisir un signal de sortie du GBF **sinusoïdal**, d'**amplitude égale à 3 volts** (le vérifier à l'oscilloscope) et de fréquence égale à 100 Hz.
- Décaler ce signal sinusoïdal de 1 V vers le haut avec le bouton Offset.
- Brancher ce signal sur l'entrée n°1 de la carte d'acquisition (ne pas oublier de relier la masse du GBF à la masse de la carte d'acquisition).

2) Réglages de l'acquisition :

a) Affectation de la voie d'entrée :

On veut régler les paramètres d'acquisition pour l'entrée n°1 de la carte.

- Cliquer sur « Paramètres » dans la barre de menu en haut : un sous-menu apparaît.

L'entrée n°0 s'affiche par défaut, avec ses caractéristiques ; on va rendre inactive cette entrée ; pour cela, cliquer sur « Inactif ».

- Cliquer sur Entrées « 1 » dans ce sous-menu.

Configuration matérielle : cliquer sur « Automatique ».

Affichage : - « Nom » : taper le nom de cette entrée, par exemple « Vgén » ;

- « Style » : choisir par exemple le trait continu ;

- « Unité » : choisir l'unité « V » dans la liste proposée ;

- « Style » : choisir par exemple le trait continu ;

- « Couleur » : choisir une couleur ;

- « Fenêtres » : cocher la fenêtre n°1 (pour que Vgén apparaisse en ordonnée sur la fenêtre n°1) ;

b) Paramètres d'acquisition :

- Nombre de points d'acquisition et durée d'échantillonnage :

Pour acquérir un signal $s(t)$, on réalise un échantillonnage du signal, c'est-à-dire que l'on mesure n fois la valeur du signal à des instants séparés par une même durée appelée $T_{\text{échantillonnage}}$.

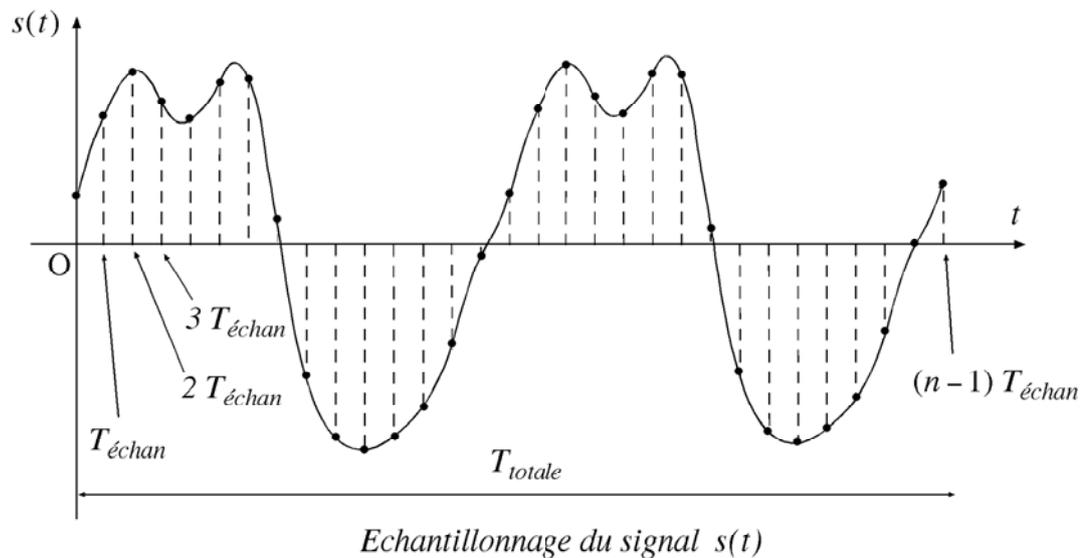
On mesure donc :

$$s(0), s(T_{\text{échan}}), s(2 T_{\text{échan}}), s(3 T_{\text{échan}}), \dots, s((n-1) \times T_{\text{échan}}).$$

Si on veut faire une acquisition pendant une durée totale T_{totale} , il faut choisir un nombre n de points tel que :

$$(n-1) \times T_{\text{échan}} = T_{\text{totale}}$$

Pour une durée T_{totale} donnée, l'acquisition sera d'autant plus fidèle que n est grand ou $T_{échant}$ petite.
 Pour Synchronie, la durée $T_{échant}$ s'appelle « Échantillon » et la durée totale T_{totale} s'appelle « Totale ».



- Cliquer sur « Acquis » (acquisition).

Réglages : - « Points » : le nombre n de points de mesure a une valeur maximale imposée par Synchronie (cette valeur est indiquée quand on met le pointeur de la souris sur « Points »). Choisir le maximum de points (10 000) pour avoir la précision la meilleure dans le cas où le signal varie très rapidement ;

Durée : - « Echantillon » : ne rien mettre pour l'instant : Synchronie le règlera automatiquement ;
 - « Totale » : entrer la durée totale d'acquisition du signal (on veut acquérir par exemple 3 périodes du signal) ;

Options : - Ne rien choisir pour l'instant.

Déclenchement :

Si on ne fixe aucune condition sur le déclenchement, le point de départ de l'acquisition sera aléatoire. On peut imposer des conditions de déclenchement comme sur un oscilloscope.

- « Source » : choisir la voie sur laquelle porte les conditions de déclenchement, ici « Entrée n°1 [Vgén] » ;

- « Niveau » : choisir le niveau de déclenchement (valeur pour laquelle commence l'acquisition) ;

- « Condition » : choisir le « Sens montant » ou le « Sens descendant » pour le déclenchement.

- Cliquer sur « OK ».

- Lancement de l'acquisition :

- Cliquer sur « Exécuter » (barre de menu en haut), puis sur « Acquérir signaux F10 » ou taper directement sur la touche F10. L'acquisition s'effectue et le résultat s'affiche sur la fenêtre 1.

- Cliquer sur « Fenêtres » (barre de menu en haut), puis sur « Echelles et abscisse » et choisir l'échelle en ordonnée :

- soit en mode manuel (échelle en ordonnée : calibrer sur « MANUELLE ») : entrer les valeurs du minimum et du maximum du signal),

- soit en mode automatique (échelle en ordonnée : calibrer sur « Vgén ») : la courbe s'affiche plein écran.

- Revenir en mode manuel pour l'échelle en ordonnée.

- Refaire des acquisitions en modifiant les réglages dans « Paramètres → Acquis »
 - dans « options », cocher le mode « Permanent », puis taper F10 ; cela fonctionne comme un oscilloscope ! Changer le niveau du signal fourni par le GBF et voir le changement correspondant sur l'écran ; taper sur « Echap » pour arrêter ;
 - décocher le mode « Permanent », puis taper F10.

II – ANALYSE SPECTRALE

1) Analyse spectrale d'un signal sinusoïdal décalé

- Choisir un signal de sortie du GBF qui soit **sinusoïdal, d'amplitude égale à 3 V, décalé vers le haut de 1 V** avec le bouton Offset (le vérifier à l'oscilloscope), et de fréquence égale à 100 Hz.
- Acquérir par exemple 3,5 périodes du signal sinusoïdal précédent.
- Choisir « Traitements » dans la barre de menu en haut, puis « Analyse de Fourier »
- Choisir dans « Signal à analyser » le signal à étudier (ici Vgén).
- Dans « Partie à traiter », cliquer sur « Périodes », puis sur « Définir », puis sur « Calculer ».

La partie du signal sélectionnée s'affiche en gras.

La fenêtre d'analyse de Fourier s'ouvre en dessous.

- Cliquer sur l'icône du réticule dans la barre des icônes en haut de l'écran et lire, grâce au réticule, sur la fenêtre d'analyse n°1, les valeurs des coefficients C_n de la série de Fourier (voir annexe p. 8) et les fréquences correspondantes.
- Cliquer sur « Tableur » pour voir les valeurs des coefficients C_n et les fréquences correspondantes. Il faut éventuellement ajouter dans le tableur les variables F (fréquence) et S_Module (coefficients C_n).
- Vérifier la cohérence des résultats avec la fréquence affichée par le GBF et l'amplitude du signal mesurée sur la fenêtre 1 ou mesurée au voltmètre.

Remarque : on peut aussi faire une sélection manuelle de la partie du signal à analyser. Pour cela, dans « Analyse de Fourier », cliquer sur « Sélection » puis sur « Choisir » et sélectionner à l'aide des curseurs la partie du signal à analyser, puis cliquer sur « Valider » et « Calculer ».

Que se passe-t-il si on sélectionne une durée différente d'un nombre entier de périodes ? Vérifier que les résultats de l'analyse de Fourier ne sont pas corrects.

2) Analyse spectrale d'un signal en créneau décalé

- Choisir un signal de sortie du GBF **en créneau, d'amplitude égale à 3 V, décalé vers le haut de 1 V** avec le bouton Offset (le vérifier à l'oscilloscope), et de fréquence égale à 100 Hz.
- Faire les mêmes manipulations que précédemment.
- Relever avec le tableur les fréquences et les coefficients C_n correspondant au terme constant, au fondamental et aux deux premiers harmoniques non nuls du spectre de ce signal.
- Comparer avec les résultats donnés par la théorie (voir l'annexe).

Signal en créneau	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

3) Analyse spectrale d'un signal triangulaire

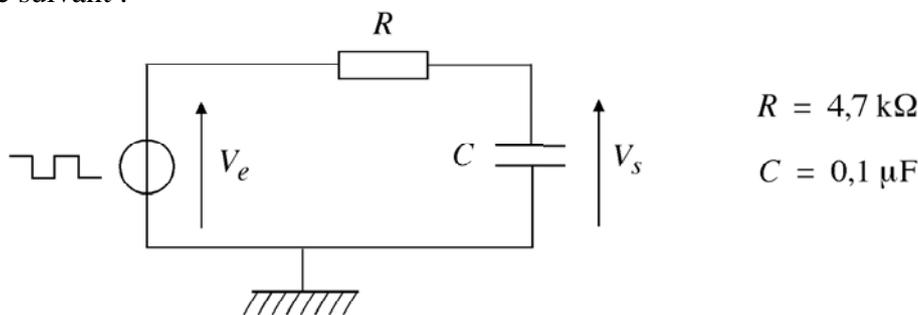
- Choisir un signal de sortie du GBF qui soit **triangulaire**, d'**amplitude égale à 3 V**, **décalé vers le haut de 1 V** (le vérifier à l'oscilloscope) et de fréquence égale à 100 Hz.
- Faire les mêmes manipulations que précédemment.

Signal triangulaire	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

III – ÉTUDE D'UN FILTRE RC

1) Cas d'un signal d'entrée en créneau :

Faire le montage suivant :



Le GBF délivre un signal **en créneau**, d'**amplitude égale à 3 V**, **décalé vers le haut de 1 V** (le vérifier à l'oscilloscope) et de fréquence égale à 100 Hz.

a) Étude du filtrage aux bornes de C :

- Vérifier que la tension $V_s(t)$ aux bornes du condensateur est bien comprise dans l'intervalle $[-8 \text{ V}, 8 \text{ V}]$.
- Envoyer cette tension $V_s(t)$ sur l'entrée n°1 de la carte d'acquisition et en faire l'analyse spectrale.
- Relever avec le tableur les fréquences et les coefficients C_n correspondant au terme constant, au fondamental et aux deux premiers harmoniques non nuls du spectre de $V_s(t)$.
- Comparer avec les valeurs théoriques.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

Rappel théorique :

Montrer que la fonction complexe de transfert est égale à : $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1 + jRC\omega}$

L'amplification H de ce filtre est donc égale à : $H = \frac{1}{\sqrt{1 + x^2}}$ avec : $x = RC\omega$

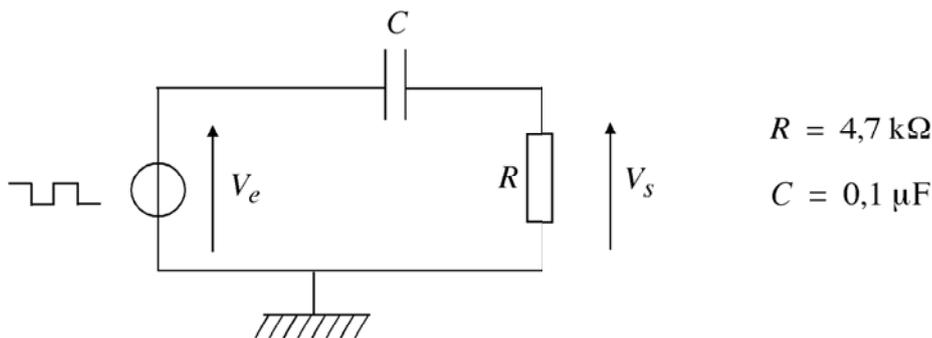
- Remplacer la capacité de 0,1 μF par une capacité de 1 μF et refaire les mêmes mesures.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

Quelle est la nature de ce filtre ?

b) Étude du filtrage aux bornes de R :

- Permuter la résistance et le condensateur.



- Vérifier que la tension $V_s(t)$ aux bornes de la résistance est bien comprise dans l'intervalle $[- 8 V, 8 V]$.
- Envoyer cette tension $V_s(t)$ sur l'entrée n°1 de la carte d'acquisition et en faire l'analyse spectrale.
- Relever avec le tableur les fréquences et les coefficients C_n correspondant au terme constant, au fondamental et aux deux premiers harmoniques non nuls du spectre de $V_s(t)$.
- Comparer avec les valeurs théoriques.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

Rappel théorique :

Montrer que la fonction complexe de transfert est égale à :

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

L'amplification H de ce filtre est donc égale à :

$$H = \frac{x}{\sqrt{1 + x^2}} \quad \text{avec : } x = RC\omega$$

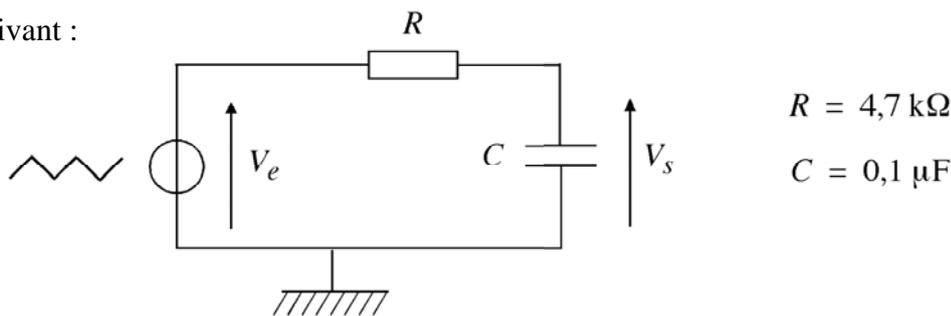
- Remplacer la capacité de 0,1 μF par une capacité de 1 μF et refaire les mêmes mesures.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

Quelle est la nature de ce filtre ?

2) Cas d'un signal d'entrée triangulaire :

Faire le montage suivant :



Le GBF délivre un signal **triangulaire**, d'**amplitude égale à 3 V**, **décalé vers le haut de 1 V** (le vérifier à l'oscilloscope) et de fréquence égale à 100 Hz.

a) Étude du filtrage aux bornes de C :

- Vérifier que la tension $V_s(t)$ aux bornes du condensateur est bien comprise dans l'intervalle $[- 8 V, 8 V]$.
- Envoyer cette tension $V_s(t)$ sur l'entrée n°1 de la carte d'acquisition et en faire l'analyse spectrale.
- Relever avec le tableur les fréquences et les coefficients C_n correspondant au terme constant, au fondamental et aux deux premiers harmoniques non nuls du spectre de $V_s(t)$.
- Comparer avec les valeurs théoriques.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

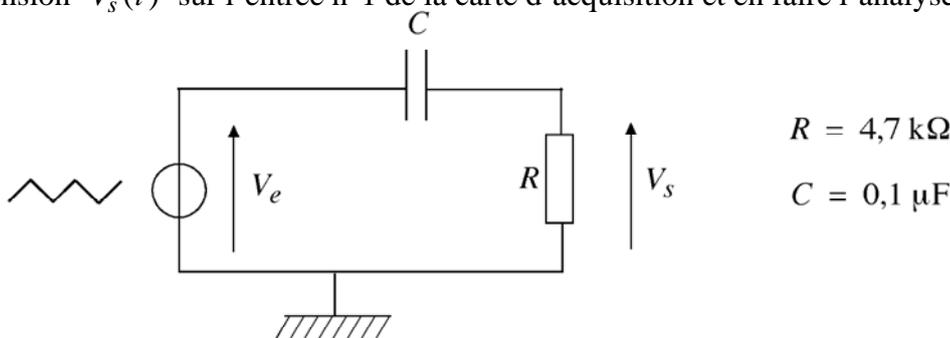
- Remplacer la capacité de 0,1 μF par une capacité de 1 μF et refaire les mêmes mesures.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

Quelle est la nature de ce filtre ?

b) Étude du filtrage aux bornes de R :

- Permuter la résistance et le condensateur.
- Vérifier que la tension $V_s(t)$ aux bornes de la résistance est bien comprise dans l'intervalle $[- 8 V, 8 V]$.
- Envoyer cette tension $V_s(t)$ sur l'entrée n°1 de la carte d'acquisition et en faire l'analyse spectrale.



- Relever avec le tableur les fréquences et les coefficients C_n correspondant au terme constant, au fondamental et aux deux premiers harmoniques non nuls du spectre de $V_s(t)$.
- Comparer avec les valeurs théoriques.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

- Remplacer la capacité de 0,1 μF par une capacité de 1 μF et refaire les mêmes mesures.

Signal $V_s(t)$	Terme constant : C_0	Fondamental : C_1	3 ^{ème} harmonique : C_3	5 ^{ème} harmonique : C_5
Valeur expérimentale				
Valeur théorique				

Quelle est la nature de ce filtre ?

IV – TRANSFORMÉE DE FOURIER

1) Transformée de Fourier d'un « train d'onde »

Il est probable que la mémoire de l'ordinateur commence à saturer ! Faire une remise à zéro en cliquant sur « Fichiers » « Nouveau ».

Le GBF délivre un signal **sinusoïdal**, d'**amplitude égale à 3 V** et de fréquence égale à 100 Hz.

- Acquérir la tension fournie par le GBF ; on appelle $V_{\text{gén}}$ cette tension et on choisit 2000 points d'acquisition ; la durée d'échantillonnage est telle que la durée totale d'acquisition corresponde à environ une dizaine de périodes.

- Définir la fonction « train d'onde » dans la feuille de calcul grâce à la fonction créneau :

$$\text{train} = V_{\text{gén}} * \text{creneau}(200, 1800)$$

La fonction $\text{creneau}(200, 1800)$ vaut 1 dans l'intervalle $[200, 1800]$ et zéro en dehors.

Attention ! Les nombres 200 et 1800 sont les numéros des points de l'acquisition.

- Afficher cette fonction « train » sur la fenêtre n°1 et en faire l'analyse de Fourier (ne pas cliquer sur « Période » car cette fonction n'est pas sinusoïdale).
- Observer son spectre. C'est une des raisons pour lesquelles les sources lumineuses ne sont jamais rigoureusement monochromatiques car elles émettent des trains d'onde de durée limitée.

2) Transformée de Fourier du « pic de Dirac »

Le nombre de points d'acquisition est toujours égal à environ 2000 ; la durée $T_{\text{échan}}$ n'a ici aucune importance.

- Définir dans la feuille de calcul la fonction pic par :

$$\text{pic} = \text{creneau}(900, 1100)$$

- Afficher cette fonction « pic » sur la fenêtre n°2 et en faire l'analyse de Fourier (ne pas cliquer sur « Période » car cette fonction n'est pas sinusoïdale).
- Observer son spectre.
- Recommencer l'opération en réduisant la largeur du pic :
pic = creneau(990,1010)
- Recommencer l'opération en réduisant la largeur du pic :
pic = creneau(995,1005)
- Recommencer l'opération en réduisant la largeur du pic :
pic = creneau(999,1001)

ANNEXE : DÉCOMPOSITION EN SÉRIE DE FOURIER

Soit un signal $s(t)$ périodique, de période T et physiquement réalisable.

Toute fonction $s(t)$ périodique, de fréquence f et physiquement réalisable, peut être considérée comme la somme d'un terme constant et de fonctions sinusoïdales de fréquences $f, 2f, 3f...$



$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)]$$

ω étant la pulsation et T la période,

avec :

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) dt \quad \text{valeur moyenne du signal}$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) \cos(n\omega t) dt \quad \text{pour } n \geq 1 \quad \text{Attention au facteur 2 !}$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) \sin(n\omega t) dt \quad \text{Attention au facteur 2 !}$$

a_0 est la *valeur moyenne* (ou *composante continue*) du signal.

$a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t)$ est le *terme fondamental* (ou *premier harmonique*).

$a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$ est l'*harmonique de rang n* .

Autre forme de développement en série de Fourier :



$$s(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(n\omega t + \varphi_n)$$

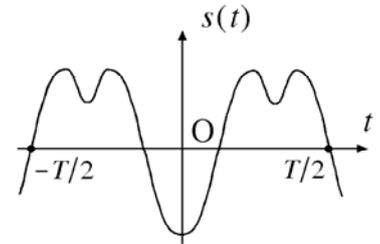
avec : $c_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) dt$ valeur moyenne du signal $c_0 = a_0$

$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$ et : $\tan \varphi_n = -\frac{b_n}{a_n}$

Propriétés :

λ Si la fonction $s(t)$ est paire, alors tous les termes b_n sont nuls :

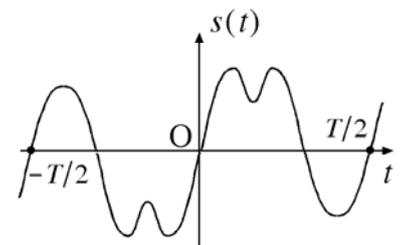
Si $s(t)$ est paire : $s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t)$



Fonction paire

λ Si la fonction $s(t)$ est impaire, alors tous les termes a_n sont nuls :

Si $s(t)$ est impaire : $s(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega t)$



Fonction impaire

Spectre des fréquences :

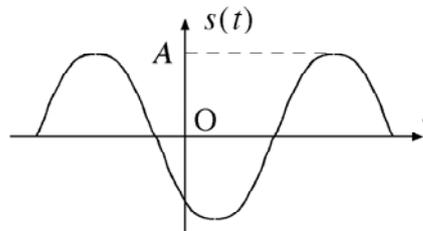
L'ensemble des amplitudes c_n des harmoniques forme le spectre des fréquences du signal $s(t)$.

On représente graphiquement les amplitudes c_n en fonction de la fréquence.

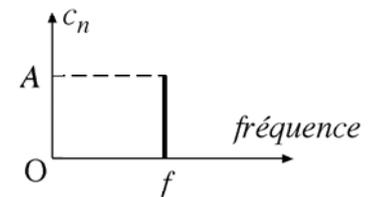
λ Cas d'un signal sinusoïdal :

Soit un signal $s(t)$ purement sinusoïdal, de fréquence f .

Le spectre est formé d'un seul pic de fréquence f et de hauteur égale à l'amplitude A de $s(t)$.



Signal sinusoïdal

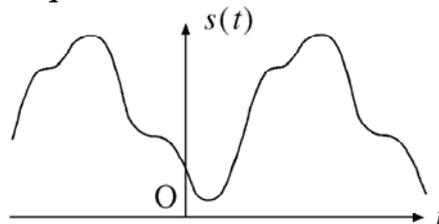


Spectre des fréquences

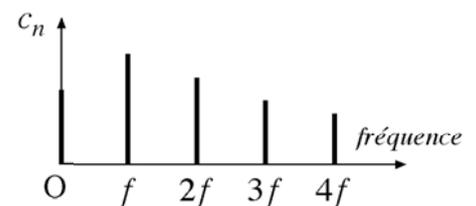
λ Cas d'un signal périodique quelconque :

Soit un signal $s(t)$ périodique, de fréquence f .

Le spectre est formé d'un pic de fréquence nulle (valeur moyenne du signal) et de pics de fréquences $f, 2f, 3f, \dots$



Signal périodique quelconque

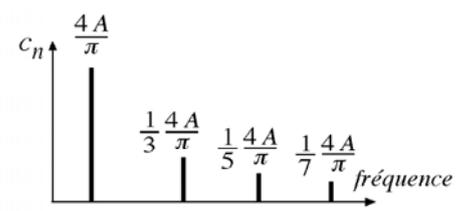
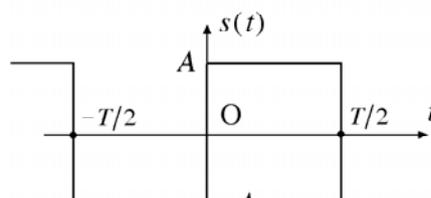


Spectre des fréquences

λ Cas d'un signal en créneau (signal carré) :

Soit un signal $s(t)$ en créneau défini par :

v $s(t) = -A$



$$\text{pour } t \in \left[-\frac{T}{2}, 0\right[$$

$$s(t) = A$$

$$\text{pour } t \in \left[0, \frac{T}{2}\right[$$

Cette fonction créneau ainsi

définie est impaire. Sa décomposition en série de Fourier est égale à :

$$s(t) = \frac{4A}{\pi} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\sin[(2p+1)\omega t]}{2p+1}$$

λ Cas d'un signal triangulaire :

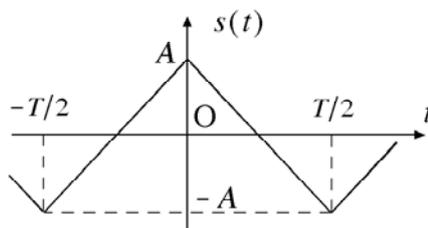
Soit un signal $s(t)$ triangulaire défini par :

$$s(t) = A \left[1 + \frac{4t}{T} \right]$$

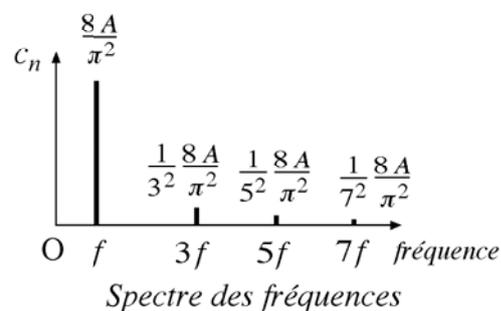
$$\text{pour } t \in \left[-\frac{T}{2}, 0\right[$$

$$s(t) = A \left[1 - \frac{4t}{T} \right]$$

$$\text{pour } t \in \left[0, \frac{T}{2}\right[$$



Signal triangulaire



Spectre des fréquences

Cette fonction triangulaire ainsi définie est paire. Sa décomposition en série de Fourier est égale à :

$$s(t) = \frac{8A}{\pi^2} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\cos[(2p+1)\omega t]}{(2p+1)^2}$$

La fonction est impaire.