

FICHE 43 : Conditionnement des signaux analogiques

En électronique analogique, le conditionnement du signal consiste à « transformer » le signal brut (issu d'un capteur analogique) afin de lui donner la forme la plus appropriée pour son traitement.

Cette opération de conditionnement peut consister à :

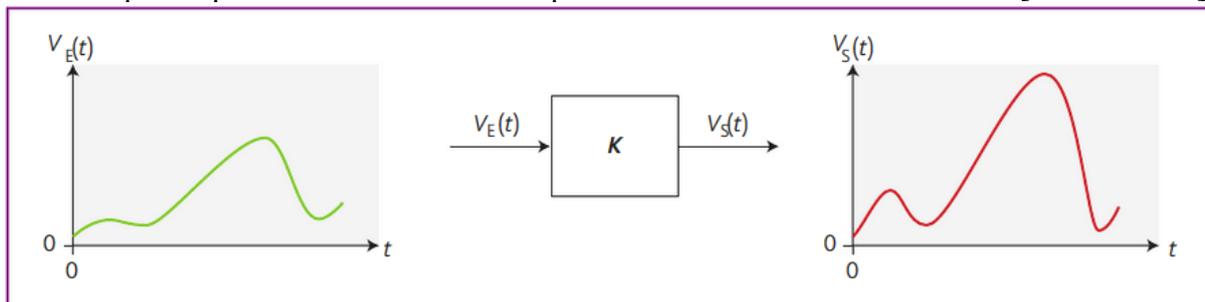
- Amplifier un signal analogique, c'est l'amplification ;
- Mettre en forme un signal analogique, c'est-à-dire supprimer les parties du signal qui sont inutiles ou gênantes ;
- Changer la grandeur (au sens des unités) d'un signal analogique, c'est la conversion de grandeurs ;
- Convertir un signal analogique en signal numérique, c'est la conversion analogique-numérique ;
- Supprimer ou atténuer des composantes fréquentielles du signal analogique, c'est le filtrage ;
- Linéariser la loi d'entrée-sortie d'un capteur analogique, c'est la linéarisation ;
- Déplacer fréquentiellement le spectre d'un signal analogique, c'est la modulation.

Nous ne présenterons pas les structures matérielles (au sens « composants ») réalisant ces différentes opérations, mais nous nous limiterons simplement à une approche fonctionnelle.

I. Amplification

Cette fonction permet de modifier l'amplitude d'un signal analogique, généralement une tension électrique, afin de l'adapter au traitement.

On peut représenter la fonction d'amplification de manière fonctionnelle [document 15].



15 Modélisation fonctionnelle de l'opération d'amplification.

La loi d'entrée-sortie de l'opération d'amplification est donc :

$$V_S = K \times V_E$$

V_S : tension d'entrée (V)
 V_E : tension de sortie (V)
 K : coefficient d'amplification (sans unité)

L'amplification se résume donc par une simple multiplication du signal d'entrée par un coefficient d'amplification K qui peut être positif ou négatif, inférieur ou supérieur à 1.

En fonction de la valeur du coefficient d'amplification, on parle alors :

- d'amplificateur non inverseur si $K \in [1, +\infty[$;
- d'amplificateur inverseur si $K \in]-\infty, -1]$;
- d'atténuateur non inverseur si $K \in]0, 1]$;
- d'atténuateur inverseur si $K \in [-1, 0[$.

II. Mise en forme

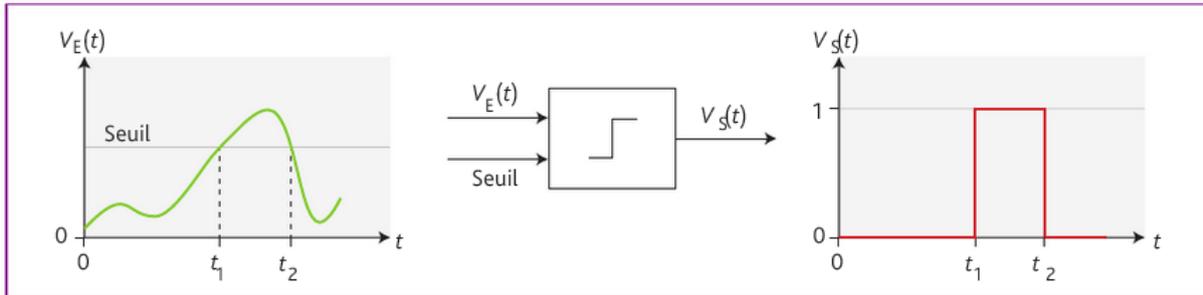
Cette opération de mise en forme permet de modifier la nature du signal analogique pour le rendre numérique, avec seulement deux états (0 ou 1 logique). Elle permet, par exemple, de détecter si un signal analogique d'entrée est supérieur ou inférieur à un seuil (constant ou variable). On parle alors de comparateur à un seuil.



On peut représenter l'opération de mise en forme de manière fonctionnelle [document 16].

Il est possible d'obtenir la caractéristique inverse, c'est-à-dire un niveau logique 1 si le signal d'entrée est inférieur au seuil, et un niveau logique 0 dans le cas contraire. On parle alors de comparateur à un seuil inverseur.

De la même façon, il existe des comparateurs (inverseurs ou non) à deux seuils.

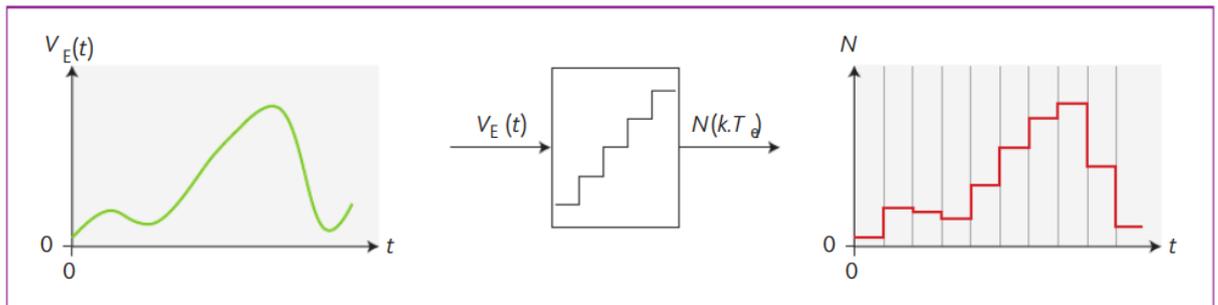


16 Modélisation fonctionnelle de l'opération de mise en forme.

III. Conversion analogique-numérique

L'opération de conversion analogique-numérique permet de fournir un code (nombre entier) représentatif de l'amplitude du signal analogique. Elle permet ainsi le traitement par un composant programmable (microprocesseur, microcontrôleur...) du signal numérique.

On peut représenter l'opération de conversion analogique-numérique de manière fonctionnelle [document 17].



17 Modélisation fonctionnelle de l'opération de conversion analogique-numérique.

Les caractéristiques d'une telle opération sont :

- La période d'échantillonnage T_e , qui correspond à la durée entre deux échantillons ;
- L'étendue de mesure PE du signal analogique en entrée, appelée généralement Pleine Échelle ;
- Le nombre de bits n du mot numérique de sortie, qui correspond au nombre de digits du mot numérique en sortie du convertisseur analogique-numérique.

Les convertisseurs analogique-numérique (CAN) réalisant cette opération possèdent des périodes d'échantillonnage de l'ordre de la microseconde (μs), et un nombre de bits de 8 à 16. Le nombre de codes possible en sortie (nombre d'états) dépend du nombre de bits n et vaut 2^n . Plus celui-ci est important, plus l'erreur de quantification du signal analogique sera faible, et donc plus le signal numérique sera « proche » du signal analogique.

La loi d'entrée-sortie d'un convertisseur analogique-numérique est telle que :

$$(N)_{10} = E \left[\frac{V_E \times 2^n}{PE} \right]$$

N : code en sortie du CAN écrit en base 10
 $E[x]$: partie entière de x
 V_E : tension d'entrée (V)
 n : nombre de bits du CAN
 PE : Pleine Échelle (V)



IV. Filtrage analogique

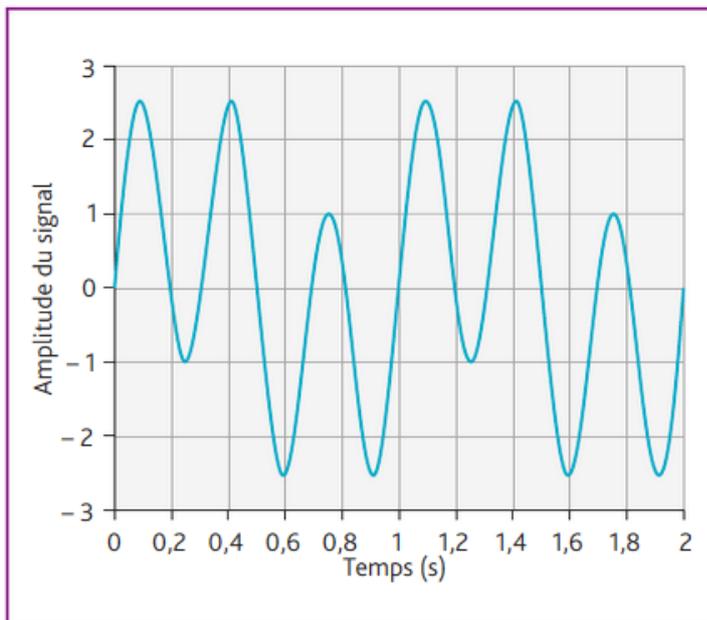
En 1822, Joseph Fourier (mathématicien et physicien) a montré que tout signal analogique $x(t)$ (périodique ou non) peut s'écrire comme une somme infinie de termes sinusoïdaux d'amplitudes et de fréquences différentes.

On a donc :

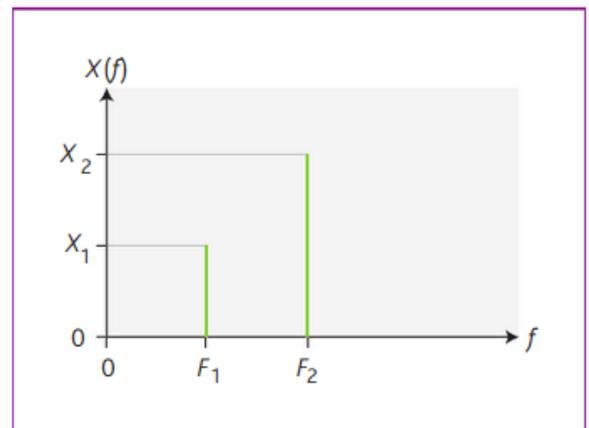
$$x(t) = \sum_{i=0}^{\infty} X_i \times \sin(2 \times \pi \times f_i \times t + \varphi_i)$$

Ces travaux ont permis de transposer les études du domaine temporel vers le domaine fréquentiel. La représentation d'un signal dans le domaine fréquentiel s'appelle le spectre.

Le spectre d'un signal analogique $x(t)$ est noté $X(f)$. L'axe des abscisses est gradué en fréquence, alors que l'axe des ordonnées est gradué en amplitude [document 18].

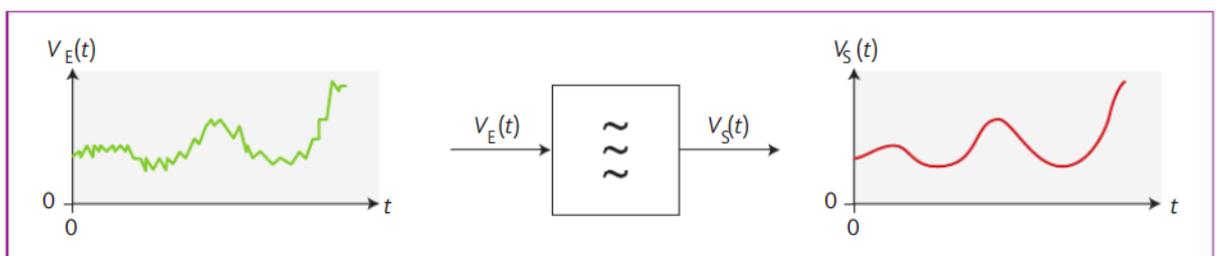


18 Exemple de signal analogique composé de deux sinusoïdes à 1 et 3 Hz.



19 Exemple de spectre $X(f)$ d'un signal analogique $x(t)$.

Cette opération de filtrage permet de modifier la forme du signal analogique dans le domaine temporel en amplifiant ou supprimant des signaux à certaines fréquences ou dans une bande de fréquences. Les montages réalisant cette opération de filtrage sont appelés filtres analogiques. On peut représenter l'opération de filtrage de manière fonctionnelle [document 20].



20 Modélisation fonctionnelle de l'opération de filtrage.

On distingue quatre différents types de filtre en fonction de leur gabarit théorique :

- Les filtres analogiques du type passe-bas qui laissent passer les signaux analogiques de fréquences inférieures à une fréquence choisie, appelée fréquence de coupure, notée f_c , et qui suppriment les autres signaux ;



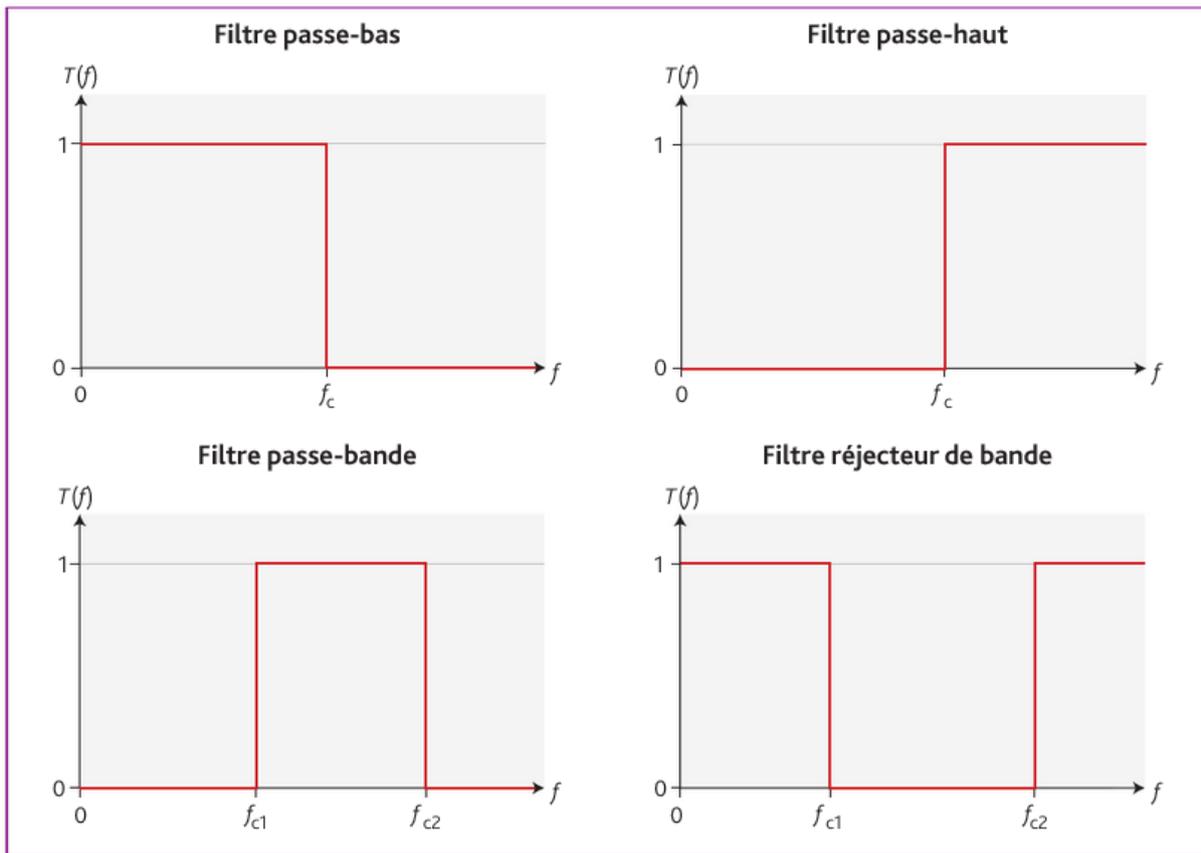
- Les filtres analogiques du type **passé-haut** qui laissent passer les signaux analogiques de fréquences supérieures à une fréquence choisie, appelée fréquence de coupure, notée f_c , et qui suppriment les autres signaux ;
- Les filtres analogiques de type **passé-bande** qui laissent passer les signaux analogiques de fréquences comprises entre deux fréquences de coupure, notées f_{c1} et f_{c2} et qui suppriment les autres signaux ;
- Les filtres analogiques de type **réjecteur de bande** qui laissent passer l'ensemble des signaux analogiques sauf ceux dont la fréquence est comprise entre deux fréquences de coupure, notées f_{c1} et f_{c2} .

Le gabarit d'un filtre est une représentation fréquentielle traduisant l'amplification, notée $T(f)$, des signaux en fonction de la fréquence [document 21].

La loi d'entrée-sortie dans le domaine fréquentiel des filtres analogiques est telle que :

$$V_S(f) = T(f) \times V_E(f)$$

V_S : amplitude du signal de sortie à la fréquence f (V)
 T : amplification du filtre à la fréquence f (sans unité)
 V_E : amplitude du signal d'entrée à la fréquence f (V)



21 Gabarits des quatre types de filtre analogique.

