■ 1 ■

Signal : généralités

VOCABULAIRE

Un signal est toute grandeur physique, en général, variable dans le temps, susceptible de transporter une information.

Exemple : température mesurée par un capteur de température (thermocouple) et convertie en tension.

On ne présente ici que les signaux analogiques, les signaux numériques seront traités ultérieurement. Il y a deux grandes classes de signaux : les signaux déterministes et les signaux non déterministes.

► **Signaux déterministes**

Ce sont des signaux dont l'évolution dans le temps peut être modélisée par une fonction mathématique : $s(t)$. Un tel signal est parfaitement déterminé à chaque instant par cette fonction. Ils sont très utilises pour tester et analyser un système électronique.

► **Signaux non déterministes**

Ces signaux ne sont pas descriptibles par des lois simples, comme la plupart des signaux physiques (son, bruit). Ils sont très souvent chaotiques. Ils ne dépendent pas de la forme du signal à un instant antérieur contrairement aux signaux déterministes. Ces signaux aléatoires sont souvent modélisés par des lois de probabilité. Elles permettent de caractériser les bruits, les perturbations dans des systèmes, ou certains composants.
Dans la suite, on ne va s'intéresser qu'aux signaux déterministes.

SIGNAUX DETERMINISTES

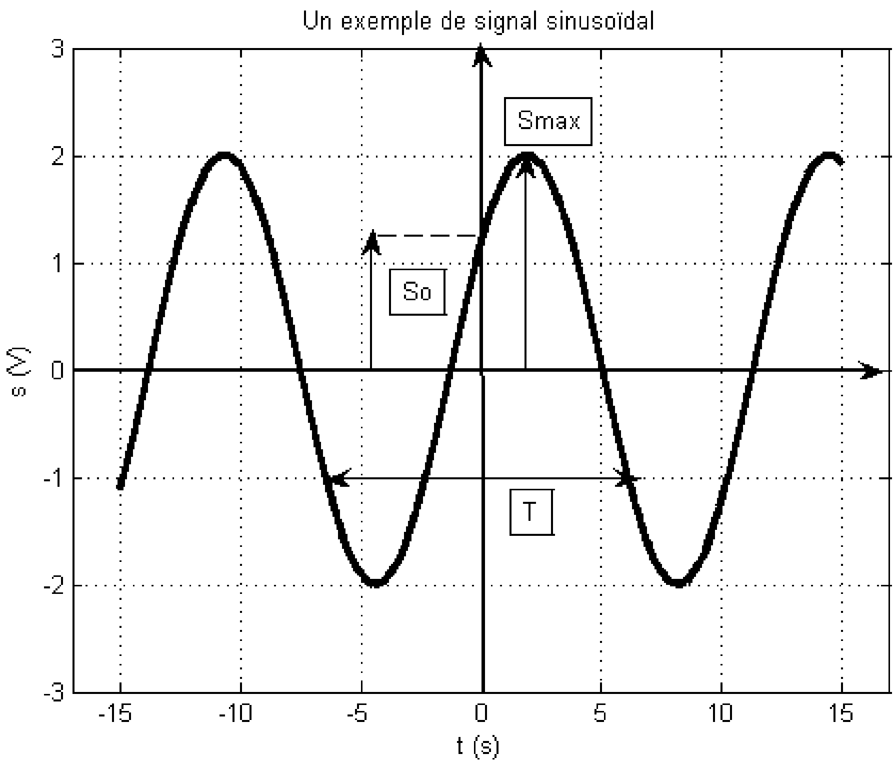
Ils se classent selon leur « forme » au cours du temps.
Les signaux stationnaires ont une valeur qui n'évolue pas au cours du temps, on parle de régime continu.

Les signaux variables se classent en deux catégories: les signaux périodiques et les signaux apériodiques dont en particulier les signaux causaux. Les signaux périodiques seront étudiés grâce à un outil introduit ultérieurement, la série de Fourier, et les causaux par la transformée de Laplace propice à l'étude des régimes transitoires qui seront donnés ultérieurement.

▶ **Signaux sinusoïdaux**

On rappelle les caractéristiques de ces signaux fondamentaux utiles à l'étude harmonique ou fréquentielle des systèmes. On prendra la convention de les écrire avec une fonction cosinus (éventuellement avec une phase à l'origine).

Un exemple de tel signal est donné par le graphe ci – dessous:



L'expression la plus générale pour un tel signal est : $\boxed{s(t) = S_{\max}\cos(\omega t + \varphi)}$,
avec $S_{\max}$ valeur maximal du signal, ω pulsation du signal relié à la période et à la fréquence par $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = 2\pi f$ et φ phase à l'origine.

On détermine cette phase grâce à la détermination de la valeur du signal à l'origine ($t = 0$) : S_0. On a alors : $S_0 = S_{\max}\cos(\varphi)$.

Pour déterminer, de deux signaux s_1, s_2 de phase à l'origine φ_1, φ_2 lequel est en avance de phase sur l'autre (c'est – à – dire, lequel atteint son maximum avant l'autre par exemple), on calcule la différence de phase à l'origine entre les deux signaux : $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Le signe permet de déterminer si le signal 2 est en avance ou en retard.

On détermine expérimentalement cette différence en déterminant le décalage temporel Δt entre les deux maximum des courbes, puis on le convertit en radian par la formule : $\Delta\varphi = \Delta t \dfrac{2\pi}{T}$.
Remarque : une signal continu peut être vu comme un signal sinusoïdal de fréquence nulle.

▶ **Signaux périodiques**
On verra que tous ces signaux se décomposent en somme de signaux périodiques bien choisis (harmoniques). Plusieurs grandeurs permettent de les caractériser outre leur motif sur une période.

La période : intervalle de temps au bout du quel le signal se reproduit identique à lui-même, ce qui se traduit par : $s(t+T) = s(t)$.

La valeur moyenne : grandeur de même unité que le signal notée $<s(t)>$:

$$\boxed{<s(t)> = \frac{1}{T}\int_a^{a+T} s(t)dt, a \in \mathbb{R}}$$

Remarque : un signal périodique de valeur moyenne nulle est dit alternatif.

Méthode de calcul :
Souvent, le signal a une forme « simple » déterminant des surfaces dont l'aire est aisément calculable géométriquement. L'intégrale intervenant dans la formule de la valeur moyenne s'évalue alors directement sur le graphe du signal et on a :

$$\boxed{<s(t)> = \frac{\text{Aire sur une période}}{T}}.$$

On comte négativement l'aire si la surface est en dessous de l'axe des abscisses.

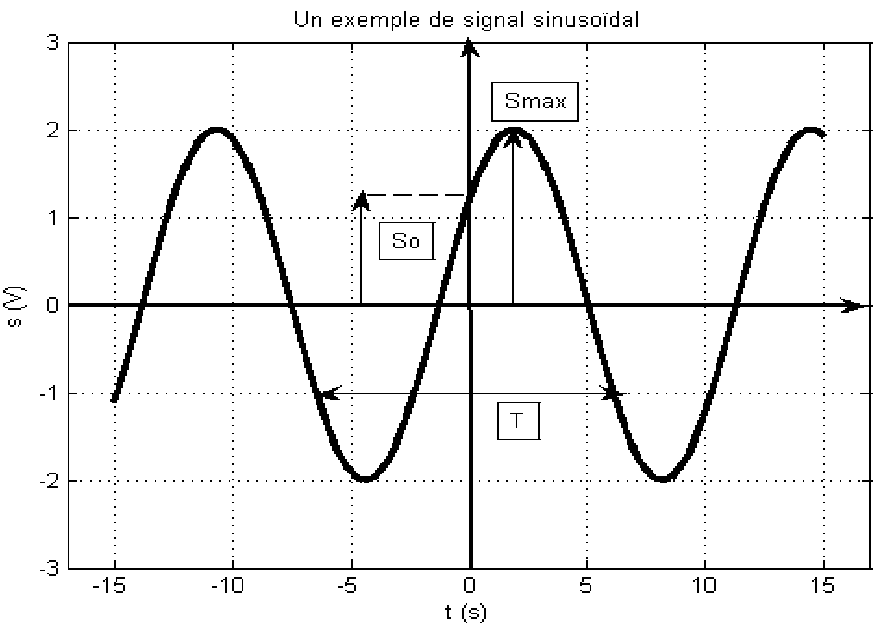
La valeur efficace : grandeur de même unité que le signal notée S_{eff} :

$$\boxed{S_{eff} = \sqrt{<s^2(t)>} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_a^{a+T} s^2(t)dt}, a \in \mathbb{R}}$$

Méthode de calcul :
On peut encore assez souvent utiliser une méthode graphique en calculant l'aire d'une surface délimitée par le signal au carré sur une période.

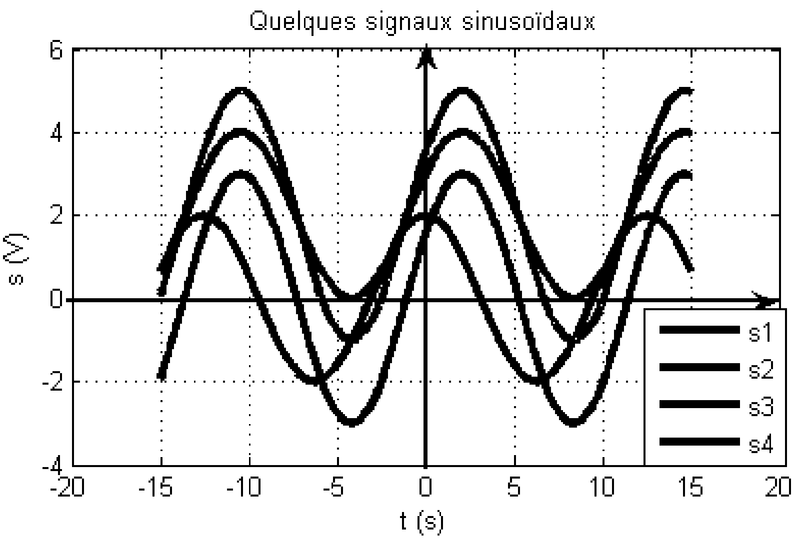
◣ Enoncés des exercices ◢

■ Exercice 1 .... durée 20 min



1. Déterminer explicitement l'expression du signal du graphe ci-dessus.
2. Calculer l'expression littérale de la valeur moyenne et montrer que le signal est alternatif.
3. Calculer la valeur efficace de ce signal sinusoïdal alternatif.

■■ Exercice 2 .... durée 40 min



Sur le graphe ci-dessus, on donne quatre signaux sinusoïdaux de même période possédant éventuellement une phase à l'origine et/ou auxquels on a ajouté une composante continue.

1. Déterminer explicitement l'expression des quatre signaux.

2. Calculer la valeur efficace du signal $s_4(t)$.

■■■ Exercice 3 .... durée 30 min

Soit deux signaux $s_1(t) = S\cos(2\pi f_1 t)$ et $s_2(t) = S\cos(2\pi f_2 + \varphi)$.

1. Tracer sur un même graphe les deux signaux.

(On pourra prendre $f_1 = 500$ Hz, $f_2 = 1000$ Hz, $S = 5$ V et $\varphi = \dfrac{\pi}{3}$).

2. Un montage additionneur permet d'obtenir la somme des deux signaux. Déterminer $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$ et tracer le signal sur le graphe précédent. Commenter.

3. Un montage permet d'obtenir le signal $s'(t) = Ks_1(t)s_2(t)$ (multiplieur). Donner l'unité de la constante *K*. Donner l'allure de la courbe représentative de ce signal en s'aidant de l'étude du **2.**

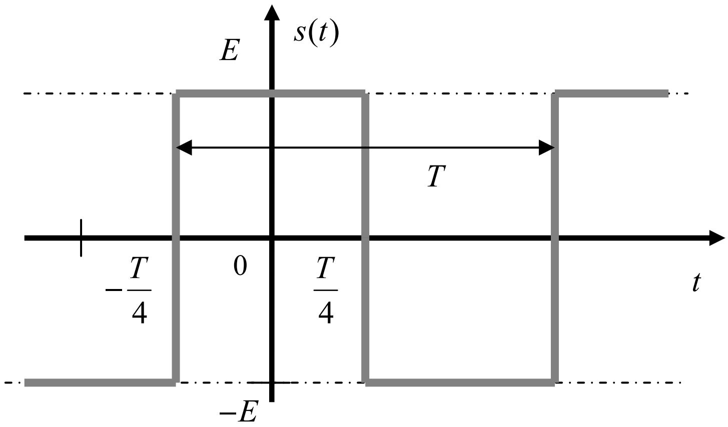
■ Exercice 4 .... durée 10 min

Soit deux signaux $s_1(t) = S_1\cos(2\pi ft)$ et $s_2(t) = S_2\sin(2\pi ft)$ de même fréquence mais d'amplitude maximale différente.

Donner le signal résultant de la somme de ces deux signaux. De quel type de signal s'agit-il ?

■ Exercice 5 .... durée 15 min

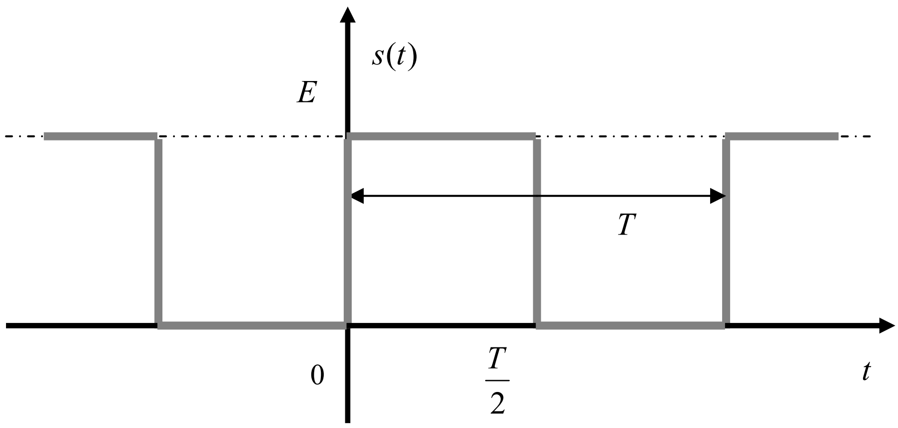
On considère le signal créneau $s(t)$ ci-dessous.



1. Donner l'expression en fonction du temps du signal $s(t)$.
2. Calculer la valeur moyenne du signal $s(t)$, notée $< s(t) >$.
3. Calculer la valeur efficace du signal notée S_{eff}.

■ Exercice 6 .... durée 15 min

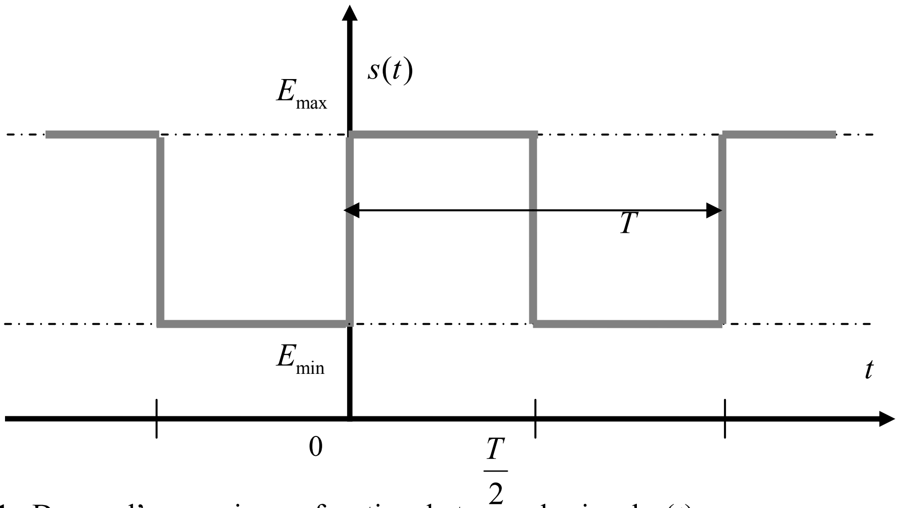
On considère le signal créneau $s(t)$ ci-dessous.



1. Donner l'expression en fonction du temps du signal $s(t)$.
2. Calculer la valeur moyenne du signal $s(t)$, notée $< s(t) >$.
3. Calculer la valeur efficace du signal notée S_{eff}.

■ Exercice 7 .... durée 20 min

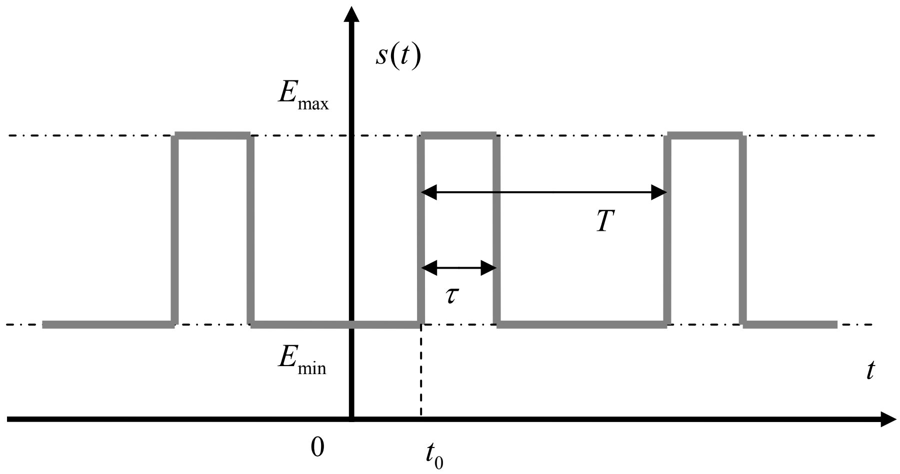
On considère le signal créneau $s(t)$ ci-dessous :



1. Donner l'expression en fonction du temps du signal $s(t)$.
2. Calculer la valeur moyenne du signal $s(t)$, notée $< s(t) >$.
3. Calculer la valeur efficace du signal notée S_{eff}.

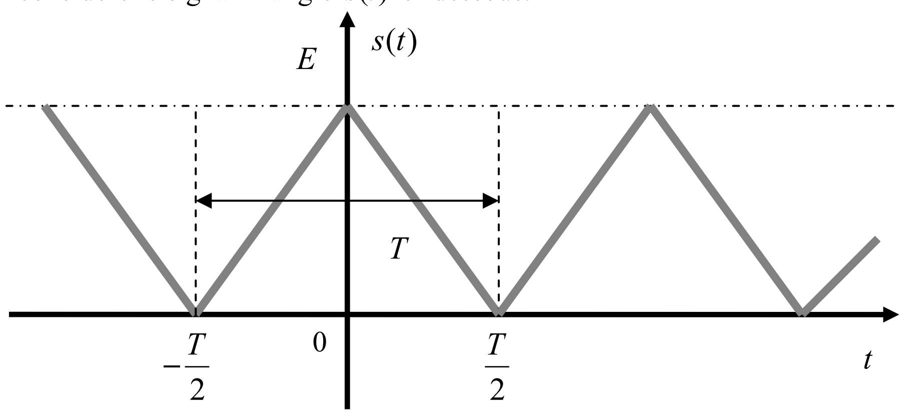
■■ Exercice 8 .... durée 30 min

On considère le signal rectangle $s(t)$ ci-dessous.
1. Donner l'expression en fonction du temps du signal $s(t)$.
2. Calculer la valeur moyenne du signal $s(t)$, notée $< s(t) >$. On fera intervenir le rapport cyclique défini par $\alpha = \dfrac{\tau}{T}$.
3. Calculer la valeur efficace du signal notée S_{eff}.



■■■ Exercice 9 .... durée 30 min

On considère le signal triangle $s(t)$ ci-dessous.



1. Donner l'expression en fonction du temps du signal $s(t)$.

2. Calculer la valeur moyenne du signal $s(t)$, notée $< s(t) >$.

3. Calculer la valeur efficace du signal notée S_{eff}.