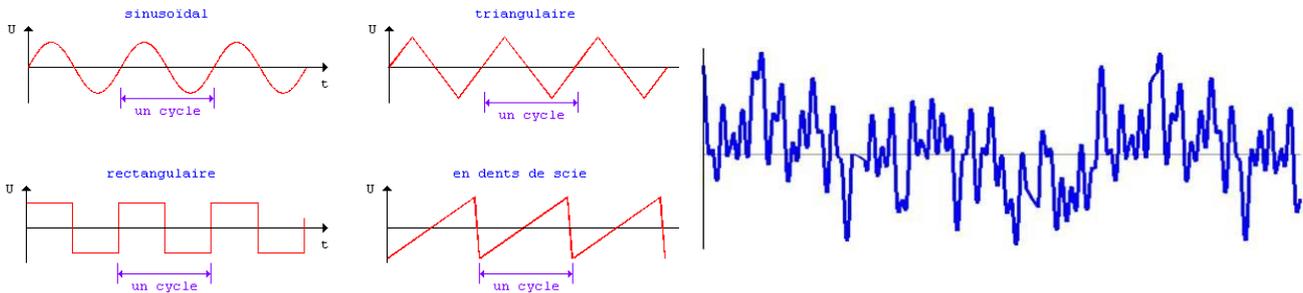




# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES



### Objectifs du cours :

Ce cours traitera essentiellement les points suivants :

- définition
- caractéristiques :
  - formes d'onde
  - amplitude et amplitude crête à crête
  - période
  - fréquence
  - valeur moyenne
  - rapport cyclique
  - les signaux trapézoïdaux
- exercices d'applications

## LE SIGNAL ANALOGIQUE

### DÉFINITION

Un signal est dit **analogique** si l'amplitude du signal de la grandeur porteuse de l'information peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné.

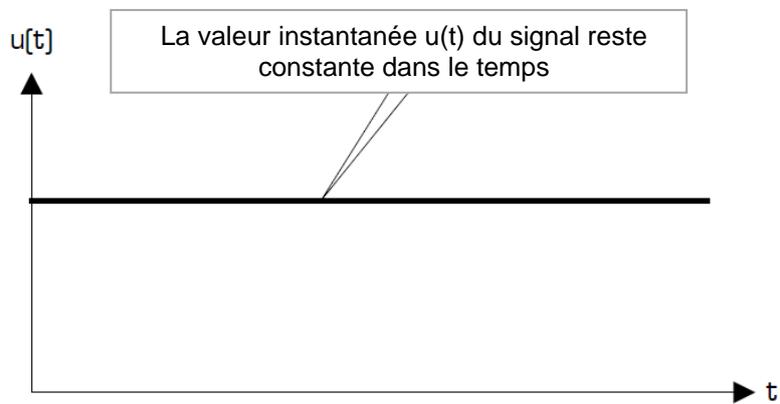
Dans sa forme analogique, un signal électrique (tension ou courant) peut être **continu** (si l'amplitude est constante sur un intervalle de temps donné) ou **variable** (si l'amplitude varie continûment en fonction du temps). Dans certains cas, le signal analogique varie suivant des lois mathématiques simples (signal sinusoïdal par exemple).

La figure page suivante représente la tension disponible aux bornes d'une pile électrique : il s'agit d'un signal continu.



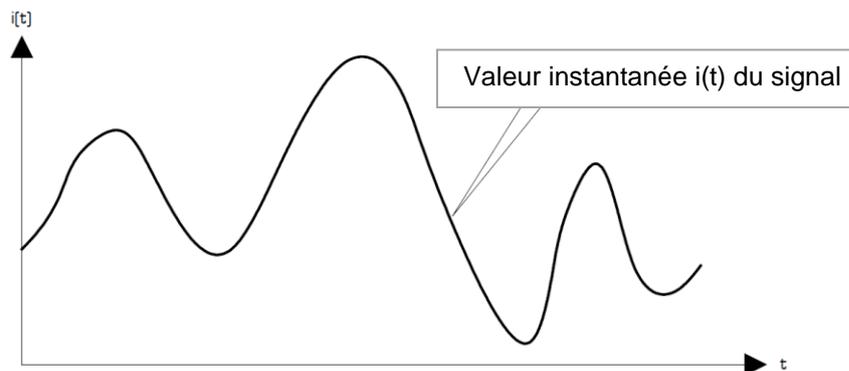
# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES



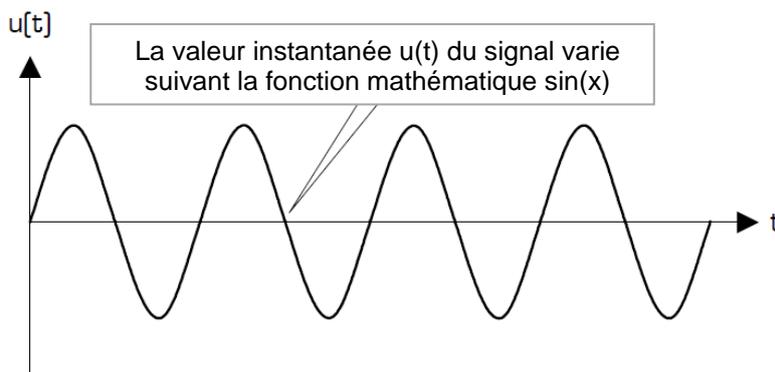
Exemple d'un signal analogique continu

La figure ci-dessous représente le courant généré par un microphone. Il s'agit d'un signal analogique variable (restitution des sons captés).



Exemple d'un signal analogique variable

Un autre exemple ci-dessous correspondant à l'image de la tension secteur délivrée par EDF : c'est un signal alternatif sinusoïdal.



Exemple d'un signal alternatif sinusoïdal

Tout signal évoluant dans le temps (signal « variable ») sera appelé **signal composite** ; il sera la somme algébrique d'une **composante continue** et d'une **composante alternative**.



# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

### Exemple :

$$\begin{array}{ccccc} \mathbf{u(t)} & = & \mathbf{u_c} & + & \mathbf{u_a(t)} \\ \text{tension composite} & & \text{tension continue} & & \text{tension alternative} \end{array}$$

$u(t)$  et  $u_a(t)$  sont des tensions variables dans le temps ;  
 $u_c$  est une tension constante dans le temps, et peut être positive ou négative ;  
la forme d'onde de la tension alternative  $u_a(t)$  est dans les cas les plus courants : carrée, rectangulaire, triangulaire ou sinusoïdale.

### Remarque :

Un signal composite dont la composante continue est nulle est appelé un signal alternatif.

## CARACTÉRISTIQUES

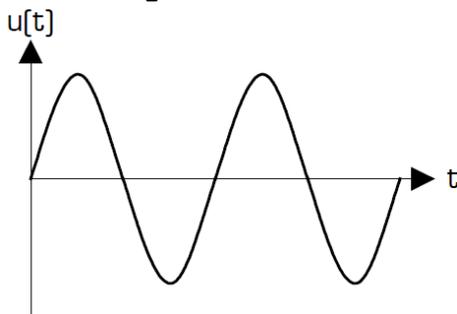
Tout signal électrique (tension ou courant) est défini par :

- sa forme d'onde ;
- son amplitude (ou son amplitude crête à crête) ;
- sa période (ou sa fréquence) ;
- sa valeur moyenne ;
- et éventuellement son rapport cyclique (pour les signaux carrés).

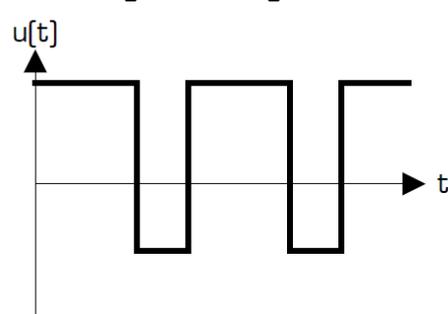
## FORMES D'ONDE

Les formes des signaux les plus utilisées en électronique sont les suivantes :

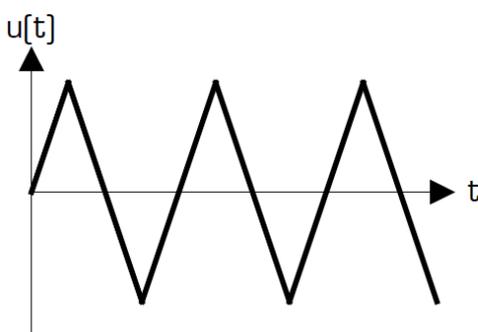
Signal sinusoïdal :



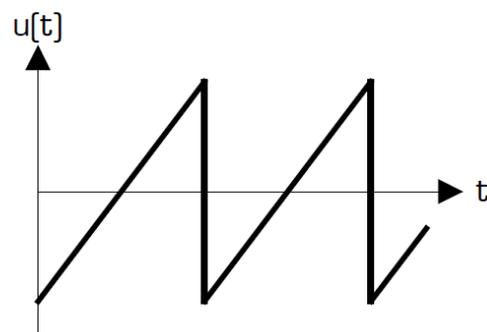
Signal rectangulaire :



Signal triangulaire :



Signal en « dent de scie » :





# COURS

---

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

**Remarque :**

Les 4 signaux sont tous périodiques, c'est à dire que le « motif » de base (appelée la période du signal) se répète sans arrêt dans le temps.

**AMPLITUDE ET AMPLITUDE CRÊTE À CRÊTE**

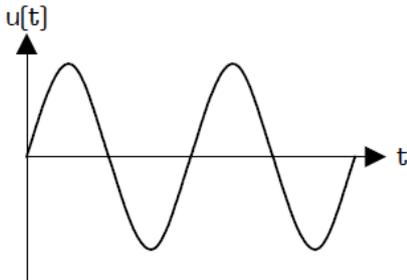
L'amplitude d'un signal est la différence entre sa valeur maximale et sa valeur moyenne.

L'amplitude crête à crête est la différence entre sa valeur maximale et sa valeur minimale.

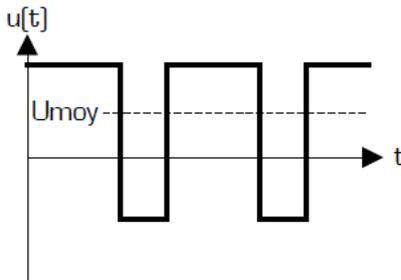
**Exercice :**

Indiquez sur les signaux ci-dessous :

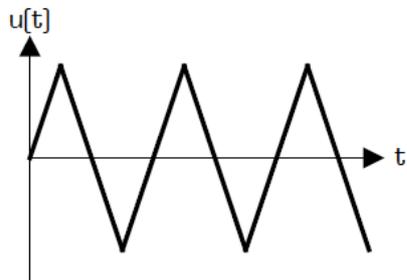
- l'amplitude **A** et l'amplitude crête à crête **A<sub>CC</sub>** à l'aide d'une flèche ;
- la valeur maximale **U<sub>MAX</sub>** et la valeur minimale **U<sub>MIN</sub>** du signal sur l'axe des ordonnées ;
- la relation entre **A**, **A<sub>CC</sub>**, **U<sub>MAX</sub>**, et **U<sub>MIN</sub>**.



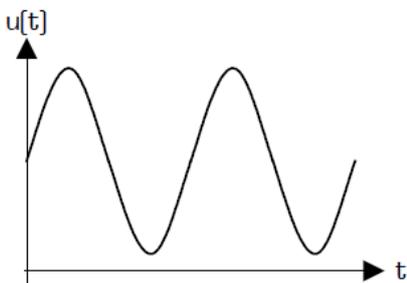
.....  
.....



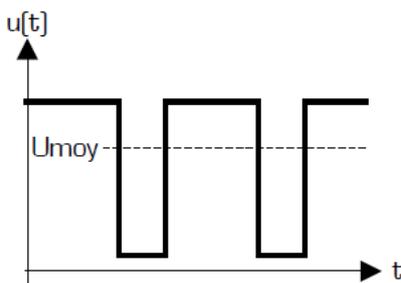
.....  
.....



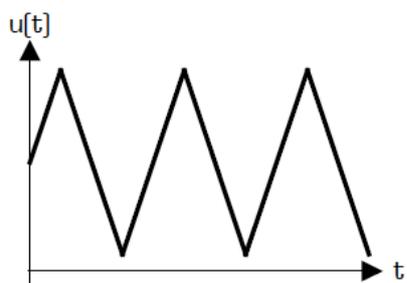
.....  
.....



.....  
.....



.....  
.....



.....  
.....

**PÉRIODE**

La période d'un signal est la durée au bout de laquelle le signal se reproduit identique à lui-même. La période est notée **T**, et elle s'exprime en **secondes** (s).

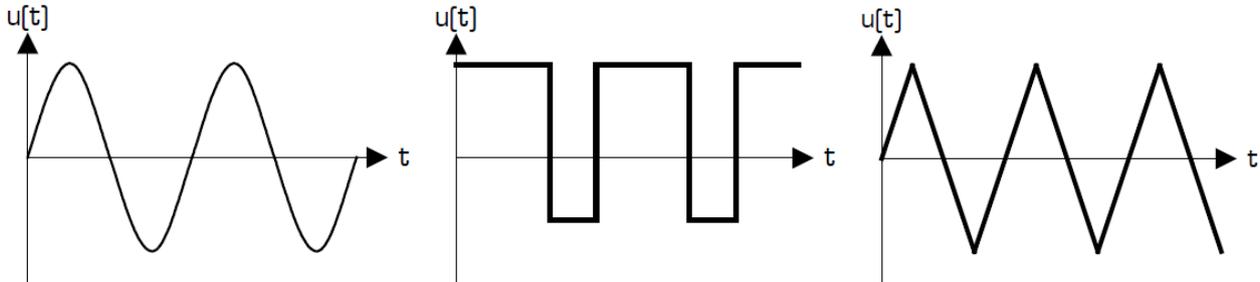


# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

### Exercice :

Indiquez la période  $T$  des signaux ci-dessous :



### FRÉQUENCE

La fréquence d'un signal est le nombre de période qu'il y a dans 1 seconde.  
La fréquence est notée  $f$  et elle s'exprime en **hertz** (Hz).

### Exemple :

Un signal de période 100 ms présentera 10 périodes par seconde, car il y a 10 fois 100 ms dans une seconde. Sa fréquence est donc de 10 Hz.

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou encore } T = \frac{1}{f}$$

La fréquence d'un signal est donc connue à partir du moment où on connaît la période du signal. Période et fréquence sont deux **grandeurs** différentes, mais représentent la même **caractéristique** pour le signal.

### VALEUR MOYENNE

La valeur moyenne est égale à la surface algébrique occupée par le signal durant une période divisée par la période du signal.

$$V_{\text{moy}} = \frac{\text{Surface algébrique du signal}}{T}$$

### Remarque :

La valeur moyenne d'un signal composite est égale à sa composante continue.

### Exercice :

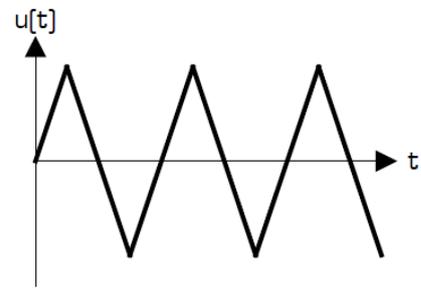
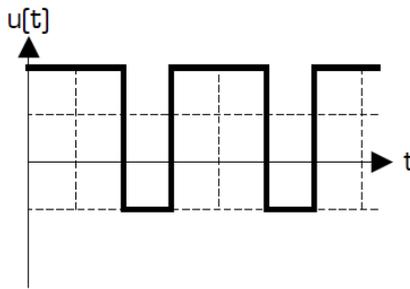
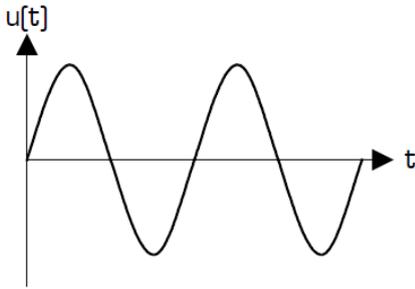
Indiquez la valeur moyenne  $U_{\text{moy}}$  de chacun des signaux page suivante.



# COURS

---

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES



### RAPPORT CYCLIQUE

Un signal rectangulaire est caractérisé par 3 grandeurs temporelles :

- le temps durant lequel le signal reste au niveau haut, appelé temps haut et noté  $t_H$  ;
- le temps durant lequel le signal reste au niveau bas, appelé temps bas et noté  $t_B$  ;
- la période du signal noté  $T$ .

Le rapport cyclique est uniquement défini pour les signaux de forme carrée ou rectangulaire. Le rapport cyclique est égale au rapport entre le temps haut et sa période.

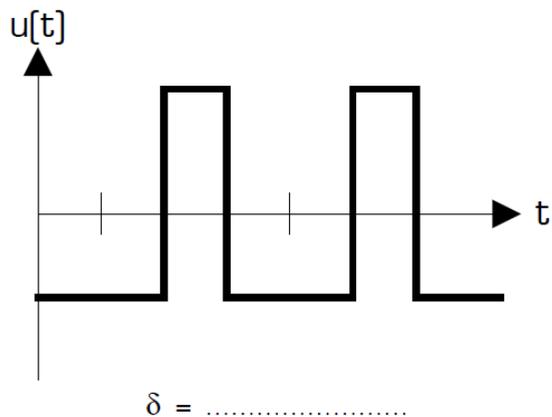
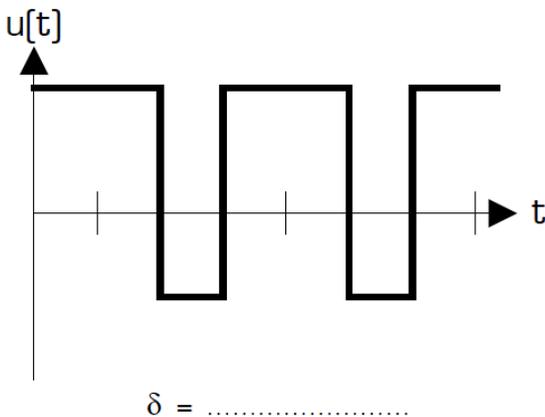
Le rapport cyclique est noté  $\delta$  (delta), et n'a pas d'unité puisqu'il s'agit d'un rapport entre deux temps :

$$\delta = \frac{\text{temps haut du signal}}{\text{période du signal}} = \frac{t_H}{T}$$

**Exercice :**

Indiquez sur les deux signaux rectangulaires ci-dessous :

- le temps haut  $t_H$  et le temps bas  $t_B$  ;
- la période  $T$  ;
- la valeur du rapport cyclique  $\delta$ .



**Remarque :**

On appelle signal carré, tout signal rectangulaire dont le temps haut est égale au temps bas.

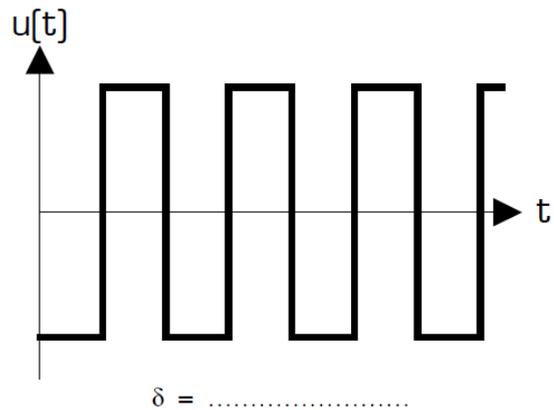
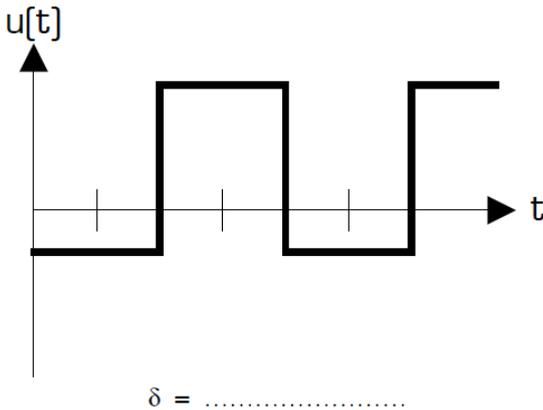


# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

Indiquez sur les deux signaux carrés page suivante :

- le temps haut  $t_H$  et le temps bas  $t_B$  ;
- la période  $T$  ;
- la valeur du rapport cyclique  $\delta$ .



| Comparaison des caractéristiques temporelles entre un signal rectangulaire et un signal carré   |  |
|---|--|
| Signal rectangulaire  | Signal carré   |
| <p>Le signal cyclique est toujours compris entre 0 et 1. On peut remarquer que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>T = T_H + T_B</math></li> <li>- Si <math>T_H &gt; T_B</math> alors <math>\delta &gt; 0,5</math></li> <li>- Si <math>T_H &lt; T_B</math> alors <math>\delta &lt; 0,5</math></li> </ul> | <p>Dans le cas particulier d'un signal carré. On a :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>T_H = T_B</math></li> <li>- <math>T = 2T_H = 2T_B</math></li> <li>- <math>\delta = 0,5</math></li> </ul> |

**Remarque :**

Concernant l'écriture du rapport cyclique :  $\delta$  peut s'écrire soit avec un nombre compris entre 0 et 1, soit en % (compris entre 0% et 100%). Par exemple, les écritures ci-dessous sont équivalentes deux à deux :

$\delta = 0,5 \Leftrightarrow \delta = 50 \%$

$\delta = 0,85 \Leftrightarrow \delta = 85 \%$

$\delta = 1/20 \Leftrightarrow \delta = 5 \%$

**LES SIGNAUX TRAPÉZOÏDAUX**

Comme leur nom l'indique, les signaux trapézoïdaux sont en forme de trapèzes. Ils sont définis à partir de six grandeurs caractéristiques, dont deux caractéristiques de niveau et quatre caractéristiques temporelles.

Les deux caractéristiques de niveau définissant un signal trapézoïdal sont :

- la valeur minimale du signal, noté  $V_{MIN}$ , et appelé aussi « le niveau bas » du signal ;
- la valeur maximale du signal, noté  $V_{MAX}$ , et appelé aussi « le niveau haut » du signal ;

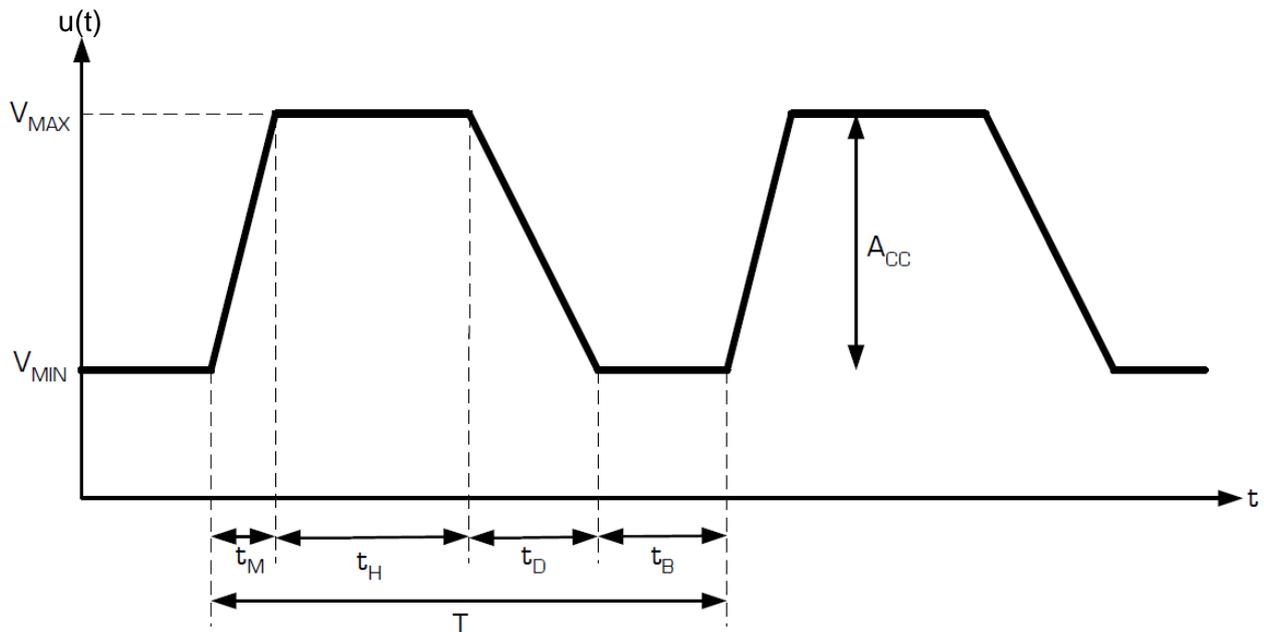


# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

Les quatre caractéristiques temporelles définissant un signal trapézoïdal sont :

- le temps de montée, noté  $t_M$ , et représentant le temps que met le signal pour passer du niveau bas  $V_{MIN}$  au niveau haut  $V_{MAX}$  ;
- le temps de descente, noté  $t_D$ , et représentant le temps que met le signal pour passer du niveau haut  $V_{MAX}$  au niveau bas  $V_{MIN}$  ;
- le temps haut, noté  $t_H$ , et représentant la durée pendant laquelle le signal reste au niveau haut  $V_{MAX}$  ;
- la période  $T$  du signal.



### Remarques :

Dans les six grandeurs caractéristiques définissant un signal trapézoïdal, ni le temps bas  $t_B$ , ni l'amplitude crête à crête  $A_{CC}$  n'est indiqué directement. On les retrouve par les relations suivantes :

- $t_B = T - t_M - t_H - t_D$
- $A_{CC} = V_{MAX} - V_{MIN}$

La plupart des logiciels de simulation de circuits électroniques proposent ce type de définition de signaux, sous un outil appelé généralement **PULSE**. Pour configurer un générateur **PULSE** dans un simulateur, il faut préciser au logiciel les six grandeurs caractéristiques.



# COURS

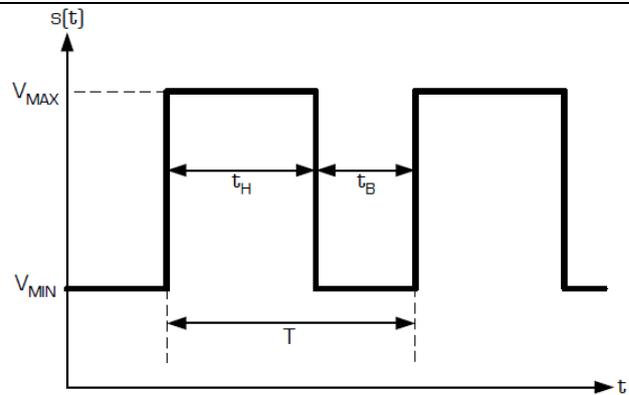
## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

### Création de signaux rectangulaire et triangulaire à partir d'un générateur trapézoïdal PULSE :

Un signal rectangulaire est un cas particulier d'un signal trapézoïdal, dans lequel :

- $t_M = 0$  ;
- $t_D = 0$  ;
- on a donc  $T = t_B + t_H$ .

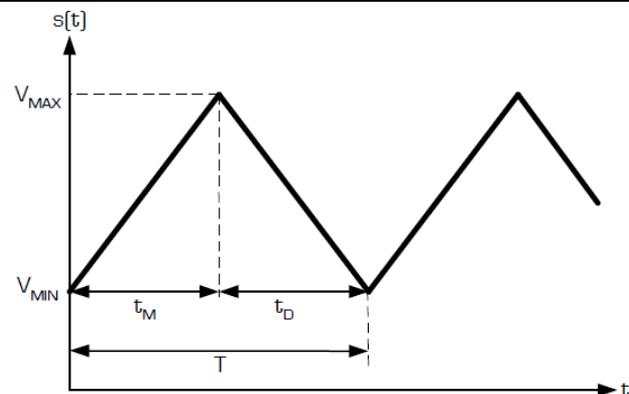
Pour obtenir un signal carré, il suffit de donner la même valeur aux temps  $t_H$  et  $t_B$ , sans oublier que  $t_B$  s'obtient par la relation  $t_B = T - t_H$ .



Un signal triangulaire est un cas particulier d'un signal trapézoïdal, dans lequel :

- $t_H = 0$  ;
- $t_B = 0$  ;
- on a donc  $T = t_M + t_D$ .

Pour obtenir un signal en dents de scie, il suffit de donner des valeurs différentes aux temps  $t_M$  et  $t_D$ .



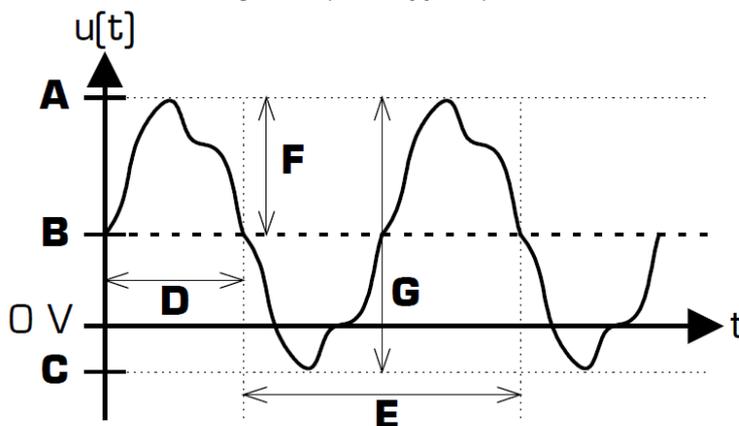
## EXERCICES D'APPLICATIONS

### EXERCICE N°1

#### Question 1 :

Associer les définitions qui conviennent aux grandeurs repérées A, B, C, D, E, F et G sur le signal  $u(t)$  représentant un signal analogique composite ci-dessous :

Signal composite  $u(t)$  complet :



- ..... : Période du signal
- ..... : Amplitude crête à crête
- ..... : Valeur minimale du signal
- ..... : Valeur maximale du signal
- ..... : Valeur moyenne du signal
- ..... : Fréquence du signal
- ..... : Amplitude de la composante alternative



# COURS

## LES SIGNAUX ANALOGIQUES

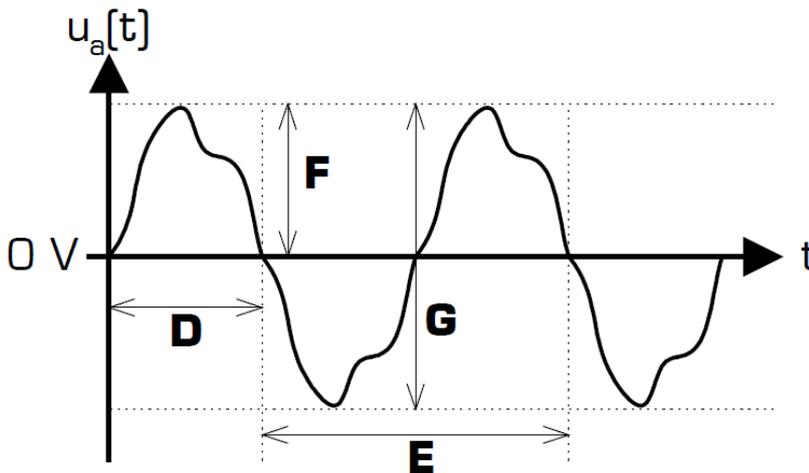
**Question 2 :**

D'après le signal  $u_a(t)$  ci-dessous et parmi les relations données, rayez celles qui sont fausses.

**Remarque :**

Observez les deux signaux :  $u(t)$  et  $u_a(t)$  pour répondre à la question.

Composante alternative  $u_a[t]$  du signal composite  $u[t]$  :



Parmi les relations ci-dessous, rayez celles qui sont fausses :

$u[t] + u_a[t] = B$   $B + F = A$

$u[t] + B = u_a[t]$   $E + F = G$

$C + G = A$   $B = u[t] - u_a[t]$

$u[t] = u_a[t] + G$

$u[t] = u_a[t] + B$

la fréquence =  $1/D$

la fréquence =  $1/E$

**EXERCICE N°2**

**Création d'un signal rectangulaire à partir d'un générateur trapézoïdal PULSE**

**Question :**

Pour le signal décrit ci-dessous, donnez la configuration du générateur trapézoïdal puis dessinez le signal.

Caractéristiques du signal  $u[t]$  désiré :

- \* une forme rectangulaire
- \* une fréquence de 333,33 Hz
- \* un rapport cyclique de 66,66 %
- \* une amplitude crête à crête de 3 V
- \* une valeur moyenne de 1 V

Paramétrage du générateur trapézoïdal PULSE :

- \*  $t_M = \dots\dots\dots$
- \*  $t_D = \dots\dots\dots$
- \*  $t_H = \dots\dots\dots$
- \*  $T = \dots\dots\dots$
- \*  $V_{MIN} = \dots\dots\dots$
- \*  $V_{MAX} = \dots\dots\dots$

Chronogramme du signal  $u[t]$  :

