

Caractéristiques des signaux électriques

Sommaire

I - Définition d'un signal analogique	page 1
II - Caractéristiques d'un signal analogique	page 2
II - 1 - Forme d'onde	page 3
II - 2 - Amplitude et amplitude crête à crête	page 3
II - 3 - Période	page 4
II - 4 - Fréquence	page 4
II - 5 - Valeur moyenne	page 4
II - 6 - Rapport cyclique	page 5
III - Les signaux trapézoïdaux	page 7
IV - Exemples d'applications	page 8
V - Les signaux logiques	page 10

I - Définition d'un signal analogique

Un signal est dit **analogique** si l'amplitude 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].

Par exemple, la *figure 1* représente le courant généré par un microphone. Il s'agit d'un signal *analogique variable* [restitution des sons captés] :

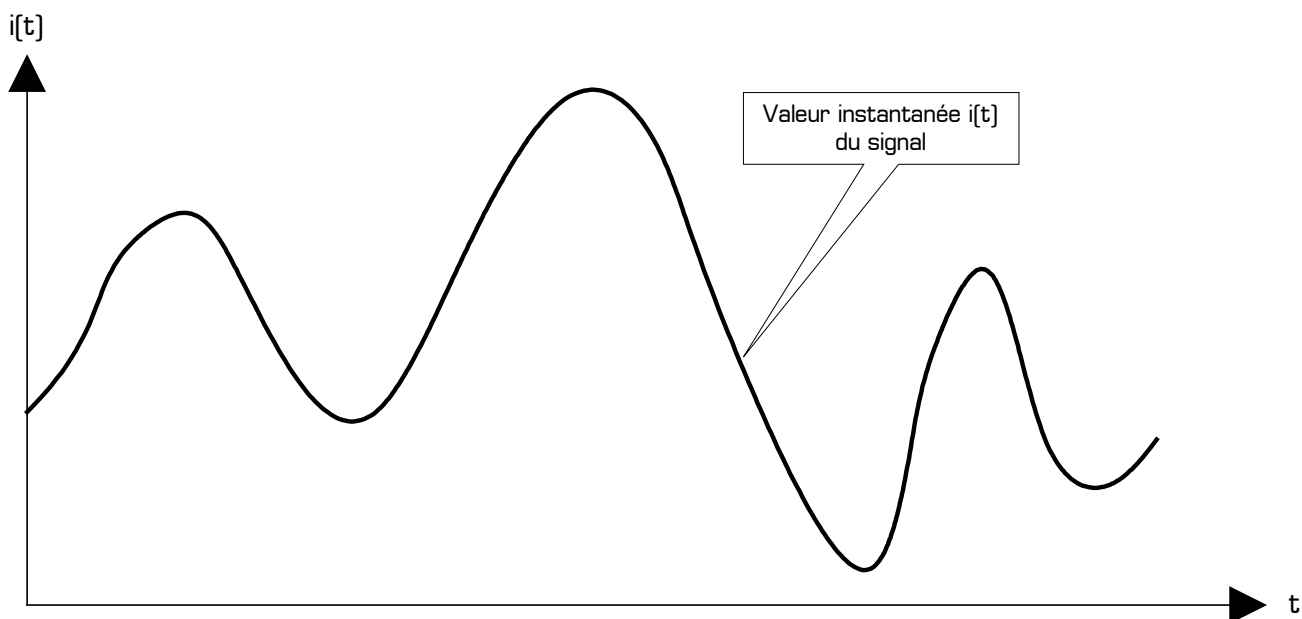


Figure 1 : Exemple de signal analogique variable

La *figure 2* [page 2] représente, par exemple, la tension disponible aux bornes d'une pile électrique : il s'agit d'un signal *continu*.

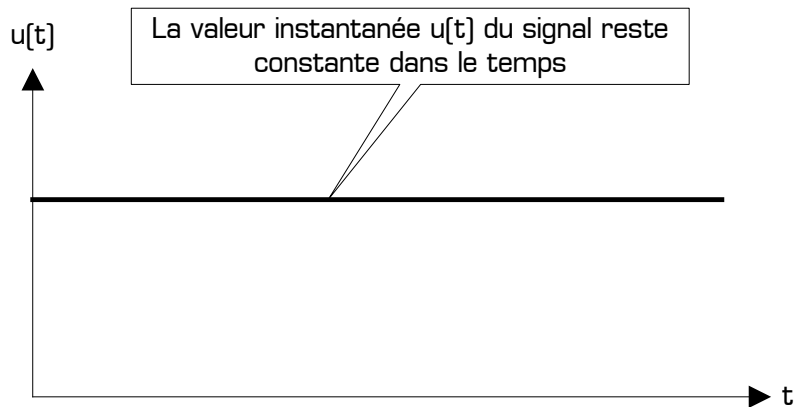


Figure 2 : Exemple de signal analogique continu

La figure 3 correspond à l'image de la tension secteur délivrée par EDF : c'est un signal *alternatif sinusoïdal*.

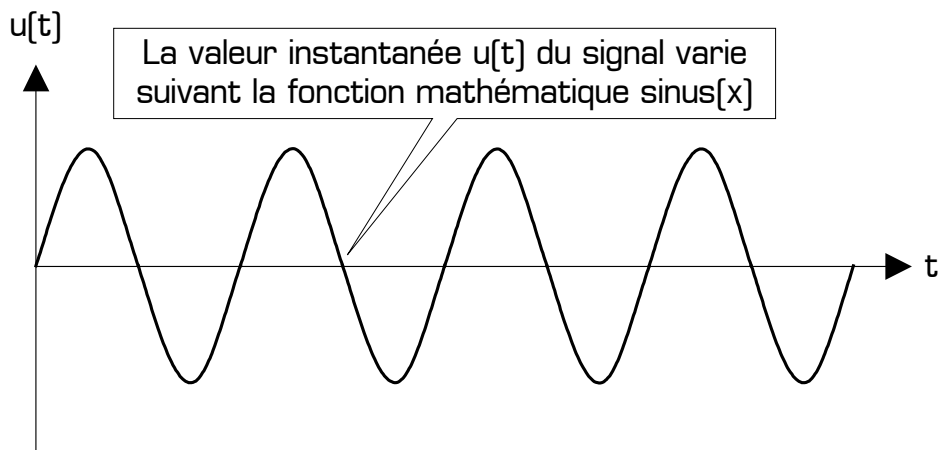


Figure 3 : Exemple de signal alternatif sinusoïdal

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**.

Exemple pour une tension :

$u(t)$	=	U_c	+	$u_A(t)$
tension composite		tension continue		tension alternative

- * $u(t)$ 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*.

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

II - Caractéristiques d'un signal analogique

Tout signal électrique [tension ou courant] est défini par :

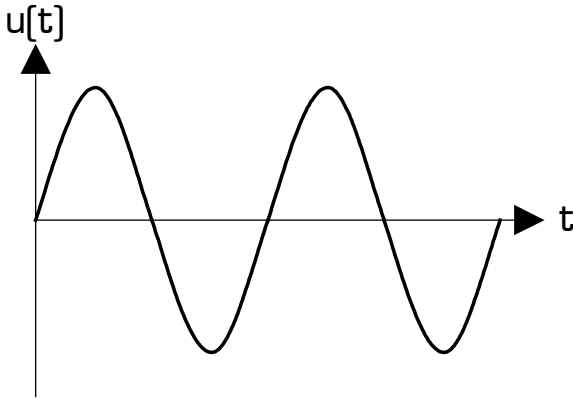
- * sa **forme d'onde**
- * son **amplitude** [ou son amplitude crête à crête]
- * sa **période** [ou sa fréquence]
- * sa **valeur moyenne**
- * et éventuellement son **rapport cyclique** [dans le cas des signaux *carrés* et *rectangulaires*]

Voyons maintenant la définition exacte de chacune de ces 5 caractéristiques des signaux.

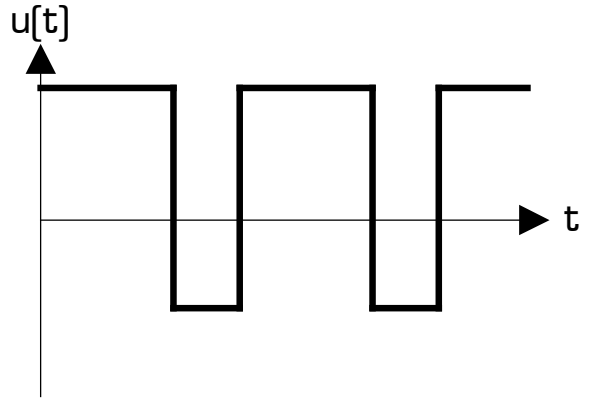
II - 1 - Forme d'onde d'un signal

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

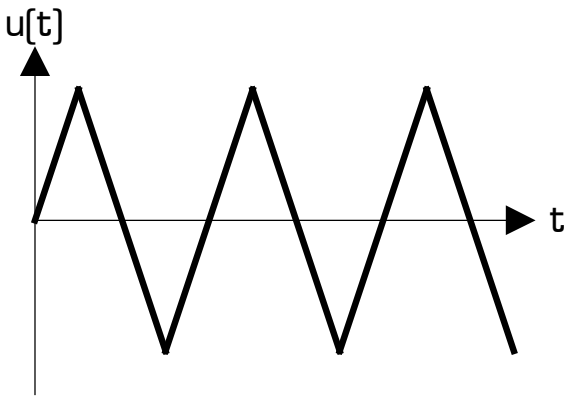
Signal sinusoïdal :



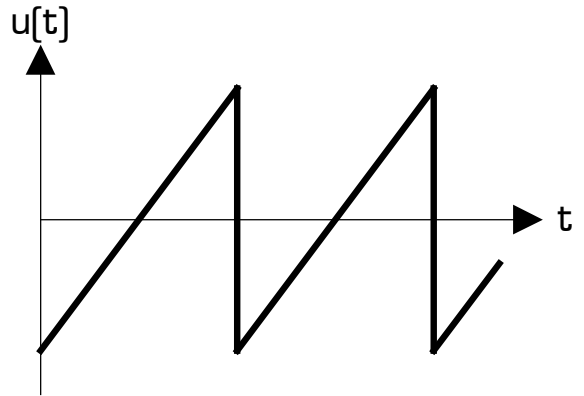
Signal rectangulaire :



Signal triangulaire :



Signal en « dent de scie »



Remarque : les 4 signaux ci-dessus sont tous *périodiques*, c'est à dire que le « motif » de base [appelée *la période* du signal] se répète sans arrêt dans le temps.

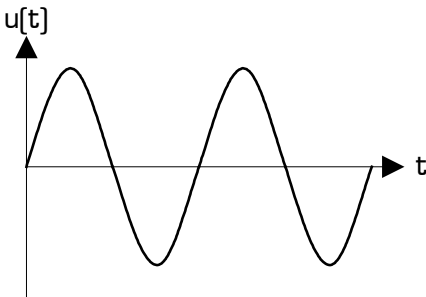
II - 2 - Amplitude et amplitude crête à crête d'un signal

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

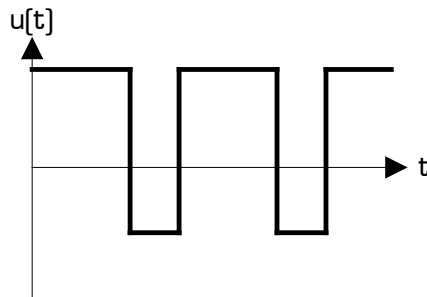
L'amplitude crête à crête d'un signal est la différence entre sa valeur maximale et sa valeur minimale.

Indiquer en rouge sur les 6 signaux suivantes :

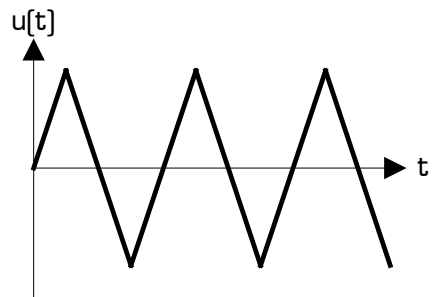
- * l'amplitude **A** et l'amplitude crête à crête **Acc** à l'aide d'une flèche
- * la valeur maximale **U_{MAX}** et la valeur minimale **U_{MIN}** du signal sur l'axe des ordonnées
- * la relation entre **A**, **Acc**, **U_{MAX}**, et **U_{MIN}**



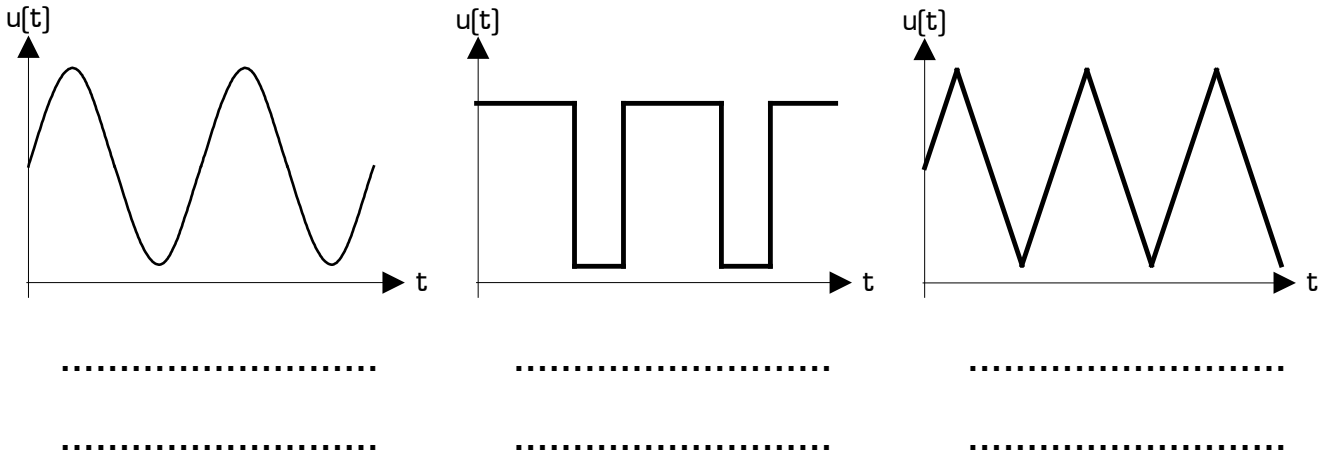
.....



.....



.....

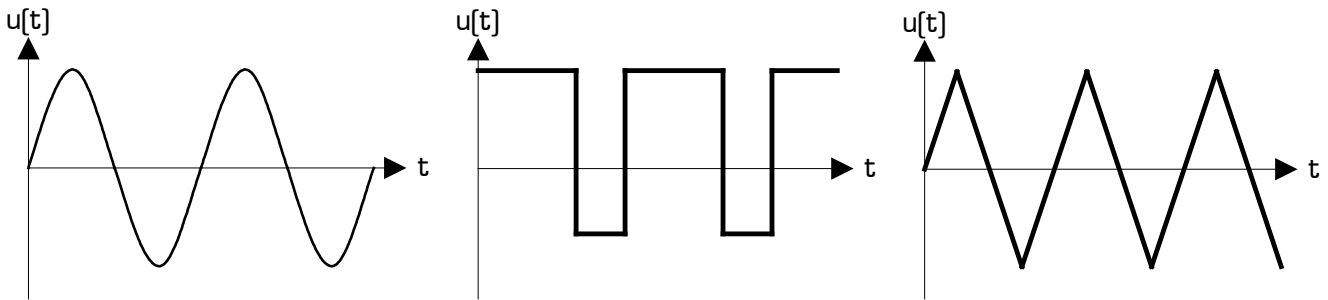


II - 3 - Période d'un signal

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].

Indiquer avec une flèche rouge la période **T** des signaux suivantes :



II - 4 - Fréquence d'un signal

La fréquence d'un signal est le nombre de périodes qu'il y a dans une seconde

La fréquence est notée **f** et elle s'exprime en **hertz** [Hz].

Exemple :

Un signal de période 100ms présentera 10 périodes par seconde, car il y a 10 fois 100 ms dans une seconde [1 seconde = 1000ms = 10x100ms]. Sa fréquence est donc de 10 Hz.

On peut remarquer que $f = \frac{1}{T}$, et donc que $T = \frac{1}{f}$

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.

II - 5 - Valeur moyenne d'un signal

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

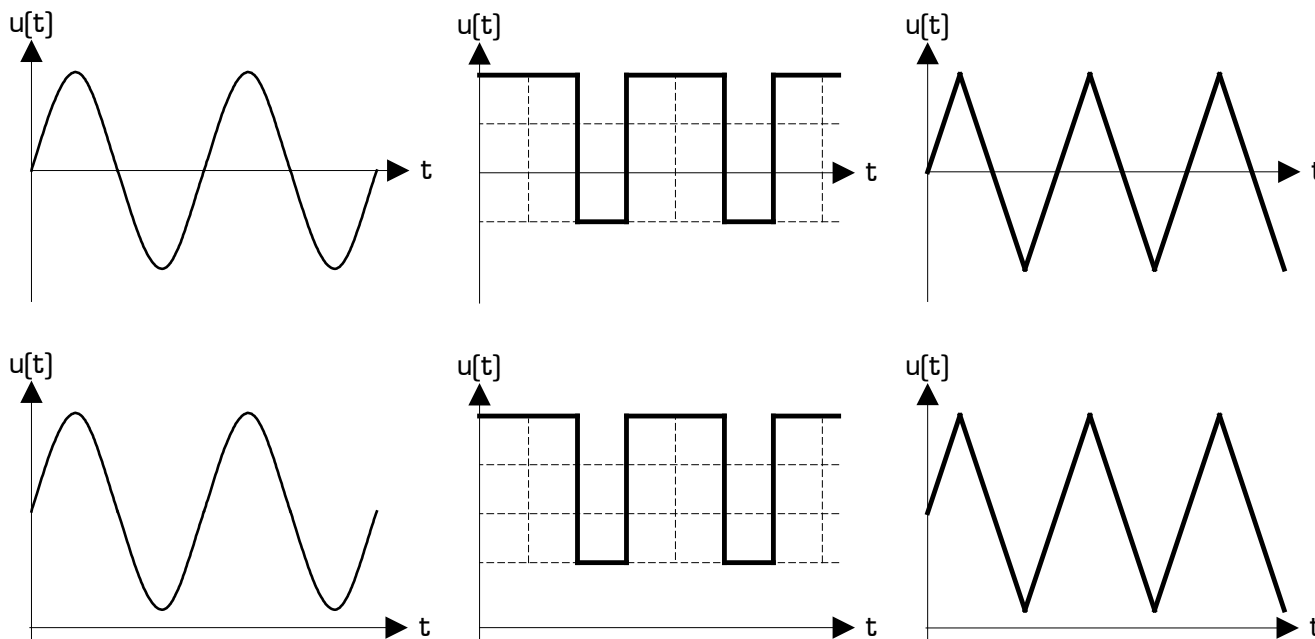
$$V_{\text{moy}} = \frac{\text{surface algébrique du signal}}{T}$$

Dans le cas particulier d'un **signal rectangulaire**, la valeur moyenne peut se calculer grâce à la relation suivante :

$$V_{\text{moy}} = \frac{t_H \cdot V_{\text{MAX}} + t_B \cdot V_{\text{MIN}}}{T}$$

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

Indiquer avec un trait rouge horizontal la valeur moyenne U_{moy} sur chacun des 6 signaux suivantes :



II - 6 - Rapport cyclique d'un signal rectangulaire

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.

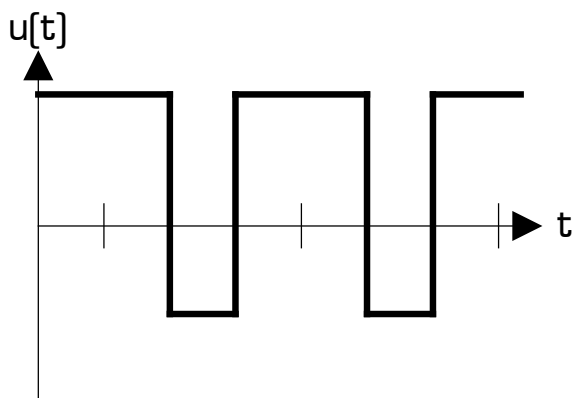
Le rapport cyclique est égal au rapport entre le temps haut du signal et sa période

Le rapport cyclique est noté δ [delta], et n'a pas d'unité puisque qu'il s'agit d'un rapport entre deux temps :

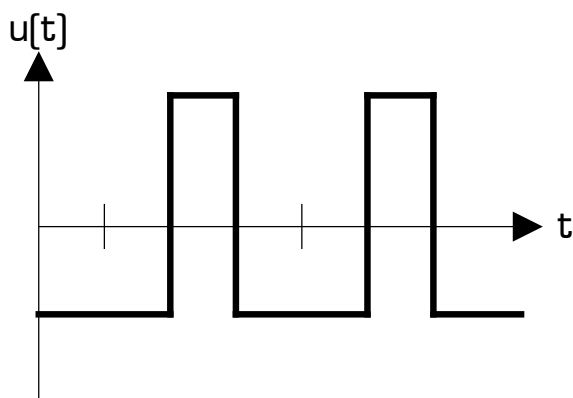
$$\delta = \frac{\text{temps haut du signal}}{\text{période du signal}} = \frac{t_H}{T}$$

Indiquer sur les 2 signaux rectangulaires suivants :

- * le temps haut t_H et le temps bas t_B en traçant deux flèches rouges horizontales
- * la période T en traçant un flèche verte horizontale
- * la valeur du rapport cyclique δ



$\delta = \dots\dots\dots$



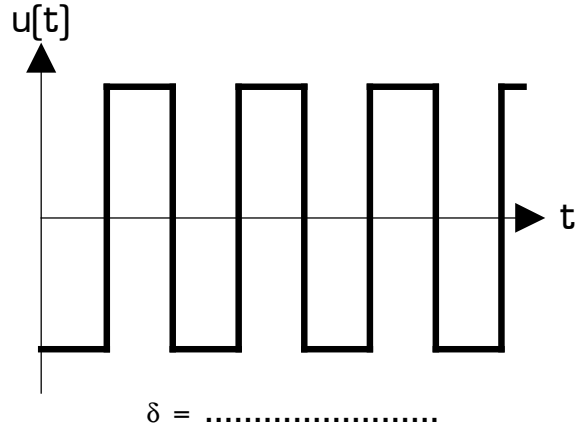
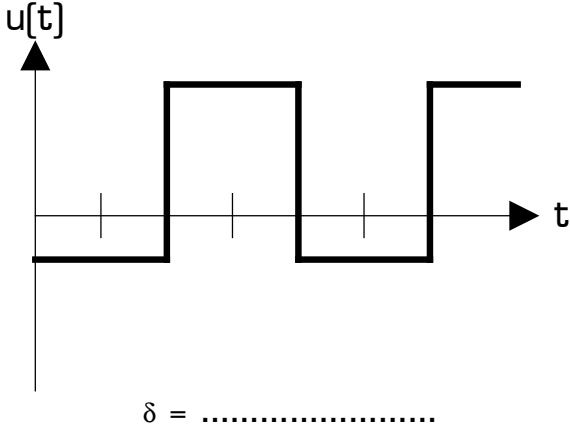
$\delta = \dots\dots\dots$

Cas particulier d'un signal carré :

On appelle signal carré tout signal rectangulaire dont le temps haut est égal au temps bas

Indiquer sur les signaux carrés suivants :

- * le temps haut t_H et le temps bas t_B en traçant deux flèches rouges horizontales
- * la période T en traçant un flèche verte horizontale
- * la valeur du rapport cyclique δ



Comparaison des caractéristiques temporelles entre un signal rectangulaire et un signal carré	
Pour un signal rectangulaire quelconque, le rapport cyclique est toujours compris entre 0 et 1, et nous pouvons remarquer que : <ul style="list-style-type: none"> * $T = t_H + t_B$ * si $t_H > t_B$ alors $\delta > 0,5$ * si $t_H < t_B$ alors $\delta < 0,5$ 	Dans le cas particulier d'un signal carré , nous avons : <ul style="list-style-type: none"> * $t_H = t_B$ * $T = 2 \cdot t_H = 2 \cdot t_B$ * $\delta = 0,5$

Remarque concernant l'écriture du rapport cyclique : δ 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 2 à 2 :

$\delta = 0,5 \Leftrightarrow \delta = 50 \%$
 $\delta = 0,85 \Leftrightarrow \delta = 85 \%$
 $\delta = 1/20 \Leftrightarrow \delta = 5 \%$

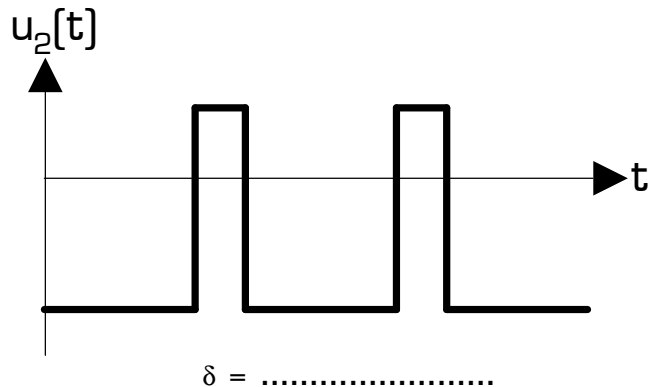
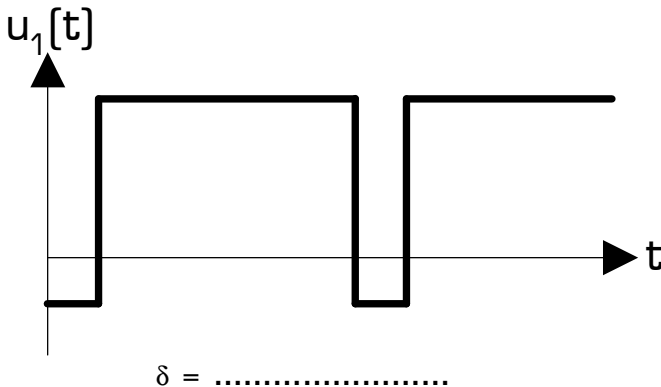
Compléter les équivalences suivantes, en écrivant δ sous la forme qui n'est pas indiquée : $0 < \text{nombre} < 1$ ou %

$\delta = 0,37 \Leftrightarrow \delta = \dots\dots \%$
 $\delta = 1/4 \Leftrightarrow \delta = \dots\dots \%$
 $\delta = \dots\dots \Leftrightarrow \delta = 75 \%$
 $\delta = 1/10 \Leftrightarrow \delta = \dots\dots \%$
 $\delta = 2/3 \Leftrightarrow \delta = \dots\dots \%$
 $\delta = \dots\dots \Leftrightarrow \delta = 33,333 \%$

Que signifie un rapport cyclique $\delta = 1/8$ pour un signal rectangulaire ?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> t_H est 8 fois plus grand que T
<input type="checkbox"/> t_B est 8 fois plus grand que T
<input type="checkbox"/> $t_H + t_B = 8$
<input type="checkbox"/> $t_H + t_B = 1/8$ | <input type="checkbox"/> t_H est 8 fois plus grand que t_B
<input type="checkbox"/> t_B est 8 fois plus grand que t_H
<input type="checkbox"/> T est 8 fois plus grand que t_H
<input type="checkbox"/> T est 8 fois plus grand que t_B |
|--|--|

Parmi les 2 signaux rectangulaires $u_1[t]$ et $u_2[t]$ ci-dessous, lequel a un rapport cyclique égal à $1/4$ et lequel a un rapport cyclique égal à $5/6$?



III - Les signaux trapézoïdaux

Comme leur nom l'indique, les signaux trapézoïdaux sont en forme de trapèzes. Ils sont définis à partir de 6 grandeurs caractéristiques, dont 2 caractéristiques de niveau et 4 caractéristiques temporelles.

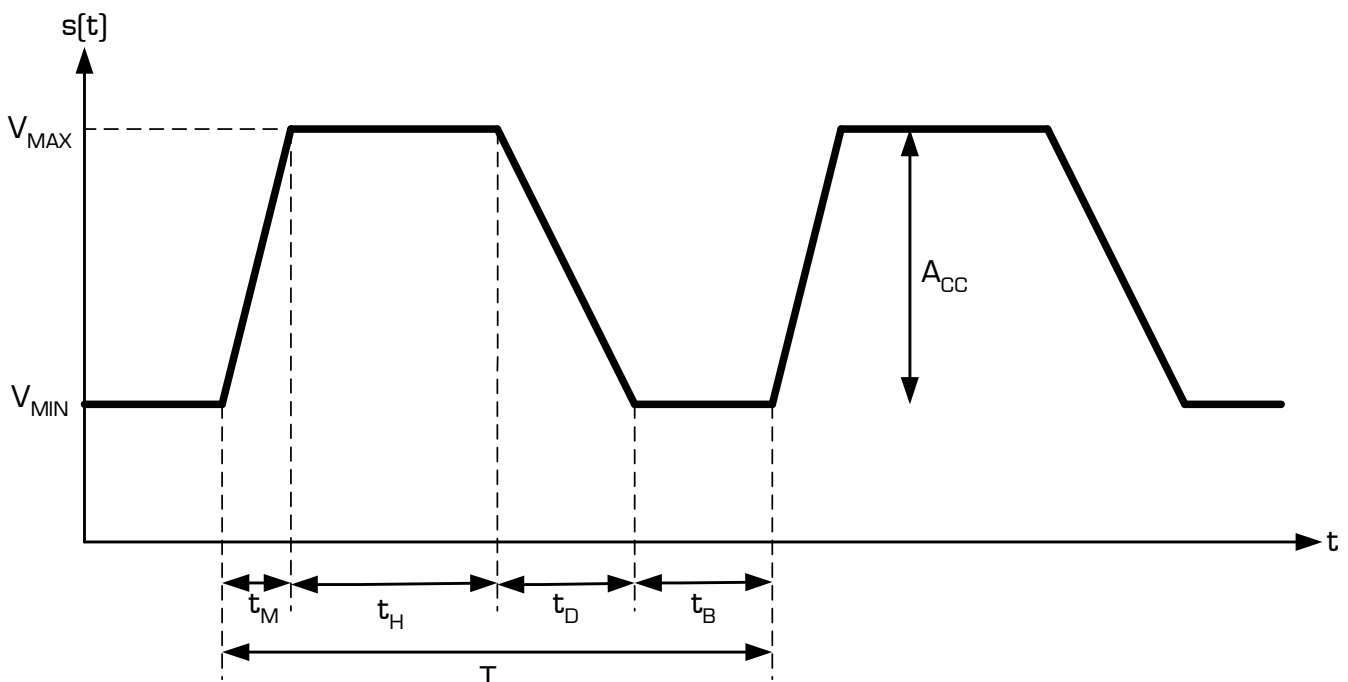
Les 2 caractéristiques de niveau définissant un signal trapézoïdal sont :

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

Les 4 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

Exemple de signal trapézoïdal :



Remarque : dans les 6 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 :

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

Rappel concernant les unités :

- * T , t_M , t_H , t_D et t_B sont en secondes [il s'agit de 5 temps]
- * si le signal $s(t)$ est une tension, alors V_{MAX} , V_{MIN} et A_{CC} sont en Volts
- * si le signal $s(t)$ est un courant, alors V_{MAX} , V_{MIN} et A_{CC} sont en Ampères

La définition de signaux sous forme de trapèzes permet de réaliser toutes formes de signaux périodiques utilisés en électronique, à l'exception des signaux sinusoidaux :

- * **signal rectangulaire** [lorsque le temps de montée et le temps de descente sont nuls, et $t_H \neq t_B$]
- * **signal carré** [lorsque le temps de montée et le temps de descente sont nuls, et $t_H = t_B$]
- * **signal triangulaire** [lorsque le temps haut et le temps bas sont nuls, et $t_M = t_D$]
- * **signal en dents de scie** [lorsque le temps haut et le temps bas sont nuls, et $t_M \neq t_D$]
- * **signal trapézoïdal** [lorsque t_M , t_D , t_H et t_B sont quelconques]

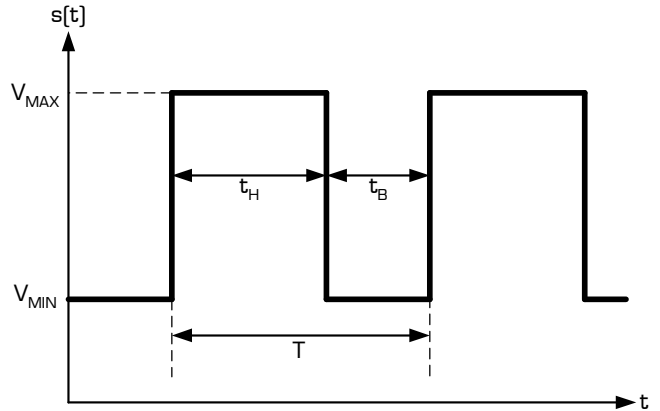
La plupart des logiciels de simulation de circuits électroniques sur ordinateur proposent ce type de définition de signaux, sous un outils appelé généralement **PULSE**. Pour configurer un générateur **PULSE** dans un simulateur, il suffit de préciser au logiciel les 6 grandeurs caractéristiques décrites en haut de cette page.

Création de signaux rectangulaires et triangulaires à partir d'un générateur trapézoïdal PULSE

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

- * $t_M = 0$ s
- * $t_D = 0$ s
- * On a donc $T = t_B + t_H$

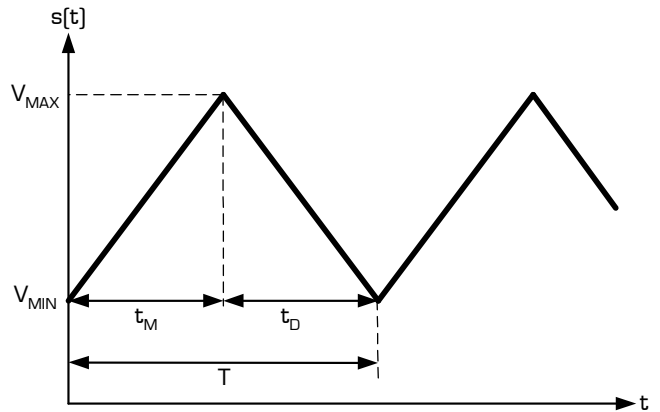
Pour obtenir un signal carré, il suffit de donner la même valeur aux temps t_H et t_B , sans oublier que t_B s'obtient par la relation $t_B = T - t_H$



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

- * $t_H = 0$ s
- * $t_B = 0$ s
- * 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 , sans oublier de garder $T = t_M + t_D$ afin d'annuler le temps bas.



IV - Exemples d'applications

Compléter le graphique ci-contre [sur lequel l'axe du temps **est gradué en ms**] afin d'obtenir un signal rectangulaire ayant :

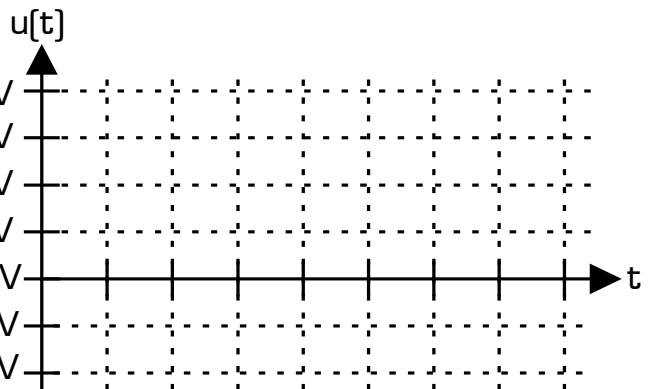
- * un temps haut de 3 ms
- * un rapport cyclique égal à 75%
- * une valeur maximale de 3 V
- * une valeur minimale de -1 V

Retrouver à partir du graphique :

- * le temps bas t_B et la période T du signal
- * la valeur moyenne V_{MOY}

$t_B =$

$T =$



$V_{MOY} =$

Compléter le graphique ci-contre [sur lequel l'axe du temps **est gradué en ms**] afin d'obtenir un signal en dents de scie ayant :

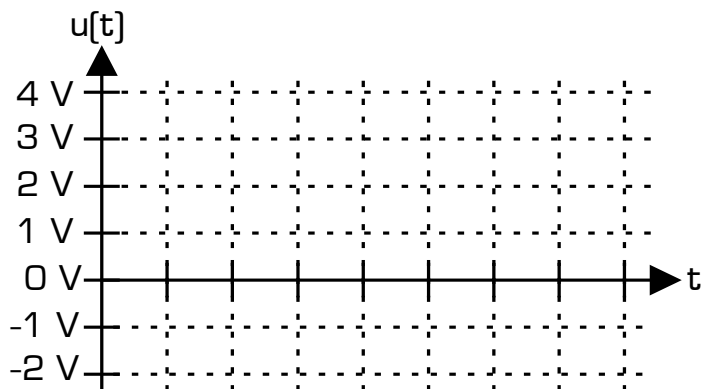
- * une fréquence de 250 Hz
- * un temps de descente de 1 ms
- * une valeur minimale de -2 V
- * une amplitude crête à crête de 6 V

Retrouver à partir du graphique :

- * le temps de montée t_M et la période T
- * la valeur maximale V_{MAX}

$t_M =$

$T =$

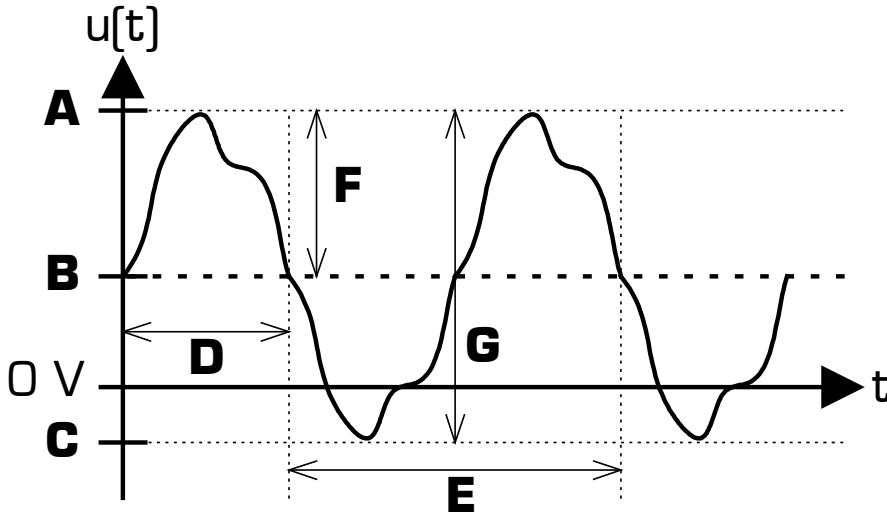


$V_{MAX} =$

Caractéristiques d'un signal analogique composite

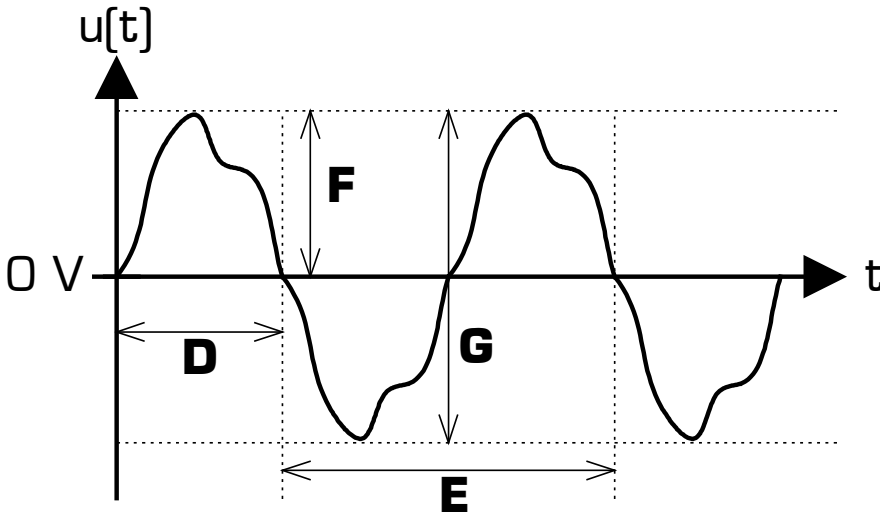
Associer les définitions qui conviennent aux grandeurs repérées A, B, C, D, E, F et G sur le signal $u[t]$:

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

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



Parmi les relations ci-dessous, rayer 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 = $1/E$

Création de signaux rectangulaires et triangulaires à partir d'un générateur trapézoïdal PULSE

Pour les 2 signaux décrits ci-dessous, donner la configuration du générateur trapézoïdal puis dessiner le signal :

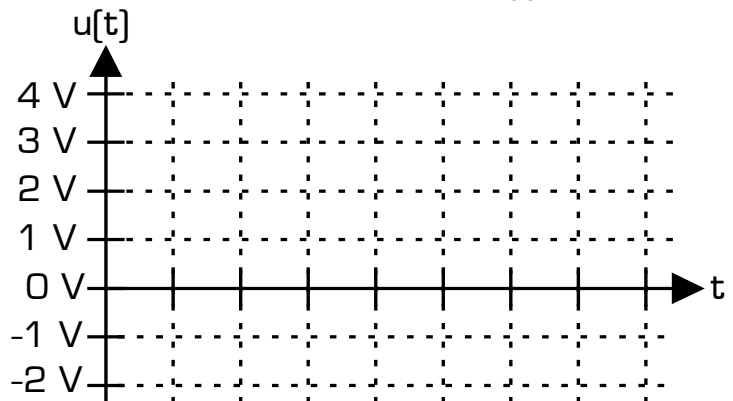
Caractéristiques du signal $u[t]$ désiré :

- * 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 :

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

Chronogramme du signal $u[t]$:



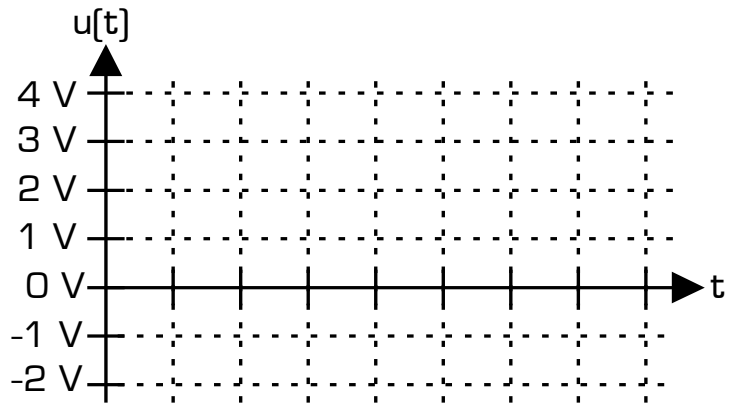
Caractéristiques du signal $u[t]$ désiré :

- * une forme triangulaire
- * une fréquence de 500 Hz
- * une valeur minimale de -1 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 $u[t]$:



V - Les signaux logiques

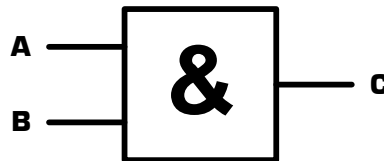
Définition

Un signal est dit **logique** si l'amplitude de la grandeur porteuse de l'information *ne peut prendre que deux valeurs*. Un signal *logique* est aussi appelé un signal *binnaire*. Contrairement aux signaux vus précédemment, un signal logique n'est pas périodique, puisque l'information qu'il représente évolue dans le temps sans se répéter.

Les deux valeurs possibles d'un signal logique représentent les deux **états logiques** (0 logique et 1 logique) définis et utilisés en logique combinatoire et en algèbre de Boole. Un signal logique est donc la représentation électrique d'une variable logique.

Application

On définit 3 variables logiques A, B et C telles que **$C = A.B$**



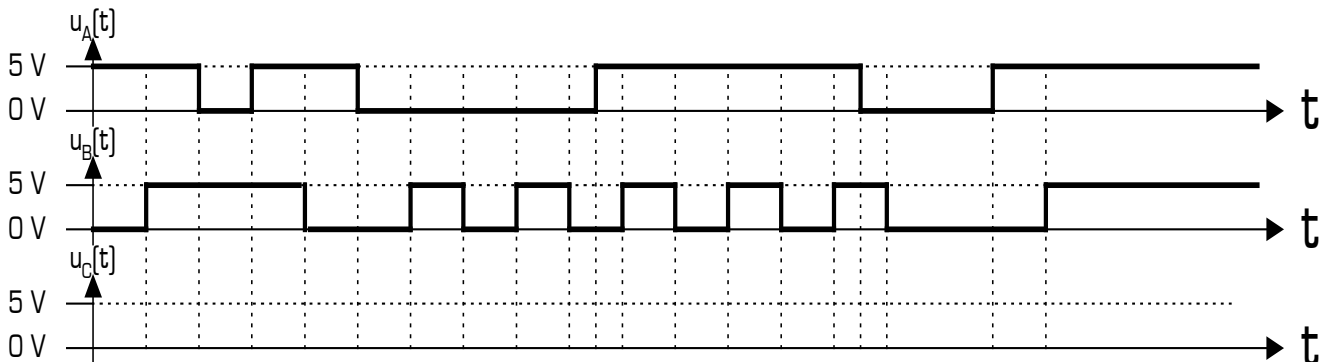
On associe à chacune de ces variables logiques un signal logique (une tension dans cet exemple) ne pouvant prendre que les valeurs 0V et 5V :

- * à la variable A on associe le signal logique $u_A[t]$
- * à la variable B on associe le signal logique $u_B[t]$
- * à la variable C on associe le signal logique $u_C[t]$

On associe à chacune des valeurs du signal un état logique :

- * un signal à **0V** représente un **0 logique**
- * un signal à **5V** représente un **1 logique**

Compléter le chronogramme du signal $u_C[t]$ en fonction des signaux $u_A[t]$ et $u_B[t]$:



A quelle condition le signal $u_C[t]$ vaut-il 5 V ?

A quelle condition le signal $u_C[t]$ est-il à 0 V ?