

# CORRECTION

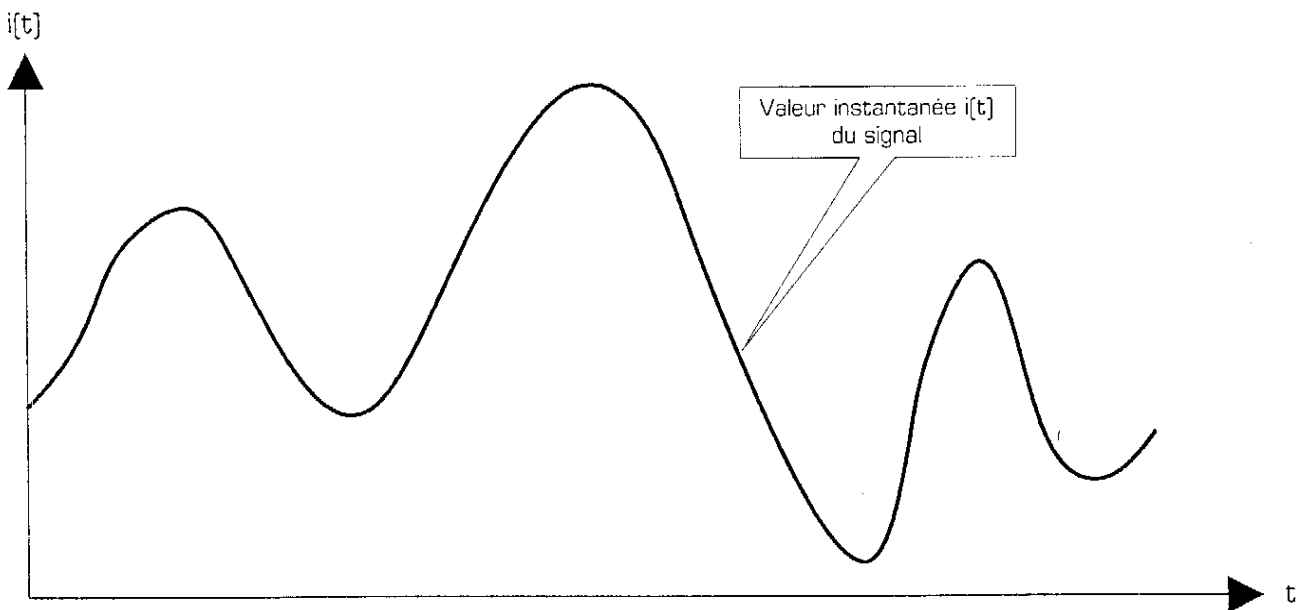
Section : <b>S</b>	Option : <b>Sciences de l'ingénieur</b>	Discipline : <b>Génie Electrique</b>	
<b>Caractéristiques des signaux électriques</b>			
Domaine d'application : <b>Traitement du signal</b>	Type de document : <b>Cours</b>	Classe : <b>Terminale</b>	Date :

## I - Définition d'un signal analogique

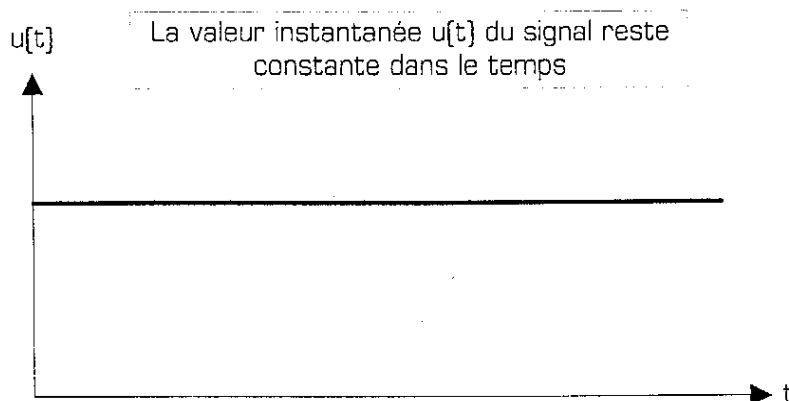
Un signal est dit ANALOGIQUE si l'amplitude de la grandeur porteuse de l'information peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné.

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 *sinusoidal* 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] :



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



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

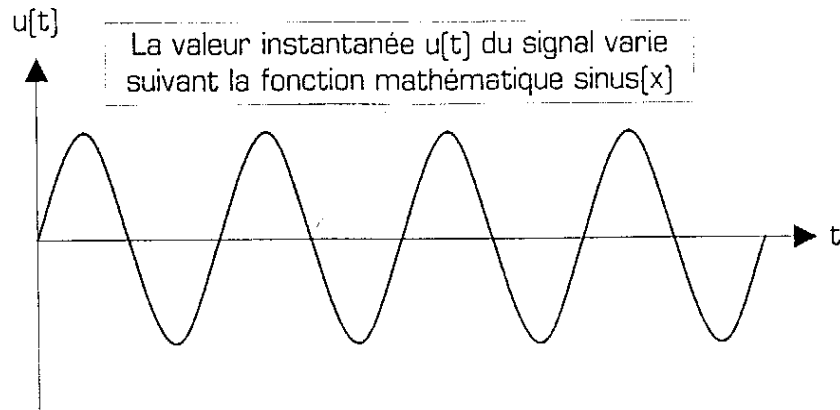


Figure 3 : Exemple de signal alternatif sinusoïdal

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 :

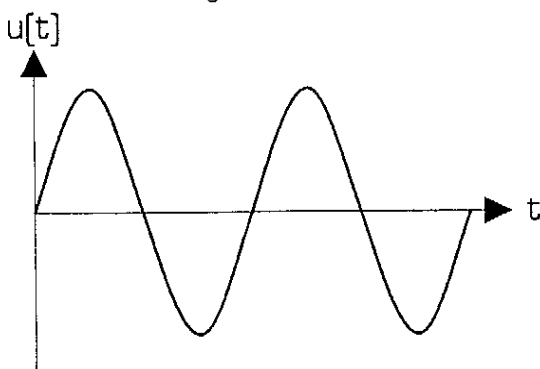
- \* *sa forme d'onde*
- \* *son amplitude (ou son amplitude crête à crête)*
- \* *sa période (ou sa fréquence)*
- \* *sa valeur moyenne*
- \* *et éventuellement son rapport cyclique (pour les signaux rectangulaires)*

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

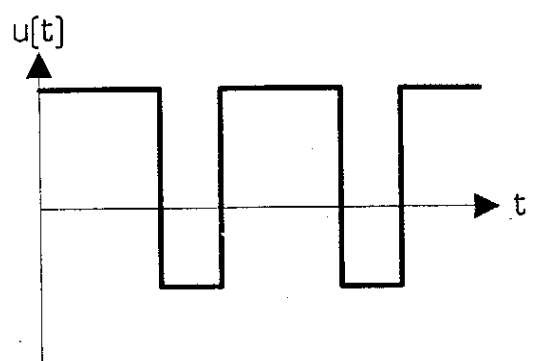
### II - 1 - Forme d'onde d'un signal

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

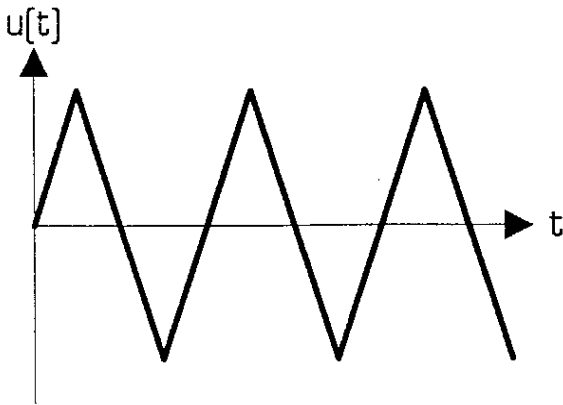
Signal sinusoïdal :



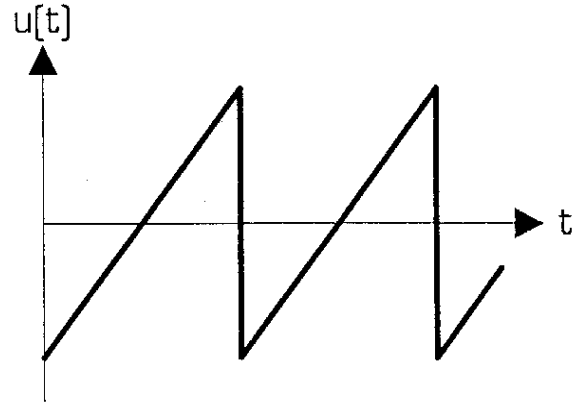
Signal rectangulaire :



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.

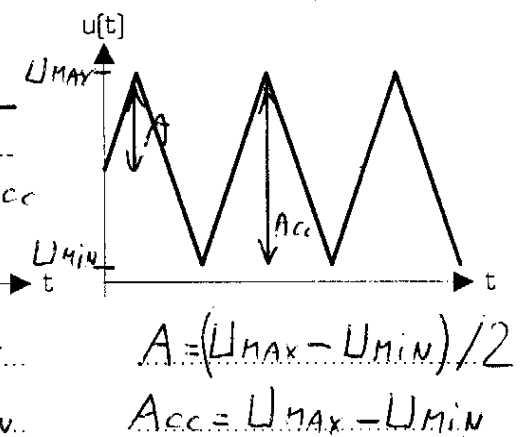
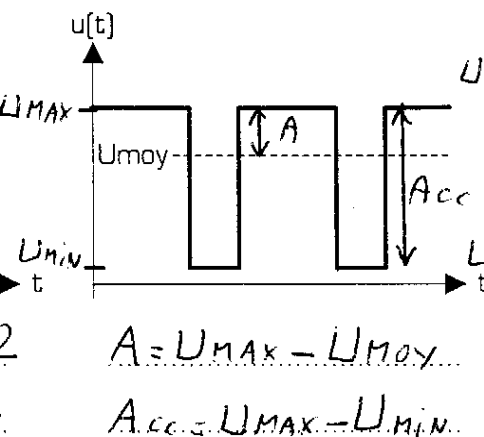
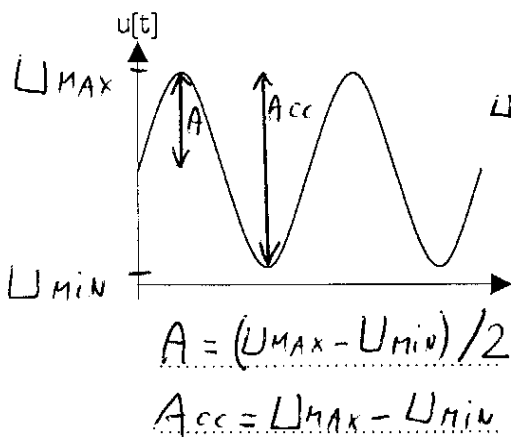
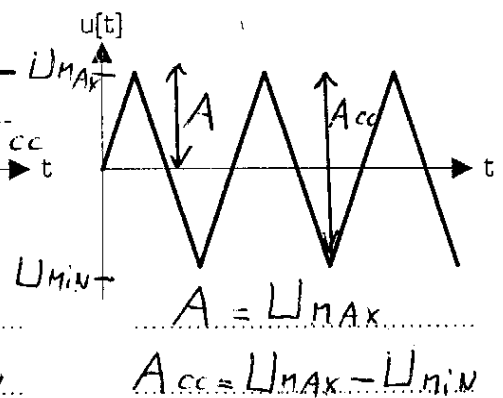
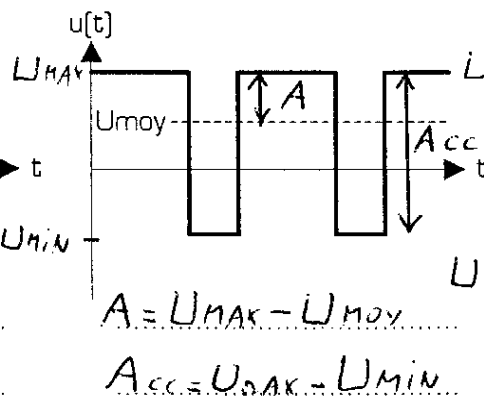
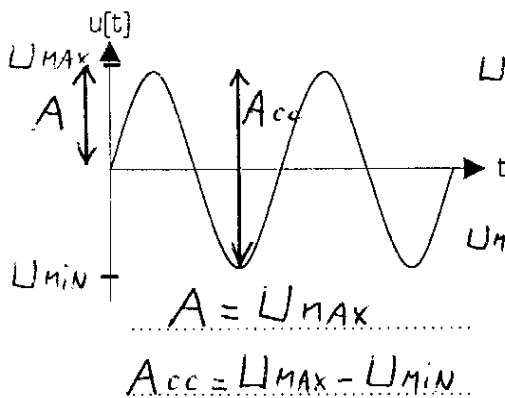
**II - 2 - Amplitude et amplitude crête à crête d'un signal**

Définition de l'amplitude : *L'amplitude d'un signal est la différence entre sa valeur maximale et sa valeur moyenne.*

Définition de l'amplitude crête à crête : *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 suivants :

- \* 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>**

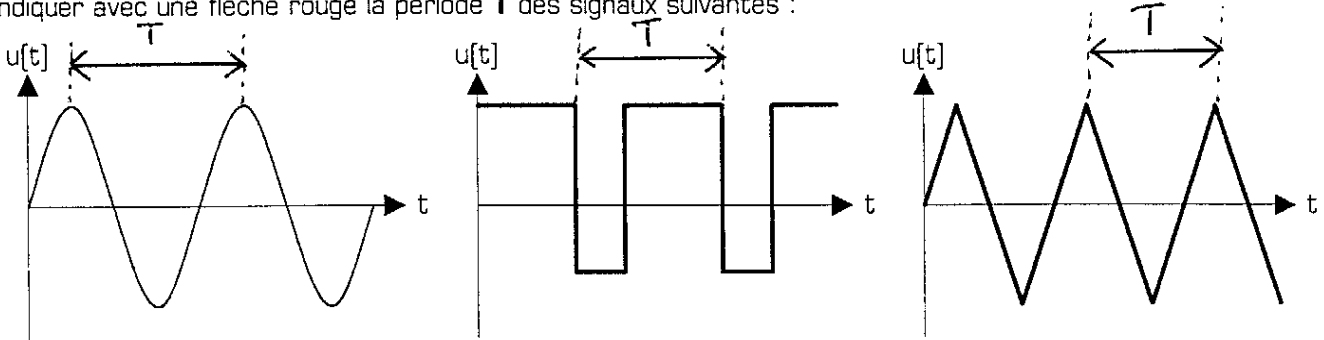


### II - 3 - Période d'un signal

La période d'un signal est la durée ou l'espace 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 période 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.

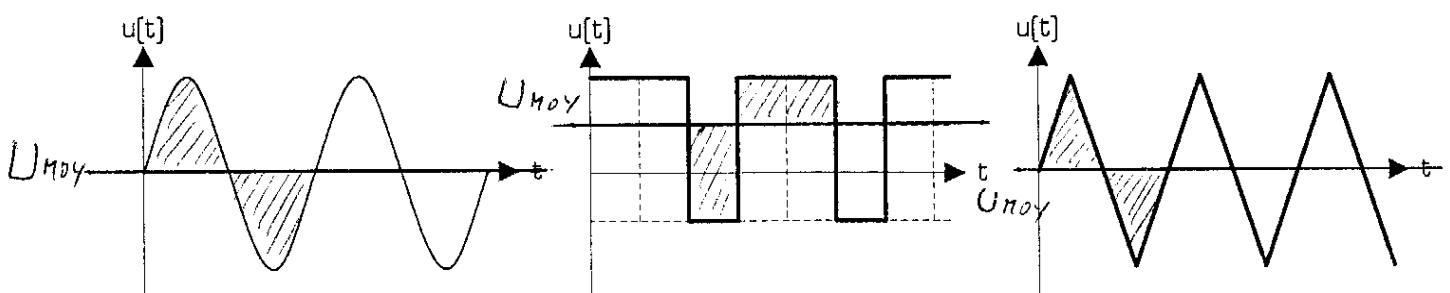
Dans le cas particulier d'un **signal rectangulaire**, la valeur moyenne peut se calculer grâce à la relation suivante :

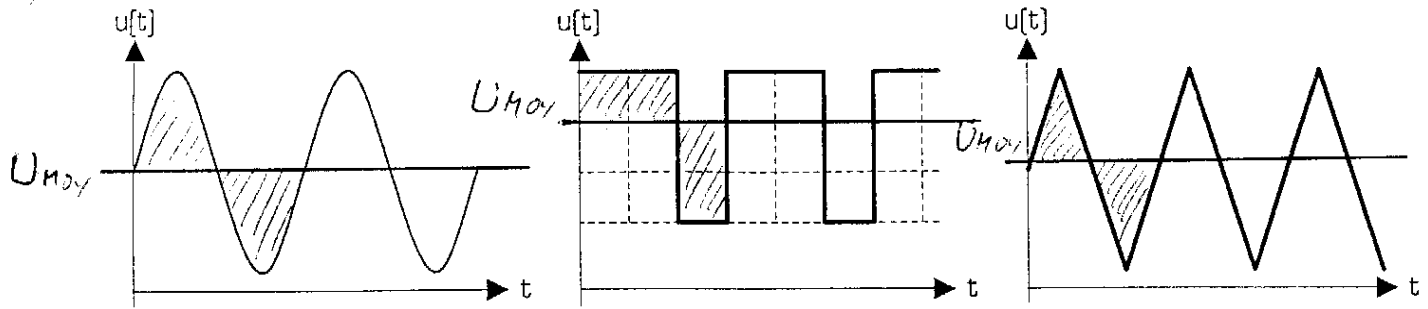
$$V_{\text{moy}} = \frac{\text{surface algébrique du signal}}{T}$$

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

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

Indiquer avec un trait rouge horizontal la valeur moyenne **U<sub>moy</sub>** sur chacun des 3 signaux suivants :





## 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.

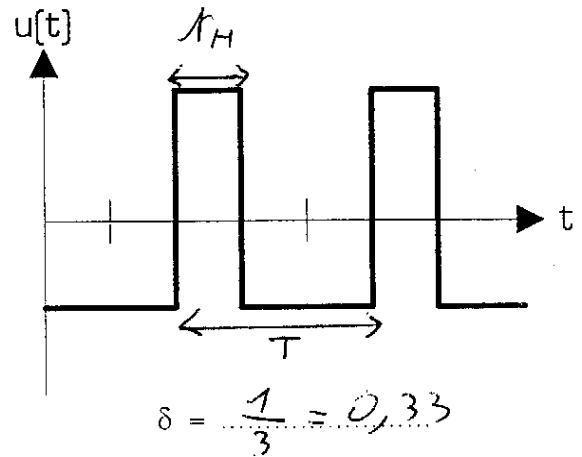
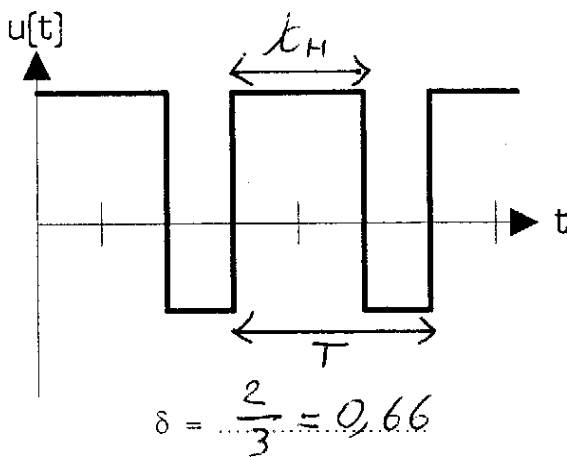
*Le rapport cyclique est égal au rapport entre le temps haut du signal et sa période.*

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

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

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 une flèche verte horizontale
- \* la valeur du rapport cyclique  $\delta$

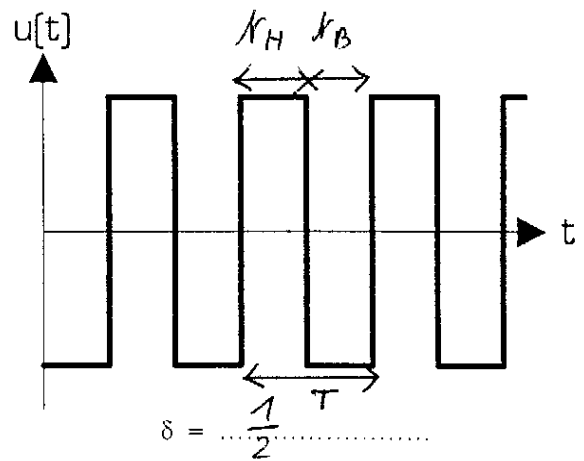
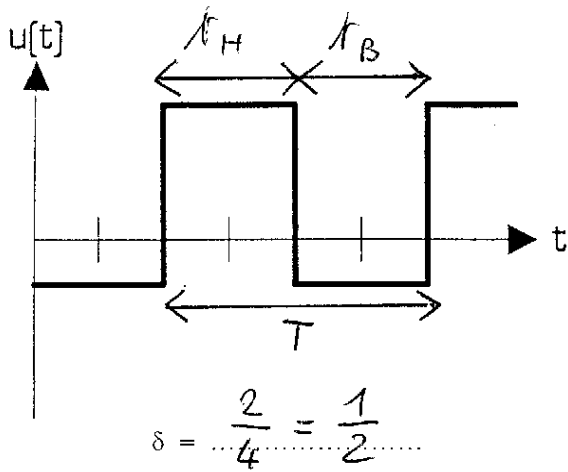


Cas particulier d'un signal carré :

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

Indiquer sur les deux signaux carrés de la page 6 :

- \* le temps haut  $t_H$  et le temps bas  $t_b$  en traçant deux flèches rouges horizontales
- \* la période  $T$  en traçant une flèche verte horizontale
- \* la valeur du rapport cyclique  $\delta$



Comparaison des caractéristiques temporelles entre un signal <b>rectangulaire</b> et un signal <b>carré</b>	
Pour un signal <b>rectangulaire</b> quelconque, le rapport cyclique est toujours compris entre 0 et 1, et nous pouvons remarquer que : <ul style="list-style-type: none"> <li>* <math>T = K_H + K_B</math></li> <li>* si <math>K_H &gt; K_B</math> alors <math>\delta &gt; 0,5</math></li> <li>* si <math>K_H &lt; K_B</math> alors <math>\delta &lt; 0,5</math></li> </ul>	Dans le cas particulier d'un signal <b>carré</b> , nous avons : <ul style="list-style-type: none"> <li>* <math>K_H = K_B</math></li> <li>* <math>T = 2 \cdot K_H = 2 \cdot K_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 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  $\delta$  sous la forme qui n'est pas indiquée :  $0 < \text{nombre} < 1$  ou %

$\delta = 0,37 \Leftrightarrow \delta = 37 \%$

$\delta = 1/4 \Leftrightarrow \delta = 25 \%$

$\frac{3}{4} \delta = 0,75 \Leftrightarrow \delta = 75 \%$

$\delta = 1/10 \Leftrightarrow \delta = 10 \%$

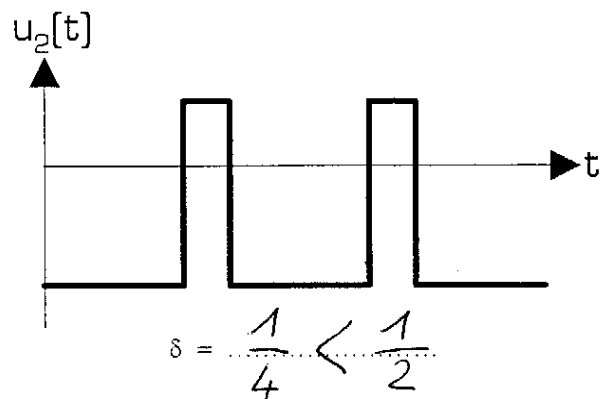
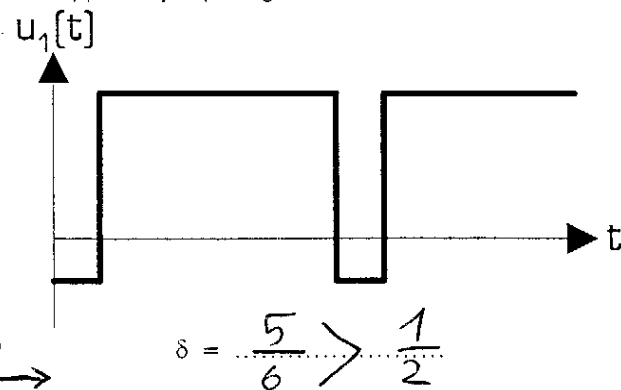
$\delta = 2/3 \Leftrightarrow \delta = 66,6 \%$

$\delta = \frac{1}{3} \Leftrightarrow \delta = 33,333 \%$

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

- $t_H$  est 8 fois plus grand que  $T$
- $t_B$  est 8 fois plus grand que  $T$
- $t_H + t_B = 8$
- $t_H + t_B = 1/8$
- $t_H$  est 8 fois plus grand que  $t_B$
- $t_B$  est 8 fois plus grand que  $t_H$
- $T$  est 8 fois plus grand que  $t_H$
- $T$  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  $5/6$  ?



FIN EN 1H

**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 ~~bas~~ » du signal
- \* la valeur maximale du signal, noté  $V_{MAX}$ , et appelé aussi « le niveau ~~bas~~ » du signal

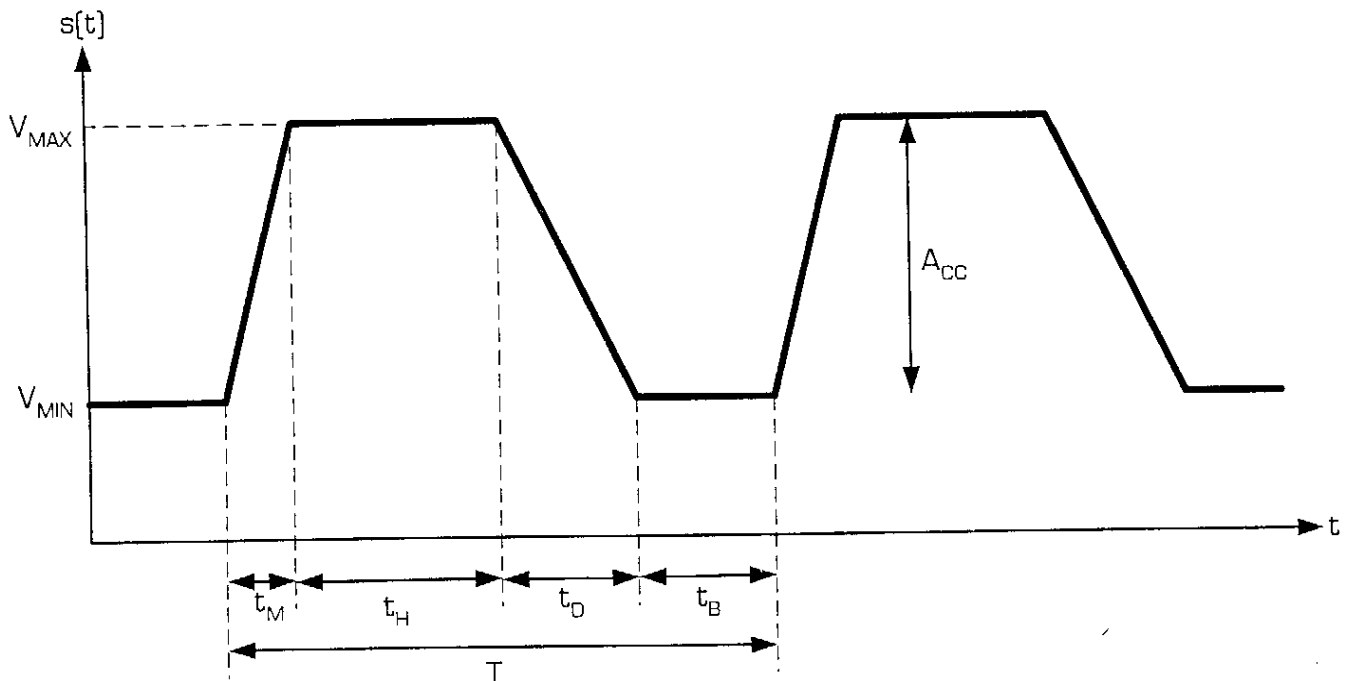
BAS

HAUT

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 caractérisant 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 sinusoïdaux :

- \* **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]

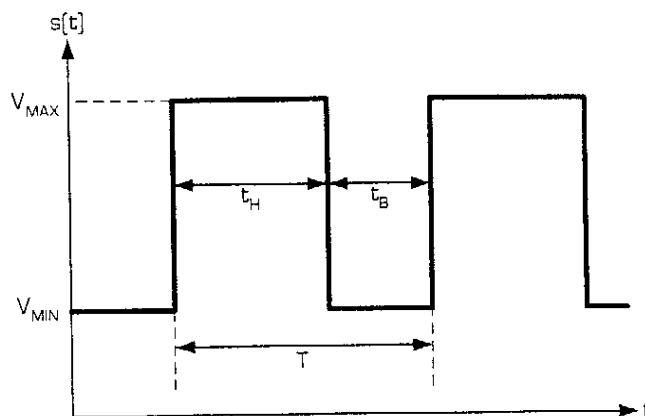
La plupart des logiciels de simulation de circuits électroniques sur ordinateur proposent ce type de définition de signaux, sous un outil appelé généralement **PULSE**. Pour configurer un générateur **PULSE** dans un simulateur, il faut préciser au logiciel les 6 grandeurs caractérisant un signal trapézoïdal 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 :

- \*  $t_M = 0 \text{ s}$
- \*  $t_D = 0 \text{ s}$
- \* On a donc  $T = t_B + t_H$

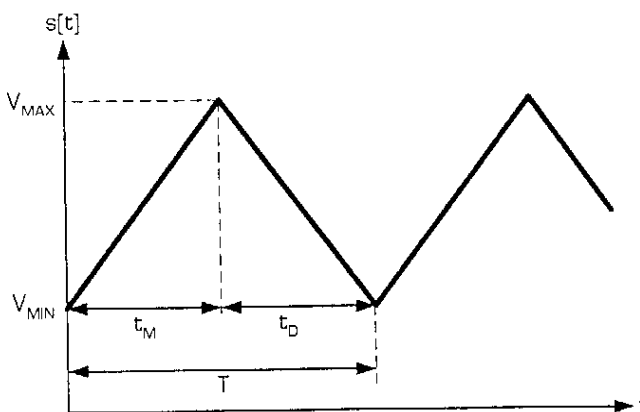
Pour obtenir un signal carré, il suffit de donner la même valeur aux temps  $t_H$  et  $t_B$ , sans oublier que  $t_B$  s'obtient par la relation  $t_B = T - t_H$



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

- \*  $t_H = 0 \text{ s}$
- \*  $t_B = 0 \text{ s}$
- \* 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 :

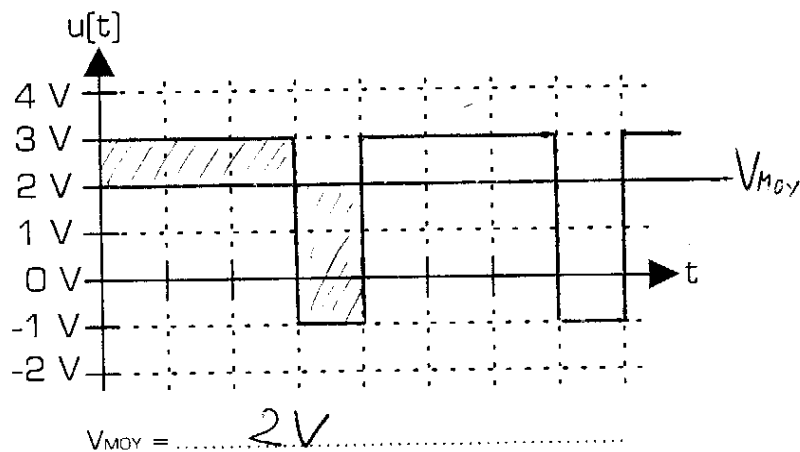
- \* un temps haut de 3 ms
- \* un rapport cyclique égal à 75%
- \* une valeur maximale de 3 V
- \* une valeur minimale de -1 V

Retrouver à partir du graphique :

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

$t_B = 1 \text{ ms}$

$T = 4 \text{ ms}$



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 :

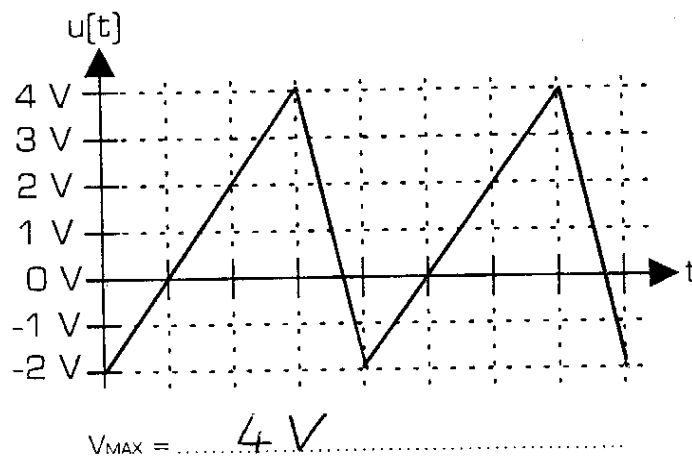
- \* une fréquence de 250 Hz
- \* un temps de descente de 1 ms
- \* une valeur minimale de -2 V
- \* une amplitude crête à crête de 6 V

Retrouver à partir du graphique :

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

$t_M = 3 \text{ ms}$

$T = 4 \text{ ms}$

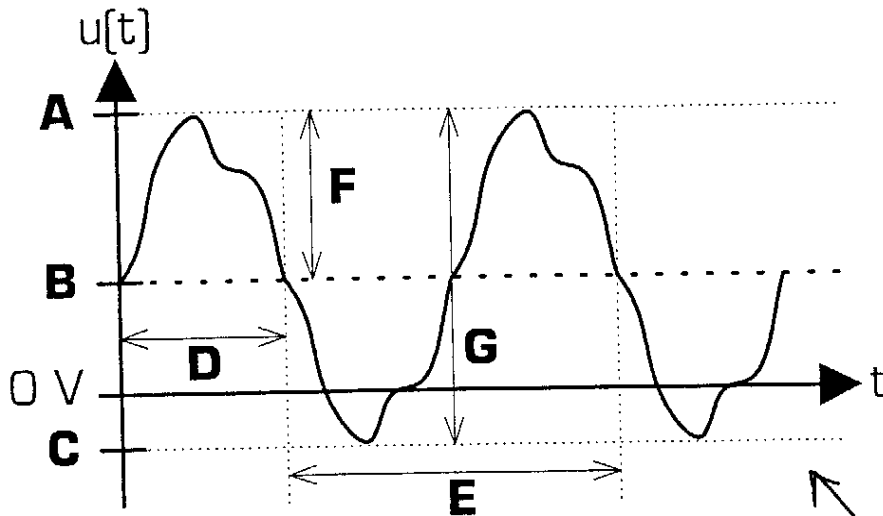




## Caractéristiques d'un signal analogique composite

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 :



- $E$  : Période du signal
- $G$  : Amplitude crête à crête
- $C$  : Valeur minimale du signal
- $A$  : Valeur maximale du signal
- $B$  : Valeur moyenne du signal
- $1/E$  : Fréquence du signal
- $F$  : Amplitude de la composante alternative

*il faut observer les 2 signaux pour répondre aux questions*  
 Parmi les relations ci-dessous, rayer celles qui sont fausses :

~~$u[t] + u_A[t] = B$~~

$B + F = A$

~~$u[t] + B = u_A[t]$~~

~~$E + F = G$~~

$C + G = A$

$B = u[t] - u_A[t]$

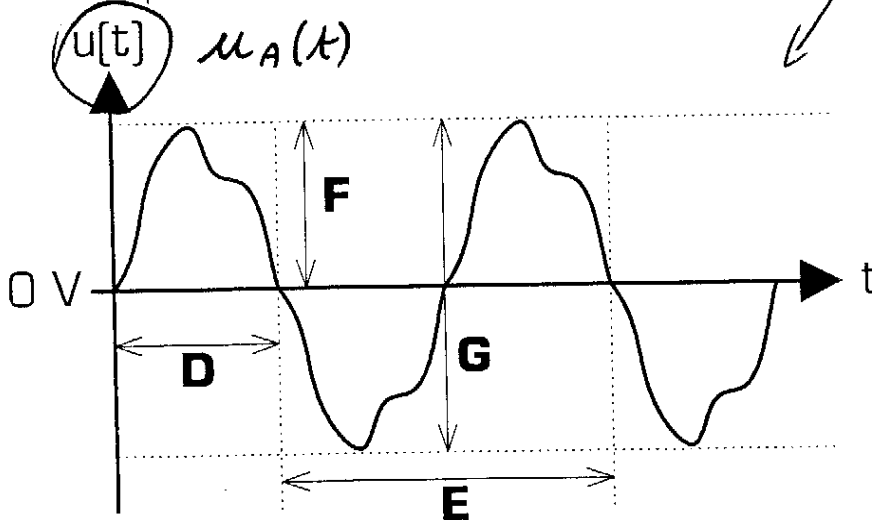
~~$u[t] = u_A[t] + B$~~

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

~~la fréquence =  $1/D$~~

la fréquence =  $1/E$

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



## 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 :

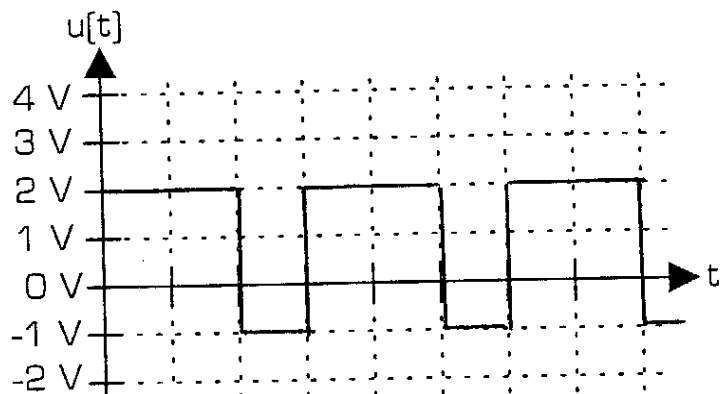
Caractéristiques du signal  $u[t]$  désiré :

- \* 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 :

- \*  $t_M = 0 \Delta$
- \*  $t_D = 0 \Delta$
- \*  $t_H = 2 \text{ ms}$
- \*  $T = 3 \text{ ms}$
- \*  $V_{MIN} = -1 \text{ V}$
- \*  $V_{MAX} = 2 \text{ V}$

Chronogramme du signal  $u[t]$  :



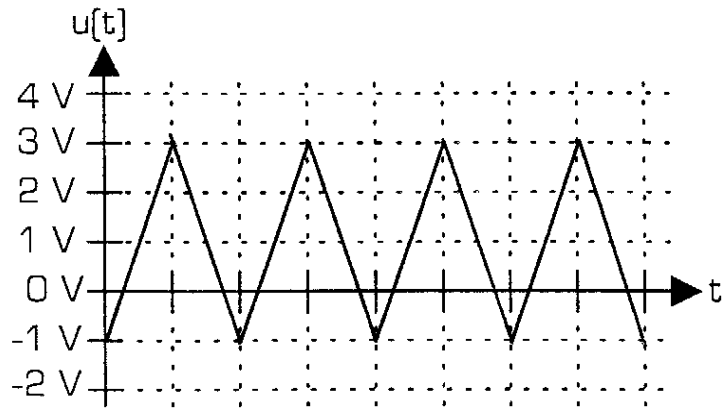
Caractéristiques du signal  $u(t)$  désiré :

- \* 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 :

- \*  $t_M = 1 \text{ ms}$
- \*  $t_D = 1 \text{ ms}$
- \*  $t_H = 0 \text{ ms}$
- \*  $T = 2 \text{ ms}$
- \*  $V_{MIN} = -1 \text{ V}$
- \*  $V_{MAX} = 3 \text{ V}$

Chronogramme du signal  $u(t)$  :



## V - Les signaux logiques

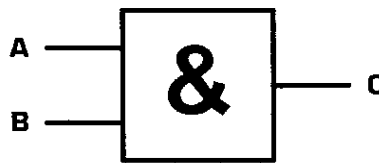
### Définition

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  **$C = A \cdot B$**



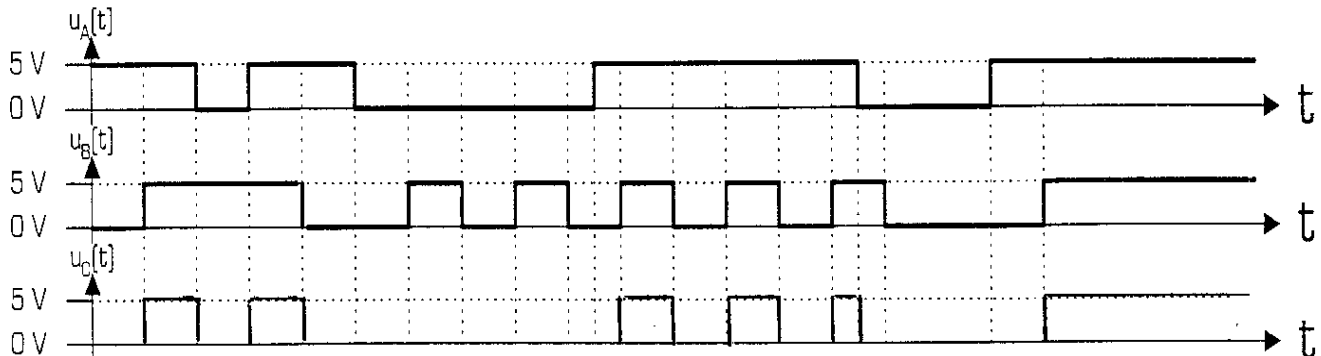
On associe à chacune de ces variables logiques un signal logique (une tension dans cet exemple) ne pouvant prendre que les valeurs 0V et 5V :

- \* 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 ?  $\Delta i. U_A(t) = 5V \text{ ET } U_B(t) = 5V$

A quelle condition le signal  $u_C(t)$  est-il à 0 V ?  $\Delta i. U_A(t) = 0V \text{ OU } U_B(t) = 0V$

**Retrouvez d'autres cours sur le site ressource**

**[www.gecif.net](http://www.gecif.net)**

**Des cours et des TP de Génie Electrique**

**Des exercices et des évaluations avec corrections**

**Des ressources Flowcode, Automgen et ISIS Proteus**

**Des QCM pour réviser les cours et vous entraîner**

**Des logiciels à télécharger**

**Des dossiers techniques de systèmes originaux**

**Des fiches pratiques sur tous les domaines des sciences de l'ingénieur**

**Des sujets de BAC**

**Et bien plus encore sur Gecif.net !**