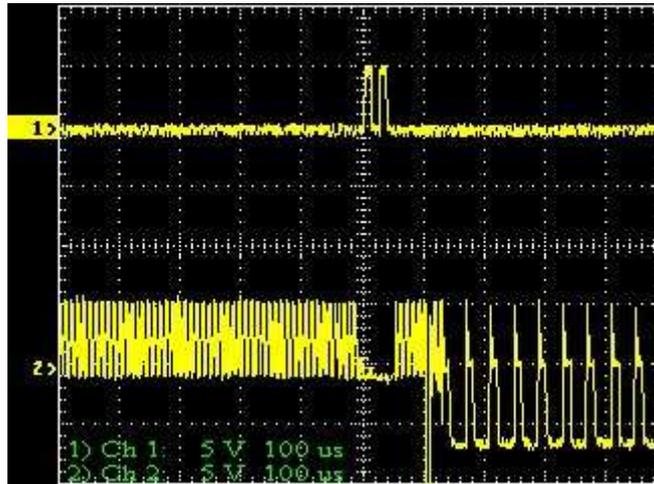


CARACTERISATION DE L'INFORMATION ANALOGIQUE ET LOGIQUE



Référence au programme de formation :

- Comportement informationnel des systèmes (ET 2.3.6)

Objectifs et prérequis



Objectifs

A la fin de la séquence, l'élève doit être capable

- de définir une grandeur électrique (courant, tension, puissance, résistance)
- de caractériser une information analogique simple par ses paramètres spécifiques (forme, composition spectrale ou temporelle, grandeurs....)
- de représenter des signaux analogiques de manière temporelle et fréquentielle.
- d'énoncer le principe de la décomposition de Fourier



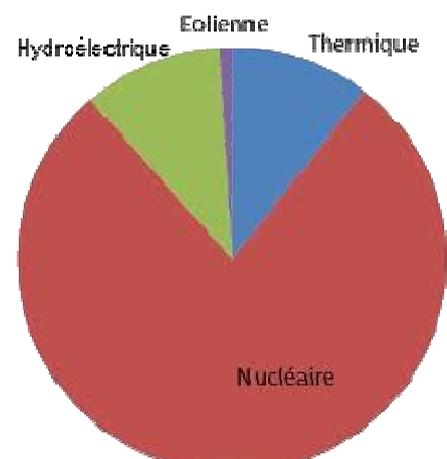
Pré-requis

Aucun prérequis

I/ Les grandeurs électriques

I.1/ Introduction

Le monde dans lequel nous évoluons a développé des moyens et des outils techniques qui reposent essentiellement sur l'utilisation et la transformation de l'énergie électrique.



Cette énergie est produite en France majoritairement par les centrales nucléaires, mais aussi par des centrales hydroélectriques, thermiques, éoliennes ou solaires.

I.2/ Grandeurs électriques

Les grandeurs électriques caractéristiques sont :

- Le courant électrique
- La résistance électrique
- La tension ou différence de potentiel
- La puissance électrique

II/ Le courant électrique



Courant électrique

Un courant électrique est un déplacement d'électron sous l'action d'un champ électrique, dans un matériaux non isolant (électriquement parlant) .

Le courant électrique caractérise une quantité de charges électriques par unité de temps.

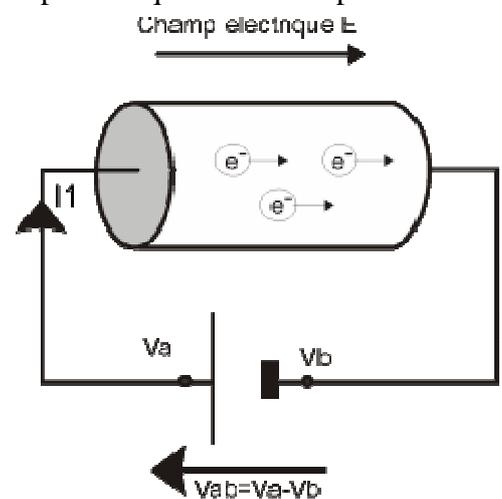
L'unité du courant électrique est l'**Ampère** : lettre **A**.

On utilise la lettre **I** pour référencer un courant électrique.

On dit par exemple : le courant I_1 vaut 3A

La foudre est phénomène naturel qui caractérise ce déplacement d'électrons : Lorsqu'en été, la charge électrique des nuages diffère de la charge du sol, le champ électrique devient important et l'humidité de l'air - liée à la chaleur - présente une certaine conductivité électrique qui permet aux électrons de se déplacer.

Le courant électrique se déplace toujours dans un conducteur ce qui explique qu'on le représente, sur un schéma électrique, par une flèche placée sur le fil électrique.



III/ La résistance électrique



Résistance électrique

C'est l'aptitude d'un matériau à s'opposer au passage du courant électrique.

Cette caractéristique dépend d'un grand nombre de facteurs :

- le matériau utilisé : l'aluminium est un meilleur conducteur que le bois
- les dimensions : pour un même matériau la résistance dépend de la section et de la longueur de l'élément résistif
- de la température et de l'humidité

L'unité de la résistance est l'OHM : lettre grecque omega Ω

L'élément résistif est appelé RESISTOR mais par abus de langage on parle souvent de RESISTANCE.

La lettre utilisée pour référencer un résistor est la lettre R.

On écrit par exemple $R_2 = 10k\Omega$



Conductance

La conductance est le phénomène physique inverse de la résistance.

C'est une notion peu utilisée pratiquement.

Son unité est le Siemens : Lettre S

IV/ La tension électrique



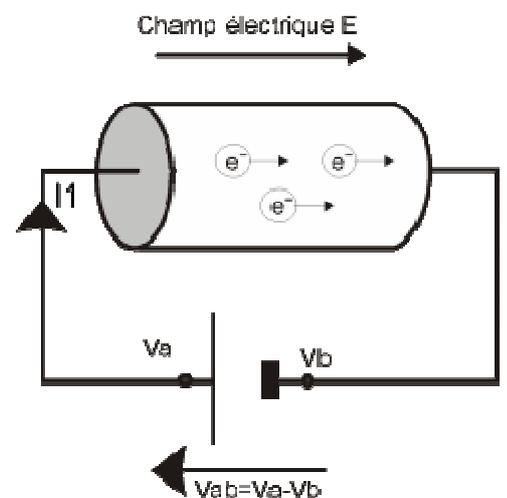
Tension électrique

En général, on assimile la tension électrique à la différence de potentiel (ddp).

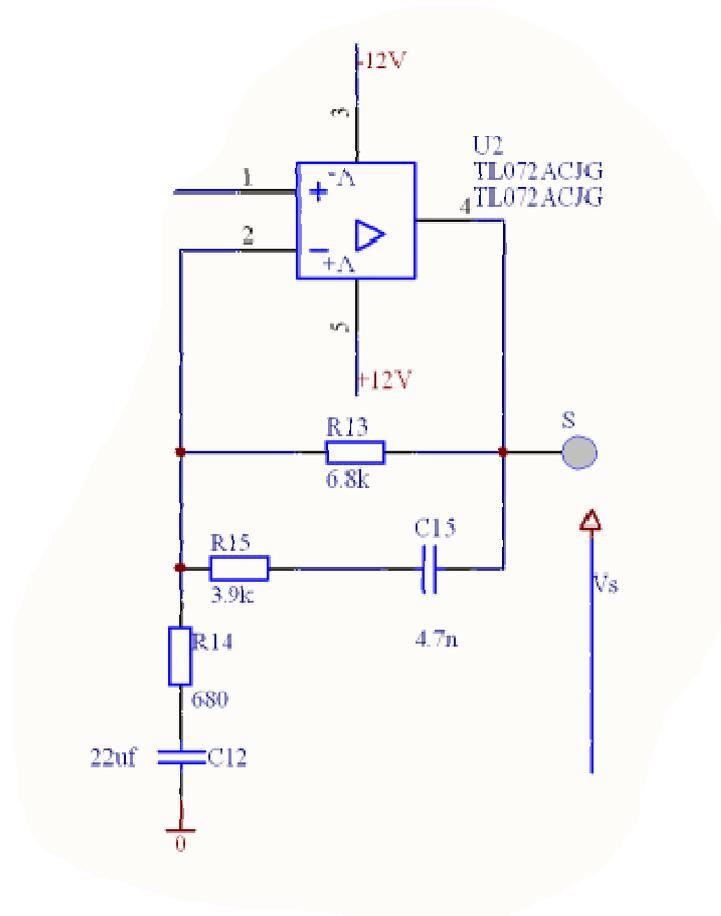
Il s'agit d'une différence de charge électrique entre deux points (V_a et V_b sur la figure). L'unité de la tension est le VOLT : lettre V. La lettre utilisée pour référencer une tension est la lettre V ou U.

On écrit par exemple $U_1=230V$

La différence de potentiel est représentée, sur un schéma, par une flèche placée à côté du dipôle soumis à cette ddp : V_{ab} sur le dessin ci-contre.



Parfois, la différence de potentiel est référencée par rapport à une tension de référence qui est le 0V, comme pour V_s sur le schéma ci-dessous.

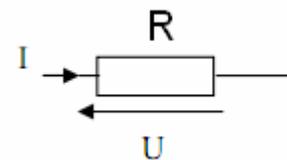


Loi d'ohm

Le parcours d'un courant dans un élément résistif (R) produit une différence de potentiel aux bornes de cet élément.

La loi d'ohm formalise cette relation :

$$U = R \times I$$



V/ La puissance électrique



La puissance électrique

La puissance est toujours égale au produit d'une grandeur d'effort (force, couple, pression, tension, etc.) par une grandeur de flux (vitesse, vitesse angulaire, débit, intensité du courant, etc.).

La puissance électrique est donc le produit entre la tension et le courant :

$$P = U \times I$$

L'unité de puissance est le Watt : lettre W et la lettre qui référence une puissance est le P.

On écrit par exemple : $P_2 = 500W$

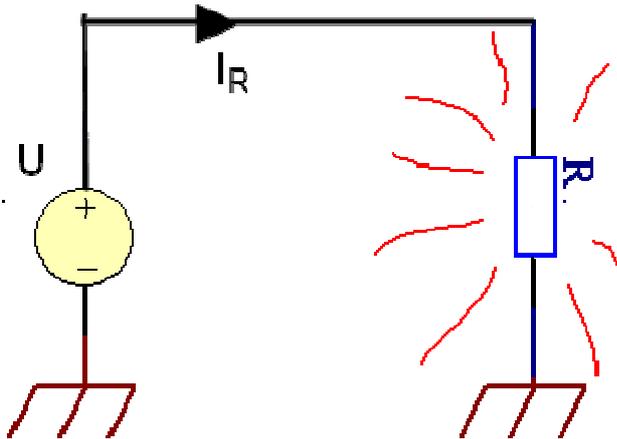


Effet Joule

Lorsqu'un résistor est alimentée par un générateur, le courant qui le traverse est :

$$I_R = U/R$$

Ce passage de courant provoque en son sein un phénomène souvent indésirable appelé *Pertes par effet Joule* et qui se caractérise par une élévation de température du résistor.



Cette élévation est proportionnelle à la puissance :

$$P_j = U \times I_R = U^2/R$$

ou encore

$$P_j = R \times I_R^2$$

VI/ Caractérisation d'un signal électrique



Signal électrique

Un signal électrique est une grandeur électrique - souvent une tension ou un courant - qui évolue dans le temps et qui transporte une ou plusieurs informations.

La puissance transmise par un signal électrique est souvent faible.

L'information véhiculée détermine :

- la nature et la forme du signal
- les amplitudes du signal
- la composition temporelle
- la composition fréquentielle



Un signal n'est correctement caractérisé que si on arrive à le reproduire à partir de la description qu'on en a fait.

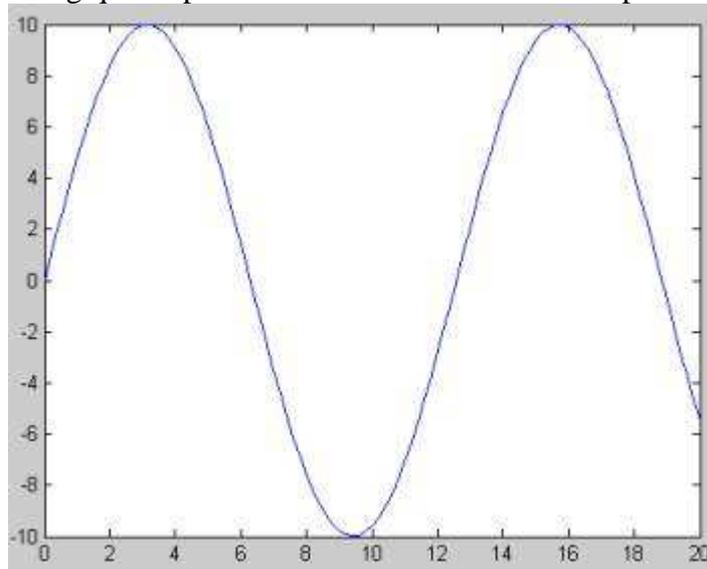
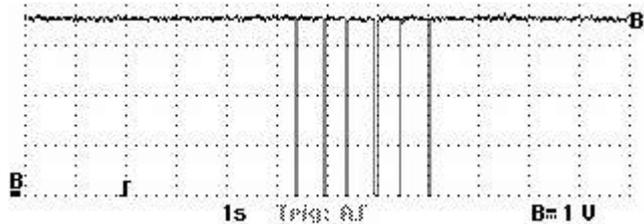
VII/ Nature et forme



Nature d'un signal

On distingue généralement deux types de signaux :

- Les signaux logiques ne disposent que de deux valeurs caractéristiques de leur amplitude si on les représente en fonction du temps. Ces deux valeurs sont appelées habituellement *Niveau logique 0* et *niveau logique 1*.
- Les *signaux analogiques* : à l'inverse d'un signal logique, un signal analogique dispose d'une infinité de valeurs comprises entre le



minimum et le maximum.

- On parle également de *signal numérique* lorsqu'un ou plusieurs signaux logiques véhiculent des informations complexes représentatives d'une valeur numérique.

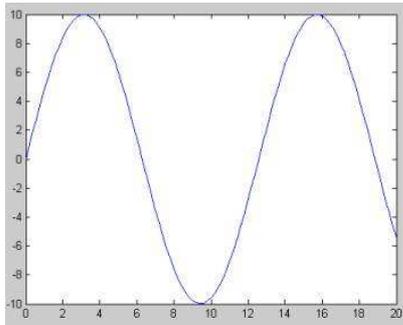


Forme d'un signal

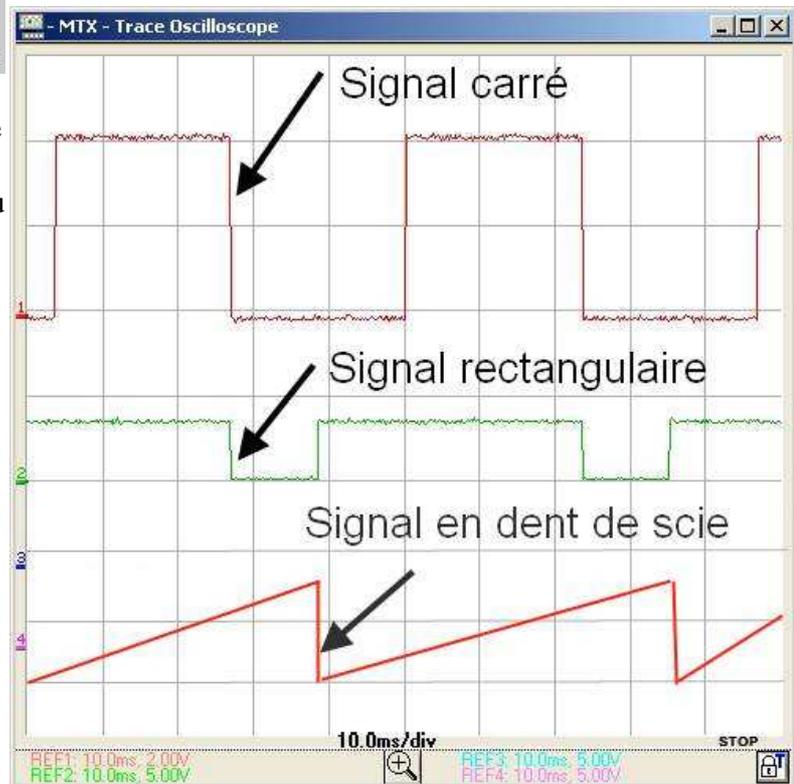
La forme d'un signal sous entend généralement une représentation de l'amplitude en fonction du temps.

On distingue généralement :

- un signal sinusoïdal ou cosinusoidal

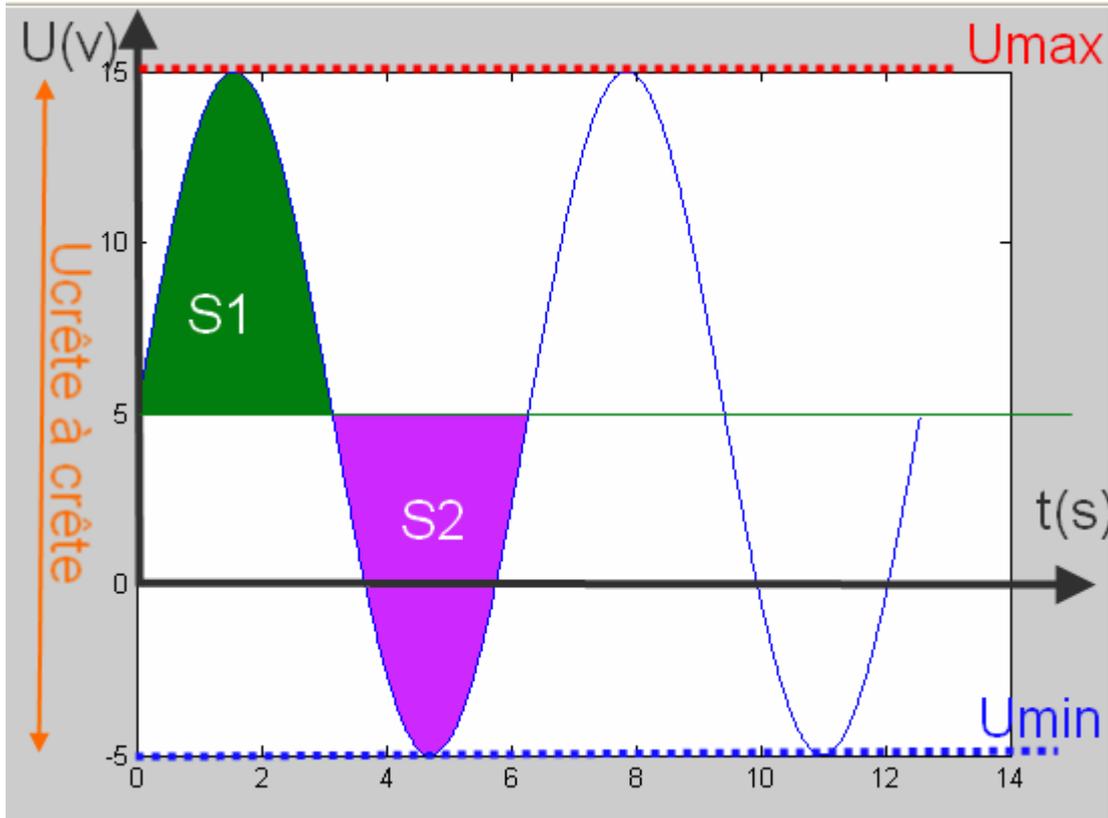


- un signal rectangulaire
- un signal carré qui se distingue du précédent par le fait que le temps à l'état 1 est identique au temps à l'état 0.
- un signal en dent de scie



VIII/ Description des amplitudes

Soit le signal analogique sinusoïdal suivant qui répond à l'équation $U(t) = 5 + 10 \cdot \sin(\omega t)$.



Valeur maximale

La valeur maximale (U_{max} sur le dessin) est l'amplitude la plus importante que prend un signal (qu'il s'agisse de courant ou de tension).

Remarque : on fait abstraction ici des phénomènes transitoires indésirables comme les parasites ou les glitch qui peuvent parfois dépasser cette valeur maximale.



Valeur minimale

La valeur minimale (U_{min} sur le dessin) est l'amplitude la plus faible que prend un signal (qu'il s'agisse de courant ou de tension).

Remarque : on fait abstraction des phénomènes transitoires indésirables.



Valeur crête à crête

Il s'agit de la différence entre l'amplitude maximale et l'amplitude minimale d'un signal. $U_{\text{crête à crête}}$ sur la figure ci-dessus.



Valeur moyenne

La *valeur moyenne* est aussi la composante continue (ou OFFSET en anglais) d'un signal.

Elle est le résultat d'un calcul de la moyenne d'aire sur une période (durée au bout de laquelle le signal se reproduit identique à lui même).

Dans la figure ci-dessus, on voit que $S1=S2$ donc la valeur moyenne est de 5V.

On remarque également que ce 5V correspond à la constante ajoutée à la fonction sinusoïdale :

$$U(t) = 5 + 10.\sin(\omega t)$$

Si on alimente une résistance R avec une tension sinusoïdale, la résistance chauffera pendant l'alternance négative de la tension et pendant l'alternance positive. Ce n'est pas la valeur moyenne de la tension qui provoquera l'échauffement. Par ailleurs, du fait de la forme de la tension qui n'est pas toujours au maximum, cet échauffement n'est lié ni à U_{max} ni à U_{min} . On ne peut donc pas se satisfaire, pour décrire une tension, des définitions précédentes.

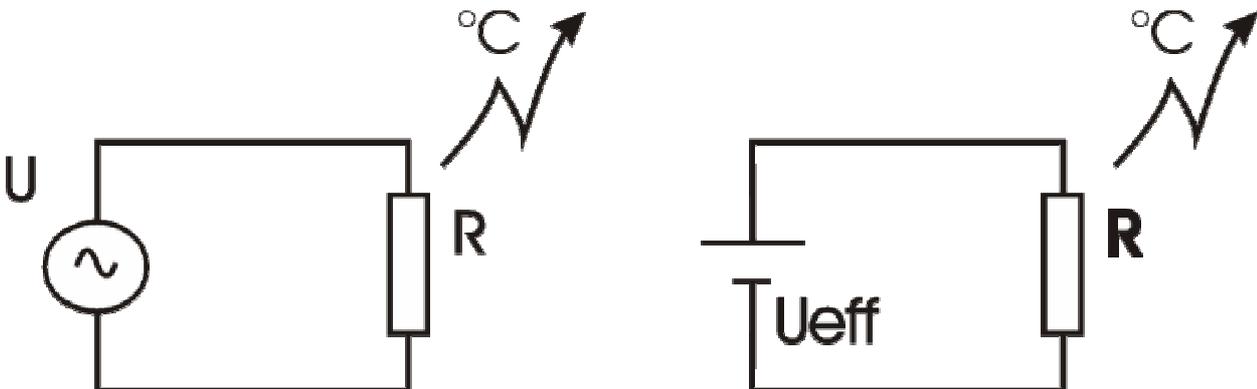
La *valeur efficace* apporte une notion supplémentaire.



Valeur efficace

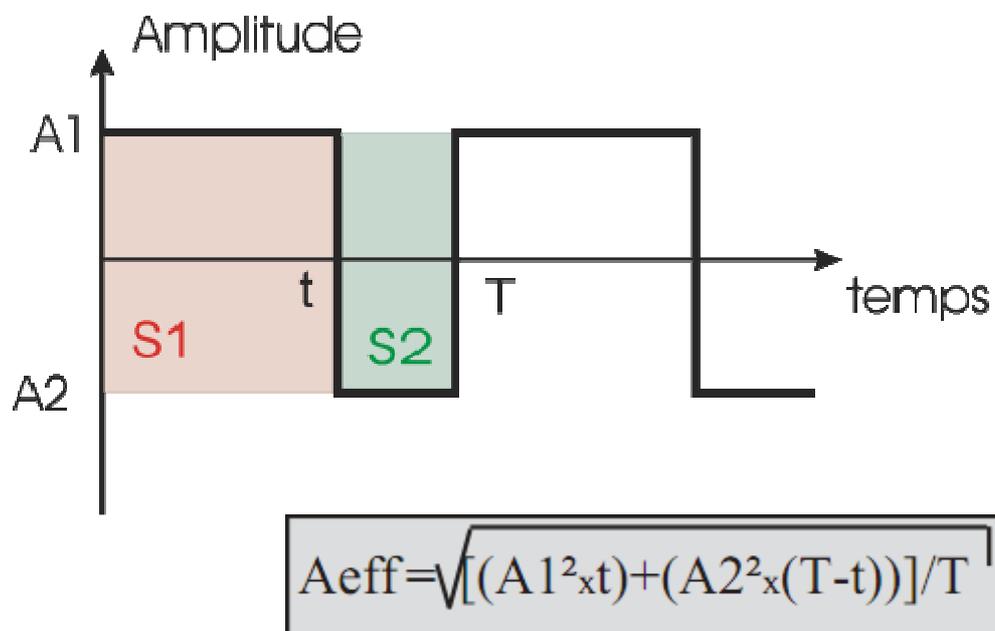
Une résistance (R) alimentée par une tension quelconque (U) subit une élévation de température ($^{\circ}\text{C}$) par effet de Joule.

La tension efficace de la tension U correspond à une tension continue constante qui alimenterait la même résistance et provoquerait le même échauffement.



Calculer la valeur efficace d'une tension revient à

- élever la tension au carré,
- calculer la valeur moyenne de la tension au carré
- extraire la racine carré du résultat



La tension efficace d'un tension sinusoïdale est $U_{\text{efficace}} = U_{\text{max}} / 1,414$

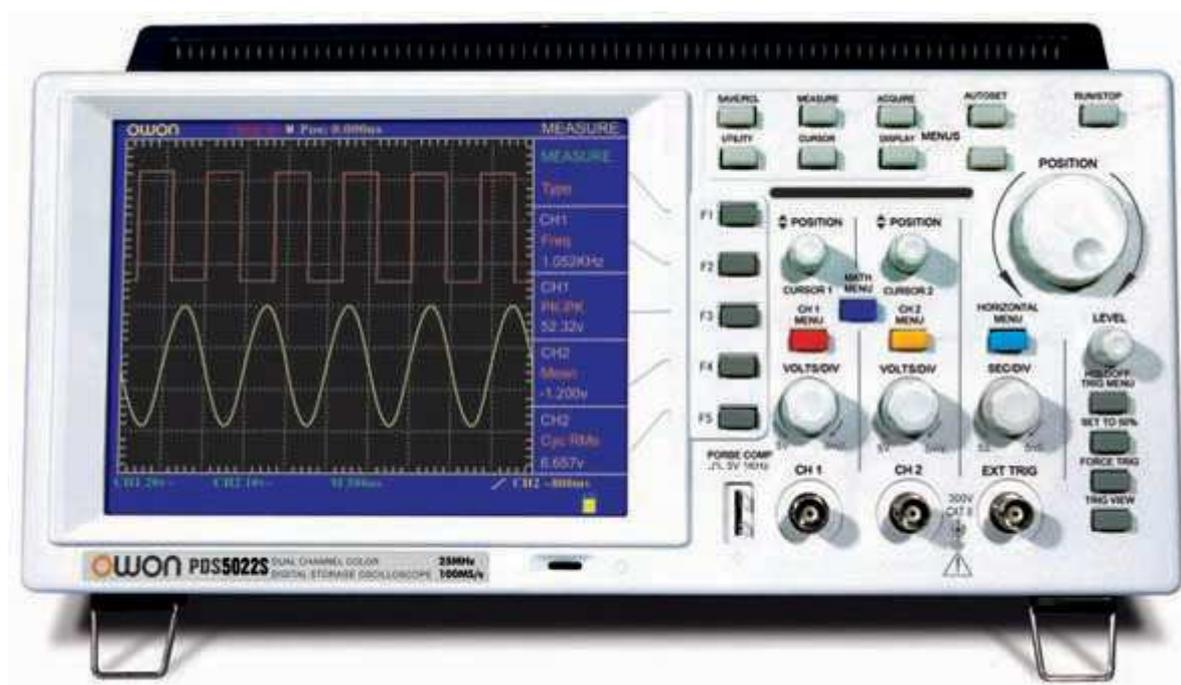
IX/ Description temporelle



Chronogramme

Un chronogramme permet de représenter l'amplitude d'un signal en fonction du temps. Cette représentation apporte de nombreuses informations utiles sur un signal dès lors que les axes sont correctement gradués.

Dans la pratique, pour relever un chronogramme on utilise un oscilloscope.

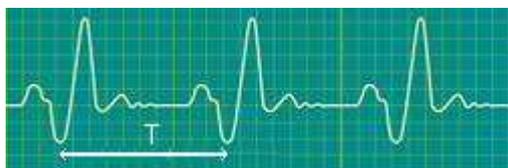




La période

La période d'un signal est le temps au bout duquel le signal se reproduit identique à lui-même.

La lettre T qualifie habituellement la période.



La période est exprimée en temps et l'inverse de la période est la fréquence.

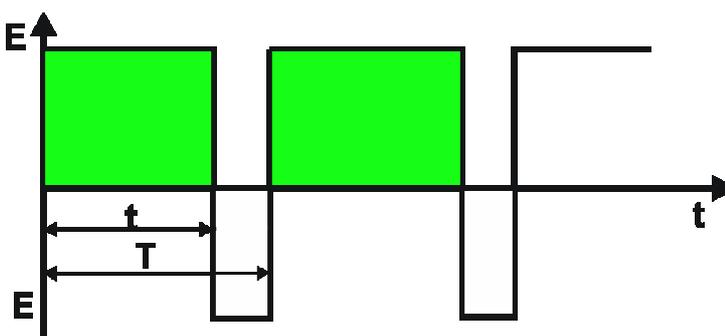
$$f = 1/T$$



Le rapport cyclique

Le rapport cyclique (*Duty cycle* en anglais) est un nombre sans unité qui compare le temps à l'état haut d'un signal périodique rectangulaire avec la période.

$$\alpha = t/T$$



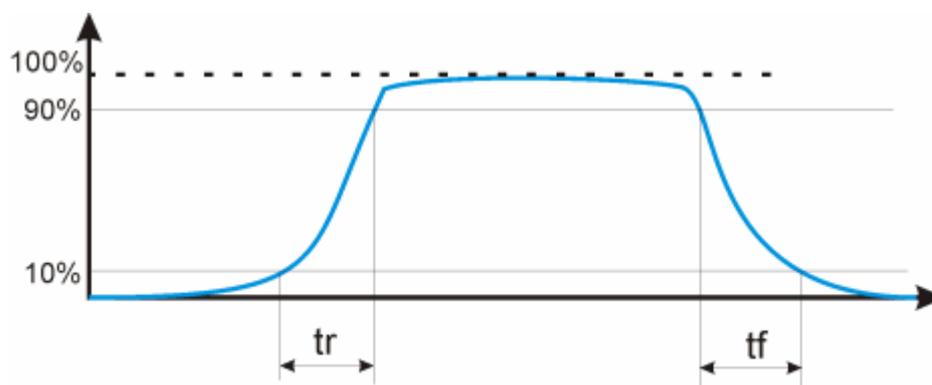
Sa valeur est souvent donnée en pourcentage



Temps de montée et de descente

Les temps de montée (t_r) et de descente (t_f) définissent les durées d'établissement d'un signal logique.

Ces temps sont pris entre 10% et 90% de l'amplitude maximale du signal.



X/ Description fréquentielle



Décomposition de Fourier

Joseph Fourier, un mathématicien, a mis en évidence en 1822 le fait que tout signal était la somme de signaux sinusoïdaux et cosinusoidaux.

Cette découverte fondamentale dans le traitement du signal est utilisée encore aujourd'hui pour filtrer ou synthétiser des signaux.

Pour représenter la composition spectrale d'un signal, on utilise un système d'axe graduée en amplitude (axe des ordonnées) et en fréquence. Chaque fréquence est représentée par un trait vertical dont la hauteur est proportionnelle à l'amplitude du signal. Ce système d'axe est appelé un spectre



Fréquences fondamentale et harmoniques

Dans une décomposition de Fourier la fréquence la plus basse, hormis la composante continue est appelée Fréquence fondamentale et généralement notée f .

Les fréquences suivantes, multiples de f sont appelées des harmoniques.