PROPRIETES DU SIGNAL ELECTRIQUE

Rappels cours 1ère PLPI

1 - LE SIGNAL ELECTRIQUE

1.1 Généralités

Sous le nom de signal électrique, on désigne différentes grandeurs (*tension, fem , intensité …*) caractérisant toujours un transport ***d'énergie électrique***.

Le signal peut être caractérisé par sa ***forme*** :

- continu
- variable
- périodique ou non
- unidirectionnel ou alternatif …

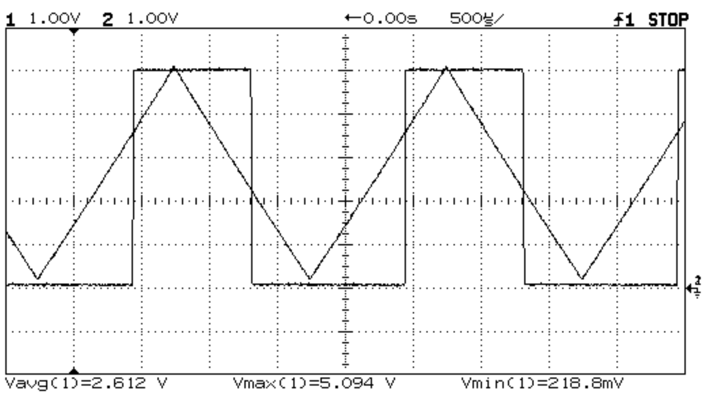
On distingue également :

- les ***signaux analogiques*** où la grandeur électrique est une fonction continue du temps
- les ***signaux numériques*** où la grandeur électrique est discontinue.

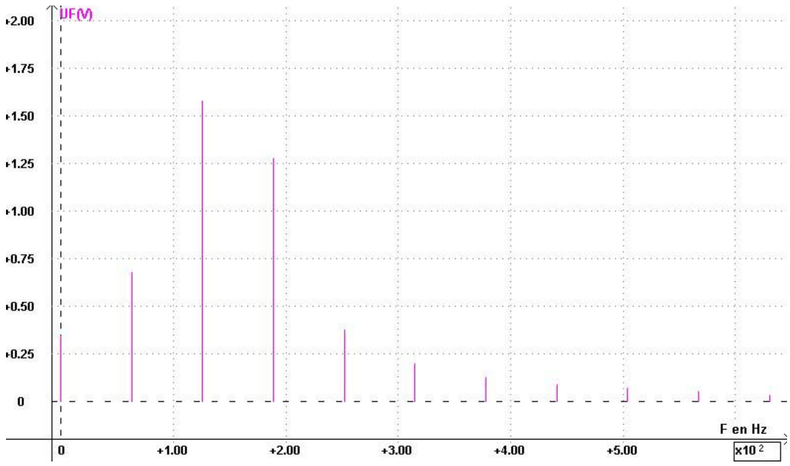
Un signal peut être "*échantillonné*", à chaque échantillon correspond une valeur de la grandeur et on lui associe un *nombre binaire*.

1.2 Représentation

La représentation la plus courante est une *représentation temporelle* de la fonction, par exemple $u = f(t)$. Cette représentation *naturelle* correspond à ce que l'on peut visualiser sur l'écran d'un oscilloscope.



Il peut être plus commode (*cf* filtres) de choisir une autre représentation dite *fréquentielle*. Cette représentation s'appelle un spectre, chaque "bâton" représente une fréquence:



La fréquence nulle correspond à la *composante continue*, les autres fréquences sont appelées *harmoniques* du signal.

Le spectre peut être visualisé avec un *analyseur se spectre* ou obtenu à partit d'une opération mathématique appelée *transformée de Fourier*. Ce calcul est en général traité par un logiciel.

1.3 Théorème de Fourier

Tout signal ***périodique*** de fréquence *f* peut être considéré comme la ***somme***

- d'un signal *continu* égal à sa ***valeur moyenne <u>***
- d'un signal *sinusoïdal* de fréquence *f* appelé ***fondamental***
- de signaux *sinusoïdaux* de fréquences multiples de *f* appelés ***harmoniques***.

$$\boxed{u = \langle u \rangle + \hat{U}_1 \sin(2\pi \times f t + \varphi_1) + \hat{U}_2 \sin(2\pi \times 2 f t + \varphi_2) + ... + \hat{U}_n \sin(2\pi \times n f t + \varphi_n) + ...}$$

Cette décomposition est unique, les amplitudes et les phases des fonctions sinusoïdales étant établies par la transformation.

N.B. : Par la suite, nous travaillerons essentiellement sur des signaux périodiques. La transformation de Fourier permettra donc de traiter certains problèmes à partir d'un signal sinusoïdal avant de revenir au signal réel par recomposition.

2 - VALEUR MOYENNE

2.1 Définition

Soit un signal périodique de valeur instantanée $i(t)$, de période T, sa valeur moyenne notée $\langle i \rangle$ ou $\bar{I}$ s'exprime par la relation :

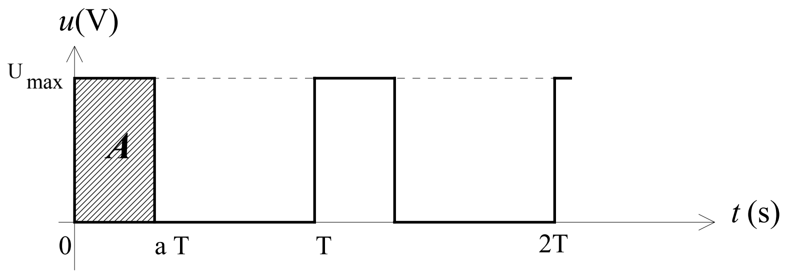
$$\boxed{\langle i \rangle = \frac{1}{T}\int_0^T i(t)dt}$$

L'intensité moyenne d'un signal périodique est égale à l'intensité d'un courant continu qui transporterait la même quantité d'électricité, dans le même circuit et dans le même temps.

2.2 Calcul

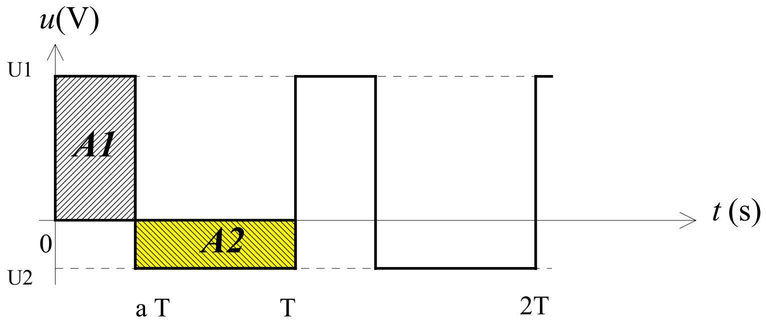
Le calcul d'intégrale se ramène à un calcul d'aire.

Exemple 1 : créneau de rapport cyclique a, de valeur maximale U_{max}.



$$< u > = \frac{A}{T} = \frac{U_{max} \times aT}{T} = a\,U_{max}$$

Exemple 2 : créneau bidirectionnel de rapport cyclique a, de valeurs maximales $U_1 > 0$ et $U_2 < 0$



$$< u > = \frac{A1 - A2}{T} = \frac{[U1 \times aT] + [U2 \times T(1 - a)]}{T} = a\,(U1 - U2) + U2$$

N.B : La valeur moyenne peut être positive ou négative, elle est nulle pour un signal symétrique. Elle est *indépendante de la période T* du signal.

3 - VALEUR EFFICACE

3.1 Définition

Soit un signal périodique de valeur instantanée $i(t)$, de période T, sa valeur efficace notée I s'exprime par la relation :

$$\boxed{I^2 = \frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\,dt}$$

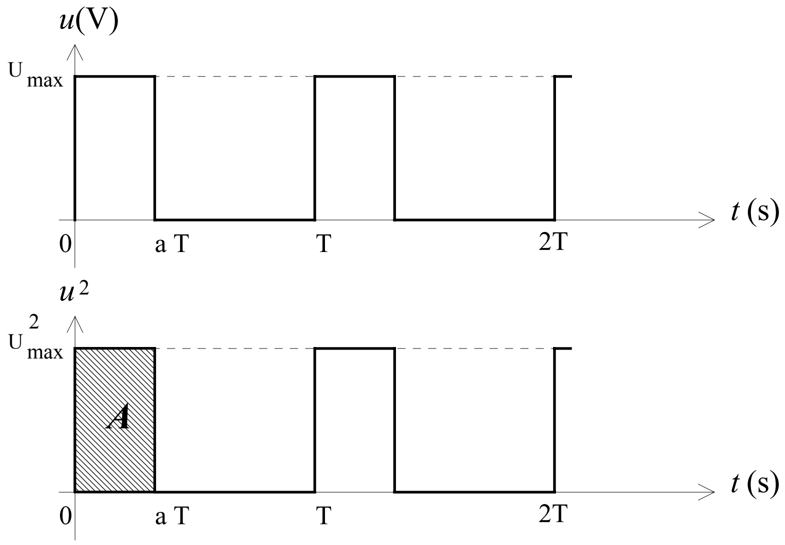
N.B. : I représente la moyenne quadratique de $i(t)$: $I = \sqrt{<i^2>}$

L'intensité efficace d'un signal périodique est égale à l'intensité d'un courant continu qui consommerait la même énergie calorifique (effet Joule) dans le même circuit et dans le même temps.

3.2 Calcul

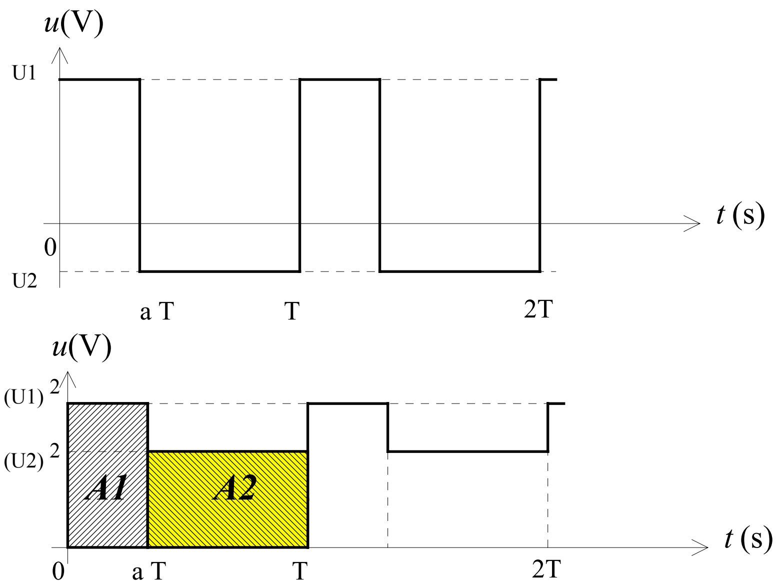
Comme précédemment, le calcul d'intégrale se ramène à un calcul d'aire (sur le carré)

Exemple 1 :



$$U^2 = \frac{A}{T} = \frac{U_{max}^2 \times aT}{T} = a\,U_{max}^2$$

Exemple 2 :



$$U = \frac{A1 + A2}{T} = \frac{\left[U1^2 \times aT\right] + \left[U2^2 \times T(1 - a)\right]}{T} = a\left(U1^2 - U2^2\right) + U2^2$$

N.B : La valeur efficace est toujours *supérieure ou égale* à la valeur moyenne. Elle est toujours *positive*. Comme la valeur moyenne, la valeur efficace est *indépendante de la période T* du signal.

4 - COMPOSANTES CONTINUE ET ALTERNATIVE

4.1 Définitions

Tout signal périodique de valeur instantanée u peut être décomposée en une **composante continue** égale à sa valeur moyenne $<u>$ et une **composante alternative** (ou ondulation) u_A de valeur moyenne nulle.

Soit : $u = <u> + u_A$

- ***Facteur de forme***

$$\boxed{F = \frac{U}{<u>}}$$

avec : U valeur efficace et $<u>$ valeur moyenne

- ***Ondulation***

$$\boxed{\Omega = \frac{U_A}{<u>}}$$

avec : U_A valeur efficace de la composante alternative et $<u>$ valeur moyenne

4.2 Relation entre facteur de forme et ondulation

$$u_A = u - <u>$$
$$u_A{}^2 = u^2 - 2u<u> + <u>^2$$
$$\int_0^T u_A{}^2 dt = \int_0^T u^2 dt - 2<u> \int_0^T u\, dt + <u>^2 \int_0^T dt$$
$$U_A{}^2 \times T = U^2 \times T - 2<u> \times <u> \times T + <u>^2 \times T$$

conclusion :

$$\boxed{U^2 = U_A{}^2 + <u>^2 \quad ou \quad F^2 = 1 + \Omega^2}$$

5 - MESURES DE TENSIONS MOYENNES ET EFFICACES

Le choix et la fonction de l'appareil dépend de plusieurs paramètres :
- La grandeur à mesurer (moyenne, efficace …)
- La forme du signal (sinusoïdal ou non)
- Eventuellement la fréquence du signal variable.

On utilisera en général des appareils *numériques* et plus occasionnellement des appareils analogiques

6.1 Valeurs moyennes

- Appareil *numérique* ou *analogique* (magnétoélectrique) en **DC**
- Avec un *oscilloscope*, on peut utiliser directement la fonction "*valeur moyenne*" ou Vavg (*average*) ou observer le signal en mode DC, **puis** en mode AC (dans ce cas, on arrête la composante continue), le décalage donne directement la valeur moyenne et son signe.

6.2 Valeurs efficaces

Dans le cas général, pour un *signal de forme quelconque*, on utilise un appareil *numérique* possédant la **fonction RMS** (*root means square ou "valeur efficace vraie"*).

- En position **DC+AC**, il indique la *valeur efficace* du signal
- En position **AC**, il indique la *valeur efficace de sa **composante alternative***

N.B. : Un appareil analogique *ferromagnétique* mesure la valeur efficace d'un signal variable mais il est pratiquement abandonné.

Attention

- Un appareil ordinaire ne possédant pas la fonction RMS mesure des valeurs efficaces en position **AC**, uniquement pour des *signaux alternatifs sinusoïdaux*.
- D'autre part, il est indispensable, pour les régimes variables de connaître la bande passante en fréquences de l'appareil utilisé (voir notice)

6 - CAS PARTICULIERS : régime sinusoïdal

Nous aurons l'occasion, en travaux pratiques, de rencontrer des courants sinusoïdaux et de les redresser avec une simple diode (*monoalternance*) ou un pont de diodes (*bialternance*).

Le tableau ci-dessous compare les valeurs moyennes et efficaces de ces courants et du continu.

intensité *i*	**sinus**	**monoalternance**	**bialternance**	**continu**
<*i*> moyen	0	$\frac{I_{max}}{\pi}$	$\frac{2\,I_{max}}{\pi}$	I
I efficace	$\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	$\frac{I_{max}}{2}$	$\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	I
F facteur forme	infini	1,57	1,11	1
Ω ondulation	infini	1,21	0,48	0