

Logiciel de mesure « large spectre » des puissances électriques en régime quelconque

Luc Lasne Stéphane Ygorra

Université de Bordeaux 1, Centre de Ressources en EEA

351, Cours de la Libération 33405 Talence cedex, France.

Contact e-mail : luc.lasne@u-bordeaux.fr

Résumé : Après un ensemble de rappels concernant les expressions théoriques des puissances électriques associées aux différents régimes de l'électricité (continu, sinusoïdal et surtout régime quelconque, aussi appelé « régime déformé »), cet article détaille la mise en œuvre des calculs de puissances à partir d'une série d'acquisitions numériques de tension et de courant. Les stratégies de calculs débouchent alors sur la conception d'un logiciel intégrant les calculs de spectres et de puissances, à partir du seul relevé oscillographique de la tension et du courant associés à un dipôle. Ce logiciel est conçu sur la base d'un script Scilab [1] (logiciel libre) et utilise les fichiers de données des oscilloscopes Tektronix (au format CSV). Il donne, de façon simple et compacte, la possibilité de faire des mesures de puissances détaillées, à large spectre puisque la bande passante est la même que celle de l'oscilloscope, et ce à travers plusieurs stratégies de calculs dont les différents résultats sont confrontés. La mesure complète des puissances est ainsi possible uniquement grâce à un oscilloscope et un ordinateur personnel.

1. Introduction

La détermination théorique et la mesure des puissances électriques sont souvent difficiles en dehors des cas d'école que constituent les régimes continu et sinusoïdal. Pourtant, les solutions de conversion de l'énergie électrique utilisant des tensions et courants non sinusoïdaux (on parle de « régimes déformés ») sont de plus en plus répandues et les moyens permettant le mesurage des puissances avec ce type de signaux se révèlent très chers et parfois limités dans la pertinence des données affichées et les bandes passantes associées aux mesures.

Pourtant, l'utilisation aujourd'hui démocratisée d'oscilloscopes numériques à large bande permet, sous réserve de récupérer les fichiers de données, de faire effectuer l'intégralité des calculs et des affichages, y compris les plus complexes, par un ordinateur simplement connecté à l'oscilloscope via un câble USB, comme le représente la *figure 1*.

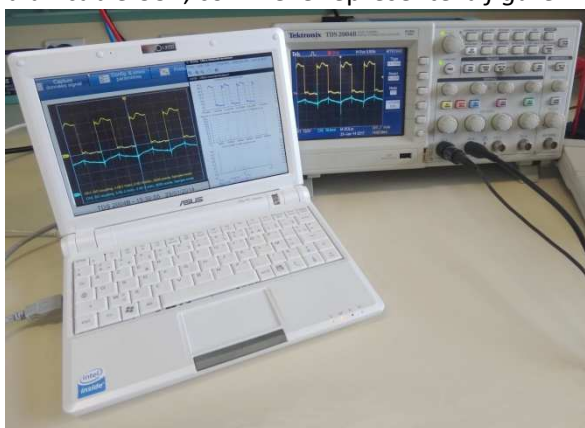


Figure 1 : Oscilloscope et PC+Logiciel SCITEK

2. Rappels : Puissances électriques et grandeurs associées

2.1. Puissance électrique

En physique, une « puissance » est définie comme le rapport de la quantité d'énergie échangée entre deux systèmes par le temps de l'échange. Deux grandeurs assez différentes sont alors associées à cette définition :

➤ On parle de « **puissance instantanée** » pour décrire la variation à chaque instant de l'énergie, ou en d'autres termes la dérivée par rapport au temps de l'énergie échangée : $p(t) = \frac{dW(t)}{dt}$.

➤ On parle de « **puissance moyenne** » ou « **puissance active** » pour décrire la moyenne temporelle de la puissance instantanée (en régime périodique) : $P = \langle p(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} p(t) \cdot dt$.

Cette grandeur représente le véritable échange énergétique moyen, et c'est en général celle que le physicien utilise quand il parle sans précision de « puissance ». En d'autres termes, P représente le nombre de Joule par seconde qui caractérise l'échange de façon globale ; son unité est le Watt (W).

En électricité, la puissance instantanée consommée ou fournie par un dipôle s'écrit simplement comme le produit de la tension à ses bornes et de son courant.

Considérons simplement l'association générateur / récepteur représentée sur la *figure 2*.

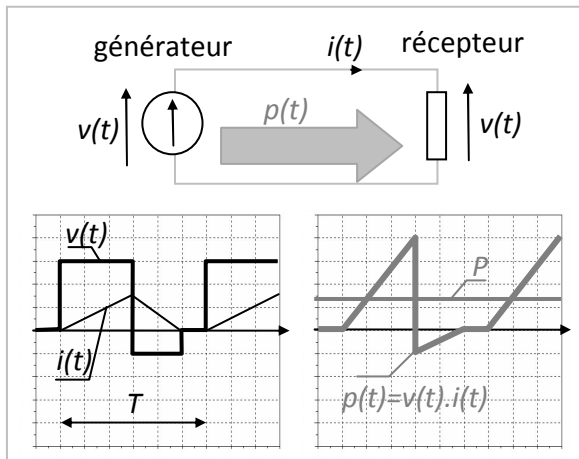


Figure 2 : Puissances instantanée et moyenne

Il est possible de prendre conscience de la différence entre puissance instantanée et moyenne sur cet exemple où la tension et le courant sont variables. Il apparaît dans la période un intervalle de temps où la puissance est négative, ce qui signifie que le « récepteur » a en réalité refoulé de l'énergie durant ce temps.

Pourtant, à l'échelle de la période, la moyenne de la puissance est bien positive ce qui signifie que le générateur fournit bien globalement de l'énergie au récepteur.

On retiendra ainsi que « LA puissance » consommée par le dipôle correspond à la puissance « moyenne », dite aussi « active » :

$$P = \langle v(t) \cdot i(t) \rangle$$

2.2. Puissance électrique en régime DC

Dans un circuit en régime permanent continu (DC) les tensions et les courants ne varient pas dans le temps. En conséquence, puissance instantanée et moyenne sont rigoureusement égales et s'écrivent simplement : $P = p(t) = V \cdot I$

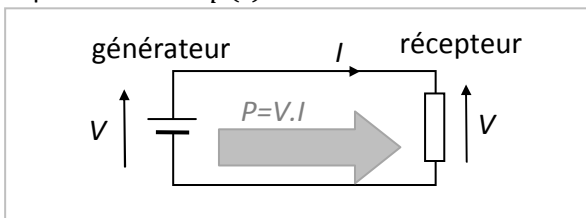


Figure 3 : Circuit en régime continu

NB : Dans ce régime particulier, les valeurs moyennes et efficaces des grandeurs sont également confondues.

2.3. Puissances électriques en régime sinusoïdal

Dans un circuit en régime alternatif sinusoïdal (AC) les tensions et les courants ont les formes génériques représentées sur la figure 4 et peuvent présenter un certain déphasage : φ .

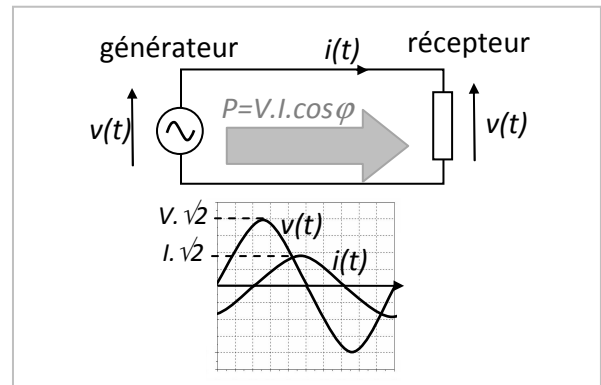


Figure 4 : Circuit en régime sinusoïdal

En écrivant la tension et le courant sous les formes : $v(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ et $i(t) = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi)$, c'est-à-dire sous les formes standard utilisées en physique (où apparaissent les valeurs efficaces des grandeurs : I et V), la puissance s'écrit :

$$\begin{aligned} P &= \langle v(t) \cdot i(t) \rangle \\ &= \langle 2 \cdot V \cdot I \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi) \rangle \\ &= \langle V \cdot I \cos(\varphi) - V \cdot I \cos(2\omega \cdot t - \varphi) \rangle \end{aligned}$$

Comme la valeur moyenne du cosinus de droite est nulle, cette expression se réduit à :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

NB : les valeurs efficaces sont définies comme la racine de la moyenne du carré (RMS) des grandeurs. En régime sinusoïdal pur, on montre que, pour une tension, $V = V_{max} / \sqrt{2}$ où V_{max} est l'amplitude de la tension.

En l'absence de déphasage, cette expression devient identique à celle du régime continu ; mais en revanche lorsque le déphasage est non nul, son cosinus module directement la valeur de la puissance réellement consommée par le dipôle. Pour mieux appréhender ces notions, il est d'usage de raisonner sur les vecteurs de Fresnel de la figure 5, qui représentent la tension et le courant précédents : \underline{I} et \underline{V} .

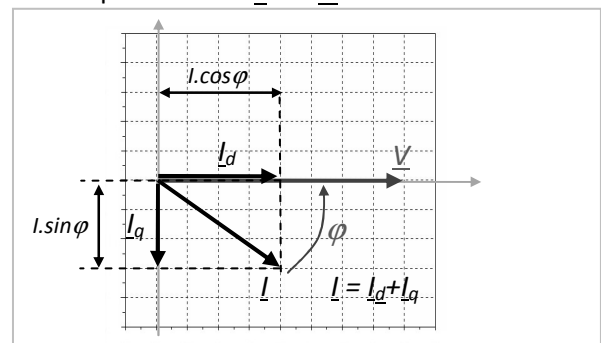


Figure 5 : Vecteurs de Fresnel

Le vecteur courant \underline{I} , déphasé par rapport à la tension d'un angle φ , peut être décomposé en

deux vecteurs : I_d et I_q , le premier étant colinéaire à V , le second perpendiculaire.

La décomposition est pratique puisqu'elle permet de comprendre que seule la partie du courant en phase avec la tension, I_d , est porteuse de puissance active. En effet on reconnaît dans le produit de son module et de celui de la tension l'expression de la puissance active : $P = V \cdot (I \cdot \cos\varphi)$. En conséquence I_d est appelée « partie active du courant ».

La partie en quadrature, I_q , sera en revanche nommée « partie réactive ». Elle correspond à une composante du courant total I qui n'est pas porteuse de puissance moyenne mais qui contribue toutefois à l'augmentation de son module. Plutôt que de s'intéresser de façon directe à ce courant, le physicien préfère généralement y associer une grandeur analogue à une puissance : la « puissance réactive » : $Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi$ dont l'unité est le VAR (Volt Ampère Réactif).

Parallèlement, le module complet du courant peut également être multiplié par celui de la tension de manière à obtenir une grandeur homogène à une puissance : la « puissance apparente » : $S = V \cdot I$; son unité est le VA (Volt Ampère). Cette grandeur est souvent utilisée en électrotechnique comme « produit de dimensionnement » des appareillages.

NB : Dans toutes ces expressions, V et I sont des valeurs efficaces (RMS).

Dans ce cadre précis, les trois puissances précédentes sont liées par une formule simple :

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Une analogie classique avec le théorème de Pythagore provient alors des projections orthogonales du courant, auxquelles sont dues les compositions des puissances : On parle alors du « triangle des puissances » représenté sur la figure 6.

Enfin, une ultime grandeur est souvent associée aux puissances et au comportement énergétique des récepteurs électriques : le « facteur de puissance » : $k = \frac{P}{S}$.

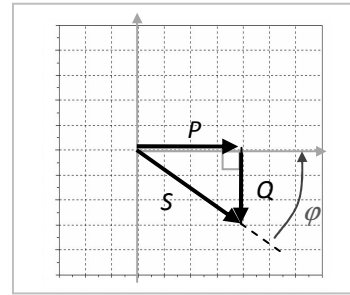


Figure 6 : Triangle des puissances

Il permet de chiffrer simplement à quel point un récepteur est adapté à la conversion d'énergie électrique. Dans le cas du régime sinusoïdal, $k = \frac{P}{S} = \cos\varphi \in [0,1]$.

Lorsque le facteur de puissance est égal à 1, l'intégralité du courant qu'il consomme est porteur de puissance (autrement dit le déphasage et la puissance réactive sont nuls). Ce récepteur est alors équivalent à un dipôle résistif.

Au contraire, lorsque le facteur de puissance est nul, le dipôle consomme du courant mais aucune puissance ; c'est le cas des inductances et condensateurs dont la seule contribution est réactive.

En pratique ce facteur est très utilisé pour caractériser les appareillages et les installations. Les gestionnaires des réseaux électriques, et certaines normes, préconisent qu'il ne soit pas inférieur à 0,92 de manière à ce que la consommation de puissance en régime alternatif ne s'accompagne pas de surintensités importantes dues à la puissance réactive, et donc de pertes en lignes importantes associées.

2.4. Puissances électriques en régime déformé

Lorsque la tension et le courant appliqués à un dipôle ne sont ni continus, ni sinusoïdaux, on parle de « régime quelconque » ou encore de « régime déformé ». Dans ce cas, les expressions des grandeurs associées à l'étude énergétique, et parfois même leurs définitions, deviennent plus complexes.

➤ Puissance active :

Elle reste définie de façon fondamentale comme la moyenne du produit tension courant :

$$P = \langle v(t) \cdot i(t) \rangle$$

➤ Puissance apparente :

Elle reste définie comme le produit des valeurs efficaces :

$$S = V \cdot I$$

➤ Puissance réactive :

C'est là que les difficultés apparaissent car, si elle reste définie comme la contribution, en terme de puissance, de la partie du courant en quadrature avec la tension, il est difficile d'y associer une écriture directe. Un problème supplémentaire réside dans le fait que, même dans le cas de courant et tension en phase, c'est-à-dire en présence de puissance réactive nulle, on montre que $P < S$. La différence entre puissance active et apparente se révèle ainsi également liée à l'aspect non sinusoïdal des grandeurs.

➤ Puissance déformante :

Pour tenir compte du fait que les grandeurs sont non sinusoïdales, on utilise enfin la notion de « puissance déformante », définie comme le « reste » du bilan des valeurs quadratiques des grandeurs puissances : D telle que :

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$$

NB : en d'autres termes, on montre qu'en régime déformé la relation $S^2 = P^2 + Q^2$ n'est plus vérifiée.

Approche spectrale du calcul des puissances

Les deux dernières définitions posent un problème : Elles n'explicitent pas clairement les puissances réactive et déformante en fonction des valeurs prises par le couple tension / courant. Il est donc généralement assez difficile de les dissocier et certains appareils de mesure « bon marché » ne proposent généralement sous le terme de « puissance réactive » que la grandeur globale : $\sqrt{S^2 - P^2}$.

Il y a pourtant un moyen pour détailler les expressions rigoureuses de l'intégralité des grandeurs : la décomposition en série de Fourier. En effet, la tension et le courant étant de nature périodiques, il est possible de les décomposer sous l'écriture classique en notant va_n, vb_n, ia_n et ib_n les coefficients de Fourier, respectivement pour la tension et le courant :

$$v(t) = \langle v \rangle + \sum_{n=1}^{\infty} va_n \cdot \cos(n\omega t) + vb_n \cdot \sin(n\omega t)$$

$$i(t) = \langle i \rangle + \sum_{n=1}^{\infty} ia_n \cdot \cos(n\omega t) + ib_n \cdot \sin(n\omega t)$$

Pour plus d'efficacité, il est d'usage d'écrire la tension et le courant rassemblés sous la forme

d'un seul terme sinusoïdal par ordre d'harmonique, dont l'écriture de l'amplitude met en avant les valeurs efficaces : V_n et I_n .

$$v(t) = \langle v \rangle + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(n\omega t - \varphi_{vn})$$

$$i(t) = \langle i \rangle + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(n\omega t - \varphi_{in})$$

Avec :

$$V_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{va_n^2 + vb_n^2} \text{ et } \varphi_{vn} = \text{Arg}(va_n + j \cdot vb_n)$$

$$I_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{ia_n^2 + ib_n^2} \text{ et } \varphi_{in} = \text{Arg}(ia_n + j \cdot ib_n)$$

Il devient alors possible de noter le « déphasage courant/tension » au rang d'harmonique n en formant la différence des phases des deux grandeurs :

$$\varphi_n = \varphi_{vn} - \varphi_{in}$$

Dans ce cadre précis, les puissance active, réactive et apparente s'explicitent de façon claire :

- Puissance apparente : Elle reste définie comme le produit des valeurs efficaces :

$$S = V \cdot I = \sqrt{\langle v \rangle^2 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} \times \sqrt{\langle i \rangle^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

NB : Chaque valeur efficace est la moyenne quadratique des composantes de Fourier, ce qui est une conséquence directe du théorème de Parseval.

- Puissance active : On la calcule en sommant les puissances actives associées à chaque rang d'harmonique (y compris les composantes continues) :

$$P = \langle v(t) \cdot i(t) \rangle = \langle v \rangle \cdot \langle i \rangle + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cdot I_n \cdot \cos(\varphi_n)$$

- Puissance réactive : Elle est alors définissable comme la somme des puissances réactives associées à chaque rang d'harmonique :

$$Q = \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cdot I_n \cdot \sin(\varphi_n)$$

- Puissance déformante : Au vu des définitions précédentes, elle est simplement explicitée par la relation :

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$$

3. Calcul des puissances sous Scilab à partir d'acquisitions numériques

3.1. Tension et courant échantillonnés

L'utilisation d'oscilloscopes numériques pour la visualisation des tensions et courants d'un circuit électrique permet aujourd'hui de façon très usuelle de récupérer les fichiers des données correspondantes à l'écran visualisé par l'utilisateur. Ces fichiers contiennent les valeurs des grandeurs mesurées par échantillonnage, c'est à dire ponctuellement avec un intervalle de temps régulier appelé « période d'échantillonnage » : T_e . Chaque grandeur est ainsi représentée par un tableau de N valeurs, qu'il est également possible de considérer comme une matrice à une ligne et N colonnes. Le « temps d'observation » du signal est le produit $N.T_e$. Par ailleurs l'inverse de la période d'échantillonnage s'appellera « fréquence d'échantillonnage » ou encore « taux d'échantillonnage » (« sampling rate » exprimé en « échantillons par seconde »).

La figure 7 résume la correspondance entre l'écran observé par l'utilisateur de l'appareil et la réalité des valeurs et des grandeurs stockées.

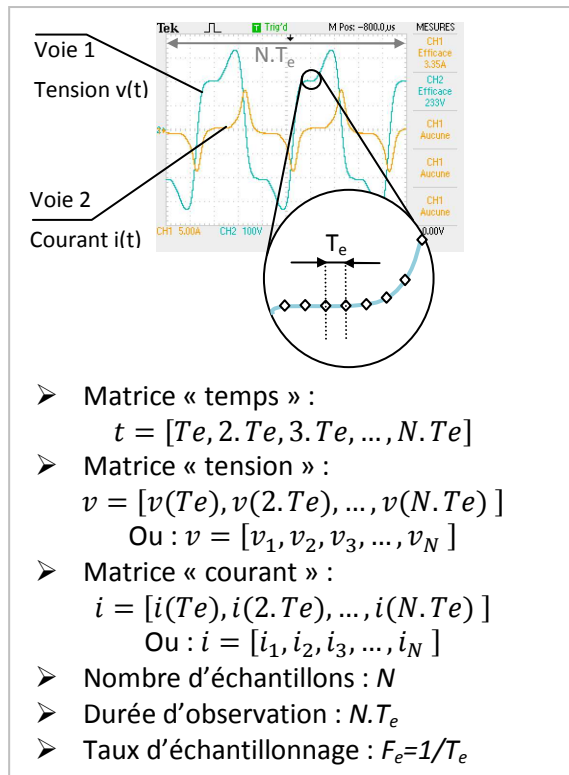


Figure 7 : Tension et courant échantillonnés

3.2. Calculs élémentaires

A partir des matrices v , i et t précédentes, il est possible de calculer de façon très compacte les principales grandeurs associées aux puissances électriques en utilisant les fonctions de base du logiciel Scilab [1] :

- Valeurs moyennes : Egalement appelées « composantes continues », elles représentent simplement la somme des échantillons divisée par N . Sous Scilab il sera intéressant d'utiliser directement la fonction « **mean()** » en écrivant : $V_{dc} = \text{mean}(v)$ et $I_{dc} = \text{mean}(i)$.
- Valeurs efficaces : On les obtient de façon générique en calculant la racine de la moyenne des carrés des échantillons (RMS). Sous scilab cela s'écrit : $V_{RMS} = \text{sqrt}(\text{mean}(v^2))$ et $I_{RMS} = \text{sqrt}(\text{mean}(i^2))$

NB : Il est également possible d'utiliser la multiplication matricielle pour cela : $V_{RMS} = \text{sqrt}((1/N) * v * v')$ où v' représente la matrice conjuguée transposée de v .

- Puissance apparente : Elle se calcule par le simple produit des valeurs efficaces : $S = V_{RMS} * I_{RMS}$.
- Puissance active : Elle est obtenue par moyennage du produit tension courant. Sous Scilab on écrit : $P = \text{mean}(v .* i)$.

NB : Sous scilab, le « .* » représente le produit terme à terme de deux matrices, et non pas le produit matriciel conventionnel qui lui est représenté par le seul « * ».

- Puissances réactive et déformante : Elles ne sont pas déterminables ni discriminables par des formules directes. La seule chose qu'il est possible de calculer à ce stade est le terme : $Q_{globale} = \text{sqrt}(S^2 - P^2)$ dont, de plus, le signe est indéterminé de par l'utilisation de la formule des carrés.

3.3. Détermination de la fréquence fondamentale et troncature des données

Tous les calculs précédents présentent un taux d'erreur minimal si les données couvrent un nombre entier de périodes des signaux mesurés (l'erreur n'est jamais vraiment nulle à cause de l'échantillonnage).

Il est ainsi nécessaire de déterminer la fréquence fondamentale des signaux de manière à tronquer les tableaux de données à un nombre entier de périodes mesurées. Sous Scilab, cela peut être fait à partir de la fonction **fft()** sur un des deux signaux, en programmant l'extraction de la

fréquence correspondante au premier pic d'harmonique significatif (voir *figure 8*).

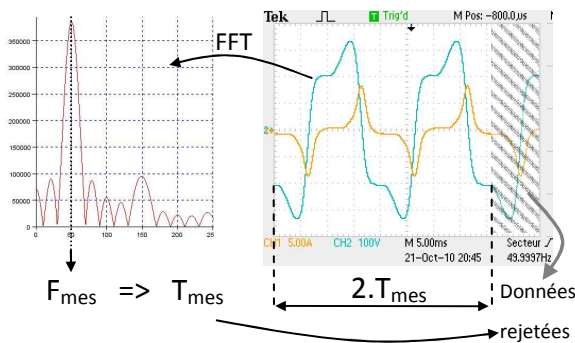


Figure 8 : FFT et troncature

La fréquence mesurée F_{mes} étant connue, il suffit de quelques manipulations sur les matrices pour tronquer les tableaux de données à un nombre entier de périodes.

Parallèlement, la connaissance de cette fréquence permet surtout le calcul précis des termes de la décomposition en série de Fourier de la tension et du courant.

3.4. Spectres et décomposition en série de Fourier

Les expressions des coefficients a_n et b_n des décompositions en série de Fourier sont classiquement écrites sous forme intégrale. Par exemple pour la tension $v(t)$, le coefficient de rang n s'écrit : $va_n = \frac{2}{T} \int_0^T \cos(n\omega t) \cdot v(t) \cdot dt$.

En remarquant que cette expression représente le double de la moyenne du produit $\cos(n\omega t) \cdot v(t)$, il devient possible de l'écrire simplement sous Scilab à partir des matrices t et v :

Comme la matrice « temps » représente : $t = [Te, 2.Te, 3.Te, \dots, N.Te]$, et que :

$\cos(n * \omega * t) = [\cos(n\omega Te), \cos(n\omega . 2.Te), \dots]$

On retrouve le coefficient de Fourier de rang n en écrivant simplement :

$$\begin{aligned} va_n &= 2 * \frac{1}{N} * \cos(n * \omega * t) * v' \\ &= 2 * \frac{1}{N} \cdot [\cos(n \cdot \omega Te), \cos(n\omega . 2.Te), \dots] \cdot \begin{bmatrix} v(Te) \\ v(2.Te) \\ \dots \end{bmatrix} \\ &= 2 * \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \cos(n \cdot \omega \cdot i \cdot Te) \cdot v(i \cdot Te) \end{aligned}$$

NB : il est également possible d'écrire ce calcul sous forme de valeur moyenne :

$$van = 2 * \text{mean}(\cos(n * \omega_{mes} * t) \cdot v)$$

En opérant de même pour les coefficients b_n (avec des sinus) et de même avec la matrice courant, on obtient sans difficulté le détail des valeurs des coefficients de Fourier de la tension et du courant.

En utilisant directement les formules

$$V_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{va_n^2 + vb_n^2} \text{ et } \varphi_{vn} = \text{Arg}(va_n + j \cdot vb_n)$$

$$I_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{ia_n^2 + ib_n^2} \text{ et } \varphi_{in} = \text{Arg}(ia_n + j \cdot ib_n),$$

l'ensemble des grandeurs permettant le calcul des puissances par la méthode harmonique (voir *paragraphe 2.4*) est parfaitement déterminé.

Enfin, une grandeur usuelle est également facile à préciser : le THD (Total Harmonic Distorsion) ou « taux de distorsion harmonique » qui est défini comme le rapport de la racine de la somme quadratique des harmoniques par la valeur du fondamental :

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1}$$

3. Mise en œuvre du logiciel SCITEK

3.1. Contexte matériel

La firme Tektronix met gratuitement à disposition des utilisateurs de ses oscilloscopes un logiciel qui permet de faire des saisies d'écran, mais également de récupérer les fichiers de données correspondants aux mesures, grâce à une simple connexion d'un PC au port USB situé à l'arrière de l'appareil. Une fois la connexion établie, la fenêtre de capture des données du logiciel « Open Choice Desktop » [2] (voir la *figure 9*) permet de façon très simple et rapide d'enregistrer les données des voies sélectionnées, mais également de les copier vers le « presse papier », ce qui s'avère très pratique pour actualiser les informations et faire des mesures assez fréquentes.

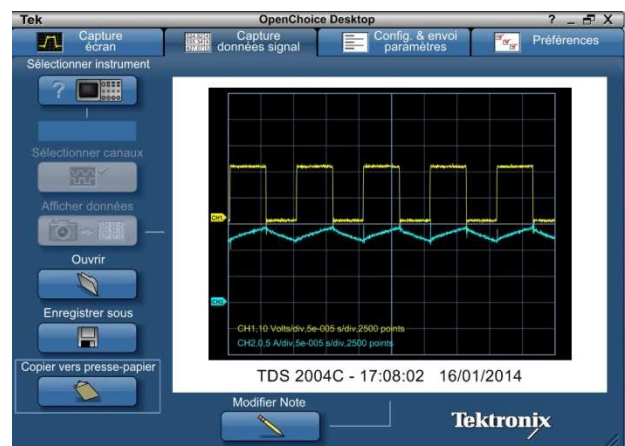


Figure 9 : La fenêtre d'« Open Choice Desktop »

Le logiciel « SCITEK » [3], développé intégralement sous la forme de script Scilab, permet dans tous les cas de récupérer les fichiers de données (au format .CSV), de les convertir en matrices de données et ainsi de mener l'intégralité des calculs de puissances et de spectres présentés précédemment. En exécutant le script « SCITEK.sce », la console Scilab s'ouvre, et l'exécution du script ouvre une fenêtre permettant de récupérer le contenu du presse papier, de choisir un fichier .CSV précis, de configurer les options et les calculs.

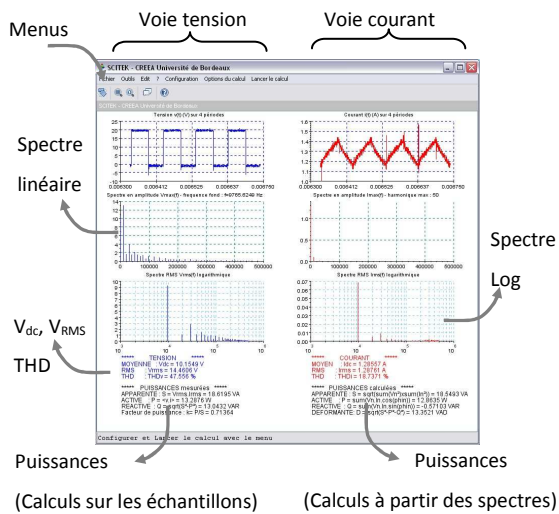


Figure 10 : La fenêtre résultat du logiciel « SCITEK »

Une fois le calcul lancé, la fenêtre représentée sur la figure 10 regroupe, de haut en bas, les tracés des données tronquées, les tracés des spectres linéaires et logarithmiques, ainsi que la liste des valeurs des grandeurs caractéristiques et des puissances de tous ordres.

Les valeurs des puissances sont exposées à travers les deux approches développées précédemment. La partie gauche de la fenêtre précise les valeurs calculées à partir des seuls échantillons, alors que la partie droite propose les valeurs calculées à partir des décompositions en série de Fourier. L'utilisateur pourra alors comparer ces résultats et se référer à sa guise à ceux provenant de la démarche qu'il préférera ; sachant l'erreur relative qui sépare les deux méthodes est généralement faible (2 à 3% sur la plupart des mesures).

3.2. Tests pratiques en conditions

Comme le calcul des puissances et la détermination des spectres dépend uniquement

de l'oscillogramme choisi par l'utilisateur, la « bande passante » du dispositif complet correspond pratiquement à celle de l'oscilloscope. En d'autres termes il devient, grâce à ce type de logiciel, possible de réaliser des mesures de puissances sur une bande passante effective de l'ordre de la dizaine de MHz. Ceci peut s'avérer particulièrement intéressant dans le cadre de l'électronique de puissance actuelle où l'énergie électrique est le plus souvent convertie avec des fréquences de découpage de l'ordre de 10kHz à 100kHz, et où les harmoniques significatifs ne dépassent donc pas généralement l'ordre de grandeur de la dizaine de MHz.

Afin de valider le fonctionnement de l'ensemble, une série de tests a été menée sur des dispositifs de conversion d'énergie électrique présentant des fréquences fondamentales assez différentes.

➤ Tension et courant « secteur » 50Hz

Bonne adéquation des mesures aux résultats théoriques. Fonctionnement correct de la mesure de fréquence fondamentale. Correspondance totale (erreur de 0.5%) des deux types de calcul (sur échantillons et sur spectres).

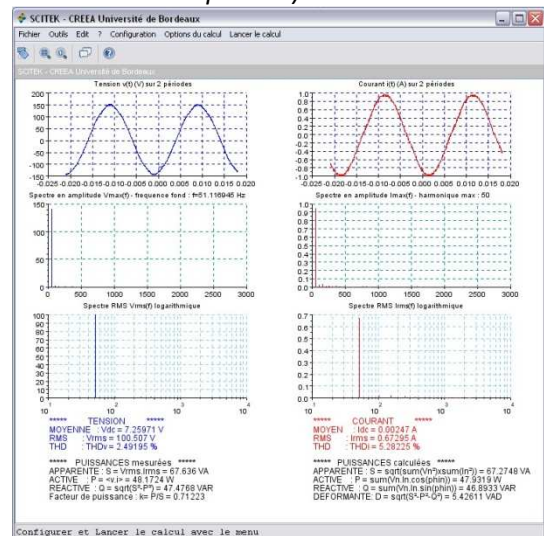


Figure 11 : SCITEK /charge inductive monophasée

➤ Tension et courant découpés à 1kHz

Bonne adéquation des mesures aux résultats théoriques. Fonctionnement correct de la mesure de fréquence fondamentale. Correspondance (erreur de 4%) des deux types de calcul (sur échantillons et sur spectres). Dissociation des puissance réactive et déformante fonctionnelle.

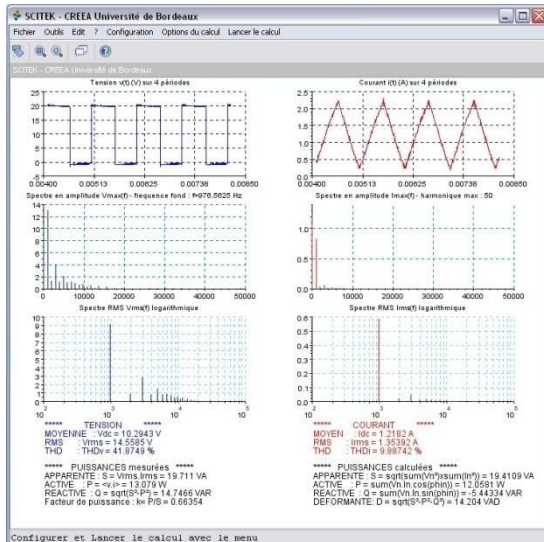


Figure 12 : SCITEK / hacheur découpage à 1kHz

➤ Tension et courant découpés à 100kHz

Bonne adéquation des mesures aux résultats théoriques. Fonctionnement correct de la mesure de fréquence fondamentale. Correspondance (erreur de 0,2%) des deux types de calcul (sur échantillons et sur spectres). Bonne dissociation des puissance réactive et déformante.

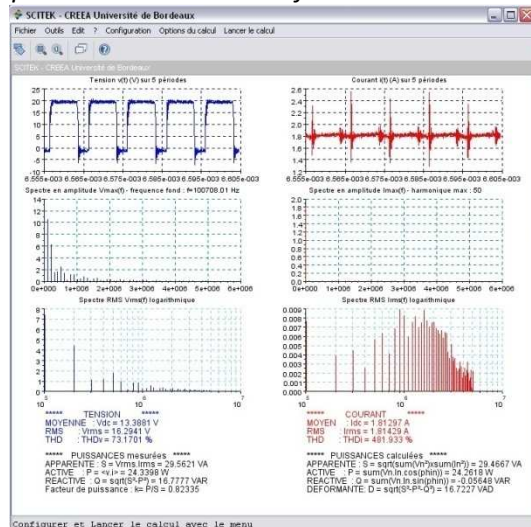


Figure 13 : SCITEK / hacheur découpage à 1kHz

3.2. Conclusions et précisions sur SCITEK

Les calculs de puissance et de spectres ne dépendent manifestement pas de la fréquence des signaux acquis par l'oscilloscope. En conséquence, l'objectif initial est atteint, et ce à travers un ensemble de fichiers scripts « open source » et peu volumineux. L'utilisation du logiciel ne requiert que les installations (gratuites) d'Open Choice Desktop et de Scilab. Il a été également intégré au logiciel, via des menus intuitifs, des options pratiques telles

que la saisie de facteurs de sondes, le choix des voies utilisées, le choix de l'ordre maximal d'harmoniques dont le calcul tient compte, et la possibilité de saisie manuelle de la fréquence (si elle est connue par l'utilisateur).

SCITEK se présente ainsi, de façon particulière, comme une source précieuse de mesures dans le cadre de TP ou de manipulations très diverses. Il requiert juste l'utilisation d'un petit PC équipé des logiciels qu'il suffit de relier à l'oscilloscope par le câble USB (voir figure 1).

De plus, la puissance du logiciel Scilab autorise des évolutions très diverses. Il devient tout à fait envisageable de faire évoluer le code pour intégrer aux affichages des diagrammes de Fresnel, des mesures plus diversifiées, des calculs de rendements et d'énergies, etc.

En d'autres termes il devient possible d'obtenir des mesures associées d'habitude à des appareils professionnels dont le coût atteint plusieurs milliers d'Euro, simplement par évolution d'un code Scilab lisible et porté par une interface gratuite et évolutive.

7. Références

[1] : **Scilab** est un logiciel libre développé par l'INRIA, disponible pour Windows ou Linux. Téléchargez le à l'adresse suivante : <http://www.scilab.org/fr>

[2] : **Open Choice Desktop** est téléchargeable gratuitement sous réserve de renseigner un formulaire à partir de l'adresse :

<http://www.tek.com/oscilloscope/tds210-software/openchoice-desktop-application-tdspcs1-v23-0>

[3] : **SCITEK** est un ensemble de script Scilab que vous pouvez vous procurer gratuitement en contactant l'auteur de l'article (luc.lasne@u-bordeaux.fr). Pour le faire fonctionner, de-zipper le fichier SCITEK.zip dans un répertoire de votre choix et double-cliquer sur SCITEK.sce (installations préalable de Scilab et Open Choice Desktop requises).

Liens et articles connexes

- « Récupérer les données d'un oscilloscope numérique sous GNU/Linux » par Thomas LAVARENNE - BUP n°928 (2010)
- Page personnelle de Jean-Michel MILLET : acquisitions de données pour REGRESSI, etc : <http://jean-michel.millet.pagesperso-orange.fr/regressi.html>