

Capacités exigibles :

- Énoncer qu'un signal périodique de fréquence f peut-être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquence multiple de f .
- Représenter et exploiter un spectre d'amplitude pour identifier le fondamental et les harmoniques.
- Exprimer la répartition de la puissance dans le domaine fréquentiel.
- Identifier les deux grandeurs intervenant dans le calcul de la puissance.
- Définir, mesurer la puissance instantanée, la puissance moyenne transportée par un signal.
- Calculer la puissance active dans le cas de signaux périodiques, connaissant leur contenu spectral

Capacités expérimentales :

- Utiliser PYTHON afin de tracer des signaux et d'obtenir leur spectre en amplitude, ou puissance
- Utilisation de la fonction réticule de PYTHON
- Mesurer des valeurs efficaces
- Calculer la valeur efficace dans le cas de signaux de forme simples.
- Utiliser PYTHON afin de tracer et d'acquérir des signaux, d'obtenir leur spectre en amplitude ou en valeur efficace (lecture des graphes à l'aide de la fonction réticule)

I. Travail préparatoire : à faire à la maison sur une copie double

A. Préliminaires : signaux constants

Document 01 : conventions récepteur / générateur en courant continu et cas du conducteur ohmique

Un conducteur ohmique est un dipôle passif, permettant de convertir intégralement l'énergie électrique reçue par un signal électrique en énergie thermique.

Il est caractérisé par sa résistance électrique, notée R , dont l'unité est l'ohm, de symbole Ω .

Lorsque l'on étudie un système électrique (ici, un conducteur ohmique de résistance R), soumis à un signal (ou une tension) continu(e), on peut adopter au choix deux conventions :

La flèche représentant la tension U est dans le sens opposé à la flèche représentant l'intensité I

On appelle cette convention, la **convention récepteur**.

En convention récepteur, la loi d'Ohm (qui ne s'applique que pour un conducteur ohmique) s'écrit :

$$U = R \times I$$

La flèche représentant la tension U est dans le même sens que la flèche représentant l'intensité I

On appelle cette convention, la **convention générateur**.

En convention générateur, la loi d'Ohm (qui ne s'applique que pour un conducteur ohmique) s'écrit :

$$U = - R \times I$$

Document 02 : puissance et conventions

En tension continue, on définit la puissance, notée P , dont l'unité est le watt, de symbole W :

$$P = U \times I$$

U : tension aux bornes du système, en volt

I : intensité traversant le système, en ampère

Si on utilise la convention récepteur, la puissance P s'appelle la **puissance reçue** par le système étudié :

- si $P > 0$ alors le système reçoit une puissance de l'extérieur (provenant du signal).
- si $P < 0$ alors le système fournit une puissance à l'extérieur.

Si on utilise la convention générateur, la puissance P s'appelle la **puissance fournie** par le système étudié :

- si $P > 0$ alors le système fournit une puissance à l'extérieur.
- si $P < 0$ alors le système reçoit une puissance de l'extérieur (provenant du signal).

Document 03 : exemple du conducteur ohmique en convention récepteur

En convention récepteur, pour un conducteur ohmique, on a les relations suivantes :

$$U = R \times I \text{ et } P = U \times I$$

La puissance P s'appelle la puissance reçue par le conducteur ohmique. Cela donne :

$$U = R \times I \text{ donc } I = \frac{U}{R}$$

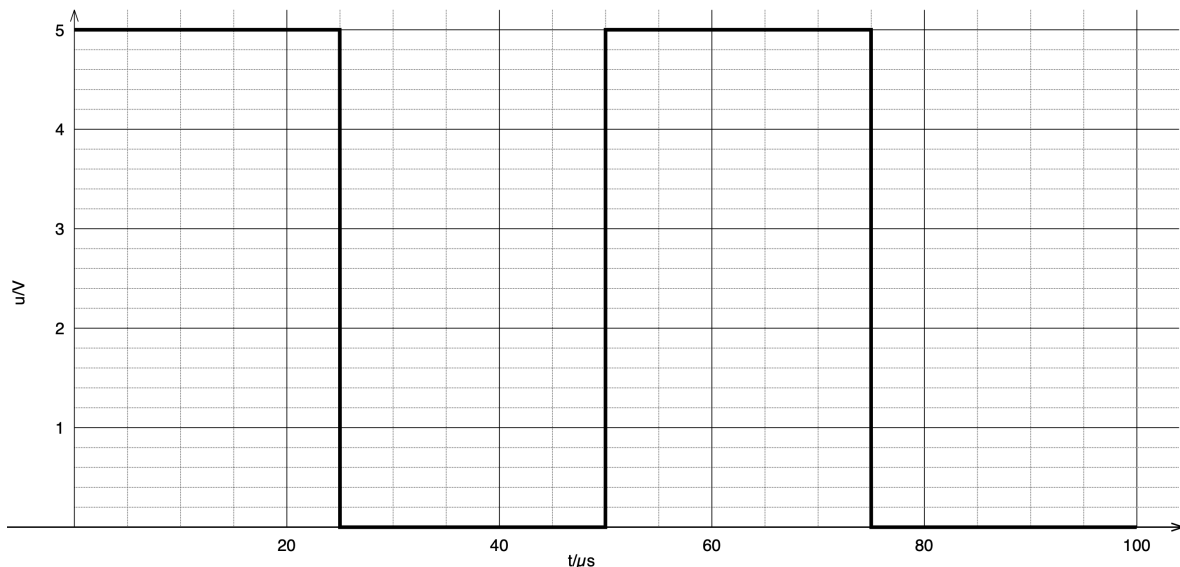
$$\text{Or } P = U \times I = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \text{ donc } \mathbf{P = \frac{U^2}{R}}$$

On sait que $R > 0$ et $U^2 > 0$ donc $\frac{U^2}{R} > 0$ aussi. On en conclut que P , la puissance reçue par le conducteur ohmique, est positive : **le conducteur ohmique reçoit donc une puissance de l'extérieur (provenant du signal).**

1. A l'aide des documents 01 à 03, en convention **générateur**, déterminer l'expression de la puissance fournie P par un conducteur ohmique, en fonction de la tension U à ses bornes et de sa résistance R .
2. Quel est le signe de P ? Conclure en expliquant si le système reçoit une puissance de l'extérieur ou la fournit.

B. Étude d'un signal carré : représentation temporelle du signal

On étudie un signal $u(t)$ périodique, carré, d'amplitude $U_m = 2,50 \text{ V}$, de valeur moyenne $\langle u \rangle = 2,50 \text{ V}$, de fréquence $f_1 = 20\,000 \text{ Hz}$. La représentation temporelle du signal est la suivante :



En courant variable, la tension entre deux points du circuit et l'intensité en un point dépendent du temps : on les note alors respectivement u et i (plus de majuscules) ou encore $u(t)$ et $i(t)$.

En convention récepteur, on définit alors la puissance instantanée par :

$$P(t) = u \times i$$

3. À l'aide du document 4 et pour la convention récepteur, déterminer l'expression littérale de la puissance instantanée reçue $P(t)$ par un conducteur ohmique, en fonction de la tension u à ses bornes et de sa résistance R .

Afin de simplifier l'ensemble du raisonnement dans la suite du TP, on prendra comme système d'étude, un conducteur ohmique de résistance $R = 1,000 \Omega$.

Dans l'ensemble du TP, on veillera à respecter les règles sur les chiffres significatifs.

4. En utilisant la représentation temporelle de $u(t)$ et à l'aide d'un calcul, déterminer les valeurs suivantes de la puissance instantanée $P(t)$ reçue par le système :

$$P(t = 20 \mu s)$$

$$P(t = 30 \mu s)$$

$$P(t = 60 \mu s)$$

5. La puissance instantanée $P(t)$ est-elle constante ou variable ?

Fin du travail à faire à la maison

En début de séance, réaliser l'appel suivant. Si le professeur est occupé avec d'autres étudiants, commencer à préparer la suite du TP.

APPEL 0 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Pour la suite du TP, on utilise la convention récepteur : la puissance est donc toujours une puissance reçue par le conducteur ohmique (fournie par le signal).

Dans l'ensemble du TP, on veillera à respecter les règles sur les chiffres significatifs.

II. Puissance moyenne $\langle P(t) \rangle$ d'un signal carré à partir de sa représentation temporelle :

A. Représentations temporelles :

Sur Python, on souhaite tracer au cours du temps, un signal $u(t)$ périodique, carré, d'amplitude $U_m = 2,50 V$, de valeur moyenne $\langle u \rangle = 2,50 V$, de fréquence $f_1 = 20\,000 Hz$.

On souhaite aussi tracer au cours du temps, la puissance instantanée reçue par un conducteur ohmique de résistance $R = 1,000 \Omega$, au cours du temps.

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier `TP06_representation_temporelle_signal_carre.py`

On souhaite tracer 4096 points pour chaque graphe, sur une durée correspondant à deux périodes. Dans le code, la variable t_{max} correspond à la durée de deux périodes.

A l'aide de votre travail préparatoire, compléter l'ensemble des lignes « vides » du fichier, sachant que l'unité de t_{max} est la seconde. Lancer l'exécution du script.

B. Valeur moyenne de la puissance instantanée :

6. A partir de la représentation temporelle de $P(t)$, déterminer la valeur de la puissance moyenne reçue par le conducteur ohmique, notée $\langle P(t) \rangle_1$.
7. A l'aide du *paragraphe III.E du chapitre 04*, déterminer la valeur de la puissance moyenne reçue $\langle P(t) \rangle_2$ par le conducteur ohmique.
8. Comparer les deux valeurs $\langle P(t) \rangle_1$ et $\langle P(t) \rangle_2$ et conclure.

APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

III. Puissance moyenne $\langle P(t) \rangle$ d'un signal carré à partir de son spectre en amplitude :

On souhaite maintenant obtenir le spectre (ou représentation fréquentielle) du signal $u(t)$, grâce à PYTHON.

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier suivant :

TP06_representation_frequentielle_signal_carre.py

Compléter les lignes « vides » du fichier. Lancer l'exécution du script. Mettre le graphe obtenu en plein écran.

Utiliser la fonction Zoom afin de sélectionner la partie suivante du graphe : **la composante continue et les harmoniques jusqu'au rang $n = 7$ inclus.**

APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Dans les questions suivantes, pour les valeurs de amplitudes, on prendra 4 chiffres significatifs.

9. A l'aide du *paragraphe IV.A du chapitre 04*, de l'outil réticule et de la fonction zoom de Python, calculer P_0 (puissance reçue par le système grâce à la composante continue du signal), $\langle P_1(t) \rangle$, $\langle P_2(t) \rangle$, $\langle P_3(t) \rangle$, $\langle P_4(t) \rangle$, $\langle P_5(t) \rangle$, $\langle P_6(t) \rangle$ et $\langle P_7(t) \rangle$ (puissance moyenne reçue par le conducteur ohmique, grâce à l'harmonique de rang n)
10. A l'aide des questions 7 et 9, en déduire le pourcentage de la puissance moyenne du signal $u(t)$, transporté par l'ensemble de la composante continue et des 7 premiers harmoniques.

APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

IV. Étude fréquentielle d'un signal triangulaire alternatif :

On étudie un signal $u(t)$, triangulaire, d'amplitude $U_m = 5,00 V$, de fréquence $f_1 = 1\,000 Hz$, ayant pour valeur moyenne $\langle u \rangle = 0 V$.

A. Étude théorique du signal :

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier suivant :

TP06_signal_triangulaire_spectre_puissance_theorique.py

On souhaite que PYTHON calcule les valeurs théoriques les amplitudes A_n , les fréquences f_n , les valeurs efficaces $U_{n,eff}$ et les puissances moyennes des harmoniques jusqu'au rang $n = 5$ (inclus) du signal.

Afin de simplifier l'ensemble du raisonnement dans la suite du TP, on prendra comme système d'étude, un conducteur ohmique de résistance $R = 1,000 \Omega$.

Python va calculer « automatiquement » ses grandeurs. La fonction range permet de lui indiquer quel rang d'harmonique calculer :

for n in range (a, b, c) :

a : rang du premier harmonique à calculer

b : rang du dernier harmonique à calculer

c : pas d'incrément

La fonction puissance se rédige « ** » sur Python. La fonction racine carrée se rédigeant $np.sqrt()$ A l'aide des paragraphes II.A du chapitre 03, I.B et IV.B du chapitre 04, compléter l'ensemble du code. Lancer l'exécution du script.

APPEL 4 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Mettre le graphe en plein écran, puis enregistrer-le au format PDF sur votre espace disque. Ouvrir le PDF et imprimer-le au format paysage.

11. Quelle raie porte la plus grande partie de la puissance du signal ?

Nous allons utiliser Regressi afin de calculer automatiquement les écarts relatifs sur l'ensemble de nos mesures de coordonnées. Ouvrir Regressi, puis aller dans FICHER/NOUVEAU/CLAVIER.

Saisir 4 variables expérimentales (sans saisir les commentaires):

- fnth en hertz (Hz) : fréquence théorique de l'harmonique de rang n
- Pnth en watt (W) : puissance moyenne théorique de l'harmonique de rang n
- fnexp en hertz (Hz) : fréquence expérimentale mesurée, de l'harmonique de rang n
- Pnexp en watt (W) : puissance moyenne expérimentale mesurée, de l'harmonique de rang n

Dans l'onglet TABLEAU de Regressi, on pourra alors saisir (mais pas tout de suite !) les différentes valeurs expliquées ci-dessous, jusqu'à l'harmonique de rang $n = 5$. Pensez à bien garder PYZO et ce script ouvert.

B. Étude expérimentale du signal :

Expérience :

La LED « OUTPUT ON » du GBF, doit-être éteinte.

Le GBF délivre une tension, triangulaire, d'amplitude $U_m = 5,00 V$, de fréquence $f = 1\,000 Hz$, sans OFFSET. Le GBF sera relié sur la voie EA0 de la carte d'acquisition. Le GBF sera aussi relié au multimètre afin de mesurer la valeur efficace du signal.

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier suivant :

TP06_acquisition_signal_triangulaire.py

Ce script doit-être complété à la ligne 60 : indiquez la formule permettant de calculer Pnexp, sachant que l'amplitude de l'harmonique est notée S .

APPEL 5 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lancer son exécution. Mettre la représentation fréquentielle en plein écran, puis enregistrer-le au format PDF sur votre espace disque. Ouvrir le PDF et imprimer-le au format paysage.

12. A l'aide des valeurs théoriques données par PYTHON (dans le paragraphe précédent) et des valeurs expérimentales lues à l'aide de la fonction zoom et réticule, compléter votre tableau sur Regressi.

C. Comparaison théorie/expérience :

13. A l'aide de Regressi, de la fonction $ABS()$ et de la formule de l'écart relatif (saisie dans l'onglet EXPRESSIONS), calculer les écart-relatifs pour chaque $\langle P_n(t) \rangle$. Imprimer ce tableau, le coller sur votre copie et conclure.

APPEL 6 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

D. Filtre passe-bas et puissance :

14. Mesurer la valeur efficace du signal, notée $U_{eff,exp}$, à l'aide du voltmètre.
15. A l'aide du *paragraphe III.E du chapitre 04* et de la valeur $U_{eff,exp}$, calculer la puissance moyenne du signal $\langle P(t) \rangle$.
16. A l'aide des valeurs expérimentales et du *paragraphe IV.C du chapitre 04*, en déduire le pourcentage de la puissance moyenne sortant d'un filtre passe-bas coupant les harmoniques dont la fréquence est supérieure à 5500 Hz.
17. Conclure sur la répartition de la puissance du signal dans son spectre.

APPEL 7 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Vous venez d'étudier des spectres en puissance : direction, les spectres en valeur efficace !

V. Étude théorique d'un signal carré sur PYTHON :

A. Représentation temporelle du signal :

Sur PYZO, on souhaite tracer la représentation temporelle, du signal $u(t)$ périodique, carré, d'amplitude $U_m = 2,50 V$, de valeur moyenne $\langle u \rangle = 2,50 V$, de fréquence $f_1 = 20\,000 Hz$.

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier :

TP06_representation_temporelle_signal_carre_bis.py

On souhaite tracer 4096 points du signal $u(t)$, sur une durée correspondant à deux périodes. Dans le code, la variable t_{max} correspond à la durée de deux périodes.

Compléter les lignes 13 à 17 du fichier, sachant que l'unité de t_{max} est la seconde.

La ligne 26 permet de générer un signal « parfaitement » carré à l'aide de la fonction *square* de la bibliothèque *scipy.signal*. Ce signal est nommé $u(t)$.

Lancer l'exécution du script. Mettre le graphe obtenu en plein écran.

18. A l'aide vos connaissances et de la représentation temporelle obtenue, calculer la valeur efficace de la composante alternative du signal $u(t)$, notée $U_{alt,eff,temp}$.

19. A l'aide vos connaissances et de la représentation temporelle obtenue, calculer la valeur efficace du signal $u(t)$, notée $U_{eff,temp}$.

Les lignes 32 à 36 permettent de créer une fonction nommée « rms » calculant la valeur efficace d'un signal. Éliminer le symbole # présent sur chacune de ces lignes (afin de rendre le code « actif »).

Compléter ensuite ces lignes de code, à l'aide de :

- la définition de la valeur efficace (chapitre 02)
- de la fonction racine carrée se rédigeant *np.sqrt()*
- de la fonction valeur moyenne se rédigeant *np.mean()*

Relancer l'exécution du script.

20. Dans le champ libre à côté des symboles `>>>`, vérifier à l'aide de la fonction `rms()`, que les deux valeurs obtenues dans les questions 18 et 19 sont correctes. On notera sur sa copie, les valeurs obtenues via Python avec 4 chiffres significatifs.

APPEL 8 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

B. Représentation fréquentielle du signal carré :

On souhaite maintenant obtenir le spectre (ou représentation fréquentielle) du signal $u(t)$, grâce à PYTHON.

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier suivant :

`TP06_representation_frequentielle_signal_carre_bis.py`

Compléter les lignes 22 à 24 du fichier. Lancer l'exécution du script. Mettre le graphe obtenu en plein écran

Utiliser la fonction Zoom afin de sélectionner la partie suivante du graphe : **la composante continue et les harmoniques jusqu'au rang $n = 7$ inclus.**

APPEL 9 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

21. A l'aide du réticule de PYZO, de la fonction Zoom et du spectre en amplitude obtenu, compléter ce qui est possible de compléter sur le tableau de l'annexe 01. Pour les valeurs de tensions, on prendra 4 chiffres significatifs.
22. A l'aide du paragraphe I.A du chapitre 04, calculer la valeur efficace du signal $u(t)$, notée $U_{eff,fréq}$, en prenant en compte les harmoniques jusqu'au rang $n = 7$ inclus.
23. A l'aide du paragraphe I.D du chapitre 04, calculer la valeur efficace de la composante alternative du signal $u(t)$, notée $U_{alt,eff,fréq}$, en prenant en compte les harmoniques jusqu'au rang $n = 7$ inclus.
24. Comparer $U_{alt,eff,temp}$ à $U_{alt,eff,fréq}$. Comparer $U_{eff,temp}$ à $U_{eff,fréq}$. Conclure en expliquant la source des écarts constatés.
25. Quelles grandeurs théoriques allez-vous conserver pour la suite du TP : celles provenant de la représentation temporelle ($U_{alt,eff,temp}$ et $U_{eff,temp}$) ou celles provenant de la représentation fréquentielle ($U_{alt,eff,fréq}$ et $U_{eff,fréq}$) ?

APPEL 10 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

VI. Étude d'un signal carré à l'aide d'un système numérique :

A. Valeur efficace du signal :

Expérience :

Attention à réaliser le circuit avec la LED « OUTPUT ON » du GBF, éteinte.

Le GBF délivre une tension, carré, d'amplitude $U_m = 2,5 V$, de fréquence $f_1 = 20\,000 Hz$, ayant pour valeur moyenne $\langle u \rangle = 2,5 V$.

Le GBF sera relié sur la voie EA0 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Le GBF sera aussi relié au multimètre afin de mesurer la **valeur efficace de la composante alternative** du signal. On pourra s'aider de la fiche méthode expérimentale 03.

Dans PYZO, sous Python (version 3.6.7), ouvrir le fichier `TP06_acquisition_signal_carre.py`

Compléter les lignes 11 et 13 du fichier, sachant que l'on souhaite analyser 1000 motifs du signal pour obtenir son spectre.

APPEL 11 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lancer l'exécution du script. Deux fenêtres apparaissent : une représentation temporelle et une représentation fréquentielle du signal délivré par le GBF. Vous venez de réaliser un système numérique nommé « analyseur de spectre ».

26. Noter la mesure de la valeur efficace de la composante alternative du signal, notée $U_{eff,alt}$.
27. A l'aide de la fiche méthode expérimentale 03 et du voltmètre, mesurer la valeur efficace du signal, notée U_{eff} .
28. Comparer U_{eff} à sa valeur théorique et $U_{eff,alt}$ à sa valeur théorique. Conclure.

APPEL 12 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

B. Grandeur représentée en ordonnée sur le spectre :

29. A l'aide du réticule de PYZO et de la fonction Zoom, mesurer les coordonnées du sommet de l'harmonique de rang 1 et de rang 3.
30. Les ordonnées des précédents points correspondent-elles aux amplitudes des harmoniques de rang 1 et de rang 3 ? (on les comparera sans calculer d'écart relatifs à celles présentes sur l'annexe 01).
31. A l'aide du *paragraphe I.B du chapitre 04*, compléter le tableau de l'annexe 01. On rédigera sur sa copie, chaque calcul, en respectant les règles sur les CS.
32. En déduire quelle grandeur est représentée en ordonnée sur le spectre obtenu à l'aide ce programme PYTHON.
33. Sur l'annexe 02, entourer les formules justes.

APPEL 13 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.