

IUT de Créteil-Vitry
Département R&T
1^{ère} année



TP

*Signaux et Systèmes
pour les
Transmissions*

Ressource R205

C. Lafont



Table des matières

TP N°= 1	FILTRES	3
TP N°= 2	AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL PARFAIT	6
TP N°= 3	FILTRES ACTIFS	8
TP N°= 4	SPECTRES	10

Pour chaque TP utilisez le fichier eprel
« Schéma labdeck.jpg » pour dessiner le placement
de vos composants sur la plaque Labdeck de TP.

TP N°= 1 Filtres

Le but de ce TP est de présenter des circuits très important en électronique, les filtres. On étudiera leur comportement en fonction de la fréquence grâce aux diagrammes de Bode.

Préambule

L'oscilloscope que vous utilisez est aussi un analyseur de spectre, il calcule une fonction mathématique, la transformée de Fourier rapide (FFT en anglais) qui permet d'avoir une représentation sur l'axe fréquentiel de votre signal. (Mise en route de la fonction avec la touche « \pm », la touche « Math » ou la touche « FFT » selon votre oscilloscope. N'oubliez pas de ne laisser à l'écran que la représentation fréquentielle ou la représentation temporelle, mais pas les deux en même temps car elles sont antagonistes).

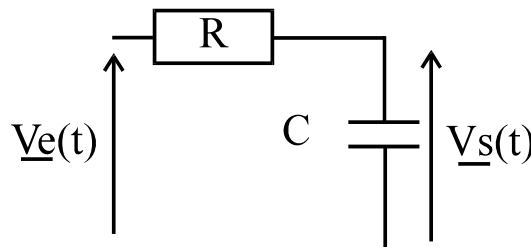
Avec le générateur de fonctions, appliquez différents signaux (sinus, carrés, triangle) à la fréquence de 1 kHz. Regardez la décomposition en série de Fourier de ces signaux. Pourquoi ne peut-on utiliser que le signal sinus pour relever les diagrammes de Bode ?

Préparation :

Réaliser l'étude théorique des schémas et faire le tracé du Bode asymptotique pour I) et II).

I Filtre passe bas

Calculer la fonction de transfert (en complexe) $\underline{V_s}/\underline{V_e}$ du circuit suivant:



On pose $\omega_0 = 1/RC$.

Question 1: Que se passe-t-il si $\omega \gg \omega_0$? A quelle opération mathématique correspond alors cette fonction? Proposer un signal simple permettant de le vérifier avec l'oscilloscope.

ω_0 est appelée pulsation de coupure du filtre. On a $R = 1,5 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ nF}$. Quelle est la pulsation de coupure correspondante ?

Attention le diagramme de Bode est constitué de deux courbes, la courbe du gain et celle de la phase.

On rappelle que $G = 20 \log(|\underline{V_s}/\underline{V_e}|)$ et que φ est le déphasage entre les deux signaux sinusoïdaux V_s et V_e à la même fréquence.

Relevé expérimental du diagramme de Bode:

Réaliser le montage ci-dessus, le GBF étant branché en V_e . Ce générateur délivre un signal sinusoïdal d'amplitude maximale 10 V. A l'aide de l'oscilloscope, visualiser V_e et V_s . On fera varier la fréquence par saut de 1 kHz entre 1 kHz et 10 kHz et par saut de 10 kHz entre 10 kHz et 100 kHz. Relever alors dans un tableau les valeurs des tensions max de V_e (elle doit être constante), de V_s ainsi que le déphasage φ . Rajouter ensuite dans le tableau une ligne pour V_s/V_e et une autre pour $20 \log (V_s/V_e)$. On pourra s'inspirer du tableau suivant :

Fréquence (kHz)										
V_e (V)										
V_s (V)										
G (dB)										
Δt (μs)										
φ ($^\circ$)										

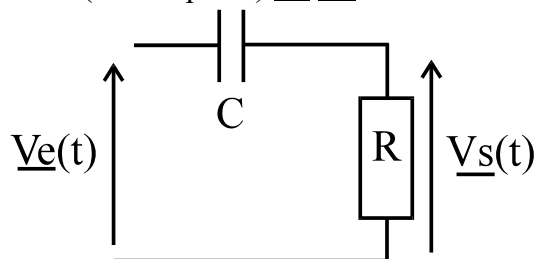
Question 2: Sur du papier semi log 2 décades, tracer ainsi les diagrammes de gain et de phase de Bode, superposer le diagramme théorique avec le diagramme asymptotique.

Question 3: Déterminer la fréquence pour laquelle le gain vaut -3dB. A quoi correspond-elle? Les courbes sont-elles conformes aux prévisions? A quoi peut servir un tel circuit?

Question 4: Une fois ces mesures terminées, on se placera de nouveau à une fréquence du tableau, et on passera en représentation fréquentielle. On observera d'abord le signal d'entrée, puis le signal de sortie. On prendra des valeurs de fréquences dans le bande passante et en dehors. Pourquoi ne peut-on pas faire la totalité de la mesure du diagramme de Bode en fréquentiel ?

II Filtre passe haut

Calculer la fonction de transfert (en complexe) V_s/V_e du circuit suivant:



On pose $\omega_0 = 1/RC$.

Question 5: Que se passe-t-il si $\omega \ll \omega_0$? A quelle opération mathématique correspond alors cette fonction? Proposer un signal simple permettant de le vérifier avec l'oscilloscope.

ω_0 est appelée pulsation de coupure du filtre. On a $R = 1,5 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ nF}$. Déduisez-en la pulsation de coupure.

Question 6: A l'aide d'un tableur, remplissez le tableau et tracez ainsi les diagrammes de gain et de phase de Bode, superposer le diagramme théorique avec le diagramme asymptotique.

Le relevé expérimental du diagramme de Bode sera fait de la même manière que dans la première partie.

Question 7: Déterminer la fréquence pour laquelle le gain vaut -3dB . A quoi correspond-elle? Les courbes sont-elles conformes aux prévisions?

A quoi peut servir un tel circuit?

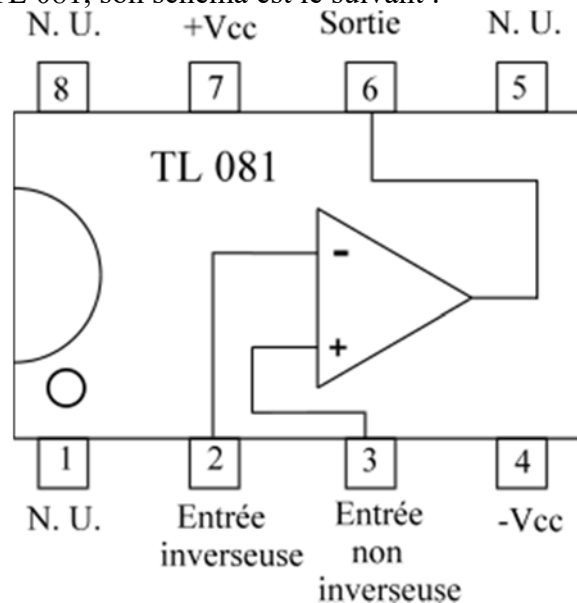
Vérifier les prépas en début de séance pendant que vous rendez le tp de la semaine précédente

TP N°= 2 Amplificateur Opérationnel Parfait

Préparation : Etudier le fonctionnement de chacun des montages

I) Introduction

Le circuit utilisé est le TL 081, son schéma est le suivant :



Les sorties marquées N.U. sont non utilisées dans ce TP.

La patte N°=1 est repérée par un ergot dans le boîtier.

Pour toutes les manipulations on utilisera $V_{cc}=+15\text{ V}$ fournie par l'alimentation stabilisée.

La tension d'entrée V_e est un signal sinusoïdal de valeur maximale 10 V et de fréquence 1 kHz.

II) Préparation

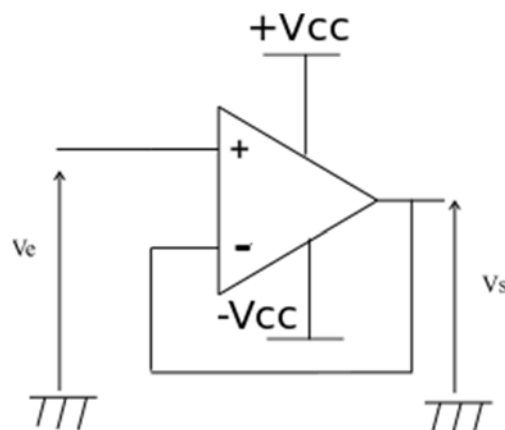
Quelle est la forme de la tension d'alimentation ? Sur quelle broche du composant doit-on la brancher ?

Elle consiste à réaliser l'étude des différents montages proposés et à réaliser les applications numériques.

III) Manipulation

III.1) Suiveur

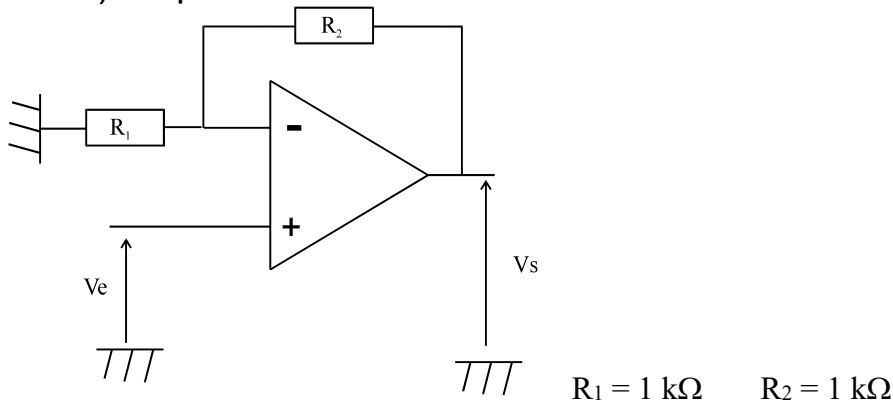
Soit le schéma suivant :



Quelle est la valeur de la tension de sortie en fonction de la tension d'entrée. Pourquoi appelle-t-on ce montage suiveur ? Quelle peut être son application ? En utilisant la fonction XY de l'oscilloscope, visualiser la caractéristique $V_s=f(V_e)$ de ce montage. Représenter cette caractéristique dans le compte rendu. On représentera aussi sur un même schéma, la tension d'entrée et la tension de sortie.

Observer la représentation fréquentielle du signal d'entrée, ainsi que celle du signal de sortie, que constate-t-on ? (utiliser la fonction FFT de l'oscilloscope)

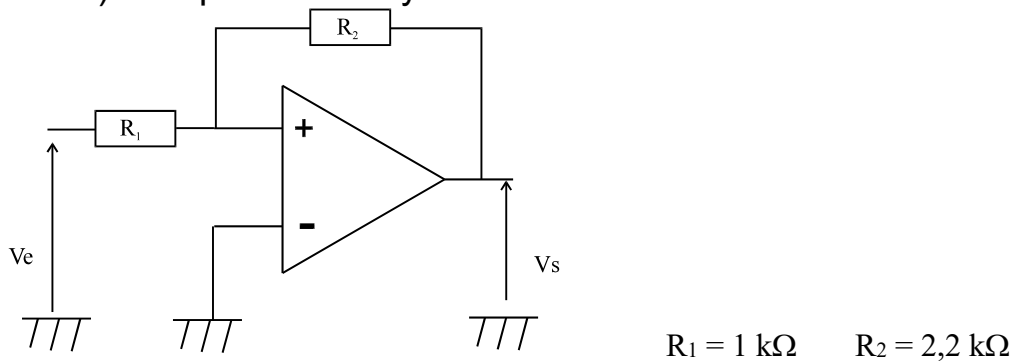
III.2) Amplificateur non inverseur



V_e est un signal sinusoïdal d'amplitude maximale 5 V. Relever sur un même graphe V_e et V_s . V_e est maintenant le signal sinusoïdal d'amplitude 10 V. Quel phénomène voit-on apparaître. Relever alors V_s et V_e ainsi que la caractéristique de ce montage avec le phénomène observé.

Observer les spectres des signaux d'entrée et de sortie quand $V_e=5\text{V}$? Est-ce normal ? Restez en représentation spectrale du signal V_s et augmenter V_e jusqu'à avoir $V_e=10\text{V}$. Combien y-a-t-il de raies maintenant ? D'où viennent-elles (repasser en chronogramme pour comprendre)

III.3) Comparateur à hystérésis



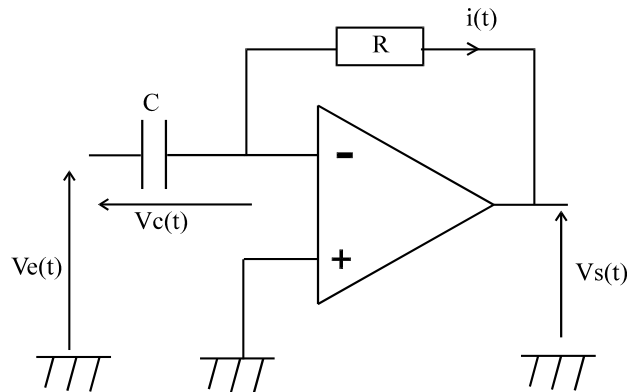
Relever la caractéristique $V_s=f(V_e)$. A quoi peut servir un tel montage ?

TP N°= 3 Filtres actifs

Préparation : Calculez les fonctions de transfert des différents montages

I) Montages transformateurs de signaux

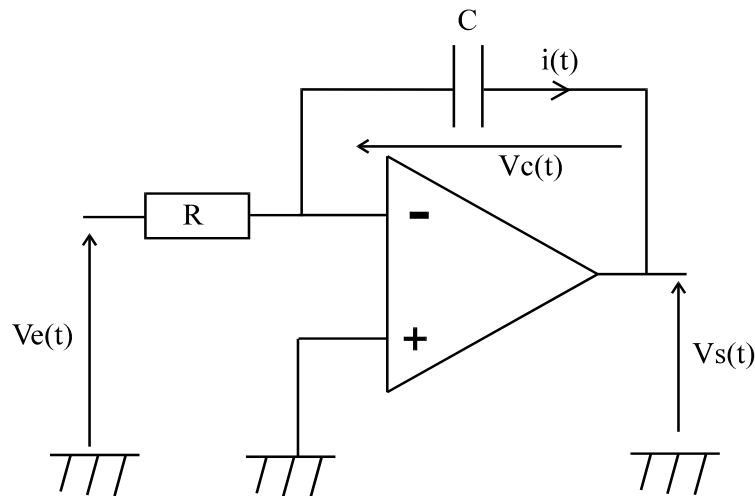
1°) Déterminer le fonctionnement du montage suivant en utilisant les impédances:



On prendra $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 1 \text{ nF}$. $V_e(t)$ est un signal triangulaire de fréquence 1 kHz. Quelle est l'allure de la tension $V_s(t)$? $V_e(t)$ est maintenant un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz. Conclusions ?

Relever très rapidement l'allure du diagramme de Bode (3 points de mesure). Cette allure correspond-elle à l'étude théorique ?

2°) Déterminer le fonctionnement du montage suivant :

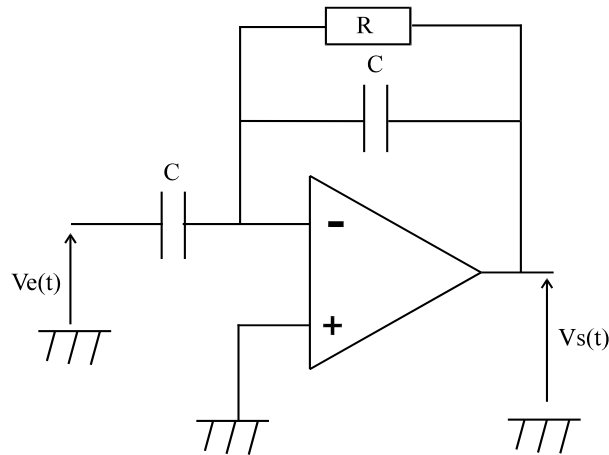


On prendra $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 1 \text{ nF}$. $V_e(t)$ est un signal triangulaire de fréquence 300 kHz. Quelle est l'allure de la tension $V_s(t)$? $V_e(t)$ est maintenant un signal carré de fréquence 300 kHz. $V_e(t)$ est maintenant un signal sinusoïdal de fréquence 300 kHz. Conclusions ?

Relever très rapidement l'allure du diagramme de Bode

II) Filtre actif

Déterminer la fonction de transfert complexe du montage suivant :



(On appliquera Millmann en V-)

On mettra cette fonction sous la forme

$$\frac{V_S(t)}{V_E(t)} = \frac{-j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}$$

On prendra $R=150\text{ k}\Omega$ et $C=1\text{ nF}$, quelle est la fréquence de coupure ?

On relèvera la valeur des éléments suivants et on tracera aussi le diagramme de Bode :

Fréquence (kHz)	0,1	0,8	0,9	1	1,1	1,2	9	10	11	15
V_e (V)										
V_s (V)										
G (dB)										
Δt (μs)										
φ ($^\circ$)										

3°) On branche la sortie de ce circuit sur l'entrée du circuit 2. Relever l'allure du diagramme de Bode. Quel peut être l'utilité de la fonction ainsi réalisée ? Ce résultat était-il prévisible à partir des relevés de Bode de chaque montage ?

TP N°= 4 Spectres

I) Préparation

- 1°) Rappelez ce que sont le fondamental et les harmoniques dans un signal ?
- 2°) Comment se calculent les valeurs des fréquences des harmoniques ?

Rendez-vous sur le site de Christian Perrin et téléchargez la version 3 du logiciel de synthèse des séries de Fourier

https://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/logiciels/fourierfiltre/index.htm

Vous obtenez un fichier zip appelé « fourson.zip ». Il contient une bibliothèque et un exécutable : « fourfiltre.exe ». Dézippez et enregistrez les fichiers. Lancez « fourfiltre.exe ».

- 3°) Quelle est la fréquence prédéfinie dans l'interface du logiciel ?
- 4°) Régler les curseurs 1 à 11, à quoi correspondent-ils ?
- 5°) Réglez les amplitudes de tous les curseurs à 0 sauf le 1 que vous mettrez à 50. Que voyez-vous sur le chronogramme ? Cliquez sur « spectre de sortie », le spectre que vous voyez correspond-il ?
- 6°) Ajustez le curseur 2 à la valeur 50. Le spectre correspond-il à cette composition ?
- 7°) Cliquez sur « passe bas » et réglez la fréquence de coupure f_0 sur 100Hz. Quel est l'effet sur le spectre ? Et sur le chronogramme ?

II) Signal sinusoïdal

Avec le générateur, faire un signal sinusoïdal à 100Hz. Visualiser le signal temporel sur la voie 1. Utiliser le bouton FFT pour voir le spectre. Réglez l'échelle horizontale à 125Hz/2,5kSample.

Question 1. Que penser du résultat ?

Réaliser un filtre passe bas de fréquence de coupure 100Hz avec un condensateur de valeur 10nF et une résistance 150 kΩ. Regarder le signal sur la voie 2.

Question 2. Regarder le spectre de la voie 2, changez la fréquence à 2000Hz, que se passe-t-il ? De combien le signal est-il atténué ? Est-ce normal ?

III) Signal carré

Générez un signal carré à $F_0=100\text{Hz}$ et $U_M=2,5\text{V}$.

Ce signal aura un rapport cyclique de 50% (fonction Duty du GBF). Vérifiez avec le chronogramme qu'il s'agit bien d'un signal carré.

La décomposition de ce signal en fondamental et harmoniques donne la formule suivante :

$$u(t) = \frac{4U_M}{\pi} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\cos((2p+1)2\pi F_0 t)}{(2p+1)}$$

En d'autres termes :

$$u(t) = \frac{4U_M}{\pi} \left(\frac{\cos(2\pi * 1F_0 t)}{1} + \frac{\cos(2\pi * 3F_0 t)}{3} + \frac{\cos(2\pi * 5F_0 t)}{5} + \frac{\cos(2\pi * 7F_0 t)}{7} + \dots \right)$$

Question 3. Quelles sont les fréquences présentes dans le spectre ? (les raies d'amplitude inférieure à -16dB seront considérées comme inexistantes) Dans un tableau noter les amplitudes pour les fréquences jusqu'à 1100Hz.

Question 4. Ces amplitudes sont données en dB, comment les transformer en grandeur linéaire ? (on utilisera 10^x)

Question 5. On souhaite connaître le % d'amplitude que représente chaque raie par rapport à l'amplitude crête à crête globale, soit $2*U_M$. Rajouter une colonne dans laquelle vous allez calculer ces % pour chacune des fréquences. Vous devez obtenir un tableau de ce type :

signal carré 1/2

Umax (V) 2,5

Rang	Fréquence (Hz)	amplitude (dB)	Amplitude linéaire (V)	% amplitude
1	100	7,43	2,35	0,47
2	200		0,00	0,00
3	300	-2,17	0,78	0,16

Ce tableau va évoluer dans la suite du tp, vous joindrez votre tableau complet à votre compte rendu.

Question 6. Avec le logiciel de Fourier, réaliser un signal avec les mêmes amplitudes, qu'obtenez-vous comme signal temporel ?

Question 7. Quelle est la raie la plus importante, comment s'appelle-t-elle. Comment s'appellent les autres raies ?

Question 8. Si on reprend la formule

$$u(t) = \frac{4U_M}{\pi} \left(\frac{\cos(2\pi * 1F_0 t)}{1} + \frac{\cos(2\pi * 3F_0 t)}{3} + \frac{\cos(2\pi * 5F_0 t)}{5} + \frac{\cos(2\pi * 7F_0 t)}{7} + \dots \right)$$

L'amplitude du fondamental est $A_1 = \frac{4U_M}{\pi}$, celle du 1^{er} harmonique 3 est $A_3 = \frac{4U_M}{3\pi}$, les amplitudes sont donc décroissantes en $1/n$. Quel résultat obtient-on si on fait le rapport A_1/A_3 ?

Question 9. Ajoutez à votre tableau la colonne « Facteur de rang » contenant le rapport entre l'amplitude du fondamental et celle de la raie. Que constatez-vous ?

Vous devez obtenir un tableau de ce type

signal carré 1/2

Umax (V) 2,5

Rang	Fréquence (Hz)	amplitude (dB)	Amplitude linéaire (V)	% amplitude	Facteur de rang
1	100	7,43	2,35	0,47	1,00
2	200		0,00	0,00	NC
3	300	-2,17	0,78	0,16	3,02

Pensez à le joindre à votre compte-rendu

IV) Signal carré/triangle

Reprenez le circuit passe bas de la question 0. Placez-vous en dehors de la bande passante de ce circuit. Comment s'écrit la fonction de transfert asymptotique dans ce cas-là ?

- Question 10.** Observez le spectre du signal de sortie. Quelle est sa forme ? Est-ce normal ?
- Question 11.** Revenez au chronogramme, quelle est la forme du signal de sortie ?
- Question 12.** Quelle fonction avez-vous réalisé ? Pouvaient-on le savoir avec la fonction de transfert ?

V) Signal triangle

Gardez le montage précédent, mais cette fois-ci avec un signal triangle à $F_0=100\text{Hz}$ et $U_M=2,5\text{V}$.

Ce signal aura un rapport cyclique de 50% (fonction Duty du GBF). Vérifiez avec le chronogramme qu'il s'agit bien d'un signal triangle.

La décomposition de ce signal en fondamental et harmoniques donne la formule suivante :

$$u(t) = \frac{8U_M}{\pi^2} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\sin((2p+1)2\pi F_0 t)}{(2p+1)^2}$$

En d'autres termes :

$$u(t) = \frac{8U_M}{\pi^2} \left(\frac{\sin(2\pi * 1F_0 t)}{1} + \frac{\sin(2\pi * 3F_0 t)}{9} + \frac{\sin(2\pi * 5F_0 t)}{25} + \frac{\sin(2\pi * 7F_0 t)}{49} + \dots \right)$$

- Question 13.** Quelles sont les fréquences présentes dans le spectre ? (les raies d'amplitude inférieure à -45dB seront considérées comme inexistantes) Dans un tableau noter les amplitudes pour les fréquences jusqu'à 1100Hz.
- Question 14.** Ces amplitudes sont données en dB, comment les transformer en grandeur linéaire ? (on utilisera 10^x)
- Question 15.** On souhaite connaître le % d'amplitude que représente chaque raie par rapport au signal total, l'amplitude totale est de $2*U_M$. Rajouter une colonne dans laquelle vous allez calculer les % de chacune des fréquences. Vous devez obtenir un tableau de ce type

Question 16. Avec le logiciel de Fourier, réaliser un signal avec les mêmes amplitudes, qu'obtenez-vous comme signal temporel ?

Question 17. Si on reprend la formule

$$u(t) = \frac{8U_M}{\pi^2} \left(\frac{\sin(2\pi * 1F_0 t)}{1} + \frac{\sin(2\pi * 3F_0 t)}{9} + \frac{\sin(2\pi * 5F_0 t)}{25} + \frac{\sin(2\pi * 7F_0 t)}{49} + \dots \right)$$

L'amplitude du fondamental est $A_1 = \frac{8U_M}{\pi^2}$, celle du l'harmonique 3 est $A_3 = \frac{8U_M}{9\pi^2}$, les amplitudes sont donc décroissantes en $1/n$. Quel résultat obtient-on si on fait le rapport A_1/A_3 ?

- Question 18.** Ajoutez à votre tableau la colonne « Facteur de rang » contenant le rapport entre l'amplitude du fondamental et celle de la raie. Que constatez-vous ? Pensez à le joindre à votre compte-rendu

V) Signal carré, le retour

Gardez le montage précédent, mais cette fois-ci avec un signal carré à $F_0=100\text{Hz}$ et $U_M=2,5\text{V}$. Ce signal aura un rapport cyclique de 33% (fonction Duty du GBF). Vérifiez avec le chronogramme qu'il s'agit bien d'un signal carré.

Procédez de la même manière que III) et déterminez l'expression de la tension $u(t)$ dans ce cas-ci. Vérifier avec le logiciel de Fourier.