



GYMNASÉ AUGUSTE PICCARD

ÉTUDES DE FILTRES "PASSE-HAUT" ET "PASSE-BAS"

OPTION SPÉCIFIQUE PHYSIQUE, 3M8

Julien Bricka, Romain Blondel

16 janvier 2024

BUT

Les filtres "passe-haut" et "passe-bas" permettent de sélectionner des plages de fréquences. Le but de ce travail est d'étudier une manière de les fabriquer par des condensateurs et des *self*.

1 INTRODUCTION

Les filtres passe-haut et passe-bas sont utilisés dans les domaines de retouche visuelle et sonore comme dans des amplificateurs audios (écouteurs et enceintes) et dans les circuits de communication. Grâce à sa propriété sélective qui ne laisse passer qu'une partie des fréquences, ces filtres permettent d'atténuer le bruit (avec un filtre passe-bas), ou bien de l'amplifier (filtre passe-haut).

Par exemple, dans la retouche de photos et vidéos, un filtre passe-haut permettrait d'obtenir une image plus nette. En utilisant un filtre passe-haut puissant, nous obtenons la transformation suivante :



FIGURE 1
Avant et après l'application d'un filtre passe-haut ¹

Au contraire, les filtres passe-bas permettent de lisser des objets ou des figures. Avec un filtre puissant nous pouvons effectuer la transformation suivante :



FIGURE 2
Avant et après l'application d'un filtre passe-bas ²

Le filtre passe-bas est aussi utilisé afin d'atténuer le bruit dans le contexte d'une transmission sonore par exemple. Ces filtres permettent de sélectionner une partie d'image ou de son et de la modifier comme voulu dans le but d'obtenir un résultat souhaité.

1. Issu de Wikipédia - Filtre passe-haut

2. Issu de Wikipédia - Filtre passe-bas

Pour faire cela, ces filtres ne laissent passer qu'une partie des fréquences et atténuent les autres. L'utilisation des deux filtres (passe-haut et passe-bas) se nomme un filtre passe-bande. Physiquement, un filtre passe-haut est constitué d'un condensateur (plus la fréquence est élevée, plus il se charge et décharge vite ce qui donne à la limite comme si le courant passait sans problème) suivi d'une résistance, et le filtre passe-bas d'une résistance et d'une *self* (ou bobine, et plus la fréquence est élevée, plus la variation du courant est grande est plus l'auto-induction réduit celui-ci).

C'est uniquement à partir d'une certaine fréquence, que ces filtres feront effet. Celle-ci se nomme une fréquence de coupure. Dans le cas du filtre passe-haut, les fréquences inférieures à sa fréquence de coupure f_c sont atténuées, et les fréquences plus hautes seront mises en valeur. Au contraire, le filtre passe-bas atténue les fréquences supérieures à sa fréquence de coupure f_c pour valoriser les fréquences plus basses.

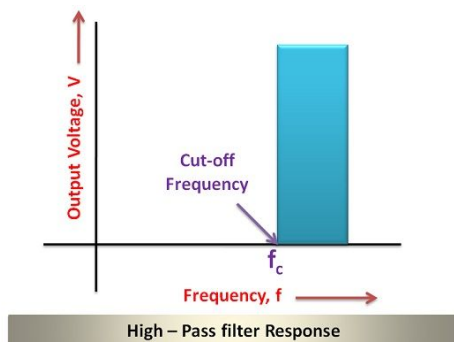


FIGURE 3

Fonctionnement d'un filtre passe-haut

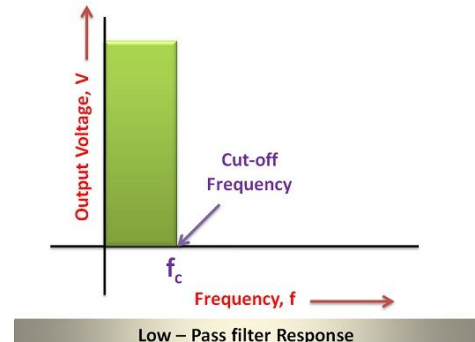


FIGURE 4

Fonctionnement d'un filtre passe-bas³

Comme nous pouvons le voir sur les images, le voltage V monte ou descend de manière verticale à partir d'une certaine fréquence f_c . En effet, dans le cas d'un filtre passe-haut parfait, la tension atteindra instantanément son maximum. Or, en réalité, cela n'est pas tout à fait le cas. Avec une utilisation une variation régulière (sinusoïdale) de la tension, nous pouvons nous attendre cela :

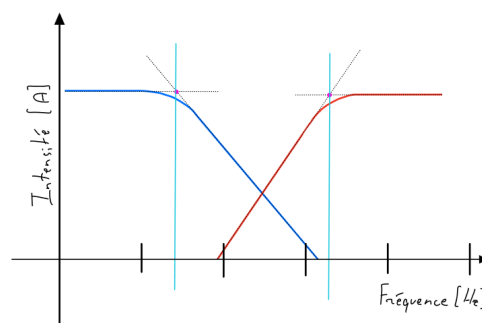


FIGURE 5

Graphe des filtres passe-haut et passe-bas

En bleu la réaction du filtre passe-bas, et en rouge celle du passe-haut. Une fois qu'ils atteignent leur fréquence de coupure (en cyan), nous observons une augmentation / diminution progressive de l'intensité.

3. Issu de <https://electronicscoach.com/difference-between-high-pass-and-low-pass-filter.html>

Comme la variation de la tension est régulière, la tension électromotrice se présente comme suit :

$$U(t) = \hat{U} \sin(\omega \cdot t + \phi_1)$$

Tel que $U(t)$ la tension en fonction du temps, \hat{U} la tension maximale, ω la pulsation imposée par le générateur et ϕ_1 indique que $U(t)$ n'est pas forcément nulle lorsque $t=0$.

1.1 LE CIRCUIT RC

Le circuit RC agit comme un filtre passe-haut. Ce dernier consiste à placer une résistance R et un condensateur C en série, puis y faire passer un courant alternatif.

Le courant produit est donné par :

$$I(t) = \hat{I} \sin(\omega \cdot t + \phi_1) \quad \text{avec} \quad \hat{I} = \frac{\hat{U}}{Z}$$

Tel que $I(t)$ l'intensité en fonction du temps, l'intensité maximale \hat{I} , qui dépend de l'impédance (l'opposition d'un circuit électrique au passage d'un courant alternatif sinusoïdal⁴) Z déterminée par la résistance R , la charge électrique C et ω la pulsation imposée par le générateur :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

et le déphasage $\phi_1 - \phi_2$ lié par :

$$\tan(\phi_1 - \phi_2) = -\frac{1}{\omega RC}$$

1.2 LE CIRCUIT RL

Le circuit RL , consiste à placer une résistance et une self L (ou bobine) en série aux bornes d'un générateur de tension alternatif. Ce circuit fait office de filtre passe-bas.

Comme pour le circuit RC , le courant est de la forme :

$$I(t) = \hat{I} \sin(\omega \cdot t + \phi_1) \quad \text{avec} \quad \hat{I} = \frac{\hat{U}}{Z}$$

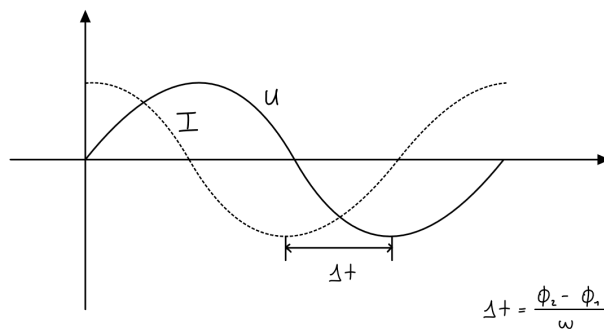
A la différence que l'impédance est déterminée par :

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

et le déphasage $\phi_1 - \phi_2$ par :

$$\tan(\phi_1 - \phi_2) = \frac{\omega L}{R}$$

Lors de cette expérience nous avons introduit un Δt tel que : $\Delta t = \frac{\phi_2 - \phi_1}{\omega}$, afin de mesurer l'écart entre \hat{I} et \hat{U} .



4. Selon Wikipédia - L'impédance (électricité)

2 PRINCIPE DE MESURE ET DESCRIPTION

2.1 MATÉRIEL

Le matériel suivant a été nécessaire à la réalisation des expériences :

- Un générateur de fréquence
- Un oscilloscope
- Des câbles (dont 2 avec une mise à terre)
- 2 résistance (5 et 50 $[\Omega]$)
- Un condensateur (1 $[\mu F]$)
- Une bobine (3 $[mH]$)

2.2 DÉROULEMENT

Avant de débiter l'expérience, il est nécessaire d'assembler le matériel comme présenté dans la section schéma (2.3), vérifier le fonctionnement correct de l'oscilloscope.

La tension U , U_{in} et la fréquence f sont données sur la page principale de l'oscilloscope. Afin de trouver notre écart Δt , utiliser les curseurs manuels est incontournable. Une fois la page de curseurs ouverte, il est nécessaire de placer l'un d'entre eux au sommet d'une courbe, puis de l'autre. De cette manière, la valeur de Δt s'affichera.

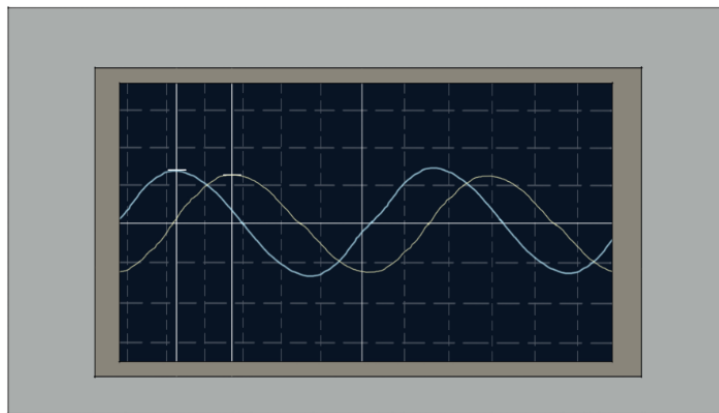


FIGURE 6
Schéma de l'oscilloscope

EXPÉRIENCE 1 :

- Assembler le circuit en utilisant la résistance de 50 $[\Omega]$.
- Commencer à 10 $[Hz]$
- Pour chaque mesure, prendre note de la fréquence $[Hz]$, de la tension $[V]$, de la tension induite $[V]$, et de Δt $[s]$.
- "Doubler" la fréquence jusqu'à 10 $[kHz]$ (10, 20, 50, 100, 200, ...).
- Faire de même avec la résistance de 5 $[\Omega]$.

EXPÉRIENCE 2 :

- Assembler le circuit en utilisant la résistance de $50\ [\Omega]$.
- Commencer à $5\ [Hz]$
- Pour chaque mesure, prendre note de la fréquence $[Hz]$, de la tension $[V]$, de la tension induite $[V]$, et de $\Delta t\ [s]$.
- "Doubler" la fréquence jusqu'à $20\ [kHz]$ (5, 10, 20, 50, 100, 200, ...).

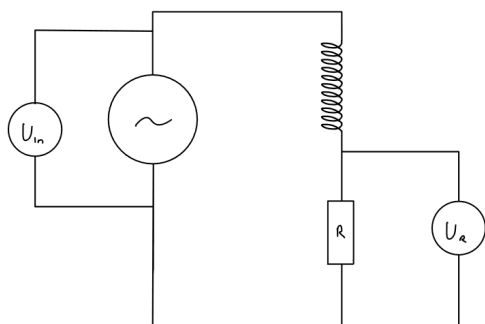
2.3 SCHÉMAS**EXPÉRIENCE 1 :**

FIGURE 7
Schéma du circuit RL

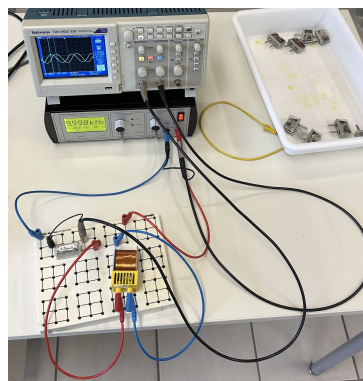


FIGURE 8
Photo du montage RL

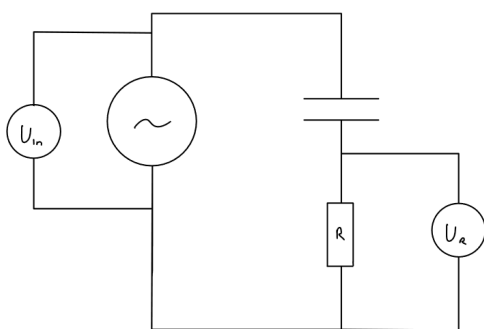
EXPÉRIENCE 2 :

FIGURE 9
Schéma du circuit RC

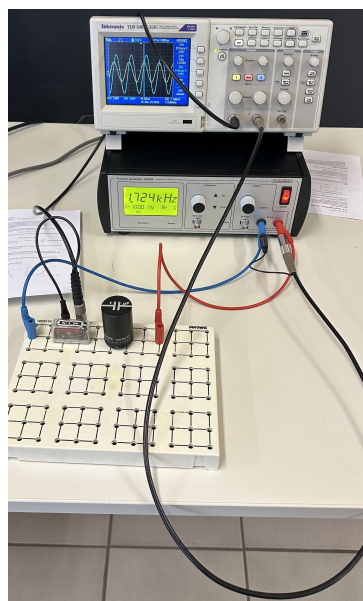


FIGURE 10
Photo du montage RC

3 RÉSULTATS ET CALCULS

Ci-suit les mesures effectuées ainsi que les opérations d'analyse sur les résultats. Notons que dans le cadre de la première expérience sur le filtre "passe-bas", toutes les mesures sont très correctes et soumises à une relativement faible erreur, alors que dans celle sur les filtres "passe-haut", près de la moitié des résultats ne font pas sens. Tout cela sera néanmoins discuté dans la section suivante.

3.1 EXPÉRIENCE 1 : FILTRE "PASSE-BAS"

Pour les deux volées de mesure sur ce filtre, le traitement se fait de manière similaire. Nous n'allons donc préciser que les opérations sur la première série et ne ferons que mentionner les différences pour la seconde. Finalement, lors de la mise en œuvre de l'expérience, il y a eu une incompréhension menant à l'absence de la mesure de la tension d'entrée, ce qui mène à la comparaison à un modèle théorique seulement via une courbe de tendance dont nous préciserons les paramètres.

3.1.1 RÉSISTANCE DE 5 $[\Omega]$

Dans la table suivante sont résumées nos mesures sur le circuit avec une résistance de $R = 5 [\Omega]$. Pour cela, on a calibré le générateur de fonction autour des fréquences désirées, ce qui est reporté dans la mesure f . Ensuite sont relevés par l'oscilloscope la mesure de la tension à la résistance U et le décalage temporel entre la courbe d'entrée et celle sur la résistance Δt .

Pour le calcul du déphasage, nous utilisons la relation $\Delta t = \frac{\phi_2 - \phi_1}{\omega} \Leftrightarrow \phi_2 - \phi_1 = \phi = \Delta t \cdot \omega$, où l'on ne cherche que la valeur du déphasage ϕ et sachant que la pulsation $\omega = 2\pi f$. Finalement on calcule l'inductance L par $\tan \phi = \frac{\omega L}{R} \Leftrightarrow L = \frac{R}{\omega} \tan \phi$.

$f [Hz]$	$U [V]$	$\Delta t [ms]$	$\phi [rad]$	$L [mH]$
10.03	5.600	0.000	0.000	0.000
20.82	5.640	0.400	0.052	2.002
50.43	5.560	0.300	0.095	1.505
110.30	5.400	0.360	0.249	1.838
213.30	4.960	0.400	0.536	2.217
509.20	3.480	0.280	0.896	1.953
1072.00	2.000	0.190	1.280	2.478
2160.00	1.040	0.110	1.493	4.719
5035.00	0.464	0.046	1.455	1.362
10150.00	0.226	0.024	1.531	1.949

TABLE 1
Mesures et calculs pour le filtre "passe-bas", $R = 5 [\Omega]$

En excluant la mesure autour de 10 $[Hz]$ car l'intervalle de temps était trop court pour être exploitable dans le calcul de l'inductance, nous obtenons une moyenne à $L \approx 2.225 [mH]$ avec un écart-type de $\sim 0.937 [mH]$. À noter que $L = 3 [mH]$ du fabricant est compris dans l'écart-type, néanmoins il y a quand même un grand écart avec la moyenne.

Pour visualiser ces données, nous avons fait un premier graphe de l'intensité selon la fréquence. Comme la plage de donnée est grande, cela se fait sur une échelle logarithmique sur les deux axes. Les points de mesure sont obtenus par la tension aux bornes de la résistance et la loi d'Ohm $U = RI \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$. Pour le modèle, il y a la relation pour un circuit RL que $I = \frac{U_{in}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$. On utilise alors une méthode des

moindres carrés non-linéaire afin de trouver une valeur de U_{in} qui correspond donc à la tension d'entrée qui aurait dû être mesurée. Celle-ci fut donc calculée à $U_{in} \approx 5.696$ [V] en ayant fixé l'inductance du circuit à la moyenne calculée plus haut.

Afin de calculer la fréquence de coupure du filtre "passe-bas", il a fallu construire les asymptotes du graphe sur cette échelle logarithmique, puis nous avons calculé leurs intersections en itérant sur les points calculés et voir quand leur écart était moindre ce qui nous donne une fréquence de coupure $f_c \approx 443.248$ [Hz]. Pour ce graphe-là, on a pu le faire via nos points de mesure.

Pour calculer les asymptotes, il a fallu jongler entre les équations de droite et les exponentielle. Pour celle horizontale tout d'abord, il a suffi de tracer une droite à la hauteur du premier point.

Pour celle oblique, on a commencé par calculer la pente m entre les points désirés avec le premier $P_1(f_1; I_1)$ et le second $P_2(f_2; I_2)$ (donc $f_1 < f_2$). Comme c'est en échelle logarithmique on prend le logarithme (note : dans ce qui suit log désigne celui en base 10 utilisé dans l'analyse informatique des données) de chaque valeur et on calcule la pente de manière standard $m = \frac{\log(I_2) - \log(I_1)}{\log(f_2) - \log(f_1)}$. L'ordonnée à l'origine h se calcule selon la même logique en prenant un des points $h = \log(I_1) - m \cdot \log(f_1)$. La droite sera alors sur un intervalle $[a; b]$ les points $(10^{[a;b]}; 10^{m \cdot [a;b] + h})$. On a pris comme points les deux derniers du graphe afin d'avoir la bonne asymptote.

À noter que pour le filtre "passe-haut", l'asymptote horizontale se fait par le dernier point et celle oblique par les premiers points.

Pour le déphasage, seul la fréquence est sur une échelle logarithmique. Nous avons mis le déphasage obtenu par les calculs sur la mesure et celui calculé par le modèle $\tan \phi = \frac{\omega L}{R} \Leftrightarrow \phi = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$. La valeur de L fixée est toujours la même.

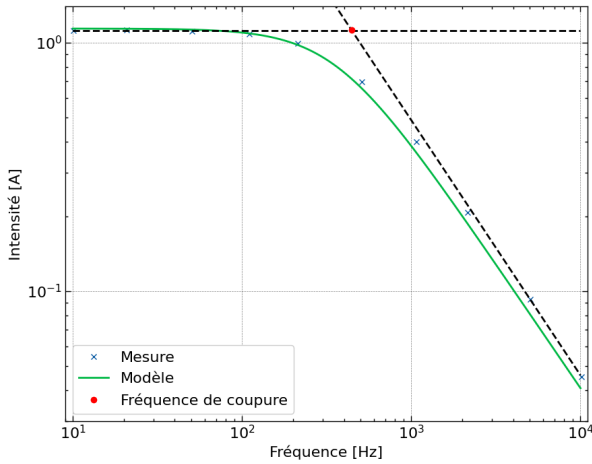


FIGURE 11
Intensité, "passe-bas", $R = 5$ [Ω]

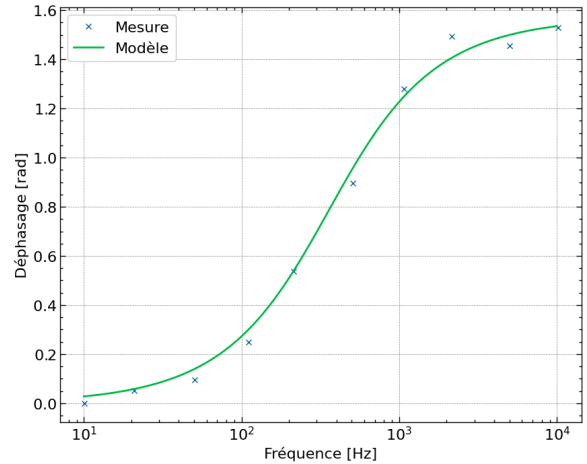


FIGURE 12
Déphasage, "passe-bas", $R = 5$ [Ω]

3.1.2 RÉSISTANCE DE 50 [Ω]

Pour le tableau suivant, la résistance $R = 50$ [Ω]. Les méthodes de calcul sont les mêmes. L'inductance moyenne est cette fois-ci calculée en excluant les deux premières mesures qui sont manifestement inexploitables. On obtient via ces considérations une inductance $L \approx 3.463$ [mH] avec un écart-type de ~ 0.764 [mH]. On est donc un peu plus proche de la valeur du fabricant, mais cela reste assez éloigné, et de plus cela est aux antipodes des mesures avec $R = 5$ [Ω].

f [Hz]	U [V]	Δt [ms]	ϕ [rad]	L [mH]
10.32	8.32	0.000	0.000	0.000
21.03	8.32	0.400	0.053	20.019
49.58	8.32	0.100	0.031	5.002
119.00	8.32	0.080	0.060	4.005
217.80	8.16	0.080	0.109	4.016
505.30	8.00	0.050	0.159	2.521
1187.00	7.68	0.056	0.418	2.975
2170.00	6.52	0.048	0.654	2.814
5045.00	4.00	0.035	1.109	3.173
10680.00	2.06	0.020	1.342	3.201

TABLE 2
Mesures et calculs pour le filtre "passe-bas", $R = 50$ [Ω]

Quant aux graphes, mentionnons juste que sur ceux-ci, l'inductance fixée est celle du fabricant de $L = 3$ [mH]. Cela à mené au calcul d'une tension d'entrée $U_{in} \approx 8.310$ [V] et la fréquence de coupure $f_c \approx 2204.669$ [Hz].

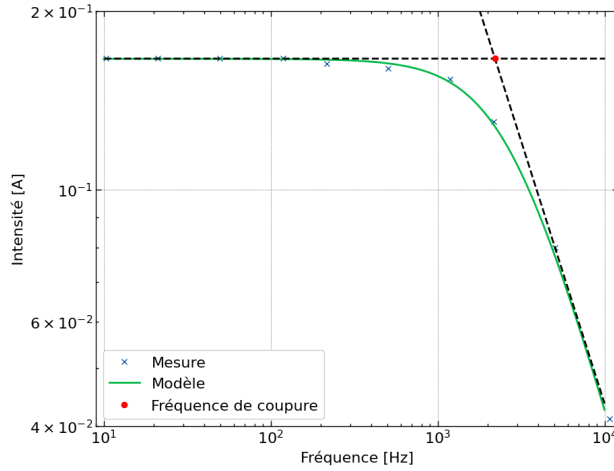


FIGURE 13
Intensité, "passe-bas", $R = 50$ [Ω]

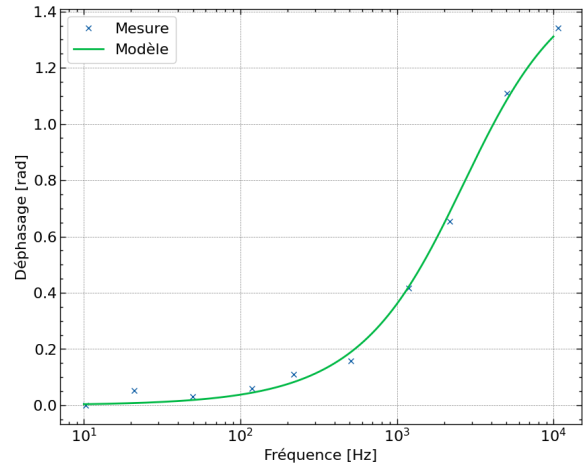


FIGURE 14
Déphasage, "passe-bas", $R = 50$ [Ω]

3.2 EXPÉRIENCE 2 : FILTRE "PASSE-HAUT"

Pour ces mesures sur le filtre "passe-haut", nous ne prîmes qu'une volée sur une résistance $R = 50$ [Ω]. Notons que tout le matériel à été changé car ce sont deux jours de mesures différents. Cette fois, la tension d'entrée a bien été mesurée, néanmoins, dû à un problème matériel, la mesure sur l'oscilloscope était presque impossible quand les fréquences étaient trop basses ce qui donne près de la moitié des mesures inexploitable.

3.2.1 RÉSISTANCE DE 50 [Ω]

Les mesures sont globalement les mêmes que sur le filtre "passe-bas". Notons néanmoins que dû au comportement étrange de l'oscilloscope et au paradigme apparaissant aux premières mesures, le décalage temporel Δt à été mesuré dans sa valeur la plus grande, et donc pour avoir la phase la plus petite il a

fallu rectifier le calcul par 2π , en résumé $\phi := \phi - 2\pi$. Pour le calcul de la capacité, on utilise la relation $\tan \phi = -\frac{1}{\omega RC} \Leftrightarrow C = -\frac{1}{\omega R \tan \phi}$.

f [Hz]	U [V]	U_{in} [V]	Δt [ms]	ϕ [rad]	C [μF]
5.102	0.222	10.20	100.0000	-3.078	-9721.527
10.950	0.280	10.10	52.4000	-2.678	-581.496
21.100	0.184	10.20	29.0000	-2.439	-177.986
51.870	0.344	10.00	13.6000	-1.851	-17.648
104.300	0.620	9.92	6.2400	-2.194	-21.930
208.000	0.848	9.92	3.2800	-1.997	-6.940
516.000	1.860	9.92	1.4400	-1.615	-0.270
1034.000	3.300	9.92	0.7600	-1.346	0.705
2185.000	5.880	10.10	0.3800	-1.066	0.804
5060.000	8.400	9.92	0.1800	-0.560	1.002
10980.000	9.200	9.76	0.0880	-0.212	1.346
20460.000	9.200	9.36	0.0476	-0.164	0.940

TABLE 3
Mesures et calculs pour le filtre "passe-haut", $R = 50$ [Ω]

En excluant les valeurs incohérentes ($C < 0$), nous obtenons une moyenne à $C \approx 0.960$ [μF] avec un écart-type de ~ 0.219 [μF], ce qui est raisonnable vis à vis des spécifications du fabricant disant 1 [μF], mais moins bon quand on considère la mesure au multimètre annonçant 1.15 [μF].

Pour l'intensité, la démarche est toujours la même, quoique pour le modèle nous utilisons cette fois les mesures de U_{in} et la formule $I = \frac{U_{in}}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}}$. Nous y avons aussi fait passer une courbe de tendance par les valeurs calculées par U_{in} en fixant $U_{in} \approx 9.725$ [V]. Notons également que les asymptotes pour le calcul de la fréquence de coupure s'appuie également sur ces valeurs et donne $f_c \approx 2700.421$ [Hz]. Pour le déphasage, le modèle se base sur $\tan \phi = -\frac{1}{\omega RC} \Leftrightarrow \phi = \arctan(-\frac{1}{\omega RC})$.

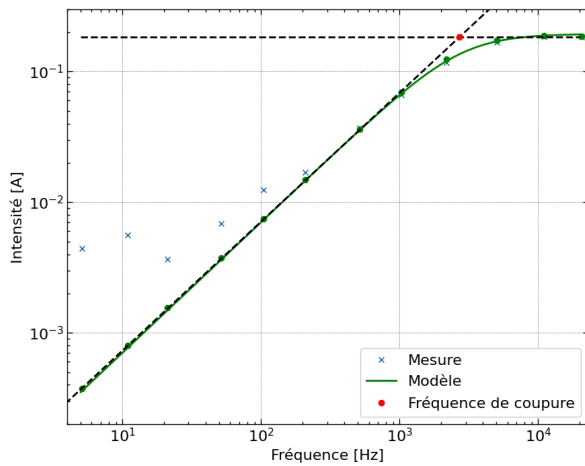


FIGURE 15
Intensité, "passe-haut", $R = 50$ [Ω]

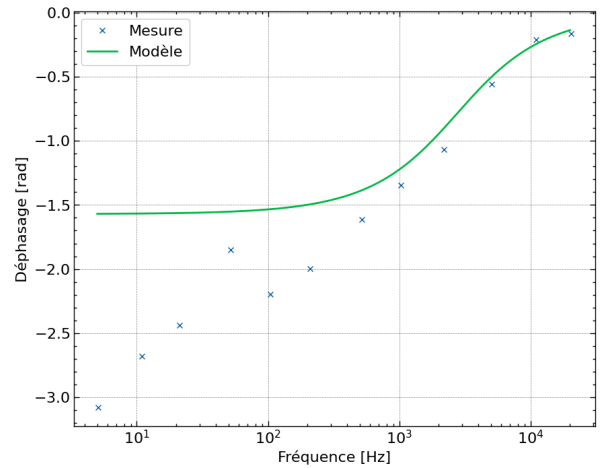


FIGURE 16
Déphasage, "passe-haut", $R = 50$ [Ω]

4 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Commençons par discuter les résultats dans leur globalité avant de discuter les multiples sources d'erreurs et d'imprécisions. Il faut tout d'abord noter que les filtres fonctionnent globalement comme espéré. Néanmoins, utiliser les mesures faites sur ceux-ci ne sont pas très précis pour la mesure de leur composant, et il serait donc à privilégier des montages dédiés à la mesure de l'inductance et de la capacité. De plus, sur les mesures correctes, tout cela permet de confirmer les bonnes prédictions du modèle RL et RC dans son ensemble.

De manière plus détaillée, le filtre "passe-bas" par la *self* donne de bon résultat. Malgré l'oubli de la mesure de la tension d'entrée, on peut l'estimer par les valeurs plateaux de la tension à la résistance, soit pour $R = 5\ [\Omega]$ autour de $5.65\ [V]$ et la courbe de tendance retrouve un peu plus haut ($5.969\ [V]$), ce qui est raisonnable. Il en est presque de même pour celle de $50\ [\Omega]$ (estimé $\sim 8.32\ [V]$ / tendance $\sim 8.310\ [V]$). La différence entre la tension pour les deux résistances s'explique car il a fallu l'augmenter afin de mieux voir les différentes courbes sur l'oscillateur.

Pour le déphasage, on observe néanmoins un écart relativement élevé. Cela peut s'expliquer par le protocole de mesure de l'intervalle temporel se faisant à la main avec les curseurs de l'oscilloscope. On aurait par exemple pu être plus précis en important les courbes sur un ordinateur et faisant un script pour mesurer l'intervalle de temps. Cette impact est clairement visible sur les valeurs de l'inductance qui dépendent de la mesure du déphasage, lui même linéairement de l'écart temporel. Et sur ce calcul de l'inductance, nous observons des écarts non-négligeables, que ce soit avec la valeur issue des spécifications ($\sim 33\ [%]$ d'écart avec la moyenne pour $R = 5\ [\Omega]$ et $\sim 15\ [%]$ pour $R = 50\ [\Omega]$), mais également entre les mesures (l'écart-type représente $\sim 40\ [%]$ de la moyenne pour $R = 5\ [\Omega]$ et $\sim 22\ [%]$ pour $R = 50\ [\Omega]$). Au premier ordre, on peut considérer la tangente comme linéaire et donc estimer une erreur similaire sur l'intervalle de temps.

On peut finalement émettre l'hypothèse que la fréquence de coupure est linéairement dépendant de la résistance (car pour $5\ [\Omega]$, $f_c \sim 10^3$ et pour $50\ [\Omega]$, $f_c \sim 10^4$) mais cela devrait être confirmé par une autre expérience ou un travail mathématique qui ne sera pas fait ici (quoique intuitivement, I dépend "quasi-linéairement" - dû au carré puis la racine qui modifie légèrement cette dépendance, mais c'est négligeable - de $\frac{1}{R}$ ce qui décale la fréquence de coupure selon R). Selon des hypothèse similaire, on peut aussi conjecturer que c'est dépendant de $\frac{1}{U_{in}}$ (pour $U_{in} \sim 5\ [V]$, le chiffre significatif de f_c est 4, et pour $U_{in} \sim 8\ [V]$, il est de 2). On n'a pas de mesure pour appuyer cela, mais au vu des considérations précédentes, on pourrait poser une hypothèse similaire sur une correspondance presque linéaire à l'inductance (en vertu d'une réflexion semblable à la résistance).

Attaquons-nous maintenant au point plus sensible de ces mesures, le filtre "passe-haut". Pour les mesures correctes et la modélisations, nous obtenons de bons résultats et une fréquence de coupure cohérente (note : au vu des similarités entre les formules on peut poser les mêmes hypothèses que ci-dessus, à par que l'inductance est remplacée par l'inverse de la capacité). On note sur le calcul de la capacité une erreur similaire à celle sur la mesure de l'inductance (autour de $20\ [%]$ par rapport à la mesure au multimètre) et une aussi grande dispersion des mesures (l'écart-type représente $\sim 20\ [%]$ de la moyenne). Cela contribue à imputer la faute à la manière de mesurer l'intervalle de temps pour des raisons similaires à la première expérience, et que l'erreur est trop corrélée pour que ce soit le circuit électronique seul qui la crée.

Finalement, parlons des mesures qui sont complètement incohérentes. On voit que le problème n'est pas que l'intervalle de temps mais aussi l'intensité et donc la tension mesurée. Comme représenté sur la figure 17, les courbes censées être sinusoïdales ne l'était de loin pas sur ces mesures. On peut supposer une déficience de l'oscilloscope qui pourrait ne pas fonctionner à des tensions aussi basses. Cela pourrait être le générateur de fréquence mais cela est peu probable au vu des résultats avec les hautes fréquences. On pourrait supposer que c'est un des composant électronique, vraisemblablement pas la résistance, mais

au vu des patterns il est possible que outre la sinusoïdale, le condensateur fasse effet de manière décalée ce qui crée cette sorte de superposition dans les courbes. Un défaut du condensateur pourrait être lié à sa fabrication ou son comportement dans ces conditions qui n'aurait pas été bien pris en compte.

Pour finir sur ces erreurs, notons que les problèmes sur le graphe de la phase ne sont pas dû à la correction appliquée qui est tout a fait justifiée. Une absence de correction aurait laissé les points autour de $[\pi; 2\pi]$ plutôt que $[-\pi; 0]$ comme obtenu par le modèle théorique. Pour les points qui ne collent pas, une autre rectification ne fonctionnerait pas : juste changer le signe aurait fait une symétrie horizontale de la courbe, ce qui n'est pas le cas comme la forme générale correspond, et changer le décalage ne serait pas justifiable autrement que par π éventuellement, ce qui n'améliore pas la ressemblance des points divergents.

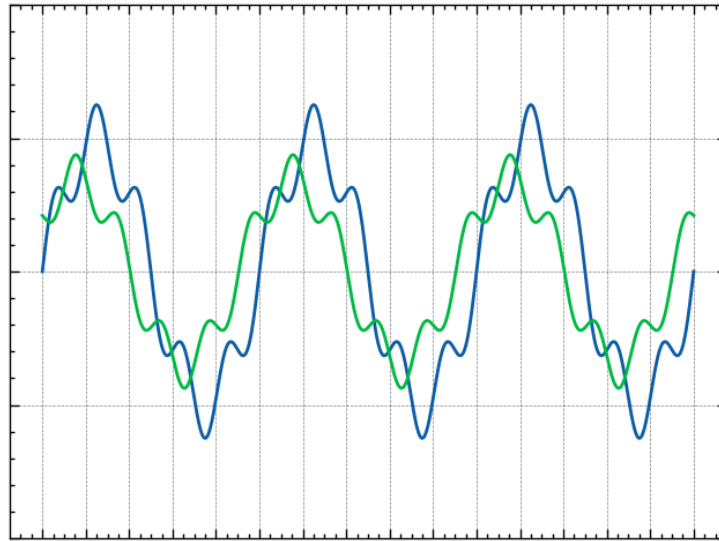


FIGURE 17

Forme de courbe affichée par l'oscilloscope sur les mesures erronées de la seconde expérience

5 CONCLUSION

En conclusion, la réalisation de filtres "passe-haut" et "passe-bas" a été faite avec succès. Néanmoins, les détails plus fin du travail ont rencontré différents problèmes menant à des valeurs très imprécises. L'erreur peut autant venir de l'observateur faisant la mesure que des appareils et composants utilisés. Dans ces conditions, des remarques sur une éventuelle approximation du modèle physique utilisé sont peu pertinentes. On aurait pu améliorer nos résultats en faisant une deuxième série de mesure sur le filtre "passe-haut", ainsi qu'en mesurant au multimètre chaque composant et pas seulement le condensateur. De plus, traiter les données de l'oscilloscope par ordinateur aurait pu faire gagner assez de précision sur les intervalles de temps réduit pour sensiblement améliorer nos résultats. Au vu des hypothèses sur la relation entre la fréquence de coupure et les différents paramètres, il serait aussi intéressant de mener des expériences pour les vérifier. En somme, malgré certaines imprécisions, nous sommes satisfaits des expériences menées.