

Des filtres sélectifs pour enceintes Hi-Fi

2 et 3 voies 12 et 18 dB par octave 1ère partie

Les filtres sélectifs ou "crossover" sont des composants essentiels pour piloter les haut-parleurs d'une enceinte. Comme il n'est pas très facile d'en trouver dans le commerce, surtout si vous êtes à cheval sur les caractéristiques, la lecture de cet article vous permettra de les réaliser par vous-même. En effet, vous y trouverez toutes les formules nécessaires au calcul des valeurs des inductances et des capacités.

Note du rédacteur en chef: Comme tout un chacun, je dispose d'une petite chaine stéréo et y écoute quelquefois mes CD préférés. Pourtant féru d'électronique, je n'avais jamais vraiment pris le temps de m'intéresser de près à la Hi-Fi. La lecture de cet article m'a passionné et surtout appris beaucoup de choses que j'ignorais totalement. Je la conseillerai donc à tous, même à ceux qui n'ont pas l'intention de réaliser leurs propres enceintes acoustiques... du moins avant cette lecture!

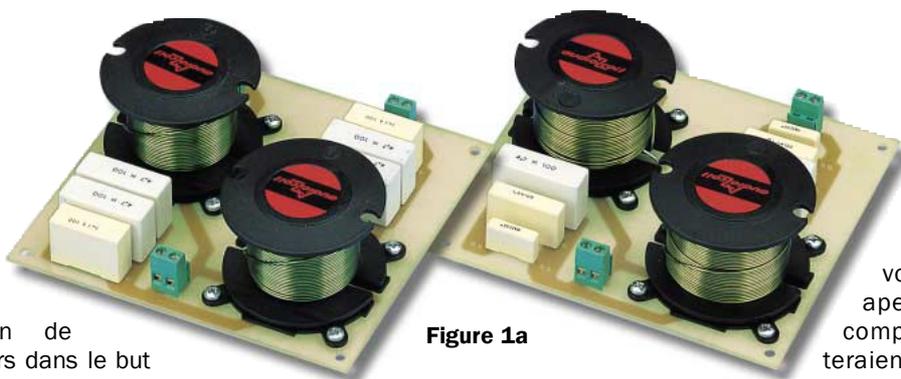


Figure 1a

Lorsque vous faites l'acquisition de haut-parleurs dans le but de réaliser vos propres enceintes,

il reste à résoudre le problème des filtres sélectifs car, même si vous parveniez à les trouver, ils ne correspondront certainement pas à toutes les caractéristiques nécessaires pour satisfaire vos exigences personnelles. C'est vrai, on ne se lance pas dans la construction d'enceintes si c'est pour faire moins bien que si on achetait du tout fait!

Donc, si vous êtes décidé à construire vos propres filtres, vous ne pourrez pas vous passer des formules pour calculer la valeur des inductances et des capacités. Si vous avez déjà essayé d'en trouver dans des manuels, vous

vous serez très vite aperçu qu'elles sont si complexes qu'elles rebuteraient même un bon spécialiste.

Nous vous proposons, au contraire, des formules simples mais éprouvées qui vous permettront d'obtenir des filtres sélectifs de très bon niveau, à 2 ou 3 voies, pour haut-parleurs de 4 ou 8 ohms, avec une atténuation de 12 ou de 18 dB par octave.

Pour les filtres sélectifs que nous vous proposons, nous avons choisi l'alignement Butterworth, car il réduit au maximum le déphasage acoustique provoqué par les inductances et les condensateurs.

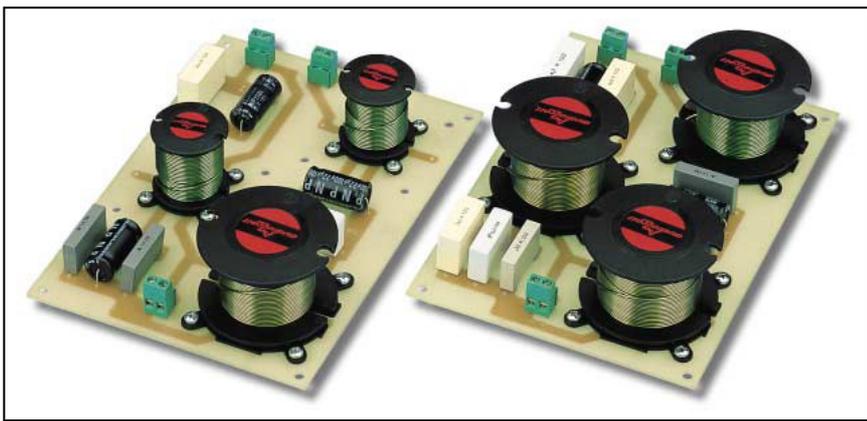


Figure 1b: Sur la photo de la figure 1a, en début d'article, vous pouvez voir deux filtres sélectifs à 2 voies de 12 dB par octave, tandis que sur celle présentée ci-dessus, vous pouvez voir deux filtres sélectifs, toujours à 2 voies, mais de 18 dB par octave. Vous trouverez dans les figures 19-20 et 21 et 22 respectivement, les schémas d'implantation des composants pour ces deux filtres.

pure. Ce choix devrait satisfaire pleinement 90 % des passionnés. Mais, si d'aventure, vous voulez calculer vos propres filtres en fonction de fréquences de coupure différentes, vous trouverez toutes les données nécessaires dans les formules et les tableaux.

A quoi sert un filtre sélectif ?

Vous savez tous que la gamme de fréquences que peut reproduire un ampli Hi-Fi est très large, car elle part d'un minimum de 15 ou 20 hertz et peut atteindre ou même dépasser les 25 000 hertz.

Pour être entendues, toutes ces fréquences doivent être appliquées à plusieurs haut-parleurs qui les transformeront en vibrations sonores.

En fait, un seul haut-parleur, même excellent, ne sera jamais capable de reproduire toute la gamme des fréquences audibles.

Le haut-parleur des graves, plus généralement appelé "woofer", dispose

A première vue, le schéma électrique de ces filtres est identique à celui de beaucoup d'autres filtres du même type, sauf que pour le Butterworth, les formules servant à calculer la valeur des inductances et des capacités changent. Il ne faut donc pas vous étonner si, en comparant des schémas apparemment identiques, vous trouvez des

valeurs d'inductance et de capacité considérablement différentes de celles que l'on obtient à l'aide des formules que nous proposons maintenant.

Comme il n'était pas possible de présenter, dans le cadre d'un article, tous les filtres réalisables, nous avons fait un choix quant aux fréquences de cou-

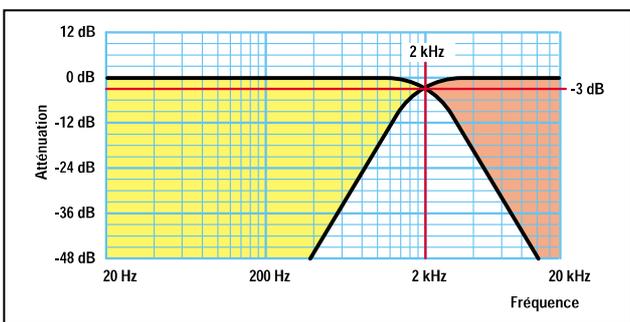


Figure 2: Pour les filtres à 2 voies, on choisit généralement une fréquence de coupure comprise entre 2 000 et 3 000 hertz. La fréquence de coupure atteint les deux haut-parleurs atténuée de 50 % (3 dB), mais elle est équitablement répartie. On pourra donc écouter cette fréquence avec un niveau sonore égal à 50 + 50 = 100 %.

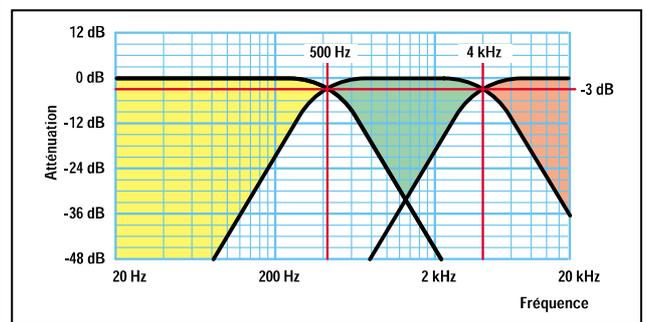


Figure 3: Pour les filtres à 3 voies, que l'on utilise lorsqu'il y a trois haut-parleurs dans l'enceinte, on choisit généralement une fréquence de coupure comprise entre 400 et 500 hertz pour le "woofer" et comprise entre 4 000 et 6 000 hertz pour le "tweeter". Toutes les fréquences moyennes sont reproduites par le "médium".

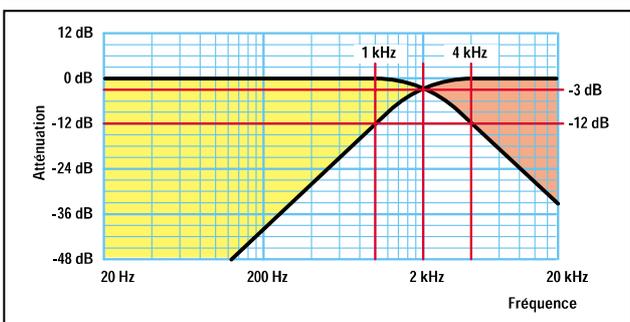


Figure 4: Un filtre sélectif d'une fréquence de coupure de 2 000 Hertz et d'une atténuation de 12 dB par octave, atténué 16 fois la 1ère octave supérieure, c'est-à-dire des 4 000 hertz, qui arrive sur le "woofer". Il en est de même pour la 1ère octave inférieure, c'est-à-dire des 1 000 hertz, qui arrive sur le "médium".

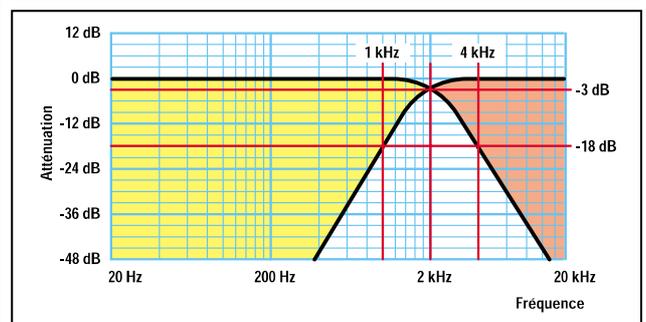


Figure 5: Un filtre sélectif d'une fréquence de coupure de 2 000 Hertz et d'une atténuation de 18 dB par octave, atténué 63 fois la 1ère octave supérieure, c'est-à-dire des 4 000 hertz, qui arrive sur le "woofer". Il en est de même pour la 1ère octave inférieure, c'est-à-dire des 1 000 hertz, qui arrive sur le "médium".

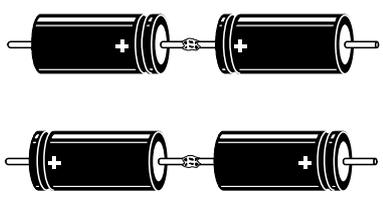


Figure 6 : Si vous ne parvenez pas à trouver des condensateurs électrolytiques NON polarisés, vous pouvez relier en série deux condensateurs électrolytiques polarisés, en reliant l'une à l'autre, les deux pattes positives ou les deux pattes négatives.

d'un cône de grande dimension. Il est conçu pour convertir fidèlement en ondes sonores les fréquences les plus basses du spectre acoustique. Par contre, les fréquences aiguës ne passeront pas.

Le petit cône du haut-parleur, communément appelé "tweeter", est étudié pour convertir fidèlement en ondes sonores toutes les fréquences aiguës mais pas les fréquences basses ni les médium-basses.

Le haut-parleur "médium", qui dispose d'un cône de dimension moyenne, peut convertir fidèlement en ondes sonores les fréquences moyennes et aiguës, mais pas les fréquences basses.

Pour obtenir une reproduction fidèle de la gamme acoustique tout entière, on place donc plusieurs haut-parleurs dans une même enceinte. L'un avec un grand cône, pour reproduire les basses et les moyennes fréquences, le second avec un cône de diamètre inférieur, pour reproduire les fréquences moyennes et, enfin, un troisième avec un petit cône, pour la reproduction des fréquences aiguës.

Le filtre sélectif, relié entre la sortie de l'amplificateur et les haut-parleurs de l'enceinte acoustique, sert à isoler les fréquences basses, les fréquences moyennes ainsi que les fréquences hautes, pour les diriger ensuite sur le haut-parleur le plus apte à leur reproduction.

Un filtre sélectif à deux et trois voies ?

Le choix entre un filtre sélectif à 2 ou 3 voies dépend du nombre de haut-parleurs que l'on veut insérer dans son enceinte acoustique.

On choisit un filtre sélectif à 2 voies lorsqu'on dispose d'un haut-parleur pour médium-basses capable de reproduire toutes les fréquences comprises entre 30 et 4 000 Hz et d'un haut-parleur pour médium-aiguës capable de reproduire toutes les fréquences comprises entre 1 000 et 20 000 Hz.

On choisit un filtre sélectif à 3 voies lorsqu'on dispose d'un "woofers" capable de reproduire fidèlement toutes les fréquences comprises entre 20 et 1 000 ou 1 500 Hz, d'un "médium" prévu pour reproduire les fréquences moyennes seulement et d'un "tweeter"

conçu pour reproduire toutes les fréquences aiguës et super aiguës, comprises entre 3 000 et 25 000 Hz.

La fréquence de coupure

Dans un filtre sélectif à 2 voies, se trouve un filtre passe-bas qui permet de sélectionner toutes les basses fréquences jusqu'à sa fréquence de coupure, et un filtre passe-haut qui permet de diriger vers le haut-parleur des médium-aiguës, toutes les fréquences, en partant de sa fréquence de coupure, pour arriver jusqu'à 20 000 Hz ou plus.

Comme vous venez de le comprendre, là où le filtre passe-bas commence à atténuer les fréquences des médium-aiguës, le filtre passe-haut doit commencer à les laisser passer.

Dans les filtres sélectifs, la fréquence de coupure est généralement appelée "fréquence de croisement" car, sur cette fréquence, les courbes des deux filtres se croisent, comme cela est représenté sur la figure 2.

Dans un filtre sélectif à 2 voies, composé d'un passe-bas et d'un passe-haut, on a une seule fréquence de coupure, généralement choisie entre 2 000 et 3 000 Hz.

Dans un filtre sélectif à 3 voies, composé d'un passe-bas pour le "woofers", d'un passe-haut pour le "tweeter" et d'un passe-bande pour le "médium", on a 2 fréquences de coupure différentes.

On choisit généralement la fréquence la plus basse entre 400 et 500 Hz et la fréquence la plus haute entre 4 000 et 6 000 Hz comme on peut le voir sur la figure 3.

Atténuation sur la fréquence de croisement

Si on observe les figures 2 et 3, on peut remarquer que dans tous les filtres, tant ceux à 2 voies que ceux à 3 voies, le signal destiné à chaque haut-parleur est atténué sur la fréquence de croisement de 3 dB, qui correspond en fait à une diminution de la puissance sonore d'environ 50 %.

Cela pourrait nous laisser penser que la fréquence de croisement serait reproduite avec moins de puissance. En fait,



la puissance sonore de la fréquence de croisement ne subit, comme nous allons vous l'expliquer, aucune atténuation.

En fait, dans un filtre à 2 voies la fréquence de croisement atteint effectivement les deux haut-parleurs avec une puissance atténuée de 50 % mais, étant donné qu'elle est équitablement répartie sur les 2 voies (fin du passe-bas et début du passe-haut), notre oreille perçoit un niveau sonore total, égal à 50 % sur une voie + 50 % sur la seconde, soit 100 %.

Il en est de même dans un filtre à 3 voies : fin du passe-bas et début du passe bande et fin du passe-bande et début du passe-haut.

C'est pour cela que dans un filtre sélectif à 2 voies, avec une fréquence de croisement de 2 200 Hz environ, relié à un amplificateur qui débite 60 watts, le filtre passe-bas envoie les 2 200 Hz atténués de 3 dB vers le haut-parleur "woofer", avec une puissance égale à :

$$60 : 1,995 = 30 \text{ watts}$$

et le filtre passe-haut envoie vers le haut-parleur "médium-aiguës", la même fréquence de 2 200 Hz, également atténuée de 3 dB :

$$60 : 1,995 = 30 \text{ watts}$$

Note : les 3 dB correspondent à une atténuation en puissance de 1,995 fois, comme vous pourrez le constater sur n'importe quel tableau des dB.

Comme la fréquence des 2 200 Hz est équitablement répartie sur les 2 haut-parleurs, comme suit :

Filtre sélectif 2 voies - 12 dB par octave - 8 ou 4 ohms

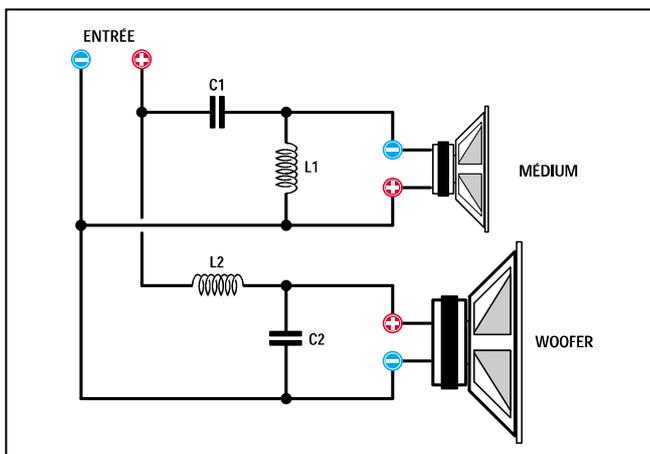


Figure 7 : Schéma électrique d'un filtre sélectif à 2 voies avec une atténuation de 12 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 8 ou de 4 ohms en fonction des composants utilisés.

Dans le tableau 1, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupure les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour une fréquence de coupure de 2 200 hertz.

Les schémas d'implantation des composants pour réaliser ce filtre sont donnés sur les figures 19 et 20. Le dessin du circuit imprimé à utiliser est donné en figure 34.

Liste des composants pour filtre AP2.128 2 voies - 12 dB/octave - HP 8 Ω

- | | |
|--------------|--------------|
| C1 = 6,42 µF | L1 = 0,82 mH |
| C2 = 6,42 µF | L2 = 0,82 mH |

Liste des composants pour filtre AP2.124 2 voies - 12 dB/octave - HP 4 Ω

- | | |
|--------------|--------------|
| C1 = 12,7 µF | L1 = 0,41 mH |
| C2 = 12,7 µF | L2 = 0,41 mH |

TABEAU 1 pour filtres 2 voies - 12 dB par octave - Haut-parleurs 8 Ω - 4 Ω

Fréquence de coupure	Haut-parleurs 8 Ω		Haut-parleurs 4 Ω	
	L1-L2	C1-C2	L1-L2	C1-C2
2 000 Hz	0,90 mH	7,0 µF	0,45 mH	14,0 µF
2 100 Hz	0,86 mH	6,7 µF	0,43 mH	13,4 µF
2 200 Hz	0,82 mH	6,4 µF	0,41 mH	12,8 µF
2 300 Hz	0,78 mH	6,2 µF	0,39 mH	12,2 µF
2 400 Hz	0,75 mH	5,9 µF	0,38 mH	11,7 µF
2 500 Hz	0,72 mH	5,6 µF	0,36 mH	11,3 µF
2 600 Hz	0,69 mH	5,4 µF	0,35 mH	10,8 µF
2 700 Hz	0,67 mH	5,2 µF	0,33 mH	10,4 µF
2 800 Hz	0,64 mH	5,0 µF	0,32 mH	10,0 µF
2 900 Hz	0,62 mH	4,9 µF	0,31 mH	9,7 µF
3 000 Hz	0,60 mH	4,7 µF	0,30 mH	9,4 µF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

$$\begin{aligned} \text{Inductances} &= L1, L2 \text{ en mH} = (Z : Fc) \times 225 \\ \text{Capacités} &= C1, C2 \text{ en } \mu\text{F} = 1\,000\,000 : (8,88 \times Fc \times Z) \end{aligned}$$

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.

30 watts sur le "woofer" et 30 watts sur le "médium-aiguës"

c'est une puissance sonore égale à $30 + 30 = 60$ watts, c'est-à-dire la puissance totale débitée par l'amplificateur, qui atteindra notre oreille.

La même démonstration peut être faite pour les filtres sélectifs à 3 voies.

L'impédance d'entrée et de sortie

La valeur de l'impédance d'entrée et de sortie est un paramètre fondamental pour calculer correctement un filtre sélectif.



Un filtre calculé pour 8 ohms, doit être relié à un amplificateur prévu pour alimenter des enceintes de 8 ohms.

Un filtre calculé pour 4 ohms, doit être relié à un amplificateur prévu pour alimenter des enceintes de 4 ohms.

Comme vous le verrez, les valeurs des inductances et des capacités sont calculées de façon à obtenir une fréquence de croisement déterminée pour une valeur d'impédance d'entrée et de sortie précise.

Les formules pour les calculs

Comme nous n'avons pas pour habitude de nous limiter à la description de la réalisation pratique sans expliquer au préalable les fondements théoriques qui sont à leur base, vous trouverez dans ces pages toutes les formules nécessaires pour calculer différents types de filtres.

Vous aurez ainsi l'opportunité, à l'aide de ces formules, de réaliser vos propres filtres sélectifs selon vos exigences personnelles.

Il faut préciser que les inductances doivent toujours être, si possible enroulées en l'air ou bien sur des noyaux "plain-core".

En effet, en bobinant une inductance sur un simple noyau ferromagnétique, on aura l'avantage d'obtenir un enroulement de dimensions très réduites mais également l'inconvénient d'arriver très vite à la saturation dont la conséquence sera de fortes distorsions.

En ce qui concerne les capacités, il est conseillé de toujours préférer des condensateurs au polyester, qui présentent des tolérances inférieures par rapport aux condensateurs électrolytiques.

Malheureusement, lorsqu'on a besoin de capacités importantes, on ne peut pas se passer de condensateurs électrolytiques. Dans ce cas,

nous vous conseillons d'utiliser seulement ceux de type non polarisé, bien qu'ils ne soient pas faciles à trouver.

Il est toutefois également possible d'utiliser des condensateurs électrolytiques normaux en tenant compte du fait que pour réaliser un condensateur non polarisé, il faut relier deux condensateurs polarisés en série, de capacité deux fois plus importante que celle requise (voir figure 6). Revoir à ce sujet le cours sur les groupements de condensateurs.

Donc, si on relie en série deux condensateurs de 22 microfarads, on obtiendra une capacité de 11 microfarads, tandis que si on relie en série deux condensateurs de 100 microfarads, on obtiendra une capacité de 50 microfarads.

Pour obtenir un condensateur électrolytique non polarisé, il faut relier le positif du premier condensateur au positif du second, puis utiliser les deux extrémités négatives. On peut également relier le négatif du premier condensateur au négatif du second, puis utiliser les deux extrémités positives.

Tenez toutefois compte du fait que tous les condensateurs électrolytiques normaux présentent des tolérances très élevées, pouvant atteindre 40 %, spécialement s'ils sont restés longtemps en magasin ou dans vos tiroirs. Ne vous fiez donc jamais à la valeur marquée sur leur corps et, avant de les utiliser, mesurez-les à l'aide d'un bon capacimètre.

Toutefois, avant de mesurer un condensateur électrolytique, il est toujours préférable de le régénérer en lui appliquant pendant quelques secondes, et ce à plusieurs reprises consécutives, une tension continue de 30 ou 40 volts, en veillant à le décharger chaque fois en court-circuitant ses deux pattes. Vous ne pourrez contrôler sa valeur exacte en la mesurant avec un capacimètre précis qu'après l'avoir correctement déchargé.

S'il vous manque quelques microfarads pour obtenir la valeur requise, vous pourrez toujours relier des condensateurs polyester normaux en parallèle sur le condensateur électrolytique,

Rappelons que tous les condensateurs électrolytiques professionnels non polarisés pour filtres sélectifs ont généralement des tolérances inférieures à 10 %.

Un filtre sélectif à 2 voies de 12 dB par octave

Un filtre sélectif à 2 voies est composé d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut (voir figure 7).

Pour calculer ce filtre, nous conseillons d'utiliser les formules suivantes :

$$\begin{aligned} L1, L2 &= (Z : Fc) \times 225 \\ C1, C2 &= 1\,000\,000 : (8,88 \times Fc \times Z) \end{aligned}$$

où :

- L1 et L2 = sont les inductances en millihenrys (mH)
- C1 et C2 = sont les condensateurs en microfarads (µF)
- Z = est l'impédance du haut-parleur en ohms (Ω)
- Fc = est la fréquence de croisement en hertz (Hz)
- 225 = ce nombre est le résultat de l'opération : $(1,4142 : 6,28) \times 1\,000$
- 8,88 = ce nombre est le résultat de l'opération : $1,4142 \times 6,28$

Filtre sélectif 2 voies - 18 dB par octave - 8 ohms

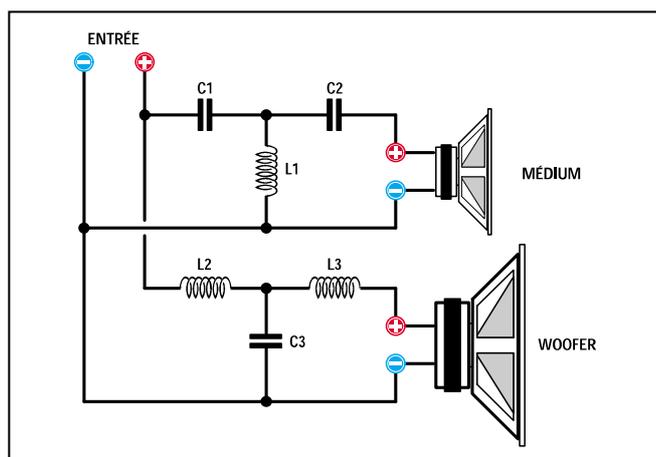


Figure 8 : Schéma électrique d'un filtre sélectif à 2 voies avec une atténuation de 18 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 8 ohms.

Dans le tableau 2, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupures les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour une fréquence de coupure de 2200 hertz.

Le schéma d'implantation des composants pour réaliser ce filtre est donné sur la figure 21. Le dessin du circuit imprimé à utiliser est donné en figure 35.

Liste des composants pour filtre AP2.188 2 voies - 18 dB/octave - HP 8 Ω

$$\begin{aligned} C1 &= 6,06 \mu F & C3 &= 12 \mu F & L2 &= 0,87 \text{ mH} \\ C2 &= 18 \mu F & L1 &= 0,43 \text{ mH} & L3 &= 0,28 \text{ mH} \end{aligned}$$

TABLEAU 2 pour filtres 2 voies - 18 dB par octave - Haut-parleurs 8 Ω

Fréquence de coupure	Médium			Woofers		
	L1-L2	C1	C2	L2	L3	C3
2 000 Hz	0,48 mH	6,6 µF	19,9 µF	0,95 mH	0,30 mH	13,3 µF
2 100 Hz	0,45 mH	6,3 µF	18,9 µF	0,90 mH	0,29 mH	12,6 µF
2 200 Hz	0,43 mH	6,0 µF	18,0 µF	0,87 mH	0,28 mH	12,0 µF
2 300 Hz	0,42 mH	5,8 µF	17,9 µF	0,83 mH	0,27 mH	11,5 µF
2 400 Hz	0,40 mH	5,5 µF	16,6 µF	0,80 mH	0,26 mH	11,0 µF
2 500 Hz	0,38 mH	5,3 µF	15,9 µF	0,76 mH	0,25 mH	10,6 µF
2 600 Hz	0,37 mH	5,1 µF	15,3 µF	0,73 mH	0,24 mH	10,2 µF
2 700 Hz	0,35 mH	4,9 µF	14,7 µF	0,70 mH	0,23 mH	9,8 µF
2 800 Hz	0,34 mH	4,7 µF	14,2 µF	0,68 mH	0,22 mH	9,5 µF
2 900 Hz	0,33 mH	4,6 µF	13,7 µF	0,66 mH	0,21 mH	9,1 µF
3 000 Hz	0,32 mH	4,4 µF	13,3 µF	0,64 mH	0,20 mH	8,8 µF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

$$\begin{aligned} \text{Inductance} &= L1 \text{ en mH} = (Z : Fc) \times 119,4 \\ \text{Capacité} &= C1 \text{ en } \mu F = 1\,000\,000 : (9,42 \times Fc \times Z) \\ \text{Capacité} &= C2 \text{ en } \mu F = 1\,000\,000 : (3,14 \times Fc \times Z) \\ \text{Inductance} &= L2 \text{ en mH} = (Z : Fc) \times 238,8 \\ \text{Inductance} &= L3 \text{ en mH} = (Z : Fc) \times 79,6 \\ \text{Capacité} &= C3 \text{ en } \mu F = 1\,000\,000 : (4,71 \times Fc \times Z) \end{aligned}$$

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.

Exemple de calcul 1

Calculer les valeurs d'inductance et de capacité pour un filtre sélectif de 12 dB par octave, avec une fréquence de croisement de 2 200 Hz, à relier à des haut-parleurs de 8 ohms d'impédance.

Pour calculer la valeur des deux inductances, L1 et L2 en millihenrys, on doit insérer la valeur Z en ohms du haut-parleur, ainsi que la fréquence de croisement Fc en hertz, dans la formule que nous venons de vous donner :

$$(8 : 2\,200) \times 225 = 0,818 \text{ mH}$$

Cette valeur peut facilement être arrondie à 0,82 mH.

Pour calculer la capacité des deux condensateurs C1 et C2, on insère la valeur Z en ohms du haut-parleur, ainsi que la fréquence de croisement Fc en hertz, dans la formule que nous venons de vous donner :

$$1\,000\,000 : (8,88 \times 2\,200 \times 8) = 6,398 \text{ }\mu\text{F}$$

Cette capacité peut facilement être arrondie à 6,4 μF .

Pour obtenir cette capacité, on peut relier en parallèle un condensateur de 4,7 microfarads, un autre de 1,5 microfarad et un de 0,22 microfarad.

En fait, on obtient une somme de :

$$4,7 + 1,5 + 0,22 = 6,42 \text{ }\mu\text{F}$$

N'oubliez pas que les inductances ont également une tolérance de 5 %. C'est pourquoi une bobine de 0,82 millihenry pourrait en fait prendre les valeurs de 0,81 ou de 0,79 mH. Ainsi, même si on utilise un condensateur de 6,42 microfarads, et non pas de 6,398, la fréquence de coupure ne se déplacera que de quelques dizaines de hertz et, par conséquent, on ne remarquera aucune différence à l'écoute.

Exemple de calcul 2

Calculer les valeurs d'inductance et de capacité pour un filtre sélectif de 12 dB par octave, avec une fréquence de croisement de 2 200 Hz, à relier à des haut-parleurs de 4 ohms d'impédance.

Si on insère les données que l'on possède dans la formule, on peut calculer la valeur des deux inductances L1 et L2 :

$$(4 : 2\,200) \times 225 = 0,409 \text{ mH}$$

Valeur qui peut être arrondie à 0,4 mH.

On calcule ensuite la capacité des deux condensateurs, C1 et C2 :

$$1\,000\,000 : (8,88 \times 2\,200 \times 4) = 12,79 \text{ }\mu\text{F}$$

Comme vous pouvez le remarquer, si on utilise un haut-parleur de 4 ohms, et non pas de 8 ohms, la valeur des inductances se réduit de moitié, tandis que celle des capacités est doublée.

Pour obtenir une capacité de 12,79 microfarads, on peut relier en parallèle deux condensateurs de 4,7 microfarads, plus un de 3,3 microfarads :

$$4,7 + 4,7 + 3,3 = 12,7 \text{ }\mu\text{F}$$

Si on voulait être pointilleux, on pourrait toujours relier un quatrième condensateur de 82 nanofarads, équivalant à 0,082 microfarad.

Dans le tableau 1, nous donnons les valeurs des inductances et celles des capacités à utiliser pour les haut-parleurs de 8 et 4 ohms, aux différentes fréquences de coupure.

Un filtre sélectif à 2 voies de 18 dB par octave

Un filtre sélectif à 2 voies 18 dB par octave est légèrement plus complexe que celui que nous venons de décrire car, pour le réaliser, il faut 3 inductances et 3 capacités (voir les figures 8 et 9).

Pour ce filtre à 18 dB par octave, il faut également choisir une fréquence de croisement comprise entre 2 000 et 3 000 Hz.

Nous reportons dans le tableau 2, les valeurs des inductances et celles des capacités requises pour les haut-parleurs de 8 ohms et dans le tableau 3, les valeurs requises pour les haut-parleurs de 4 ohms.

Les formules à utiliser pour réaliser ce filtre sont les suivantes :

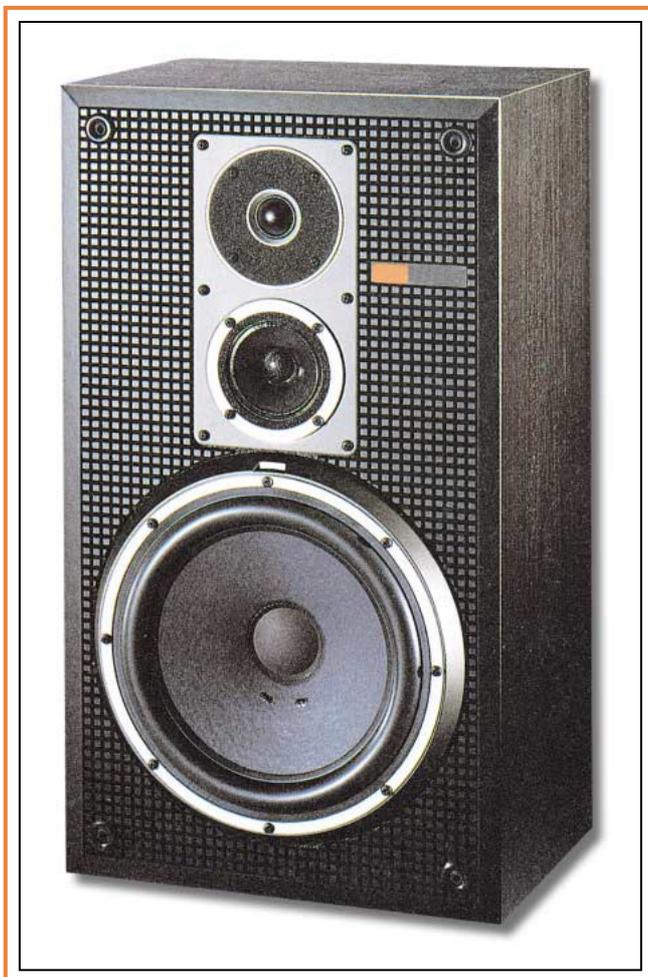
Filtre passe-haut pour le "médium-aiguës"

$$L1 \text{ mH} = (Z : Fc) \times 119,4$$

$$C1 \text{ }\mu\text{F} = 1\,000\,000 : (9,42 \times Fc \times Z)$$

$$C2 \text{ }\mu\text{F} = 1\,000\,000 : (3,14 \times Fc \times Z)$$

9,42 = ce nombre est le résultat de l'opération : $3 \times 3,14$,



119,4 = ce nombre est le résultat de l'opération :
 $[3 : (8 \times 3,14)] \times 1000$.

Filtre passe-bas pour le "woofer"

$L2 \text{ mH} = (Z : Fc) \times 238,8$
 $L3 \text{ mH} = (Z : Fc) \times 79,6$
 $C3 \text{ } \mu\text{F} = 1000000 : (4,71 \times Fc \times Z)$

238,8 = ce nombre est le résultat de l'opération :
 $[3 : (4 \times 3,14)] \times 1000$,

79,6 = ce nombre est le résultat de l'opération :
 $1000 : (4 \times 3,14)$,

4,71 = ce nombre est le résultat de l'opération :
 $(3 \times 3,14) : 2$

Exemple de calcul

Calculer les valeurs d'inductance et de capacité pour un filtre sélectif de 18 dB par octave, avec une fréquence de croisement de 2500 Hz, à relier à des haut-parleurs de 8 ohms d'impédance.

Filtre sélectif 2 voies - 18 dB par octave - 4 ohms

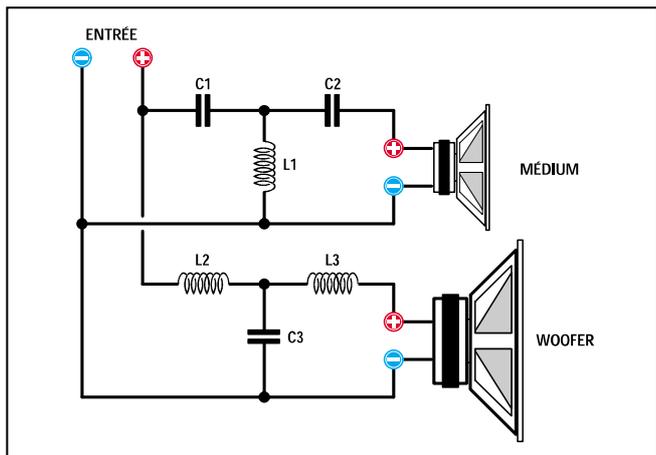


Figure 9 : Schéma électrique d'un filtre sélectif à 2 voies avec une atténuation de 18 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 4 ohms.

Dans le tableau 3, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupures les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour une fréquence de coupure de 2200 hertz.

Le schéma d'implantation des composants pour réaliser ce filtre est donné sur la figure 22. Le dessin du circuit imprimé à utiliser est donné en figure 35.

**Liste des composants pour filtre AP2.184
 2 voies - 18 dB/octave - HP 4 Ω**

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| C1 = 12 μF | C3 = 24,2 μF | L2 = 0,43 mH |
| C2 = 36,3 μF | L1 = 0,22 mH | L3 = 0,14 mH |

TABLEAU 3 pour filtres 2 voies - 18 dB par octave - Haut-parleurs 4 Ω

Fréquence de coupure	L1	Médium C1	C2	L2	Woofer L3	C3
2 000 Hz	0,24 mH	13,2 μF	39,8 μF	0,48 mH	0,15 mH	26,5 μF
2 100 Hz	0,23 mH	12,6 μF	37,9 μF	0,45 mH	0,14 mH	25,3 μF
2 200 Hz	0,22 mH	12,0 μF	36,2 μF	0,43 mH	0,14 mH	24,1 μF
2 300 Hz	0,21 mH	11,5 μF	34,6 μF	0,42 mH	0,13 mH	23,0 μF
2 400 Hz	0,20 mH	11,0 μF	33,2 μF	0,39 mH	0,13 mH	22,1 μF
2 500 Hz	0,19 mH	10,6 μF	31,8 μF	0,38 mH	0,12 mH	21,2 μF
2 600 Hz	0,18 mH	10,2 μF	30,6 μF	0,37 mH	0,12 mH	20,4 μF
2 700 Hz	0,17 mH	9,8 μF	29,5 μF	0,35 mH	0,11 mH	19,6 μF
2 800 Hz	0,17 mH	9,5 μF	28,4 μF	0,34 mH	0,11 mH	18,9 μF
2 900 Hz	0,16 mH	9,1 μF	27,4 μF	0,33 mH	0,11 mH	18,3 μF
3 000 Hz	0,16 mH	8,8 μF	26,5 μF	0,32 mH	0,10 mH	17,7 μF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

Inductance = L1 en mH = $(Z : Fc) \times 119,4$
 Capacité = C1 en μF = $1000000 : (9,42 \times Fc \times Z)$
 Capacité = C2 en μF = $1000000 : (3,14 \times Fc \times Z)$
 Inductance = L2 en mH = $(Z : Fc) \times 238,8$
 Inductance = L3 en mH = $(Z : Fc) \times 79,6$
 Capacité = C3 en μF = $1000000 : (4,71 \times Fc \times Z)$

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.

$$L1 = (8 : 2500) \times 119,4 = 0,38 \text{ mH}$$

$$C1 = 1\,000\,000 : (9,42 \times 2500 \times 8) = 5,3 \text{ }\mu\text{F}$$

$$C2 = 1\,000\,000 : (3,14 \times 2500 \times 8) = 15,9 \text{ }\mu\text{F}$$

$$L2 = (8 : 2500) \times 238,8 = 0,76 \text{ mH}$$

$$L3 = (8 : 2500) \times 79,6 = 0,254 \text{ mH}$$

$$C3 = 1\,000\,000 : (4,71 \times 2500 \times 8) = 10,6 \text{ }\mu\text{F}$$

Signalons que ces valeurs peuvent être arrondies.

Un filtre sélectif à 3 voies de 12 dB par octave

Si on utilise trois haut-parleurs, c'est-à-dire un "woofer" pour les basses, un "médium" pour les fréquences moyennes et un "tweeter" pour les aigües, il est nécessaire d'avoir un filtre à 3 voies. Ce filtre sélectif est composé d'un filtre passe-bas qui pilote le "woofer", d'un filtre passe-bande

Filtre sélectif 3 voies - 12 dB par octave - 8 ohms

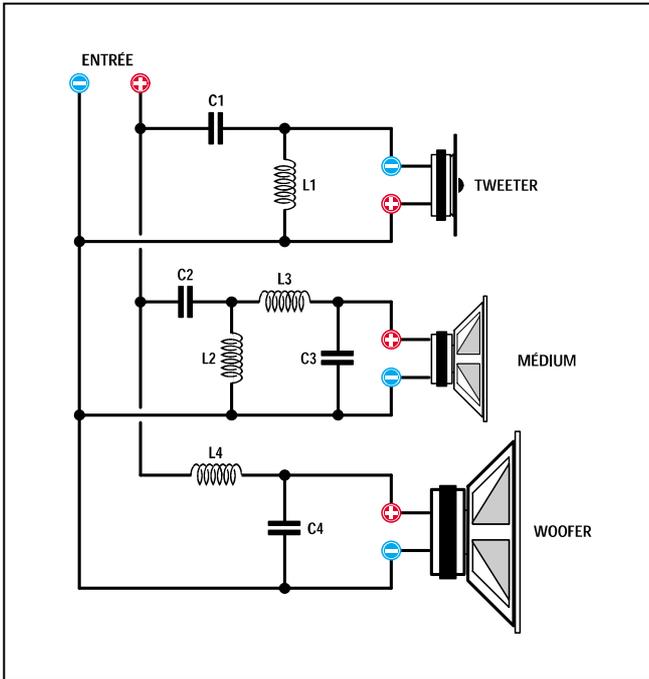


Figure 10 : Schéma électrique d'un filtre sélectif à 3 voies avec une atténuation de 12 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 8 ohms.

Dans le tableau 4, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupures les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour des fréquences de coupure de 500 et 4000 hertz.

Les schémas d'implantation des composants pour réaliser ce filtre sont donnés sur les figures 26, 27 et 28. Les dessins des circuits imprimés à utiliser sont donnés en figures 36, 37 et 38.

Liste des composants pour filtre AP3.128 3 voies - 12 dB/octave - HP 8 Ω

C1 = 3,52 μF	L1 = 0,45 mH
C2 = 28,2 μF	L2 = 3,60 mH
C3 = 3,52 μF	L3 = 0,45 mH
C4 = 28,2 μF	L4 = 3,60 mH

TABLEAU 4 pour filtres 3 voies - 12 dB par octave - Haut-parleurs 8 Ω

Fréquence		Tweeter		Médium				Woofer	
min	max	C1	L1	C2	L2	C3	L3	L4	C4
300 Hz	4000 Hz	3,52 μF	0,45 mH	46,9 μF	6,0 mH	3,52 μF	0,45 mH	6,0 mH	46,9 μF
400 Hz	4000 Hz	3,52 μF	0,45 mH	35,2 μF	4,5 mH	3,52 μF	0,45 mH	4,5 mH	35,2 μF
500 Hz	4000 Hz	3,52 μF	0,45 mH	28,1 μF	3,6 mH	3,52 μF	0,45 mH	3,6 mH	28,1 μF
300 Hz	5000 Hz	2,81 μF	0,36 mH	46,9 μF	6,0 mH	2,81 μF	0,36 mH	6,0 mH	46,9 μF
400 Hz	5000 Hz	2,81 μF	0,36 mH	35,2 μF	4,5 mH	2,81 μF	0,36 mH	4,5 mH	35,2 μF
500 Hz	5000 Hz	2,81 μF	0,36 mH	28,1 μF	3,6 mH	2,81 μF	0,36 mH	3,6 mH	28,1 μF
300 Hz	6000 Hz	2,35 μF	0,30 mH	46,9 μF	6,0 mH	2,35 μF	0,30 mH	6,0 mH	46,9 μF
400 Hz	6000 Hz	2,35 μF	0,30 mH	35,2 μF	4,5 mH	2,35 μF	0,30 mH	4,5 mH	35,2 μF
500 Hz	6000 Hz	2,35 μF	0,30 mH	28,1 μF	3,6 mH	2,35 μF	0,30 mH	3,6 mH	28,1 μF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

Passe-haut = C1 en mF = $1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ max.})$
 Passe-haut = L1 en mH = $(Z : Fc \text{ max.}) \times 225$

Passe-bande = C2 en mF = $1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ min.})$
 Passe-bande = L2 en mH = $(Z : Fc \text{ min.}) \times 225$
 Passe-bande = C3 en mF = $1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ max.})$
 Passe-bande = L3 en mH = $(Z : Fc \text{ max.}) \times 225$

Passe-bas = L4 in mH = $(Z : Fc \text{ min.}) \times 225$
 Passe-bas = C4 en mF = $1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ min.})$

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.

qui pilote le "médium" et d'un filtre passe-haut qui pilote le "tweeter" (voir les figures 10 et 11).

Pour les filtres à 3 voies, on choisit généralement une fréquence de croisement minimale de 500 Hz pour le "woofer" et une fréquence de croisement maximale de 4000 Hz pour le "tweeter". Il est sous entendu que toutes les fréquences de 500 à 4000 Hz seront reproduites par le haut-parleur "médium".

Dans les formules, on remplacera "Fc min." par la valeur de la fréquence minimale et "Fc max." par la valeur de la fréquence maximale. Les deux fréquences minimales et maximales ne sont pas critiques.

En effet, on peut également préférer choisir 400 Hz comme fréquence minimale et 5000 Hz comme fréquence maximale, pour laisser au "woofer" le soin de reproduire seulement les fréquences inférieures à 400 Hz et au "tweeter",

Filtre sélectif 3 voies - 12 dB par octave - 4 ohms

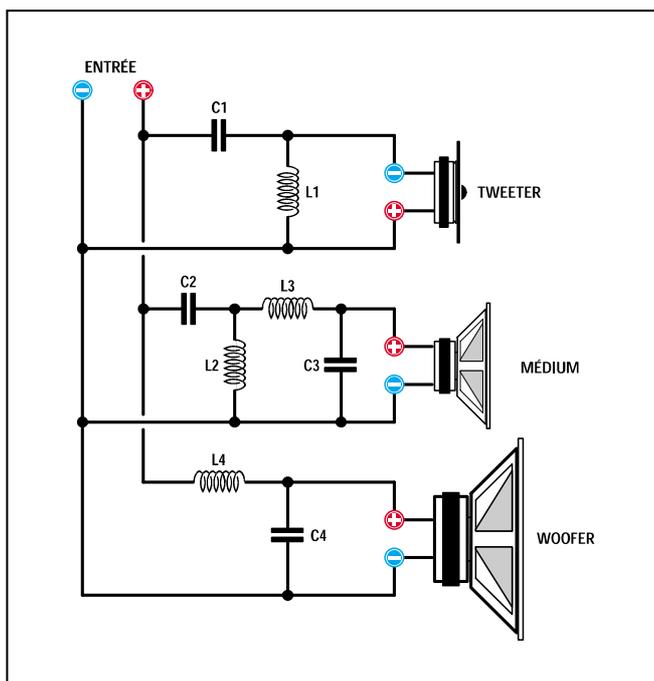


Figure 11: Schéma électrique d'un filtre sélectif à 3 voies avec une atténuation de 12 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 4 ohms.

Dans le tableau 5, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupe les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour des fréquences de coupe de 500 et 4000 hertz.

Les schémas d'implantation des composants pour réaliser ce filtre sont donnés sur les figures 29, 30 et 31. Les dessins des circuits imprimés à utiliser sont donnés en figures 36, 37 et 38.

Liste des composants pour filtre AP3.124 3 voies - 12 dB/octave - HP 4 Ω

- C1 = 6,9 µF L1 = 0,23 mH
- C2 = 56,4 µF L2 = 1,80 mH
- C3 = 6,9 µF L3 = 0,23 mH
- C4 = 56,4 µF L4 = 1,80 mH

TABLEAU 5 pour filtres 3 voies - 12 dB par octave - Haut-parleurs 4 Ω

Fréquence		Tweeter		Médium				Woofer	
min	max	C1	L1	C2	L2	C3	L3	L4	C4
300 Hz	4000 Hz	7,0 µF	0,23 mH	93,8 µF	3,0 mH	7,0 µF	0,23 mH	3,0 mH	93,8 µF
400 Hz	4000 Hz	7,0 µF	0,23 mH	70,4 µF	2,3 mH	7,0 µF	0,23 mH	2,3 mH	70,4 µF
500 Hz	4000 Hz	7,0 µF	0,23 mH	56,3 µF	1,8 mH	7,0 µF	0,23 mH	1,8 mH	56,3 µF
300 Hz	5000 Hz	5,6 µF	0,18 mH	93,8 µF	3,0 mH	5,6 µF	0,18 mH	3,0 mH	93,8 µF
400 Hz	5000 Hz	5,6 µF	0,18 mH	70,4 µF	2,3 mH	5,6 µF	0,18 mH	2,3 mH	70,4 µF
500 Hz	5000 Hz	5,6 µF	0,18 mH	56,3 µF	1,8 mH	5,6 µF	0,18 mH	1,8 mH	56,3 µF
300 Hz	6000 Hz	4,7 µF	0,15 mH	93,8 µF	3,0 mH	4,7 µF	0,15 mH	3,0 mH	93,8 µF
400 Hz	6000 Hz	4,7 µF	0,15 mH	70,4 µF	2,3 mH	4,7 µF	0,15 mH	2,3 mH	70,4 µF
500 Hz	6000 Hz	4,7 µF	0,15 mH	56,3 µF	1,8 mH	4,7 µF	0,15 mH	1,8 mH	56,3 µF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

- Passe-haut = C1 en mF = 1 000 000 : (8,88 x Z x Fc max.)
- Passe-haut = L1 en mH = (Z : Fc max.) x 225
- Passe-bande = C2 en mF = 1 000 000 : (8,88 x Z x Fc min.)
- Passe-bande = L2 en mH = (Z : Fc min.) x 225
- Passe-bande = C3 en mF = 1 000 000 : (8,88 x Z x Fc max.)
- Passe-bande = L3 en mH = (Z : Fc max.) x 225
- Passe-bas = L4 in mH = (Z : Fc min.) x 225
- Passe-bas = C4 en mF = 1 000 000 : (8,88 x Z x Fc min.)

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.

le soin de reproduire seulement les fréquences supérieures à 5 000 Hz. Pour calculer les valeurs des inductances et des capacités, vous pouvez utiliser les formules suivantes :

Filtre passe-haut pour le "tweeter"

$L1 \text{ mH} = (Z : Fc \text{ max.}) \times 225$
 $C1 \text{ } \mu\text{F} = 1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ max.})$

Filtre passe-bande pour le "médium"

$L2 \text{ mH} = (Z : Fc \text{ min.}) \times 225$
 $L3 \text{ mH} = (Z : Fc \text{ max.}) \times 225$
 $C2 \text{ } \mu\text{F} = 1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ min.})$
 $C3 \text{ } \mu\text{F} = 1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ max.})$

Filtre passe-bas pour le "woofer"

$L4 \text{ mH} = (Z : Fc \text{ min.}) \times 225$
 $C4 \text{ } \mu\text{F} = 1\,000\,000 : (8,88 \times Z \times Fc \text{ min.})$

Exemple de calcul

Calculer les valeurs d'inductance et de capacité pour un filtre sélectif à 3 voies, 12 dB par octave, destiné à piloter des haut-parleurs de 8 ohms, en utilisant une fréquence de croisement minimale de 500 Hz et une fréquence de croisement maximale de 4 000 Hz.

Filtre passe-haut pour le "tweeter"

$L1 = (8 : 4\,000) \times 225 = 0,45 \text{ mH}$
 $C1 = 1\,000\,000 : (8,88 \times 8 \times 4\,000) = 3,519 \text{ } \mu\text{F}$

Filtre passe-bande pour le "médium"

$L2 = (8 : 500) \times 225 = 3,6 \text{ mH}$
 $L3 = (8 : 4\,000) \times 225 = 0,45 \text{ mH}$
 $C2 = 1\,000\,000 : (8,88 \times 8 \times 500) = 28,15 \text{ } \mu\text{F}$
 $C3 = 1\,000\,000 : (8,88 \times 8 \times 4\,000) = 3,519 \text{ } \mu\text{F}$

Filtre sélectif 3 voies - 18 dB par octave - 8 ohms

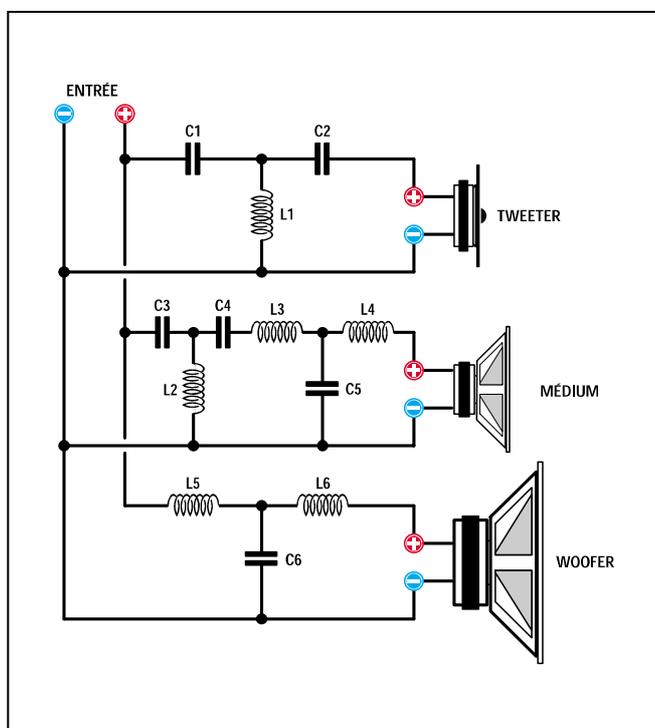


Figure 12 : Schéma électrique d'un filtre sélectif à 3 voies avec une atténuation de 18 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 8 ohms.

Dans le tableau 6, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupure les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour des fréquences de coupure de 500 et 4 000 hertz.

Les schémas d'implantation des composants pour réaliser ce filtre sont donnés sur les figures 32a, 32b et 32c. Les dessins des circuits imprimés à utiliser sont donnés en figures 39, 40 et 41.

**Liste des composants
pour filtre AP3.188
3 voies - 18 dB/octave - HP 8 Ω**

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| C1 = 3,32 μF | C5 = 6,6 μF |
| C2 = 10 μF | C6 = 53 μF |
| C3 = 26,7 μF | L1 = 0,24 mH |
| C4 = 80 μF | L2 = 1,90 mH |
| | L3 = 0,48 mH |
| | L4 = 0,16 mH |
| | L5 = 3,80 mH |
| | L6 = 1,30 mH |

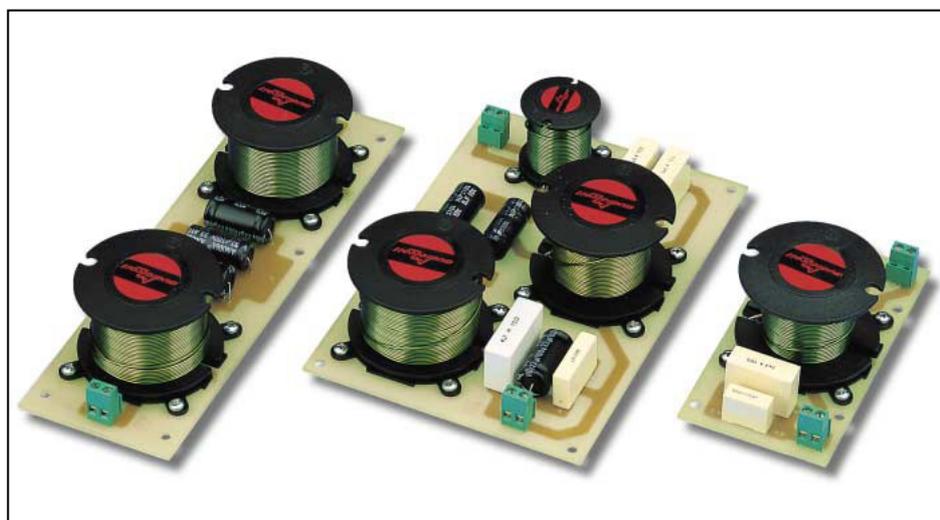


Figure 13 : Les filtres sélectifs à 3 voies, pour 8 ou pour 4 ohms, sont montés sur trois circuits imprimés séparés. Un circuit sert à piloter le "tweeter", un autre à piloter le "médium", et le troisième, à piloter le "woofer". La photo représente les 3 circuits du filtre pour haut-parleurs de 8 ohms.

Filtre passe-bas pour le "woofers"

$L4 = (8 : 500) \times 225 = 3,6 \text{ mH}$
 $C4 = 1\,000\,000 : (8,88 \times 8 \times 500) = 28,15 \text{ }\mu\text{F}$

Ces valeurs peuvent être facilement arrondies. Donc, pour le condensateur C1 de 3,519 microfarads, on peut utiliser une capacité de 3,5 microfarads, pour les condensateurs C2 et C4 de 28,15 microfarads, on peut utiliser une capacité de 28 microfarads, tandis que pour le condensateur C3 de 3,51 microfarads, on peut utiliser une capacité de 3,5 microfarads.

Un filtre sélectif à 3 voies de 18 dB par octave

Le filtre sélectif à 18 dB par octave est également légèrement complexe (voir figures 12 et 14), car il nécessite un

plus grand nombre d'inductances et de capacités. Pour ce filtre aussi, on a deux fréquences de croisement "Fc min." et "Fc max."

Fc min. = c'est la fréquence de croisement minimale, on choisit généralement 500 hertz.

Fc max. = c'est la fréquence de croisement maximale, on choisit généralement 4 000 hertz.

Les formules pour calculer les valeurs des inductances et celles des capacités, sont les suivantes :

Filtre passe-haut pour le "tweeter"

$L1 \text{ mH} = (Z : Fc \text{ max.}) \times 119,4$
 $C1 \text{ }\mu\text{F} = 1\,000\,000 : (9,42 \times Z \times Fc \text{ max.})$
 $C2 \text{ }\mu\text{F} = 1\,000\,000 : (3,14 \times Z \times Fc \text{ max.})$

TABLEAU 6 pour filtres 3 voies - 18 dB par octave - Haut-parleurs 8 Ω

Fréquence		Tweeter			Woofers		
min	max	C1	C2	L1	L5	L6	C6
300 Hz	4000 Hz	3,32 μF	9,95 μF	0,24 mH	6,4 mH	2,1 mH	88,5 μF
400 Hz	4000 Hz	3,32 μF	9,95 μF	0,24 mH	4,8 mH	1,6 mH	66,3 μF
500 Hz	4000 Hz	3,32 μF	9,95 μF	0,24 mH	3,8 mH	1,3 mH	53,1 μF
300 Hz	4000 Hz	3,32 μF	9,95 μF	0,24 mH	6,4 mH	2,1 mH	88,5 μF
400 Hz	4000 Hz	3,32 μF	9,95 μF	0,24 mH	4,8 mH	1,6 mH	66,3 μF
500 Hz	4000 Hz	3,32 μF	9,95 μF	0,24 mH	3,8 mH	1,3 mH	53,1 μF
300 Hz	6000 Hz	2,21 μF	6,63 μF	0,16 mH	6,4 mH	2,1 mH	88,5 μF
400 Hz	6000 Hz	2,21 μF	6,63 μF	0,16 mH	4,8 mH	1,6 mH	66,3 μF
500 Hz	6000 Hz	2,21 μF	6,63 μF	0,16 mH	3,8 mH	1,3 mH	53,1 μF

Fréquence		Médium					
min	max	C3	C4	L2	L3	L4	C5
300 Hz	4000 Hz	44,2 μF	133 μF	3,2 mH	0,48 mH	0,16 mH	6,6 μF
400 Hz	4000 Hz	33,2 μF	99,5 μF	2,4 mH	0,48 mH	0,16 mH	6,6 μF
500 Hz	4000 Hz	26,5 μF	79,6 μF	1,9 mH	0,48 mH	0,16 mH	6,6 μF
300 Hz	5000 Hz	44,2 μF	133 μF	3,2 mH	0,38 mH	0,13 mH	5,3 μF
400 Hz	5000 Hz	33,2 μF	99,5 μF	2,4 mH	0,38 mH	0,13 mH	5,3 μF
500 Hz	5000 Hz	26,5 μF	79,6 μF	1,9 mH	0,38 mH	0,13 mH	5,3 μF
300 Hz	6000 Hz	44,2 μF	133 μF	3,2 mH	0,32 mH	0,10 mH	4,4 μF
400 Hz	6000 Hz	33,2 μF	99,5 μF	2,4 mH	0,32 mH	0,10 mH	4,4 μF
500 Hz	6000 Hz	26,5 μF	79,6 μF	1,9 mH	0,32 mH	0,10 mH	4,4 μF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

- Passe-haut = C1 en μF = 1 000 000 : (9,42 x Z x Fc max.)
- Passe-haut = C2 en μF = 1 000 000 : (3,14 x Z x Fc max.)
- Passe-haut = L1 en mH = (Z : Fc max.) x 119,4

- Passe-bande = C3 en μF = 1 000 000 : (9,42 x Z x Fc min.)
- Passe-bande = C4 en μF = 1 000 000 : (3,14 x Z x Fc min.)
- Passe-bande = L2 en mH = (Z : Fc min.) x 119,4
- Passe-bande = L3 en mH = (Z : Fc max.) x 238,8
- Passe-bande = L4 en mH = (Z : Fc max.) x 79,6
- Passe-bande = C5 en μF = 1 000 000 : (4,71 x Z x Fc max.)

- Passe-bas = L5 en mH = (Z x Fc min.) : 238,8
- Passe-bas = L6 en mH = (Z : Fc min.) x 79,6
- Passe-bas = C6 en μF = 1 000 000 : (4,71 x Z x Fc min.)

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.

Filtre passe-bande pour le "médium"

- L2 mH = (Z : Fc min.) x 119,4
- L3 mH = (Z : Fc max.) x 238,8
- L4 mH = (Z : Fc max.) x 79,6
- C3 µF = 1 000 000 : (9,42 x Z x Fc min.)
- C4 µF = 1 000 000 : (3,14 x Z x Fc min.)
- C5 µF = 1 000 000 : (4,71 x Z x Fc max.)

Filtre passe-bas pour le "woofer"

- L5 mH = (Z : Fc min.) x 238,8
- L6 mH = (Z : Fc min.) x 79,6
- C6 µF = 1 000 000 : (4,71 x Z x Fc min.)

Exemple de calcul

Calculer les valeurs d'inductance et de capacité pour un filtre sélectif à 3 voies 18 dB par octave, destiné à piloter

des haut-parleurs de 8 ohms, en utilisant une fréquence de croisement minimale de 500 Hz et une fréquence de croisement maximale de 4 000 Hz.

Filtre passe-haut pour le "tweeter"

- L1 = (8 : 4 000) x 119,4 = 0,238 mH
- C1 = 1 000 000 : (9,42 x 8 x 4 000) = 3,31 µF
- C2 = 1 000 000 : (3,14 x 8 x 4 000) = 9,95 µF

Note : la valeur de la bobine de 0,238 millihenry peut être arrondie à 0,24 millihenry, celle du condensateur de 3,31 microfarads à 3,3 microfarads et celle du condensateur de 9,95 microfarads à 10 microfarads.

Filtre passe-bande pour le "médium"

- L2 = (8 : 500) x 119,4 = 1,91 mH

Filtre sélectif 3 voies - 18 dB par octave - 4 ohms

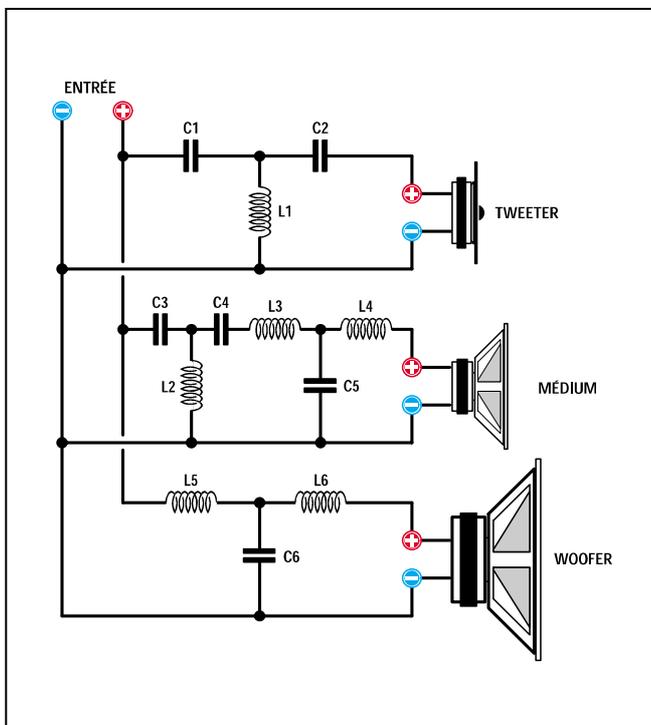


Figure 14 : Schéma électrique d'un filtre sélectif à 3 voies avec une atténuation de 18 dB par octave, que l'on peut utiliser pour piloter des haut-parleurs de 4 ohms.

Dans le tableau 7, vous trouverez les valeurs des inductances et des capacités requises pour les fréquences de coupe les plus utilisées.

Les inductances et les capacités qui sont données dans la liste des composants, sont calculées pour des fréquences de coupe de 500 et 4 000 hertz.

Les schémas d'implantation des composants pour réaliser ce filtre sont donnés sur les figures 33a, 33b et 33c. Les dessins des circuits imprimés à utiliser sont donnés en figures 39, 40 et 41.

**Liste des composants
pour filtre AP3.184
3 voies - 18 dB/octave - HP 4 Ω**

- | | |
|-------------|---------------|
| C1 = 6,6 µF | C5 = 13,3 µF |
| C2 = 20 µF | C6 = 106,6 µF |
| C3 = 53 µF | L1 = 0,12 mH |
| C4 = 160 µF | L2 = 0,90 mH |
| | L3 = 0,24 mH |
| | L4 = 0,08 mH |
| | L5 = 1,90 mH |
| | L6 = 0,60 mH |

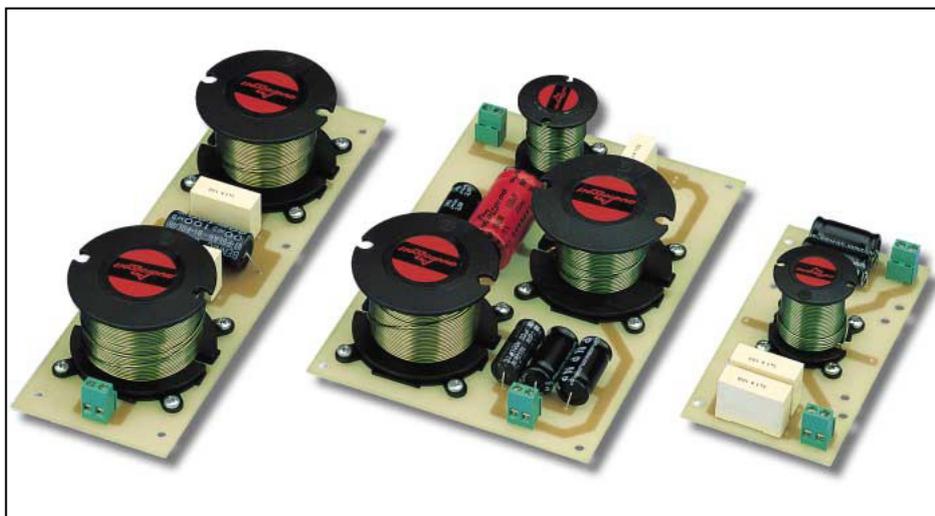


Figure 15 : Photo des circuits du filtre sélectif de 18 dB pour haut-parleurs "tweeter", "médium" et "woofer" de 4 ohms. Dans le tableau 8, vous trouverez les valeurs et les codes des inductances disponibles qui pourraient vous servir dans le cas où vous voudriez réaliser des filtres sélectifs avec des fréquences de coupe différentes de celles que nous avons choisies.

$L3 = (8 : 4000) \times 238,8 = 0,477 \text{ mH}$
 $L4 = (8 : 4000) \times 79,6 = 0,159 \text{ mH}$
 $C3 = 1\,000\,000 : (9,42 \times 8 \times 500) = 26,5 \text{ }\mu\text{F}$
 $C4 = 1\,000\,000 : (3,14 \times 8 \times 500) = 79,6 \text{ }\mu\text{F}$
 $C5 = 1\,000\,000 : (4,71 \times 8 \times 4000) = 6,63 \text{ }\mu\text{F}$

Note : la valeur de la bobine de 1,91 millihenry peut être arrondie à 1,9 mH, celle de 0,477 millihenry peut être arrondie à 0,48 mH et celle de 0,159 millihenry à 0,16 mH.

La capacité du condensateur de 79,6 microfarads peut être arrondie à 80 microfarads et celle de 6,63 microfarads, à 6,65 microfarads.

$L6 = (8 : 500) \times 79,6 = 1,27 \text{ mH}$
 $C6 = 1\,000\,000 : (4,71 \times 8 \times 500) = 53 \text{ }\mu\text{F}$

Note : la valeur de la bobine de 3,82 millihenrys peut être arrondie à 3,8 mH et celle de 1,27 millihenry à 1,3 mH.

Filtre passe-bas pour le "woofer"

$L5 = (8 : 500) \times 238,8 = 3,82 \text{ mH}$

A suivre...
◆ N. E.

TABLEAU 7 pour filtres 3 voies - 18 dB par octave - Haut-parleurs 4 Ω

Fréquence		Tweeter			Woofer		
min	max	C1	C2	L1	L5	L6	C6
300 Hz	4000 Hz	6,63 μF	19,9 μF	0,12 mH	3,2 mH	1,1 mH	177 μF
400 Hz	4000 Hz	6,63 μF	19,9 μF	0,12 mH	2,4 mH	0,8 mH	133 μF
500 Hz	4000 Hz	6,63 μF	19,9 μF	0,12 mH	1,9 mH	0,6 mH	106 μF
300 Hz	5000 Hz	5,30 μF	15,9 μF	0,10 mH	3,2 mH	1,1 mH	177 μF
400 Hz	5000 Hz	5,30 μF	15,9 μF	0,10 mH	2,4 mH	0,8 mH	133 μF
500 Hz	5000 Hz	5,30 μF	15,9 μF	0,10 mH	1,9 mH	0,6 mH	106 μF
300 Hz	6000 Hz	4,42 μF	13,3 μF	0,08 mH	3,2 mH	1,1 mH	177 μF
400 Hz	6000 Hz	4,42 μF	13,3 μF	0,08 mH	2,4 mH	0,8 mH	133 μF
500 Hz	6000 Hz	4,42 μF	13,3 μF	0,08 mH	1,9 mH	0,6 mH	106 μF

Fréquence		Médium					
min	max	C3	C4	L2	L3	L4	C5
300 Hz	4000 Hz	88,5 μF	265 μF	1,6 mH	0,24 mH	0,08 mH	13,3 μF
400 Hz	4000 Hz	66,3 μF	199 μF	1,2 mH	0,24 mH	0,08 mH	13,3 μF
500 Hz	4000 Hz	53,0 μF	159 μF	0,9 mH	0,24 mH	0,08 mH	13,3 μF
300 Hz	5000 Hz	88,5 μF	265 μF	1,6 mH	0,19 mH	0,06 mH	10,6 μF
400 Hz	5000 Hz	66,3 μF	199 μF	1,2 mH	0,19 mH	0,06 mH	10,6 μF
500 Hz	5000 Hz	53,0 μF	159 μF	0,9 mH	0,19 mH	0,06 mH	10,6 μF
300 Hz	6000 Hz	88,5 μF	265 μF	1,6 mH	0,16 mH	0,05 mH	8,8 μF
400 Hz	6000 Hz	66,3 μF	199 μF	1,2 mH	0,16 mH	0,05 mH	8,8 μF
500 Hz	6000 Hz	53,0 μF	159 μF	0,9 mH	0,16 mH	0,05 mH	8,8 μF

Formules pour calculer les inductances et les capacités :

Passe-haut = C1 en μF = $1\,000\,000 : (9,42 \times Z \times Fc \text{ max.})$
 Passe-haut = C2 en μF = $1\,000\,000 : (3,14 \times Z \times Fc \text{ max.})$
 Passe-haut = L1 en mH = $(Z : Fc \text{ max.}) \times 119,4$

 Passe-bande = C3 en μF = $1\,000\,000 : (9,42 \times Z \times Fc \text{ min.})$
 Passe-bande = C4 en μF = $1\,000\,000 : (3,14 \times Z \times Fc \text{ min.})$
 Passe-bande = L2 en mH = $(Z : Fc \text{ min.}) \times 119,4$
 Passe-bande = L3 en mH = $(Z : Fc \text{ max.}) \times 238,8$
 Passe-bande = L4 en mH = $(Z : Fc \text{ max.}) \times 79,6$
 Passe-bande = C5 en μF = $1\,000\,000 : (4,71 \times Z \times Fc \text{ max.})$

 Passe-bas = L5 en mH = $(Z \times Fc \text{ min.}) : 238,8$
 Passe-bas = L6 en mH = $(Z : Fc \text{ min.}) \times 79,6$
 Passe-bas = C6 en μF = $1\,000\,000 : (4,71 \times Z \times Fc \text{ min.})$

Note : les valeurs des inductances et des capacités peuvent être arrondies de 5 % en plus ou en moins.