

Les enceintes acoustiques multimédia

1. Introduction

Le maillon le plus important de votre chaîne hi-fi ou de votre système home cinéma est certainement l'enceinte acoustique.

Dernier élément avant vos oreilles, elle doit être choisie avec soin.

Que ce soit pour de la haute-fidélité (stéréo sur 2 enceintes) ou du home-cinéma (5 enceintes et plus), le choix des enceintes est tout simplement déterminant. Sans renier l'intérêt d'y associer des électroniques de qualité, tous les experts sont d'accord sur le fait qu'on garde longtemps de bonnes enceintes, beaucoup plus longtemps que tous les autres maillons.

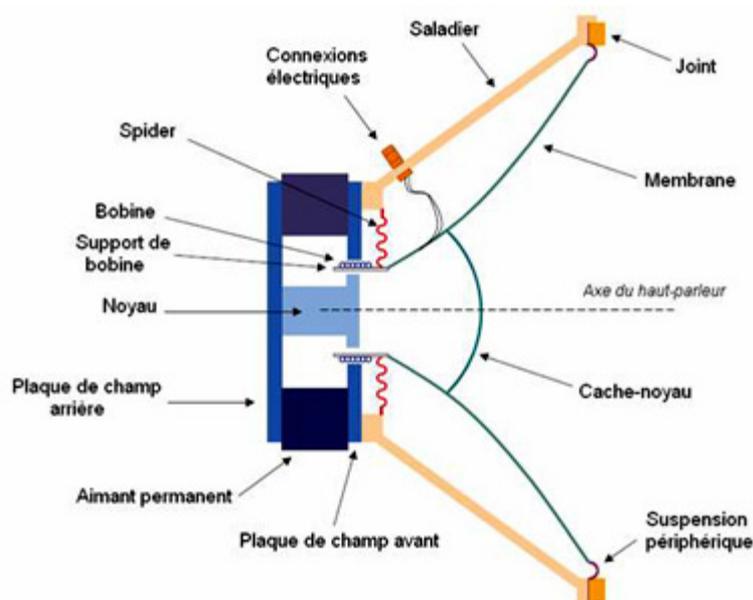
2. Le Haut Parleur

Un haut-parleur est un transducteur électromécanique destiné à produire des sons à partir d'un signal électrique

Le son du haut parleur (HP) est produit par le mouvement rapide de sa membrane. Les mouvements de cette membrane sont produits par la force du champ magnétique créé par le courant traversant l'HP et par le champ magnétique produit par l'aimant de l'HP.

Quand deux aimants sont proches l'un de l'autre, soit ils s'attirent, soit ils se repoussent. Il en est de même dans un haut-parleur. L'aimant de l'HP attire ou repousse la membrane. Cependant la membrane ne comporte pas un aimant, mais plutôt une bobine mobile qui produit un champ magnétique lorsqu'un courant la traverse.

Quand un amplificateur est connecté à un HP, il injecte un courant qui traverse la bobine mobile de la membrane, cette bobine produit un champ magnétique qui confronté au champ magnétique de l'aimant produira une force sur la membrane et la fera se déplacer vers l'avant et vers l'arrière.



Les enceintes acoustiques multimédia

La figure ci-dessus montre la coupe transversale d'un haut-parleur
On y voit les principaux éléments.

Le diaphragme qui est une membrane conique à symétrie circulaire suspendu élastiquement à sa base par une suspension externe et à son sommet par une suspension interne (**spider** en anglais).

La bobine mobile, elle est solidaire du diaphragme à son sommet.

L'aimant, on dit que c'est le circuit magnétique du haut-parleur.

Le saladier, c'est le corps de l'HP qui maintient tous l'ensemble, il est en tôle ou en métal coulé.

3. Caractéristiques d'un Haut Parleur

Les principales caractéristiques d'un haut parleur sont :

- **La bande passante** ou bande de fréquences audibles qu'il est capable de reproduire (bande passante) sans modification notable du niveau acoustique
- **L'impédance** de sa bobine mobile
- **La puissance RMS** (efficace) admissible
- **Son rendement** ou sensibilité

Exemple de caractéristiques :

- Impédance (Ohm) : 8
- Bande passante (Hz) 32-2500
- Puissance maximum (W_{max}/W_{rms}) 200/50
- Sensibilité (SPL) 1W/1m (dB) 99

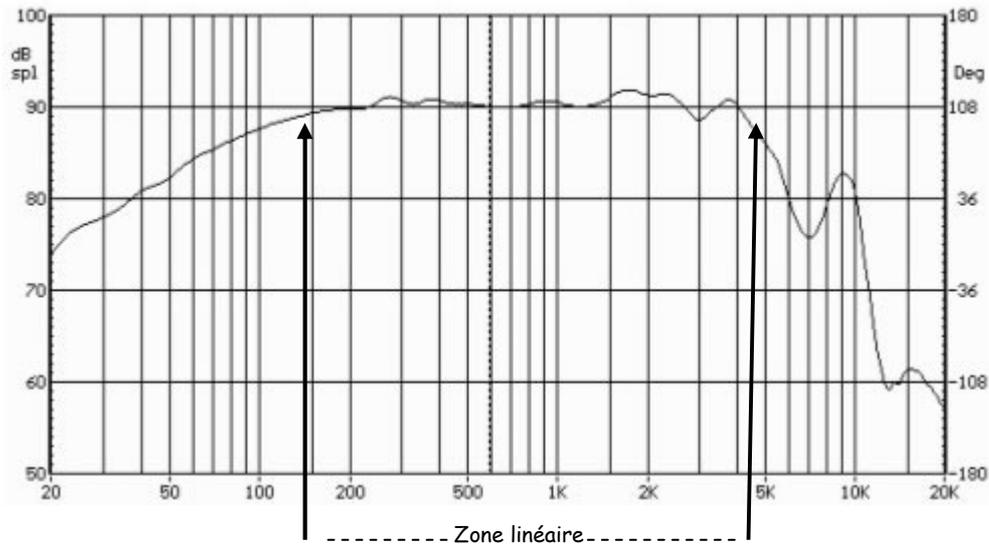


Les enceintes acoustiques multimédia

3.1 La bande passante :

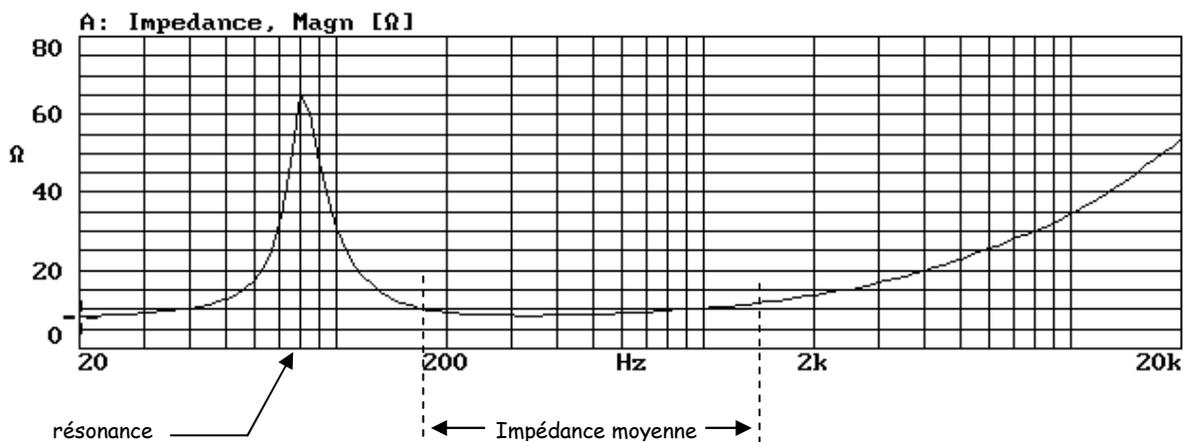
La bande passante d'un haut parleur est étroitement liée à son diamètre, un haut parleur de grand diamètre reproduira des fréquences graves et inversement, un haut parleur de petit diamètre reproduira plus facilement des fréquences hautes.

Exemple de bande passante :



3.2 L'impédance :

L'impédance d'un haut parleur varie en fonction de la fréquence. Elle obéit à la loi : $Z=L.\omega$ ou $Z=L.2.\pi.f$. De plus, elle présente une bosse à la fréquence de résonance mécanique de l'équipage mobile :



Les enceintes acoustiques multimédia

3.3 La puissance admissible :

Elle dépend essentiellement du diamètre du fil de la bobine mobile. Certains constructeurs utilisent du fil de section rectangulaire afin d'augmenter celle-ci. La puissance à prendre en compte est la puissance RMS (efficace). Les autres valeurs (instantanée, max) n'ont aucune valeur significative. Pour se donner une idée, il suffit de prendre un exemple : 100W sur 8 ohms représentent un courant efficace de :

$$I = \sqrt{\frac{P}{Z}} = 3,5A$$

ce qui représente une valeur de courant importante en électronique.

3.4 Le rendement ou sensibilité :

Le rendement est la caractéristique la plus importante du haut parleur car elle représente sa capacité à transformer l'énergie électrique en une grandeur acoustique, le niveau sonore mesuré en dB :

NIVEAU DE PRESSION SONORE dB	SENSATION SONORE IMPRESSION SUBJECTIVE	NATURE DES BRUITS
< 0	Imperceptible	Chambre sourde
0	Seuil d'audibilité	Test d'audiométrie
10	Silencieux	Studio d'enregistrement
20	Très calme	Voilier, jardin, grotte
30	Calme	Chambre à coucher, voix basse
40	Calme	Bureau ou appart. Calme voix normale
50	Modéré	Bureau ou appart. bruyant voix normale
60	Supportable	Appart + télé, voix forte
70	Bruyant, fort	Rue passagère
80	Fort, pénible	Gare, ateliers
90	Lésions si 8H/jour	Mécanique, tissage
100	Très intense	Presse, motos, décolletage
110	Insupportable	Riveteuse, marteau pilon
120	Assourdissant	Pas de conversation, discothèque, concert
130	Seuil de douleur, troubles, surdité	Réacteur

Les enceintes acoustiques multimédia

Le rendement est mesuré en injectant dans le haut parleur un « bruit rose » (spectre contenant toutes les fréquences audibles) avec une puissance RMS de 1W. Un microphone de laboratoire mesure le niveau sonore mesuré à 1 mètre du haut parleur en chambre anéchoïde :

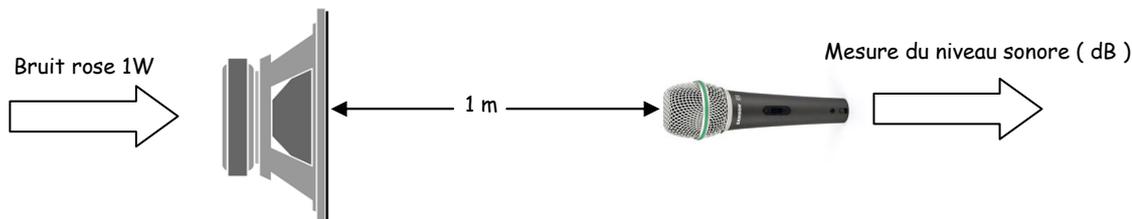


Tableau montrant la relation entre puissance et sensibilité :

Puissance électrique nécessaire	Sensibilité du haut parleur	Niveau sonore à 1 m
1 W	103 dB/W/m	103 dB
2 W	100 dB/W/m	103 dB
4 W	97 dB/W/m	103 dB
8 W	94 dB/W/m	103 dB
16 W	91 dB/W/m	103 dB
32 W	88 dB/W/m	103 dB
64 W	85 dB/W/m	103 dB
128 W	82 dB/W/m	103 dB

Ainsi, on obtient le même niveau sonore avec un amplificateur de 1 W et un haut parleur de sensibilité de 103 dB/W/m qu'avec un amplificateur de 128 W et un haut parleur de sensibilité de 82 dB/W/m.

On se rend compte immédiatement que la puissance électrique d'un amplificateur est souvent un argument commercial.

Malheureusement, le prix d'un haut parleur augmente très vite avec sa sensibilité.

D'une manière générale, on utilise en sonorisation professionnelle des haut parleurs à haut rendement (>100 dB/W/m) et dans le domaine public des haut parleurs à bas rendement (< 85 dB/W/m) pour des raisons de prix de revient.

Les enceintes acoustiques multimédia

Tableau des puissances nécessaires pour un réalisme sonore en fonction de la sensibilité des enceintes								
Instruments de musique	Puissance ou pression acoustique maxi		Puissance électrique nécessaire pour obtenir la pression acoustique réaliste maximum des instruments (En fonction de la sensibilité des enceintes exprimée en dB mesuré à un mètre et avec 1 watt électrique)					
	en Watt	en dB (équivalente)	87 dB (dB/W/m)	90 dB (dB/W/m)	93 dB (dB/W/m)	96 dB (dB/W/m)	99 dB (dB/W/m)	102 dB (dB/W/m)
Triangle	0.05	98.8	15,14 W	7,57 W	3,78 W	1,89 W	0,94 W	0,47 W
Clarinette	0.05	98.8	15,14 W	7,57 W	3,78 W	1,89 W	0,94 W	0,47 W
Cor	0.053	99.1	16,22 W	8,11 W	4,05 W	2,02 W	1,01 W	0,5 W
Flûte	0.055	99.28	16,9 W	8,45 W	4,22 W	2,11 W	1,05 W	0,52 W
Contrebasse	0.156	103.8	47,86 W	23,93 W	11,96 W	5,98 W	2,99 W	1,49 W
Saxophone (basse)	0.288	106.4	87,1 W	43,55 W	21,77 W	10,88 W	5,44 W	2,72 W
Trompette	0.314	106.8	95,5 W	47,75 W	23,87 W	11,93 W	5,96 W	2,98 W
Piano	0.437	108.3	134,9 W	67,45 W	33,72 W	16,86 W	8,43 W	4,21 W
Grosse caisse (mini)	1.2	112.6	363,1 W	181,55 W	90,77 W	45,38 W	22,69 W	11,34 W
Grosse caisse (maxi)	24.6	125.8	7586 W	3793 W	1896 W	948 W	474 W	237 W
Trombone	6.4	120	1995 W	997 W	498 W	249 W	124,5 W	62,2 W
Cymbales (à 37.5 cms)	9.5	121.6	2884 W	1442 W	721 W	360 W	180 W	90 W
Petit tambour	11.9	122.6	3630 W	1815 W	907 W	453 W	226,5 W	113,2 W
Orgue	12.6	122.8	3802 W	1901 W	950 W	475 W	237,5 W	118,7 W
Petit orchestre (15 exécutants)	9	121.4	2754 W	1377 W	688 W	344 W	172 W	86 W
Grand orchestre (75 exécutants)	66.5	130	19952 W	9976 W	4988 W	2494 W	1247 W	623,5 W

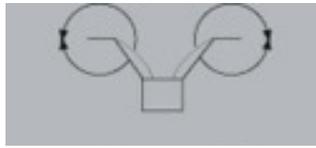
4. L'enceinte acoustique

Les haut-parleurs ont des formes ne leur permettant pas d'être utilisés seuls, il est nécessaire de les fixer sur un support.

La membrane d'un haut-parleur fait vibrer l'air devant elle, mais aussi derrière elle. L'onde arrière est déphasée de 180°, lorsque l'onde arrière rencontre l'onde avant, elles s'annulent. Le rendement d'un haut-parleur est donc particulièrement mauvais, lorsqu'il est utilisé seul. Il est nécessaire de soit **supprimer** en les absorbant les vibrations arrière, soit les **déphasier** de 180°, afin qu'elles n'affectent pas les ondes émises par l'avant du haut-parleur et au contraire qu'elles les renforcent.

Les enceintes acoustiques multimédia

L'enceinte acoustique a aussi une autre fonction, elle peut accueillir les filtres nécessaires à la distribution du signal électrique aux différents haut-parleurs.

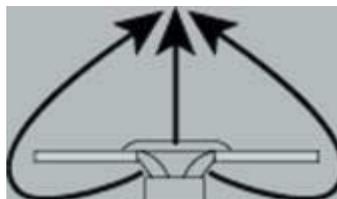


lorsque l'onde arrière rencontre l'onde avant, elles s'annulent

5. Le baffle plan :

La méthode idéale de séparation des ondes émises à l'arrière et à l'avant du haut-parleur, dite du baffle plan infini, consiste à monter ce haut-parleur sur une plaque rigide dont les dimensions sont infinies. En pratique, la taille de la plaque doit être limitée, ce qui ne permet pas d'éviter totalement le phénomène de court-circuit acoustique.

Au point d'observation, les ondes avant et arrière émises en opposition de phase arrivent avec un décalage temporel qui dépend du rayon du baffle circulaire que doit contourner l'onde arrière. La superposition de ces deux ondes crée dans la réponse en fréquence du haut-parleur un effet de filtrage en peigne, c'est-à-dire une succession de pics et de creux à certaines fréquences qui dépendent du rayon du baffle. Cet effet s'estompe toutefois à mesure que la longueur d'onde du signal diminue (lorsque la fréquence augmente) et qu'elle devient négligeable devant les dimensions du baffle. Le baffle plan reste à l'heure actuelle peu utilisé car il nécessite pour être efficace d'être de grande dimension.



AVANTAGES :

- Seul système où le HP se voit chargé de la même façon à l'avant qu' à l'arrière. Il fonctionne donc de la manière la plus naturelle possible.
- Distorsion minimum (dans la limite de l'excursion linéaire du HP)
- Grande aération du message sonore
- Facilité de construction

Les enceintes acoustiques multimédia

INCONVÉNIENTS :

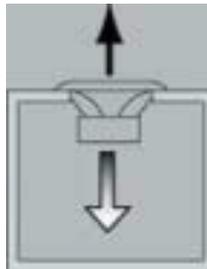
- Plus grande difficulté à lui trouver sa position idéale dans la pièce
- Nécessite un local d'écoute relativement vaste car encombrant
- Faible rendement dans le grave comparé aux autres types d'enceinte
- Tenue en puissance limitée : la membrane n'étant pas amortie, il est facile de dépasser les limites mécaniques du HP



6. L'enceinte close :

Il s'agit simplement d'une boîte hermétique, généralement remplie ou capitonnée d'un matériau absorbant, dont le but est d'emprisonner l'onde arrière et ainsi supprimer le court-circuit acoustique.

Le volume d'air qu'elle contient agit comme un ressort. De ce fait son volume doit être calculé en fonction des caractéristiques du haut-parleur :



Une enceinte close de très grand volume est appelée enceinte infinie. Dans ce cas, l'air qu'elle contient n'a plus d'effet de ressort. Elle se rapproche pour cela du **baffle** plan.

C'est généralement ce type d'enceinte qui est utilisé pour mesurer les caractéristiques d'un haut-parleur (rendement, réponse en fréquence, directivité...)

Ce type d'enceinte est très largement utilisé dans le domaine grand public

Les enceintes acoustiques multimédia

AVANTAGES :

- Très bon comportement dans le grave avec très bonne réponse impulsionnelle
- Facile à construire

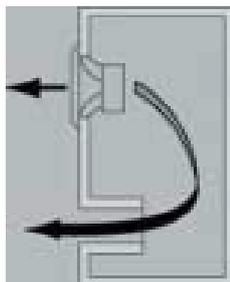
INCONVÉNIENTS :

- Distorsion augmentant au voisinage de la fréquence de résonance
- A excursion égale, moins bon rendement que le bass-reflex

7. L'enceinte Bass-Reflex :

Elles sont facilement identifiables grâce à leur évent. Elles sont basées sur le principe du résonateur de **Helmholtz** qui est constitué d'un volume et d'un évent. L'évent est caractérisé par sa surface et sa longueur.

Le but d'une enceinte Bass-Reflex est de récupérer les ondes sonores émises à l'intérieur du caisson de l'enceinte pour les restituer en phase avec le son émis à l'avant de l'enceinte augmentant ainsi le rendement acoustique



AVANTAGES :

- A volume égal, meilleur rendement dans le grave que l'enceinte close
- Distorsion faible au voisinage de la fréquence de résonance
- Bonne réponse impulsionnelle
- Meilleure réponse dans le médium-aigu
- Facile à construire

INCONVÉNIENTS :

- Le calcul et l'accord de l'évent doivent être rigoureux.



Les enceintes acoustiques multimédia

8. Les enceintes 2 ou 3 voies

Il n'est pas possible techniquement de réaliser un haut parleur ayant une bande passante de 20 à 20 000Hz (fréquences audibles pour l'être humain). On a donc recours pour réaliser une enceinte acoustique à l'utilisation de 2 ou 3 haut parleurs.

Il faut cependant savoir que le nombre de haut parleurs n'est pas un critère de qualité, seule une écoute attentive permet de porter un jugement sur la qualité globale d'une enceinte acoustique.

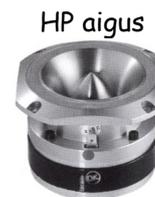
L'utilisation de plusieurs haut parleurs fait surgir un problème supplémentaire : leur raccordement à l'amplificateur.

Il faut en effet faire appel à l'utilisation de filtres permettant d'aiguiller les bonnes fréquences vers les bons haut parleurs :



La complexité du comportement des différents haut-parleurs en fonction de la fréquence, leur interaction mutuelle, les déphasages difficiles à contrôler, les courbes d'impédance accidentées et bien d'autres phénomènes parasites se cumulent pour entraver la juste reproduction de toutes les informations contenues dans un signal audio.

Le filtre étant incorporé dans l'enceinte acoustique, il est réalisé à l'aide de composants passifs. Une difficulté technique surgit encore : la sensibilité des haut parleurs doit être la même, dans le cas contraire une compensation des rendements doit être réalisée en utilisant des éléments résistifs placés en série avec le haut parleur.



Les enceintes acoustiques multimédia

9. Les filtres pour enceintes acoustiques

Les filtres ont pour principales caractéristiques :

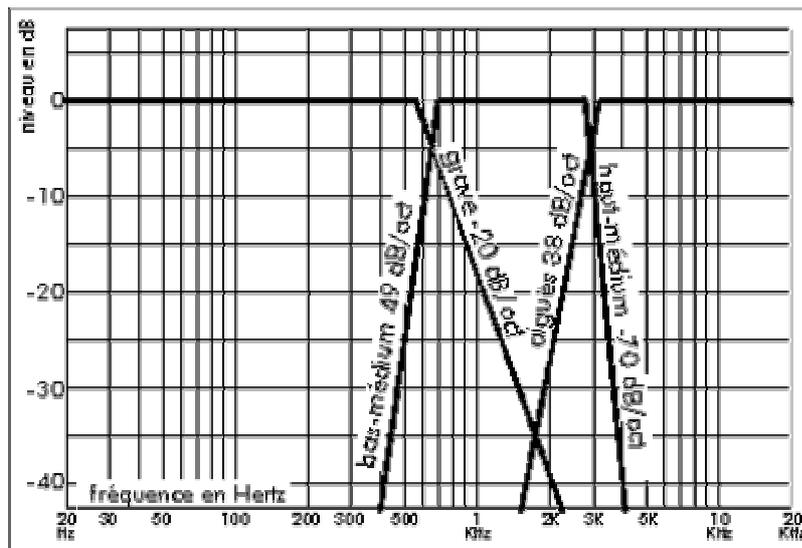
- La ou les fréquences de coupure
- La pente

Les fréquences de coupure sont choisies en fonction des caractéristiques des haut parleurs. Elles doivent cependant éviter de se trouver dans les fréquences les plus audibles, entre 800 et 2000 Hz.

La pente est généralement donnée en **dB/octave**. Ainsi, un filtre de 6 dB/octave est un filtre d'ordre 1, un filtre de 12 dB/octave est un filtre d'ordre 2, etc...

Le choix de la pente est souvent un compromis entre qualité d'écoute et caractéristiques des haut parleurs.

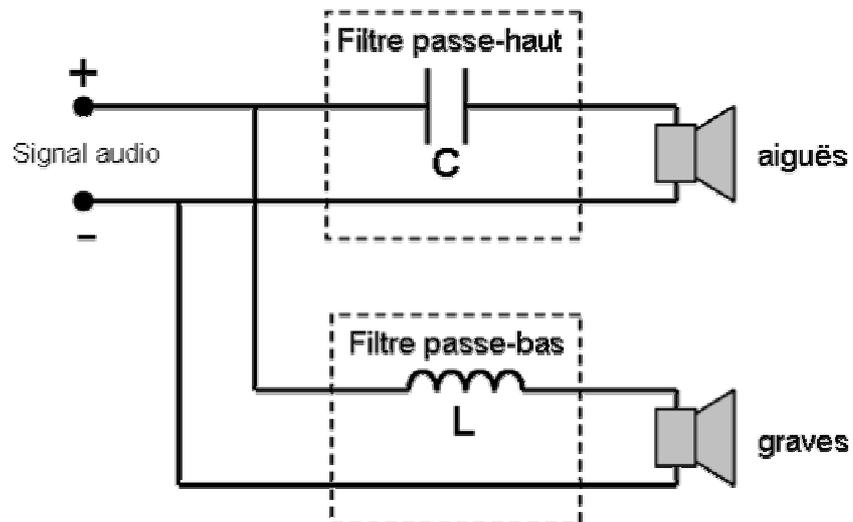
Diagramme montrant le recouvrement des fréquences pour un filtre 3 voies :



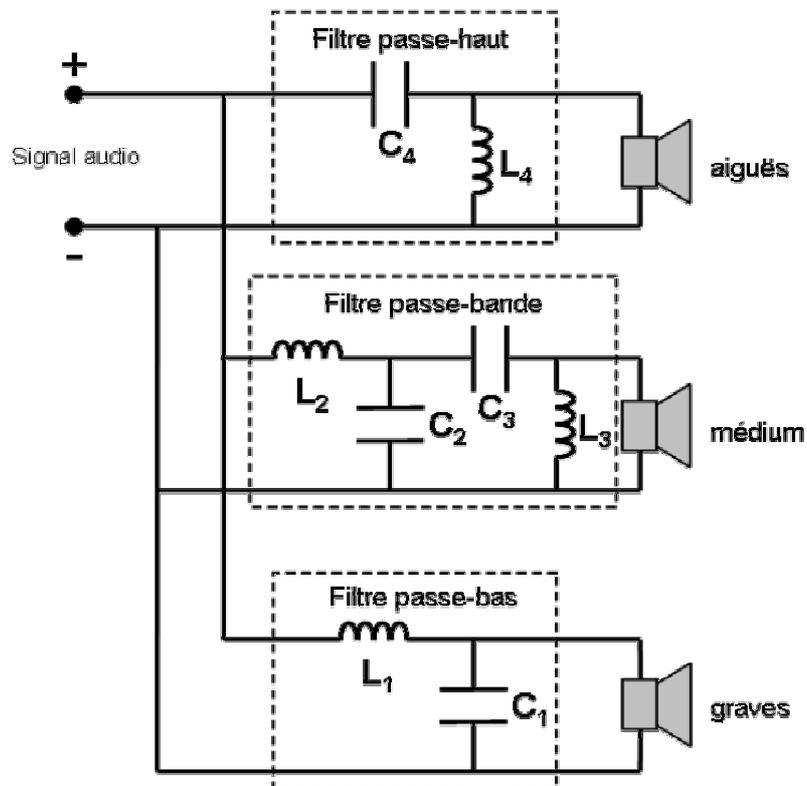
Dans cet exemple, la pente est donnée en dB/décade

Les enceintes acoustiques multimédia

Exemple de filtre 2 voies, 6 dB/octave



Exemple de filtre 3 voies, 12 dB/octave



 condensateur (C_i est exprimé en farad)

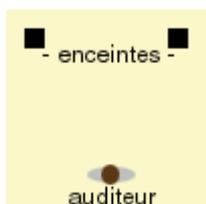
 bobine (L_i est exprimé en henry)

Les enceintes acoustiques multimédia

10. La position des enceintes acoustiques dans le local

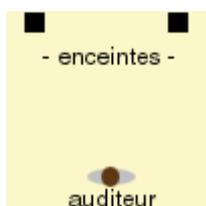
Ecoute stéréophonique (musique haute fidélité) :

En stéréo, en fonction des enceintes dont on dispose, l'écartement des enceintes peut se faire par essais successifs sans trop se rapprocher des murs latéraux (>50 cm), en générale orienté vers l'auditeur, mais parfois cela vaut la peine d'exagérer la rotation pour permettre à plusieurs auditeurs cote à cote d'avoir un volume gauche et droite identique.



Position 1 :

Ce schéma vous montre une position normale des enceintes qui sont placées à 40/60 cm du mur. C'est dans cette position que la restitution sonore sera la meilleure.



Position 2 :

Adossez vos enceintes au mur augmente la surface acoustique de vos baffles. Cette position a pour effet d'augmenter le niveau de grave. Cela peut éventuellement être une solution si le grave de vos enceintes manque de tons.



Position 3 :

Dans cette dernière position (les baffles sont collées dans le coin du mur), les graves sont exagérés et entrent en résonance. Si le son vous semble meilleur, cela signifie que vos enceintes sont déficientes en grave. Le mieux est de les placer normalement (à 40/60 cm du mur) et d'ajouter un caisson de grave.

A respecter :

Dans tous les cas, comme vous l'aurez remarqué sur ces schémas, les enceintes et l'auditeur doivent former un triangle isocèle. Se décaler par rapport au sommet de celui-ci nuirait à la restitution sonore du système.

Les enceintes acoustiques multimédia

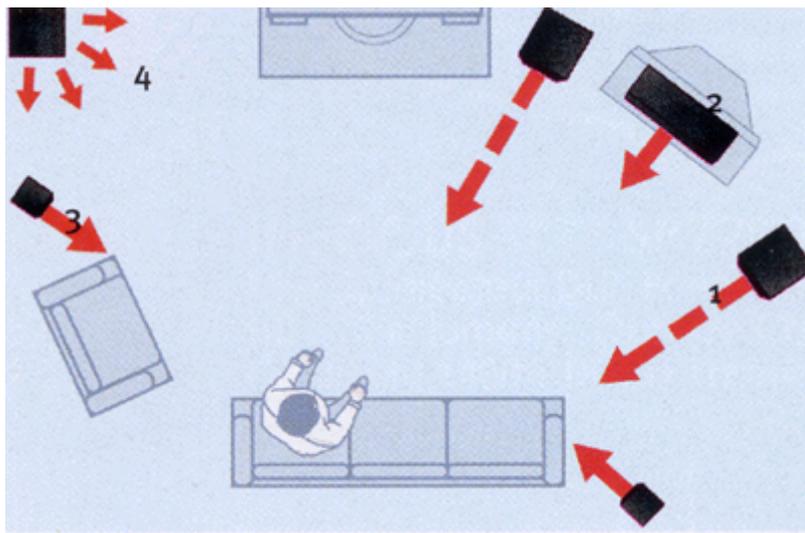
Home-Cinéma :

Enceintes frontales (1) : mettez-les à équidistance du téléviseur. Evitez de les placer trop près de l'écran, même si ce problème se pose moins avec les écrans plats.

Enceinte centrale (2) : idéalement placée sous le téléviseur, de préférence sur un support adapté. Elle pourra également être posée au dessus si vous l'isolez avec une gomme type Blue-Tac.

Enceintes arrières (3) : elles doivent être placées assez haut. Si vous ne pouvez pas les fixer, optez pour des colonnes. N'hésitez pas à essayer différents emplacements.

Le caisson de basses (4) : se place où l'on veut. Si vous désirez plus de basses, placez-le dans un coin. Ramenez-le vers le centre de la pièce pour réduire les basses.



Ceci n'est qu'une possibilité d'installation de votre système, mais elle s'adapte à bien des salons. Si vous avez une sixième enceinte pour le 6.1, placez-la dans le coin opposé au téléviseur.

Les enceintes acoustiques multimédia

11. Quelques modèles d'enceintes

Enceinte close 2 voies



Enceinte Bass-Reflex



Enceintes pour Home Cinéma

