caisson de graves passif

extension pour systèmes Surround-Sound

La plupart des installations Surround-Sound utilisent des enceintes de dimensions modestes, pour éviter que l'ensemble le prenne une place prédominante dans le salon. Cette approche se traduit bien souvent par une reproduction des graves négligée, alors que ce sont justement les fréquences graves qui, si l'enregistrement Surround-Sound est bien fait, produisent des effets particulièrement impressionnants. C'est pour éliminer cet inconvénient que ce caisson de graves passif a été conçu, sachant qu'il trouvera toujours une place dans la pièce, ne serait-ce que comme « meuble d'appoint ».

Le Surround-Sound est d'actualité. Pour peu que l'on dispose d'un téléviseur moderne il est possible de générer une combinaison impressionnante de son et d'image. Cette étonnante reproduction acoustique spatiale est possible par le biais d'un certain nombre d'enceintes – 5 en général – disposées tant devant que derrière l'auditeur. Ce nombre important présente cependant quelques inconvénients. Les enceintes occupent énormément de place dans une pièce vu qu'il faut les disposer d'une manière bien définie – 2 enceinte avant, l'une à droite et l'autre à gauche, une autre au centre et 2 enceintes arrières à placer sur la gauche et la droite sur l'arrière voire par le travers de l'auditeur. Vu que l'on tient à ce que l'ensemble reste financièrement abordable, la plupart des enceintes d'une installation bas de gamme ont des dimensions modestes ce qui ne manque pas d'affecter directement la reproduction des graves. On peut, au premier abord, penser que cela n'est peut-être pas très important dans le cas d'une combinaison audiovisuelle, et pourtant, les sons graves renferment une information spatiale importante. De plus, l'être humain ne ressent pas uniquement les sons très graves par le biais de l'ouïe, mais aussi directement par l'intermédiaire de l'ensemble de son corps, ce qui ne manque pas d'ajouter un réalisme certain à la reproduction. En un mot comme en cent, il ne faut pas sous-estimer l'importance des fréquences graves. Mais comment les produire ?

La reproduction de sons réellement graves implique le déplacement de masses d'air conséquentes. Et ceci exige la mise en oeuvre d'un haut-parleur de graves (*woofer*) de bonnes dimensions. Qui dit haut-parleur de graves de grand diamètre dit inévitablement enceinte de dimensions respectables si l'on veut une reproduction efficace des graves. Et la maîtresse de maison préfère ne pas retrouver un coffre de cette taille dans son salon... Avec le caisson de graves décrit ici nous avons essayé de réconcilier l'irréconciliable en combinant un certain nombre de choses. Bien que nous ayons opté pour un haut-parleur de bonne taille (30 cm) nous avons réussi à garder à l'enceinte des dimensions (relativement) modestes. Le volume net est de l'ordre de 65 l. Nous avons

Caractéristiques techniques :

Woofer :	*Monacor SPH-300TC*
Diamètre du haut-parleur de graves :	*30 cm*
Dimensions du coffret :	*66 x 40,6 x 42 cm (pieds compris)*
Contenu du coffret :	*65 l net environ*
Type d'enceinte :	*bass-reflex*
Impédance nominale :	*8 Ω par canal*
Rendement :	*88 dB (1 W/1 m)*
Plage de fréquences :	*45 à 105 Hz*
Capacité de charge :	*250 W par canal (donnée fabricant)*

donné au coffret l'aspect d'une petite table d'appoint où le haut-parleur se trouve sur le dessous entre les pieds de sorte qu'il est invisible. Il faut reconnaître que pour les sons situés dans l'extrême-grave le contenu du coffret est encore trop juste. Nous avons prévu, pour vous donner le choix, 2 approches distinctes. Dans le présent article nous allons décrire une version passive du caisson de graves qui se laisse connecter sans le moindre problème à une installation audio existante. La reproduction des graves va de quelque 40 Hz à 100 Hz environ, la fréquence de coupure supérieure et le rendement de cette enceinte en font un candidat solide pour accompagner des petites enceintes avant (systèmes à enceintes-satellite). Le mois prochain nous vous proposerons une addition à ce caisson de graves sous la forme d'un réseau de correction actif et d'un amplificateur dessiné à son intention de sorte que le point -3 dB inférieur se situe à 20 Hz ! Ces caractéristiques constituent un fondement impressionnant pour les films accompagnés d'un son Surround-Sound ! Nous avons, pour éviter les dépenses somptuaires, opté pour le haut-parleur de graves, pour un exemplaire de 30 cm de chez Monacor, le SPH-300TC pour ne pas le nommer, woofer qui, une fois les quelques modifications nécessaires effectuées, convient à merveille à la configuration en question. Nous y reviendrons. Nous n'avons, jusqu'à présent, parlé que d'une installation Surround-Sound. Un caisson de graves peut également rendre d'éminents services avec une installation stéréophonique « ordinaire ».

La version passive

Si l'on veut pouvoir connecter un caisson de graves à une installation stéréo existante il faut que cette dernière dispose de 2 sorties distinctes (pour les canaux gauche et droit). Ceci implique l'utilisation soit de 2 haut-parleurs de graves distincts soit d'un haut-parleur de graves doté de 2 bobines. Chacune de ces bobines est alors, par le biais d'un filtre, reliée à l'un des canaux. C'est cette dernière solution que nous avons adoptée, sachant que l'approche à 2 haut-parleurs de graves prendrait bien trop de place. Le woofer de Monacor utilisé, le SPH-300TC, possède, en dépit de son prix relativement modeste, un aimant de bonne taille. Ce haut-parleur de 30 cm introduit un déplacement d'air respectable de 200 cm3, caractéristique extrêmement importante pour notre application. De par ses paramètres, le SPH-300TC convient parfaitement pour une implantation dans un coffret bass-reflex. Nous avons calculé, à l'aide du programme Boxcalc, un réglage à l'aide duquel nous avons essayé de concrétiser le meilleur compromis possible entre un volume que l'on peut, dans le cadre d'un caisson de graves, qualifier de petit et un point -3 dB aussi bas que possible. Cela nous donne un coffret d'un volume approximatif de 65 l doté d'un évent accordé à quelque 23 Hz.

La **figure 1** donne la courbe de réponse en fréquence de notre caisson de graves. Le point -3 dB de la combinaison se situe à quelque 40 Hz, valeur très honorable (en termes Hi-Fi) pour un haut-parleur de cette taille enfermé dans un coffret d'aussi petite taille. Ces 40 Hz sont suffisamment graves pour permettre l'utilisation du caisson de graves dans sa forme actuelle avec succès avec une installation existante tout en offrant, par la mise en oeuvre d'une correction électronique, une possibilité d'amélioration très notable, comme nous le verrons le mois prochain dans le premier article consacré au caisson de graves actif.

1

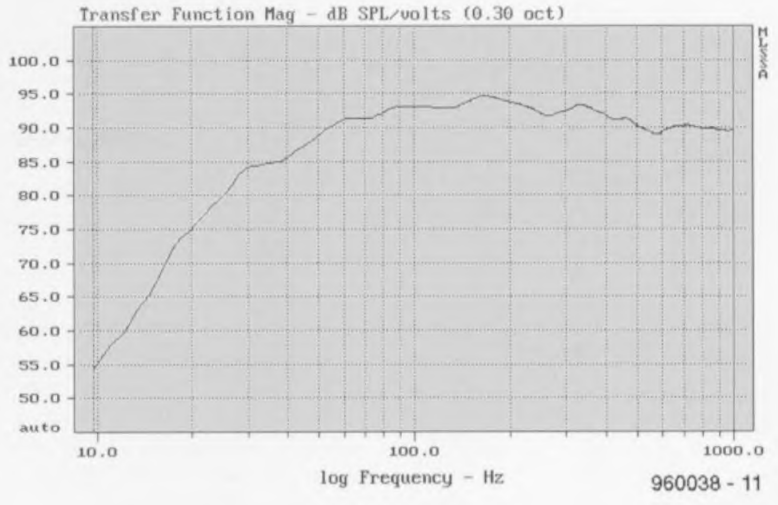


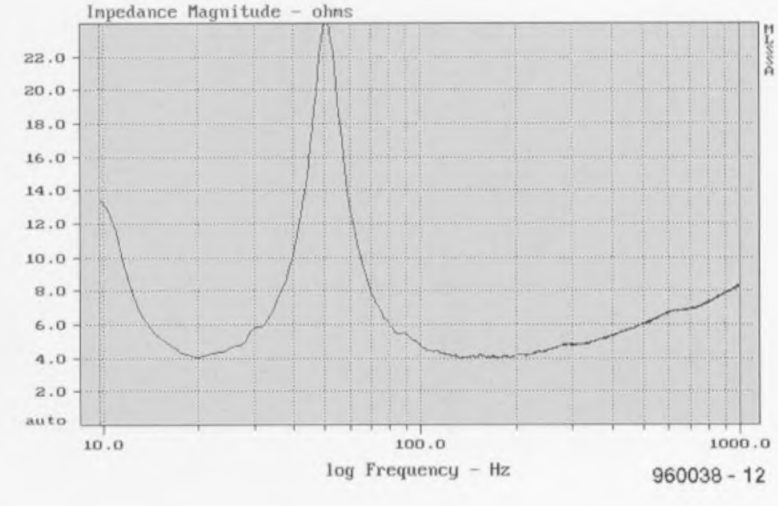
Figure 1. La courbe de réponse en fréquence du SPH-300TC de Monacor implanté dans un coffret bass-reflex de 65 l accordé à 23 Hz.

Le filtrage

Il nous a ensuite fallu développer un filtre passif. Ayant comme objectif de faible coût fixé pour la réalisation de notre caisson de graves passif, nous avons essayé de faire un filtre utilisant le minimum de composants possible. Et, dans le cas d'un caisson de graves, cette approche ne manque pas d'être source de problèmes ! Nous vous proposons en **figure 2** la courbe d'impédance du haut-parleur de graves. Les 2 bobines d'excitation sont connectées en parallèle, ceci de façon à obtenir un résultat fiable (il faudra donc prendre le double de la valeur de la résistance pour chaque bobine d'excitation). Cette courbe présente 2 pics. La crête infé-

Figure 2. On voit ici l'aspect de la courbe d'impédance lorsque les 2 bobines d'excitation sont connectées en parallèle. La crête importante constitue un facteur

2



3

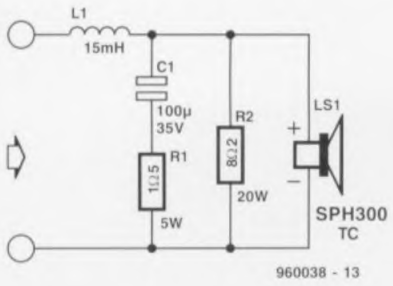


Figure 3. Le filtre le plus simple possible ! R2 compense l'évolution de l'impédance, L1 et C1 définissent une pente de filtre de 12 dB/octave et un point de coupure de l'ordre de 100 Hz.

rieure qui se trouve à 10 Hz est due au réglage bass-reflex (qui se trouve au demeurant très précisément à 23 Hz dans le creux). La fréquence de résonance du woofer dans l'enceinte est la raison du second pic, tout juste au-delà de 50 Hz. Normalement, on procède, dans le cas d'un haut-parleur de graves, à un filtrage à 100 Hz voire moins encore de manière à assurer une connexion correcte avec des enceintes stéréo ordinaires. Un filtre passif présente l'inconvénient de ne fonctionner correctement qu'à condition d'être terminé ohmiquement (comme une résistance). Si nous optons pour un point de coupure à 100 Hz ce pic de résonance à 52 Hz nous cause bien des soucis : la courbe d'ensemble résultante devient, avec un filtre obtenu par calcul, inutilisable. Pour porter remède à cette situation, il nous faut corriger l'évolution de la courbe d'impédance du woofer. L'une des solutions les plus utilisées pour éliminer le pic de résonance consiste à prendre, en parallèle sur les points de connexion, un réseau RLC-série ayant la même fréquence de résonance, et ce pour chaque canal. Les valeurs des composants sont, à des fréquences aussi graves, telles qu'il faut utiliser des selfs et des condensateurs de forte valeur, ce qui se traduit par un coût élevé. Ceci explique que nous ayons opté pour une solution différente consistant à prendre une résistance en parallèle sur le haut-parleur de graves. Ceci n'élimine pas les pics de résonance mais leur donne une forme de ballon (d'Alsace) dont l'influence est sensiblement amoindrie. On peut à partir de là utiliser un logiciel de simulation (Calsod dans le cas présent) pour modifier le filtre de façon à suivre du mieux possible la courbe de réponse souhaitée. Nous avons ici, de façon à limiter le nombre de composants au strict nécessaire, opté pour un filtre du second ordre constitué de L1 et C1 (cf. schéma de la figure 3). La résistance prise en série avec le condensateur électrochimique bipolaire amortit quelque peu le réseau LC. La courbe de la **figure 4** montre l'effet de ce filtre ô combien simple. Le point de coupure haut se situe juste au-delà de 100 Hz; cependant cette courbe conviendra à la majorité des petites enceintes.

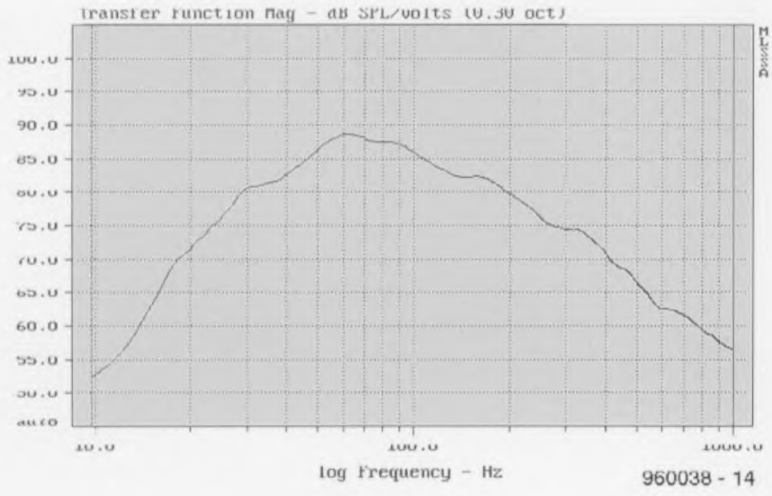
Figure 4. Courbe de réponse en fréquence de la combinaison haut-parleur + filtre. Elle peut être associée à la plupart des enceintes stéréo de petite taille.

DU BOIS ET DE LA COLLE

Il est temps maintenant de se mettre à l'ouvrage. Nous recommandons l'utilisation, pour le coffret, de panneau d'aggloméré (mieux encore de fibre de bois MDF) d'une épaisseur minimale de 22 mm. Nous avons quant à nous utilisé et sur nos gabarits et sur nos prototypes, du matériau MDF de 28 mm d'épaisseur. On commencera par voir ce qu'il est possible de trouver sur le « marché local » et en fonction du résultat de cette quête on adaptera ou non le plan de réalisation donné en **figure 5**. Le coffret se compose de 6 panneaux rectangulaires et d'un tasseau de rigidification croisé qui seront fixés l'un à l'autre selon la méthode traditionnelle (colle + serre-joints). Rien de bien difficile, le coffret n'ayant pas de formes bizarroïdes. L'un des panneaux sera doté des orifices destinés au haut-parleur et à l'évent bass-reflex; pour ce dernier nous avons utilisé un morceau de tube PVC de 8 cm de diamètre d'une longueur de 36,5 cm. Dans le bas d'un panneau latéral on dispose les 4 embases RCA châssis où viendront se connecter les câbles en provenance de l'amplificateur. Il faudra alors tenir compte de la disposition que l'on envisage de donner à l'enceinte terminée. Nous l'avons conçue de façon à la doter de pieds de 5 cm de sorte que le haut-parleur se trouve sur le dessous.

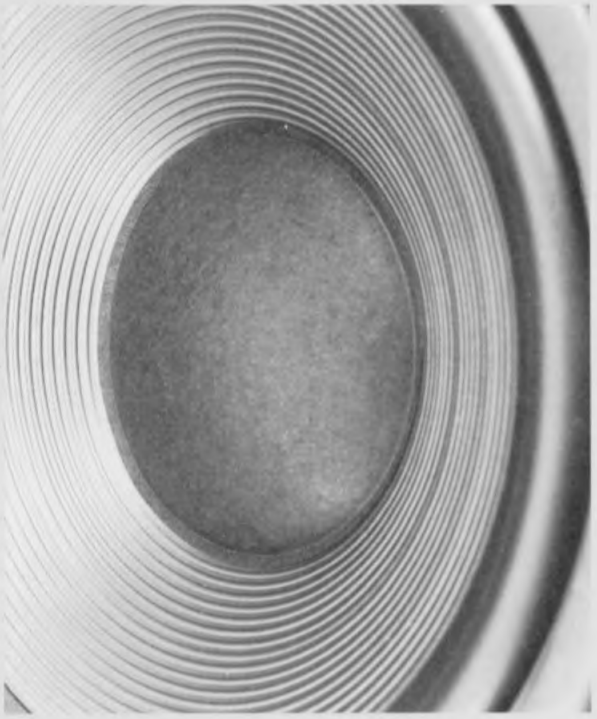
La meilleure solution consiste à camoufler quelque peu les embases sur le dessous de cette « table d'appoint ». Une fois que la colle est bien sèche on pourra, après un ponçage soigné, doter le coffret d'une couche (ou plusieurs) de laque, de peinture ou de tout autre revêtement à votre choix. On remplira le coffret à moitié avec une certaine quantité de matériau d'amortissement (BAF) (0,5 m^2 environ, positionné derrière le tasseau croisé). On veillera à laisser un peu d'espace autour de l'ouverture arrière du tube de l'évent de bass-reflex. Les composants du filtre sont à trouver chez n'importe quel revendeur de kits d'enceintes ou de composants bien achalandé. L1 est une self à noyau de ferrite de 56 mm environ (à la distorsion la plus faible possible, un IT HQ56/15 mH par exemple). C1 est, répétons-le à l'intention de ceux d'entre nos lecteurs n'ayant qu'une expérience limitée de la réalisation d'enceintes personnelles, un condensateur bipolaire à électrodes lisses. On pourra le cas échéant utiliser un condensateur à électrodes rugueuses. Les résistances n'appellent pas de remarque particulière. Les composants du filtre pourront être positionnés sur un support en bois et collés avant d'être câblés en l'air; rien n'interdit non plus de dessiné un petit circuit imprimé à son intention (notons qu'il existe ce genre de platine de filtre universelle dans les magasins spécialisés en audio de réalisation personnelle). Les filtres sont ensuite vissés dans le coffret et câblés. Attention à ne pas intervertir les connexions plus et moins entre les canaux gauche et droit. Les câbles allant vers le haut-parleur sont dotés de cosses auto de manière à éviter d'avoir

4



Problèmes de bruits parasites ?

Lors du choix du haut-parleur de graves à utiliser pour cette réalisation nous avons opté pour un woofer de 30 cm au prix réaliste, de sorte que le coût de l'ensemble de l'enceinte ne devrait pas dépasser 800 à 900 FF. On ne peut bien évidemment pas demander à un haut-parleur pour « budget limité » si vous nous permettez cette expression, d'être parfait sous toutes les coutures. Lors de nos essais du SPH-300TC il apparut tout d'abord que les caractéristiques techniques données par le fabricant ne collaient pas tout à fait. Nous propres mesures se soldaient par d'autres valeurs qui n'étaient en fait que plus favorables à la réalisation d'un coffret de dimensions réduites. Nous avions de la chance. Lors de nos tests d'écoute les qualités de ce haut-parleur nous impressionnèrent favorablement. Seule constatation ambiguë, la présence d'un son parasite sifflant lors de débattements importants du cône. Nous avons tout d'abord pensé à un problème de suspension du cône (à la suite d'une fuite d'air par exemple) mais un second exemplaire commandé en désespoir de cause présentait le même phénomène. Après examen il apparut que le responsable de ce bruit était le capuchon en étoffe dans le cône, le capuchon rond qui domine et termine le haut de la bobine d'excitation. Le matériau qui le constitue est relativement souple de sorte qu'aux débattements importants il se met à vibrer à une fréquence qui lui est propre produisant ainsi le bruit parasite. Ce problème est relativement facile à éliminer à l'aide d'une bombe de plastic-spray (nombreux sont les électroniciens à en disposer) ou de liquide d'imprégnation pour cônes de haut-parleur (disponible entre autres chez Visaton). On enduit le capuchon d'étoffe à plusieurs reprises à l'aide de l'un de ces produits soit en nuage soit en liquide. Le capuchon d'étoffe s'est quelque peu rigidifié ne produisant plus ainsi de bruit parasite. On dispose alors, pour un prix très abordable, d'un excellent woofer !



à appliquer de la soudure sur les bornes du haut-parleur. On dispose ensuite le tube PVC de l'évent et on connecte le haut-parleur (attention au respect de la polarité des 2 extrémités, une erreur à ce niveau se traduit par le silence du haut-parleur !) et on fixe le haut-parleur. N'oubliez pas de disposer du ruban d'étanchéité sous le rebord du haut-parleur. L'idée de transformer le caisson de graves en petite table de salon en le dotant d'un panneau de verre, de marbre ou de granit est excellente.

Le caisson de graves est prêt. Vous pouvez placer le « meuble » dans votre salon et le connecter purement et simplement en parallèle sur les enceintes stéréo existantes. Le caisson de graves est au meilleur de sa condition lorsque son rendement (quelque 88 dB/W/m) correspond plus ou moins à celui des enceintes d'origine et qu'il est disposé à proximité de celles-ci. Au travail... Si maintenant vous préférez réaliser la version active du caisson de graves dont nous commencerons la description le mois prochain, rien ne vous interdit de vous lancer dans la réalisation du coffret du caisson de graves. La seule chose dont vous n'aurez pas besoin sont les filtres passifs. Tout le reste est identique.

(960038)

5

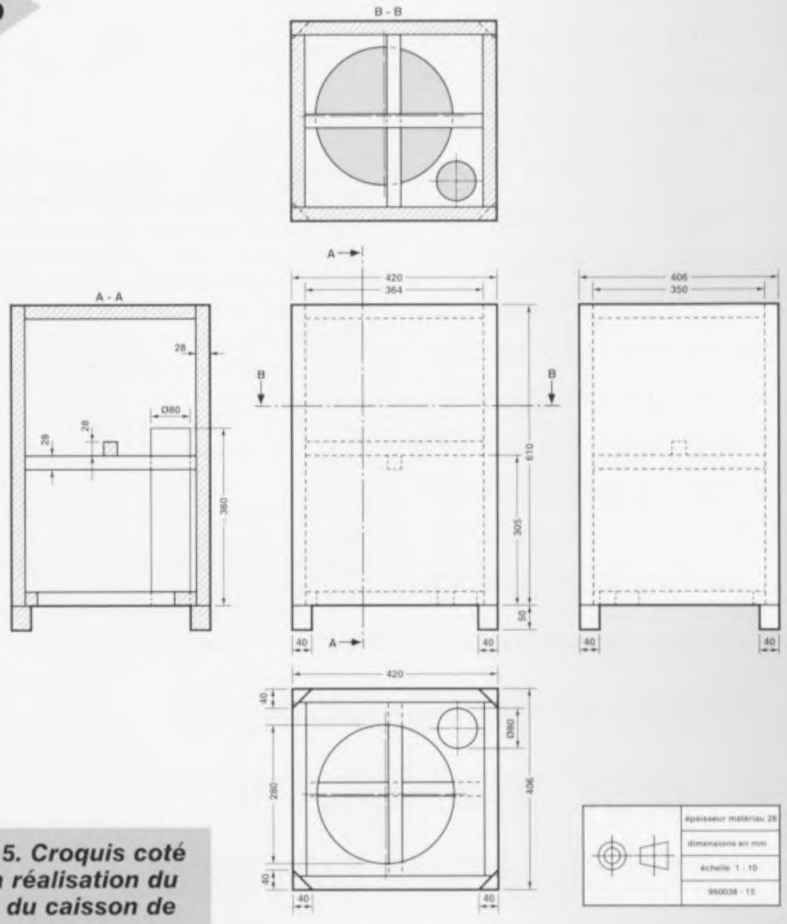


Figure 5. Croquis coté pour la réalisation du coffret du caisson de graves.