



www.franzzy78.com

ASSOCIATION DE HAUT PARLEURS

Date mise à jour : 25/11/2009

Présentation

Vous avez envie de câbler plusieurs haut-parleurs ensemble, afin de les relier sur une même sortie d'ampli ? Ou d'ajouter des haut-parleurs Arrière dans une voiture, alors que votre autoradio ne possède que deux sorties HP ? Comment et sous quelles conditions peut-on le faire ? Voici quelques informations qui vous aideront peut-être à comprendre le principe de base...

Avertissement

Avant de commencer, il vous faut avoir à l'esprit que câbler plusieurs haut-parleurs peut modifier profondément les caractéristiques électriques qui seront vues de l'ampli auquel vous raccorderez cet ensemble. Si dans la majorité des cas, l'amplificateur ne bronchera pas, il n'en sera pas forcément de même pour certains autres.

Impédance

Un amplificateur BF est étudié pour qu'on lui branche des haut-parleurs possédant des caractéristiques précises, notamment d'un point de vue impédance de charge (indiquée en ohms). Le fait de câbler des haut-parleurs peut résulter en l'équivalent d'un haut-parleur dont l'impédance est inférieure à celles des haut-parleurs en question, aussi vous devrez vous assurer que l'impédance équivalente soit supporté par votre amplificateur. Par exemple, comme vous allez le découvrir par la suite, deux HP de 8 ohms câblés en parallèle sont équivalents à un seul HP de 4 ohms. Câbler ces deux HP de la sorte sur un ampli dont l'impédance de charge minimale est de 8 ohms le surchargera et pourra provoquer sa destruction. Respectez donc toujours les indications données par les fabricants (ce qui est vrai aussi même avec des HP simples) ! Dans l'autre sens : pas de risque de brancher des HP 8 ohms sur une sortie d'ampli prévue pour 4 ohms; le courant débité par l'ampli sera moindre, il y aura une perte de

puissance, mais pas de risque de destruction. D'une manière générale, l'ampli ne doit pas chauffer exagérément avec une charge en adéquation avec ses caractéristiques. Si vous constatez qu'un ampli chauffe énormément avec des HP 8 ohms alors qu'il est censé pouvoir travailler avec des HP d'impédance comprise entre 4 et 16 ohms, évitez de le faire travailler sous 4 ohms à un régime soutenu.

Puissance admissible et répartition des puissances

La puissance admissible des haut-parleurs utilisés devra être choisie en fonction de la puissance maximum que peut délivrer votre amplificateur. Lors de telles associations, il y a de fortes chances qu'un HP "se prenne" plus de puissance que l'autre (ou les autres s'il y en a plus que deux), surtout si les impédances sont différentes. Ne pensez donc pas systématiquement qu'un HP 2 ohms / 50 W associé à un HP 8 ohms / 50W pourront former un couple idéal pour un ampli 100W ! Notez que je ne fais pas ici allusion au rendement de chaque HP, mais bien de la puissance que chacun d'entre eux sera en mesure de tolérer.

Impédance = Résistance ?

Bonne question, non ? Tout ceux qui parlent d'associations de haut-parleurs semblent parler des HP comme s'il ne s'agissait que de résistances pures, sans composante capacitive ou selfique. Peut-on se permettre de raisonner ainsi, ou cela est-il une grosse erreur ? Vous avez raison, vous qui connaissez si bien les haut-parleurs. Un HP est complexe (dans tous les sens du terme), et son impédance varie avec la fréquence. C'est d'ailleurs pourquoi on parle d'impédance et non de résistance, n'est-ce pas. La résistance ohmique d'un haut-parleur, mesurée avec un ohmmètre et donc en courant continu, est assez faible, en général inférieure à la valeur d'impédance donnée par le fabricant (par exemple résistance comprise entre 5 et 6 ohms pour une impédance dite de 8 ohms) car la résistance ohmique mesurée ainsi à lieu avec un courant continu et non avec un signal alternatif. L'impédance peut parfois varier dans de grandes proportions sur l'ensemble de la bande passante du haut-parleur, par exemple de 7 ohms à 80 ohms pour un HP donné pour 8 ohms. Pour vous en convaincre, il suffit de regarder les courbes d'impédance (valeur résistive en fonction de la fréquence) parfois fournies par les constructeurs. A cela on peut encore ajouter que l'impédance vue par la source BF (sortie ampli) peut aussi varier en fonction de la charge du haut-parleur (volume et caractéristiques de son enceinte). On considère, un peu par "convention" et pour simplifier les choses, que l'on parle de résistances simples, ce qui convient assez bien quand les haut-parleurs associés sont de même type (même modèle et même impédance). Mais bien entendu, une connaissance plus approfondie que celle qui consiste à savoir additionner deux nombres, est nécessaire si l'on veut monter soi-même une

enceinte incorporant deux HP en parallèle. Impédance minimale résultante, charge, volumes, problèmes de phases, et autres diableries ne peuvent être ignorées pour un système sérieux. Ceci dit, nous considérerons dans les lignes qui suivent, que les HP sont des résistances; on élude les parties complexes et ça simplifie grandement les calculs. Mais rappelez vous tout de même que deux HP de 8 ohms branchés en parallèle peuvent présenter sous certaines conditions, une impédance résultante de valeur comprise entre 1 et 3,2 ohms. Citons pour seul exemple deux HP identiques donnés pour 8 ohms, dont l'impédance est de 5 ohms à une fréquence donnée : leur mise en parallèle conduit à une impédance de 2,5 ohms et non de 4 ohms comme on pourrait le penser. On peut parfois tolérer ce "détail" en se disant que cette baisse d'impédance à lieu à une fréquence particulière et que la source sonore jouée ne produira pas cette fréquence de manière continue, mais pensez-y tout de même.

Aspect normatif

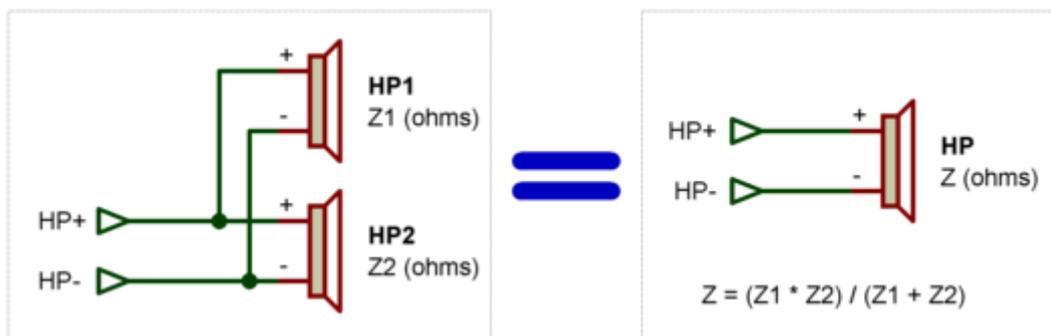
Quand une enceinte est dite avoir une impédance de X ohms, cela signifie que cette impédance ne descend pas en dessous de la valeur [X moins 20% de X] sur l'ensemble de sa bande passante. Par exemple, une enceinte de 8 ohms est censée ne pas présenter d'impédance inférieure à 6,4 ohms, sur la largeur de sa bande passante.

Conventions utilisées pour cet article

Dans les schémas qui suivent, les haut-parleurs que l'on associe entre eux sont dénommés HP1, HP2, etc., avec des impédances respectives dénommées Z1, Z2, etc. (Z1 pour HP1, Z2 pour HP2, etc.). Le haut-parleur équivalent quant à lui est appelé HP, et son impédance équivalente est dénommée Z.

Montage de Haut Parleurs en parallèle

Le câblage à réaliser est représenté à gauche, le schéma équivalent est représenté à droite. La formule qui permet de connaître l'impédance équivalente est indiquée dans le schéma de droite. Cette formule n'est pas très compliquée, et il n'est même pas nécessaire de la retenir quand on met deux HP d'impédance identique en parallèle, car le résultat est toujours la moitié de la valeur de chacun d'eux (si les deux HP mis en parallèle font chacun 16 ohms, l'impédance équivalente Z est de 8 ohms). Les bornes appelées HP+ et HP- (situées sur la partie gauche de chaque schéma) correspondent aux deux points de câblage à effectuer sur la sortie d'un amplificateur de puissance, en respectant les polarités.



Exemples

HP1 = 16 ohms, HP2 = 16 ohms ---> HP = 8 ohms

HP1 = 8 ohms, HP2 = 8 ohms ---> HP = 4 ohms

HP1 = 4 ohms, HP2 = 4 ohms ---> HP = 2 ohms

HP1 = 8 ohms, HP2 = 4 ohms ---> HP = 2,66 ohms

Rappel : dans le cas où les deux haut-parleurs ont la même impédance, l'impédance équivalente équivaut à la moitié de l'un des deux.

Montage de Haut Parleurs en série

Le câblage à réaliser est représenté à gauche, le schéma équivalent est représenté à droite. La formule qui permet de connaître l'impédance équivalente est indiquée dans le schéma de droite. Cette formule est encore moins compliquée que la précédente, dans le sens où il s'agit ici d'additionner simplement la valeur des impédances des HP mis en série. Les quelques exemples ci-dessous suffiront à comprendre définitivement...



Exemples

HP1 = 8 ohms, HP2 = 8 ohms ----> HP = 16 ohms

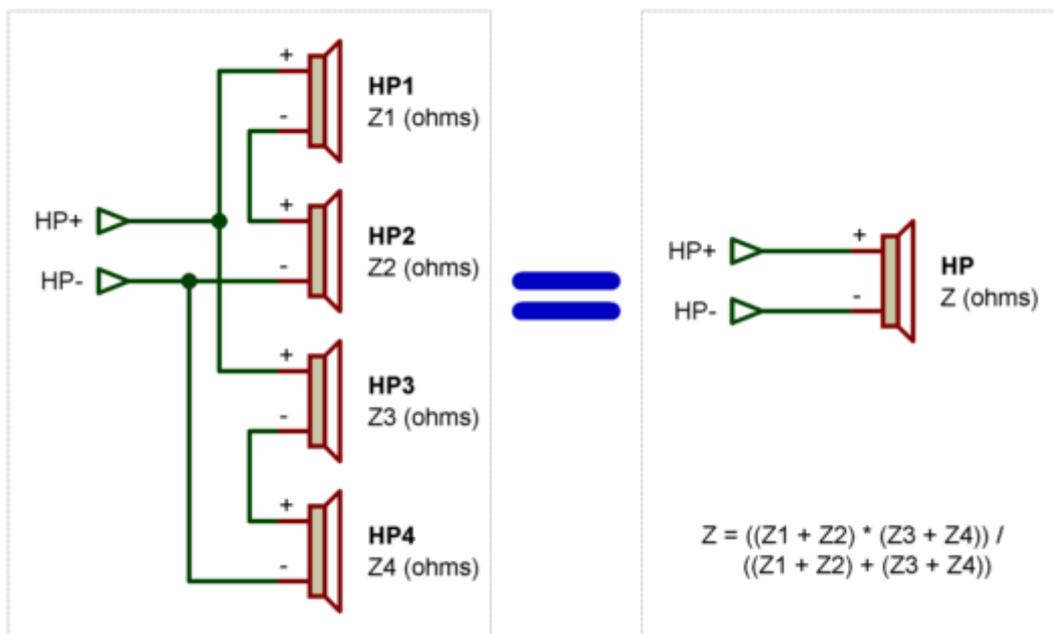
HP1 = 4 ohms, HP2 = 4 ohms ----> HP = 8 ohms

HP1 = 8 ohms, HP2 = 4 ohms ----> HP = 12 ohms

Rappel : L'impédance équivalente de deux haut-parleurs mis en série s'ajoute toujours.

Montage de Haut Parleurs en série et en parallèle - Exemple 1

Le câblage à réaliser est représenté à gauche, le schéma équivalent est représenté à droite. La formule qui permet de connaître l'impédance équivalente est indiquée dans le schéma de droite. S'il vous semble que cette formule est un peu plus compliquée que les deux précédentes, ce n'est qu'apparence. En y regardant de plus près, vous constaterez qu'il ne s'agit ni plus ni moins que d'une combinaison des deux précédentes formules. Pour vous en convaincre, considérez les deux haut-parleurs HP1 et HP2 en série, puis les deux haut-parleurs HP3 et HP4 en série, puis associez ces deux couples en parallèle. Simple finalement, non ?



Exemples

HP1 = 8 ohms, HP2 = 8 ohms, HP3 = 8 ohms, HP4 = 8 ohms ---> HP = 8 ohms

HP1 = 4 ohms, HP2 = 4 ohms, HP3 = 4 ohms, HP4 = 4 ohms ---> HP = 4 ohms

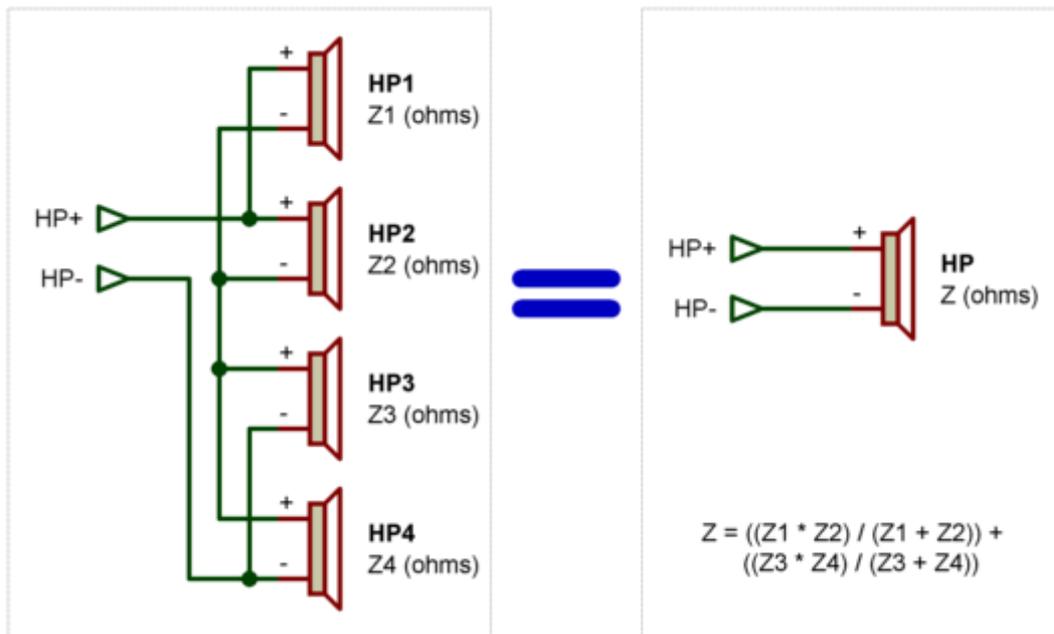
HP1 = 8 ohms, HP2 = 8 ohms, HP3 = 4 ohms, HP4 = 4 ohms ---> HP = 5,33 ohms

HP1 = 8 ohms, HP2 = 4 ohms, HP3 = 8 ohms, HP4 = 4 ohms ---> HP = 6 ohms

HP1 = 4 ohms, HP2 = 2 ohms, HP3 = 4 ohms, HP4 = 2 ohms ---> HP = 3 ohms

Montage de Haut Parleurs en série et en parallèle - Exemple 2

Le câblage à réaliser est représenté à gauche, le schéma équivalent est représenté à droite. La formule qui permet de connaître l'impédance équivalente est indiquée dans le schéma de droite. Même chose qu'avant, sauf que là on peut considérer la mise en série de deux couples de HP en parallèle.



Exemples

HP1 = 8 ohms, HP2 = 8 ohms, HP3 = 8 ohms, HP4 = 8 ohms ----> HP = 8 ohms

HP1 = 4 ohms, HP2 = 4 ohms, HP3 = 4 ohms, HP4 = 4 ohms ----> HP = 4 ohms

HP1 = 8 ohms, HP2 = 8 ohms, HP3 = 4 ohms, HP4 = 4 ohms ----> HP = 6 ohms

HP1 = 8 ohms, HP2 = 4 ohms, HP3 = 8 ohms, HP4 = 4 ohms ----> HP = 5,33 ohms

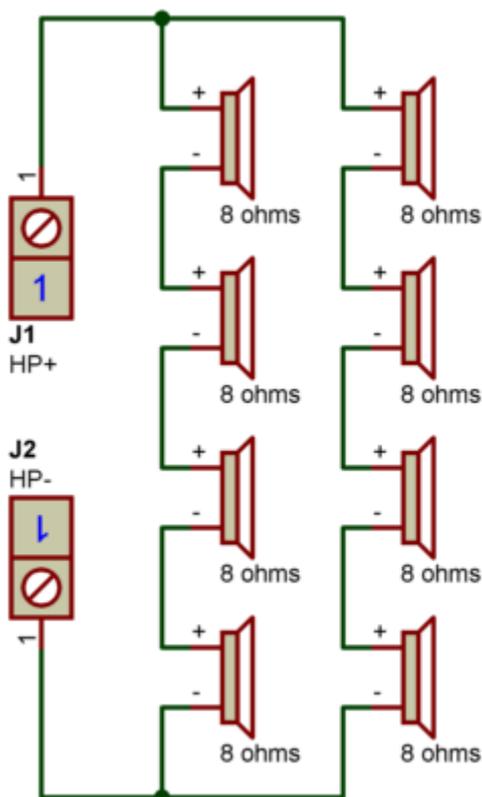
HP1 = 4 ohms, HP2 = 2 ohms, HP3 = 4 ohms, HP4 = 2 ohms ----> HP = 2,66 ohms

Montage de Haut Parleurs en série et en parallèle - Exemple 3

Vous disposez de huit haut-parleurs identiques, dont l'impédance est de 8 ohms. Vous souhaitez les raccorder ensemble pour obtenir une impédance équivalente de 8 ohms, afin de raccorder l'ensemble sur la sortie d'un amplificateur BF de puissance de 450 W demandant à être impérativement chargé sur 8 ohms (charge 4 ohms non acceptée). On peut tourner les branchements possibles dans tous les sens, on ne peut pas obtenir une impédance équivalente de 8 ohms avec ces 8 HP de 8 ohms. La solution consiste donc à trouver un compromis entre "risque pour l'ampli" et "puissance perdue".

La sécurité

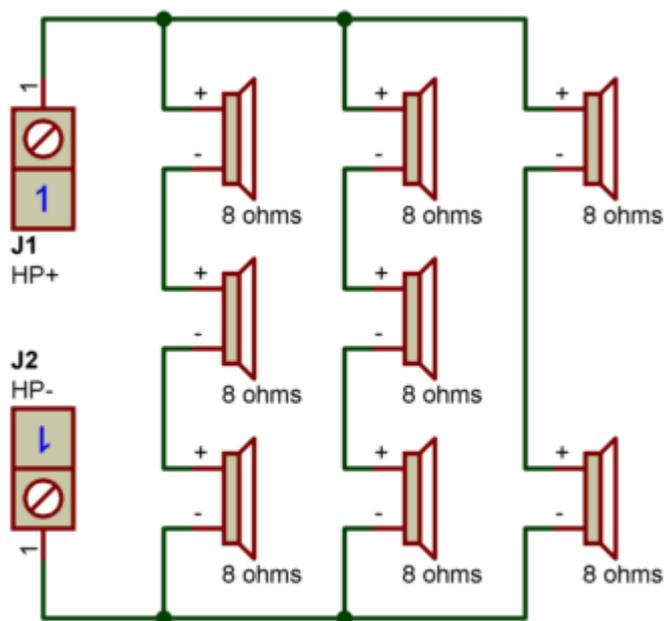
En adoptant un montage série parallèle de 2 x 4 comme le montre le schéma suivant, on obtient une impédance équivalente de 16 ohms (deux rangées de 32 ohms en parallèle).



Avec ce schéma de câblage, l'amplificateur ne risque normalement rien mais la pleine puissance ne peut pas être développée par l'amplificateur (puissance qui sera globalement divisée par deux).

On prend un petit risque...

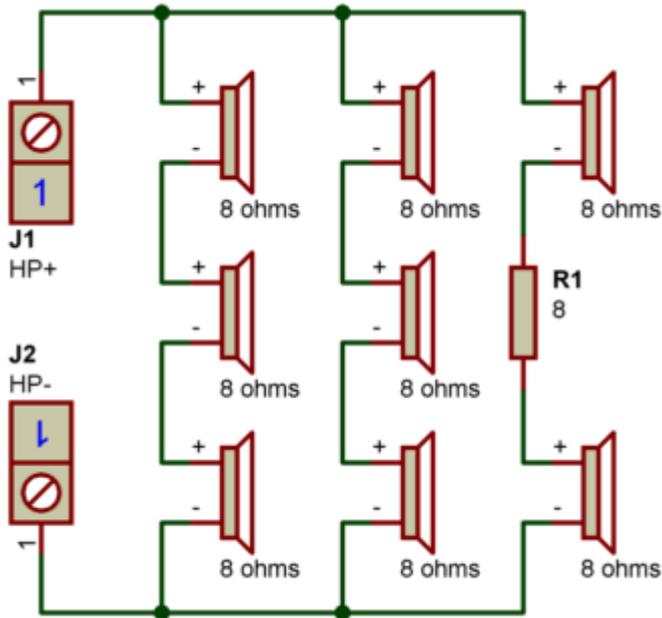
Dans le schéma suivant, qui conduit à une impédance équivalente de l'ordre de 6,8 ohms, on prend un petit risque pour l'amplificateur, surtout s'il tourne à pleine puissance.



On se retrouve en effet avec deux branches de 24 ohms placées en parallèle avec une troisième de 16 ohms, ce qui donne une impédance résultante de 6,8 ohms, inférieure à 8 ohms et pouvant donc conduire à une surcharge (surintensité) de l'amplificateur de puissance. Si l'amplificateur est de type sono (pour cette puissance de 450 W, je l'espère), une protection efficace devrait être en mesure de s'affranchir de toute détérioration physique de l'étage de sortie, mais le risque de coupures sonores est toujours à craindre. De plus, la troisième branche délivre une puissance supérieure aux deux autres, puisque la tension électrique appliquée aux trois branches est identique et que l'impédance de la troisième branche est plus faible ($P = U \cdot U / R$).

La sécurité (bis), solution toujours pas parfaite

Dans le troisième schéma de câblage qui suit, on ajoute une résistance de puissance de 8 ohms (R1) sur la troisième branche.



Dans ce cas, on dispose d'une impédance "moyenne" de 8 ohms pour l'ensemble (3 branches de 24 ohms chacune), ce qui correspond au but recherché. Mais ce montage présente toutefois quelques inconvénients :

- la résistance R1 présente une résistivité ohmique plus grande et une composante selfique moindre que celles des HP. Sa valeur ohmique ne change pas autant en fonction de la fréquence des signaux BF provenant de l'amplificateur. L'équation "impédance globale = 8 ohms" n'est pas vraie à toutes les fréquences (même sans cette résistance elle ne le serait pas de toute façon). La composante résistive / selfique de la troisième branche est donc différente des deux autres branches, et cette branche va réagir différemment aux stimuli électrique qu'elle va recevoir de l'ampli.
- une partie de la puissance est dissipée sous forme de chaleur (pertes par effet Joule) dans cette résistance R1. Même "minime", elle s'ajoute aux pertes déjà existantes dans les HP eux-mêmes.

Cette troisième solution est donc mieux que la seconde en terme de sécurité (pour l'ampli), mais ce n'est pas une solution miracle, et les deux HP de la troisième branche n'auront pas un rendu sonore identique aux six autres HP.

Puissance de R1

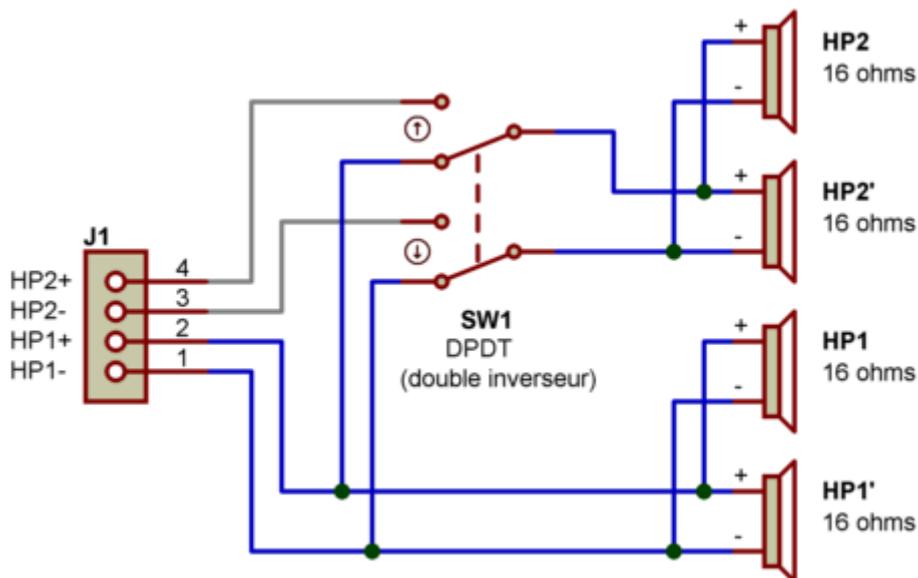
La puissance que doit pouvoir dissiper R1 est globalement équivalente à la puissance délivrée par l'ampli divisée par 9 ou 10. Si l'ampli est en mesure de fournir 450 W sous 8 ohms, R1 devra pouvoir encaisser 45 W. Ce n'est pas une petite résistance comme celle que l'on trouve dans son poste de radio !

Associations commutables

Moyennant l'utilisation d'interrupteurs (capables de supporter l'important courant qui peut circuler dans les HP), il est possible de procéder à des associations modifiables à tout moment, par exemple permettant de passer de 4 HP de 16 ohms en parallèle (équivalent 1 x 4 ohms), à deux groupes indépendants de 2 HP montés en parallèle (équivalent 2 x 8 ohms). C'est ce que montre l'exemple de câblage suivant, où il est fait usage d'un inverseur double pour passer d'un mode "Mono" 4 ohms à un mode "Stéréo" 2 x 8 ohms.

Utilisation en mode "Mono"

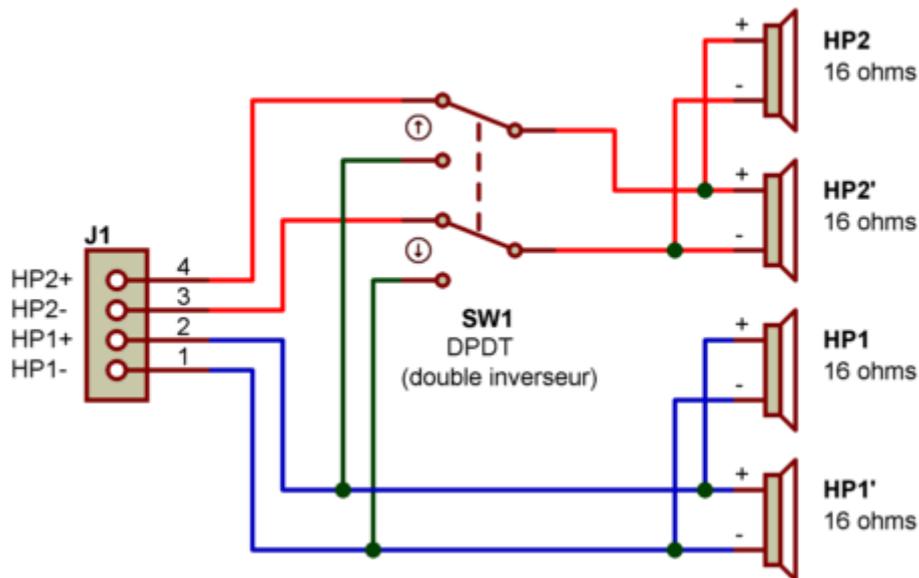
Dans ce mode, l'inverseur double (SW1) est en position "basse", en référence au schéma suivant.



Les points d'entrées HP1+ et HP1- du connecteur J1 sont raccordés sur une sortie unique d'un amplificateur mono (ampli guitare ou ampli sono par exemple), et les points d'entrées HP2+ et HP2- du connecteur J1 ne sont pas utilisés. Les quatre haut-parleurs de 16 ohms se trouvent branchés en parallèle, ce qui correspond à un haut-parleur unique équivalent d'impédance 4 ohms.

Utilisation en mode "Stéréo"

Dans ce mode, l'inverseur double (SW1) est en position "haute", en référence au schéma suivant.



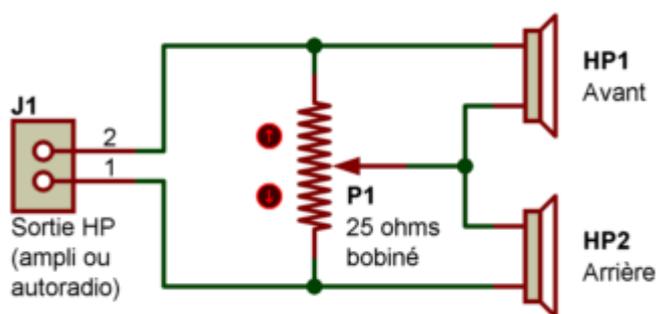
Les points d'entrées HP1+ et HP1- du connecteur J1 sont raccordés sur la sortie gauche d'un amplificateur stéréo (ampli hifi ou ampli sono par exemple), et les points d'entrées HP2+ et HP2- du connecteur J1 sont raccordés sur la sortie droite de l'amplificateur. Les deux paires de haut-parleurs de 16 ohms sont donc utilisés de façon indépendante, ce qui correspond à deux haut-parleurs équivalents d'impédance 8 ohms.

Remarques

- L'inverseur SW1 ne doit surtout pas être manœuvré en charge, c'est à dire quand les HP sont raccordés à l'ampli alors que ce dernier est allumé.
- Il est fait ici usage de deux HP de 16 ohms branchés en parallèle pour chacune des deux parties [HP1 + HP1'] et [HP2 + HP2'], mais il va de soi qu'il est possible de n'utiliser qu'un seul HP1 de 8 ohms et un seul HP2 de 8 ohms. Ou même d'impédances différentes !
- Il est possible de "simplifier" le schéma en utilisant deux interrupteurs simples à la place d'un inverseur double, mais avec le risque de provoquer des dégâts en cas de mauvais branchements. Mieux vaut donc prendre un minimum de précautions, les erreurs de manipulation arrivant toujours plus vite qu'on ne le pense...

Balance entre hauts parleurs

S'il est simple d'ajouter une balance à un système stéréo ou d'ajouter un panoramique à un système mono ([exemples](#)), il en va un peu différemment en ce qui concerne la "spatialisation" du son avec branchement direct sur les HP. On ne peut en effet pas se contenter d'ajouter un bête potentiomètre de 10 Kohms pour assurer cette tâche. Pourquoi ? Parce que les impédances et les puissances mises en jeu diffèrent énormément. Contrairement à un câblage sur une liaison de type "ligne" dont l'impédance se chiffre en milliers ou dizaines de milliers d'ohms, les impédances rencontrées sur une sortie amplifiée avec des HP se chiffre en dixièmes ou en dizaines d'ohms. En réalité, on peut bien utiliser un potentiomètre, mais dont la nature (résistance ohmique et puissance dissipable) doit être compatible avec la liaison dans laquelle on l'insère. Le schéma suivant montre comment réaliser une balance entre un HP avant et un HP arrière, que ces HP soient installés dans une voiture ou dans les toilettes n'y change pas grand chose.



Le potentiomètre bobiné de 25 (ou 22) ohms est un potentiomètre de puissance de type linéaire (pas logarithmique), capable d'absorber une partie de la puissance transmise par l'amplificateur audio sur sa sortie HP. Notez que le simple fait de parler d'absorption de puissance par le potentiomètre doit vous faire prendre conscience que le système apporte une inévitable perte de rendement. Mais bien sûr, cette perte est considérée comme négligeable devant le petit plus que le système apporte. Pour une installation stéréo, il convient de réaliser ce montage en deux exemplaires, de préférence avec un potentiomètre bobiné double plutôt qu'avec deux potentiomètres simples, pour un emploi plus facile et surtout pour le gain de place.

Une autre solution consiste à ajouter un réglage indépendant de volume sur le HP Arrière, alors que le HP Avant reçoit une énergie électrique qui ne change pas. Le schéma suivant montre une façon de procéder, où il est fait usage d'un potentiomètre double [P1 + P1'], câblé de telle sorte que l'impédance de charge - vue de l'amplificateur - ne varie pas, quelque soit la position de l'axe du potentiomètre.

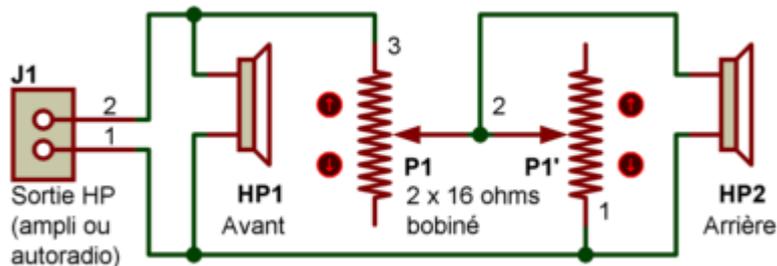
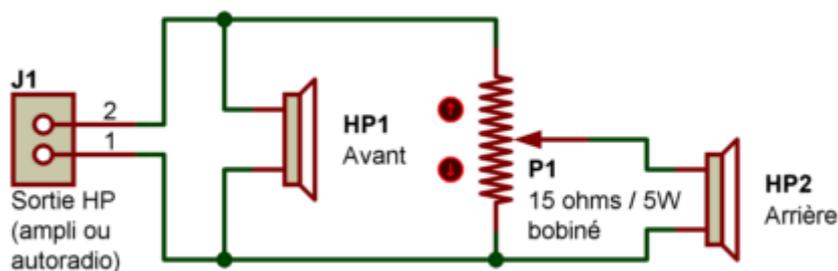
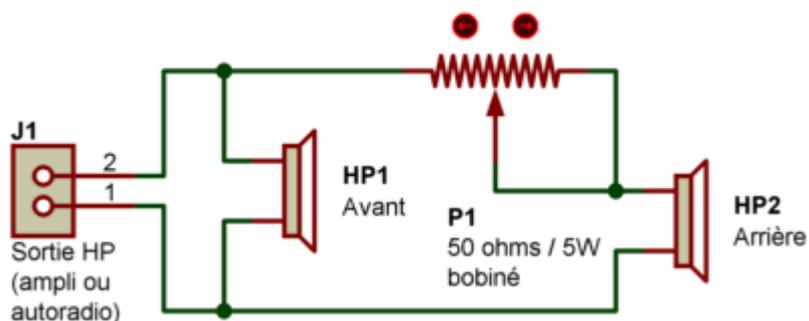


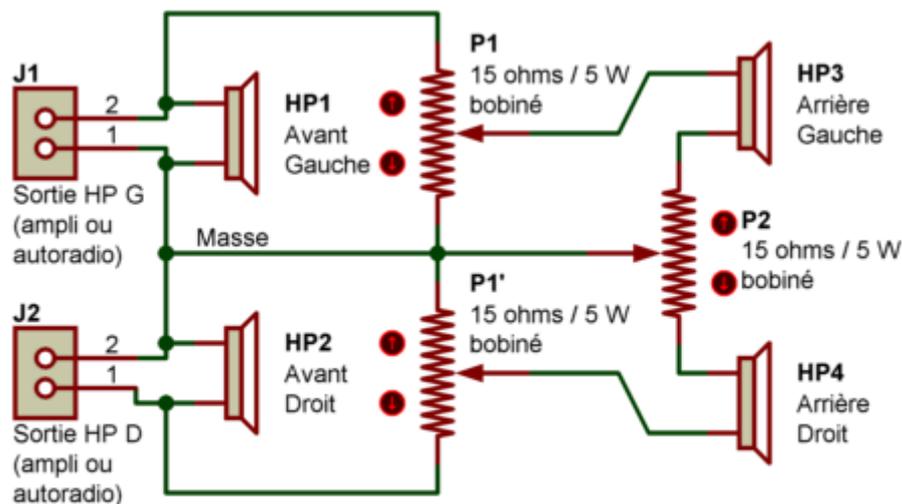
Schéma que j'aime un peu moins car il impose souvent l'emploi d'un HP Arrière dont le rendement est meilleur que celui du HP Avant (il est en général plus éloigné et les oreilles de l'auditeur ne sont pas orientées vers lui). Ceci dit, on n'a pas forcément envie d'avoir une puissance Arrière de même niveau que la puissance Avant, on peut très bien se contenter d'une "ambiance". D'autre part, ce schéma réclame un potentiomètre double pour le réglage d'une seule voie, et dans une application stéréo, il faut donc un potentiomètre quadruple, un peu plus difficile à se procurer. Pour cette raison, on peut préférer le montage suivant, qui fait usage d'un potentiomètre plus simple.



Mais qui en revanche ne permet plus une impédance constante quelque soit la position du curseur de P1. Dans le même esprit, on peut utiliser un potentiomètre monté en résistance variable et non en diviseur de tension, comme le montre le schéma suivant.



Et voici pour conclure un schéma de montage rendant possible de façon séparée le réglage de niveau et de balance sur les deux HP arrière.



Remarques :

- P1 et P1' sont couplés mécaniquement (potentiomètre double)
- ce montage convient si les sorties G et D ont un point commun à la masse (montage en pont non autorisé ici)

P1 (potentiomètre double) assure le réglage de niveau (volume) tandis que P2 permet le réglage d'équilibrage gauche / droite (balance).

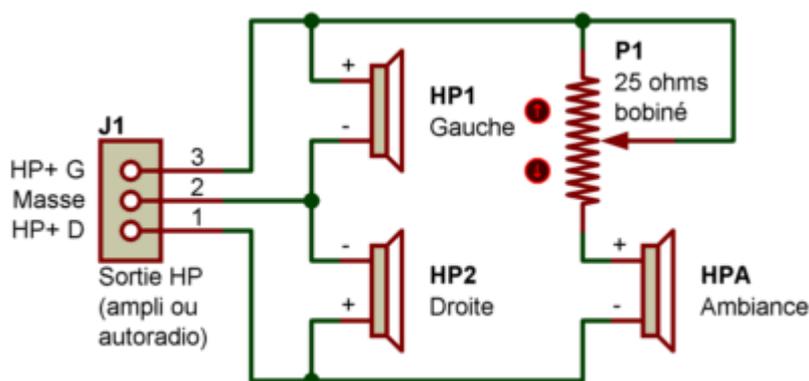
Très important : ne pas utiliser ce schéma de câblage pour des autoradios ou amplificateurs dont les sorties sont montées en pont (bridgées).

Ajout d'un HP d'ambiance

Tant qu'on y est, pourquoi ne pas parler de ces méthodes "anciennes" qui consistaient à ajouter un HP d'ambiance, bien avant que l'on ne parle de ces systèmes de type 5+1 avec filtrage actif et multi-amplification ? Les deux schémas proposés dans ce paragraphe ne conviennent que pour un système d'amplification où la borne "moins" des HP gauche et droite est reliée à la masse, ce qui exclut donc l'installation sur un système d'amplificateurs montés en pont.

Proposition N° 1

Dans le montage qui suit, on se contente de câbler un troisième HP (celui appelé Ambiance) entre la borne + de la sortie HP gauche et la borne + de la sortie HP droite, avec un potentiomètre câblé en série pour ajuster le volume du son d'ambiance.



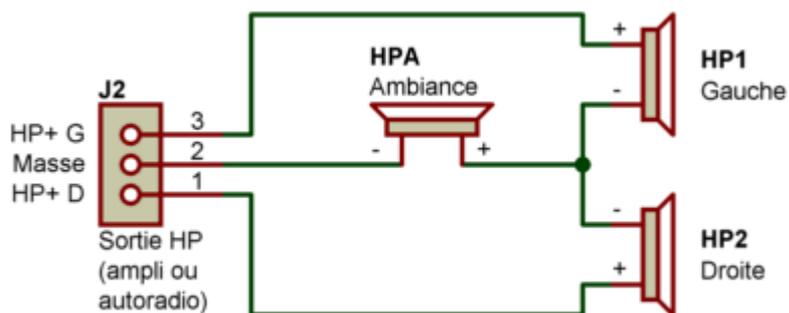
Ce montage est simple à réaliser, mais impose de prendre certaines précautions quant à l'impédance minimale supportée par les sorties amplifiées de l'amplificateur audio. Si les sorties HP sont prévues pour une impédance de charge minimale de 4 ohms, vous devez utiliser des HP dont l'impédance est au moins de 8 ohms. Le potentiomètre bobiné P1 devra pouvoir dissiper au moins 10 W, cette valeur étant recommandée pour une écoute à un volume "normal" dans un appartement (pas question de réaliser un tel câblage sur une installation sono). Sa valeur ohmique est de 25 ohms si les trois HP sont de type 8 ohms, et devra être portée à 50 ohms si les HP sont de type 15 ou 16 ohms.

Remarque : Avec ce système, le HP d'ambiance reproduit les sons qui diffèrent entre les deux voies gauche et droite, et ne convient donc que si la source sonore est stéréophonique. En cas de diffusion d'une source sonore monophonique, les signaux électriques arrivant sur les deux bornes du HP d'ambiance sont identiques et ce dernier ne reproduit donc rien, sauf si bien sûr il existe une différence de volume sonore entre les deux voies G et D. Ce système peut donc constituer un système de contrôle de balance : en jouant une source

monophonique, il suffit d'ajuster le réglage de balance jusqu'à ce que le HP d'ambiance n'émette plus aucun son.

Proposition N°2

Le schéma suivant est de conception différente, puisque le HP d'ambiance est inséré dans le circuit de masse qui est le point commun aux deux HP gauche et droite.



Avec ce type de câblage, le HP d'ambiance diffuse un signal correspondant à la "somme" des voies gauche et droite, contrairement au montage précédent où il diffusait un signal correspondant à la "différence" des voies gauche et droite. Avec une source sonore monophonique, le HP d'ambiance se fait donc entendre. Concernant les impédances, le montage est de type série et non pas parallèle, et si les sorties HP sont prévues pour une impédance de charge minimale de 4 ohms, vous pouvez utiliser des HP dont l'impédance est au moins de 4 ohms. Notez que pour une même puissance électrique fournie par l'amplificateur, la puissance sonore restituée par les HP gauche et droite est forcément un peu réduite.