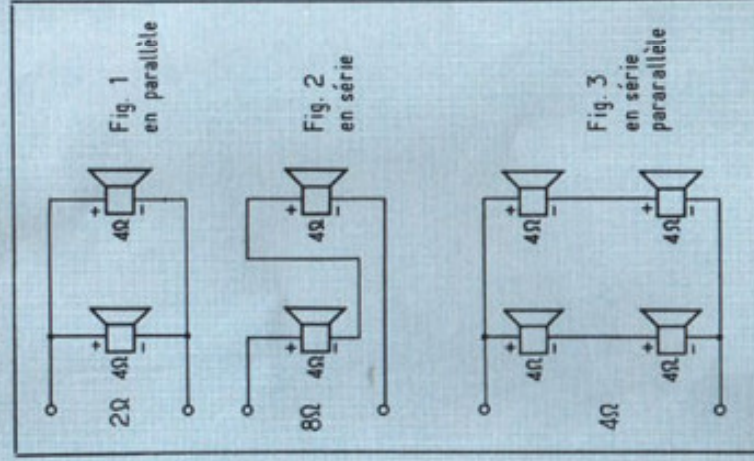


Raccordement des enceintes

Un amplificateur, c'est un composant, avec des caractéristiques déterminées. Une enceinte, c'est aussi un composant qui a aussi des spécifications. Une enceinte donnée ne va pas avec n'importe quel amplificateur, de même qu'un amplificateur déterminé ne peut alimenter n'importe quelle enceinte. Les tolérances sont larges, mais si vous voulez tirer le maximum de votre chaîne, il conviendra de respecter un certain nombre de conditions que nous allons tenter de vous exposer avec le renfort de quelques figures.

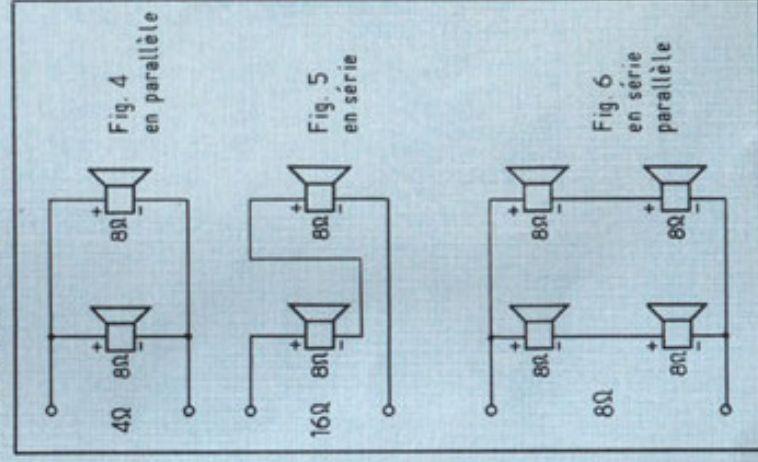
Le premier problème que nous allons abor-

Vous avez des enceintes de 4 ohms, quelle sera l'impédance résultante ?



der est celui du raccordement de plusieurs enceintes (ou de plusieurs haut-parleurs, le problème est identique) entre elles. Pourquoi raccorder plusieurs enceintes ? Plusieurs cas peuvent se présenter : l'utilisateur possède des enceintes de 4 ohms et son amplificateur n'admet que 8 ohms à sa sortie, il faudra donc éviter de surcharger la sortie de l'amplificateur. La présence de plusieurs enceintes dans une même pièce permet de répartir le champ sonore et de l'uniformiser au lieu d'avoir simplement deux sources sonores qui recevraient l'ensemble de la puissance. On peut également

Vous avez des enceintes de 8 ohms, quelle sera l'impédance résultante ?



avoir besoin de placer plusieurs enceintes, avec un seul amplificateur, dans deux ou trois pièces différentes. Les figures de 1 à 9 montrent diverses façons de grouper des enceintes (ou des haut-parleurs) entre elles. Nous avons, pour simplifier le problème attribué la même impédance à chaque enceinte et calculé l'impédance théorique (les enceintes ont une impédance variable avec la fréquence) que l'on pourrait mesurer entre les fils de liaison. Si les enceintes ont une impédance différente, il faudra se rapporter aux formules classiques de l'électricité.

Vous avez des enceintes de 16 ohms, quelle sera l'impédance résultante ?

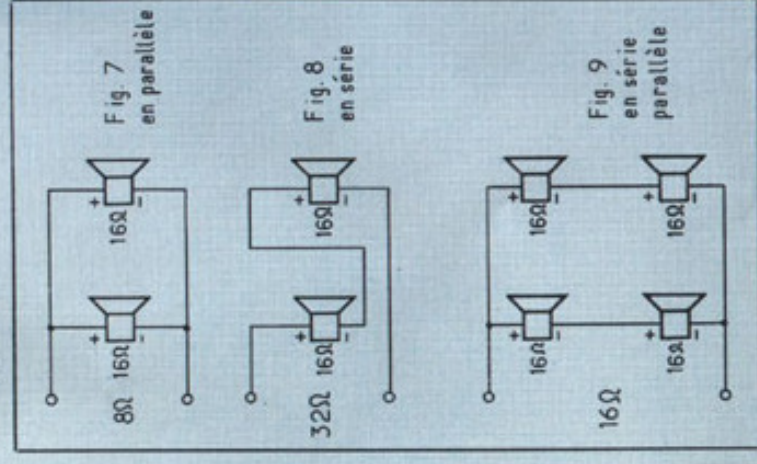


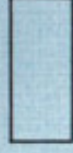
Fig. 14. — Légende des figures précédentes.



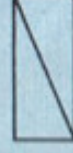
Puissance maximale que l'on peut tirer sans danger de l'amplificateur.



Puissance moyenne.



Puissance minimale : l'impédance de charge a la valeur la plus élevée indiquée par le constructeur.



A éviter, dans plusieurs cas, l'impédance de charge est trop faible, l'amplificateur est surchargé, dans les autres elle est trop élevée et la puissance disponible est réduite.

RAPPEL. L'impédance résultant de la mise en parallèle de plusieurs enceintes d'impédances diverses peut être facilement calculée à partir de la formule suivante :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Lorsque les haut-parleurs sont reliés en série, les valeurs des impédances s'ajoutent :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Lorsqu'il y a plus de deux enceintes à regrouper, les deux montages précédents seront associés et pour calculer l'impédance totale il faudra décomposer le montage pour se ramener aux deux formules précédentes.

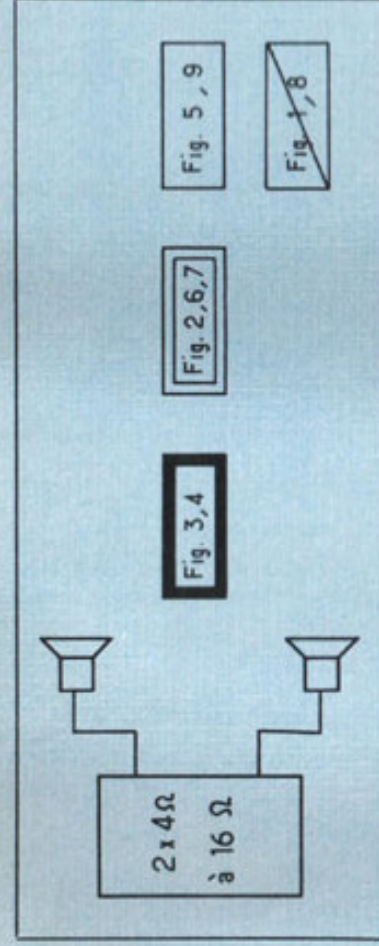


Fig. 10. — L'amplificateur a une sortie par canal, prévue pour une charge de 4 à 16 ohms. Chaque enceinte peut être remplacée par l'un des groupements indiqués.

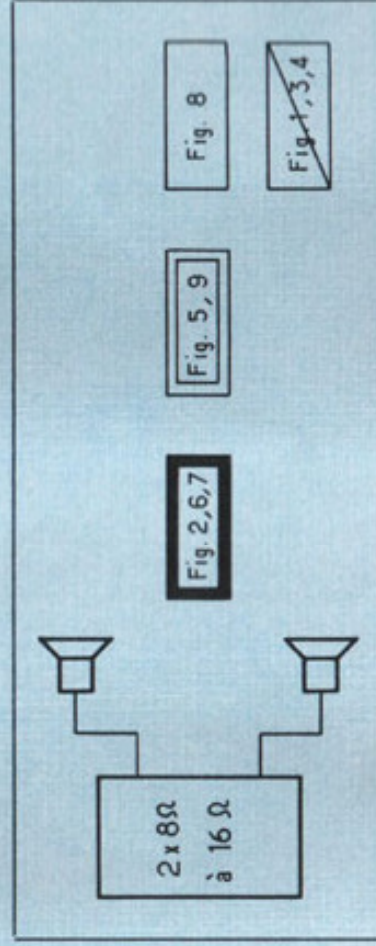


Fig. 11. — L'amplificateur a une sortie par canal, prévue pour une charge de 8 à 16 ohms. Chaque enceinte peut être remplacée par l'un des groupes indiqués.

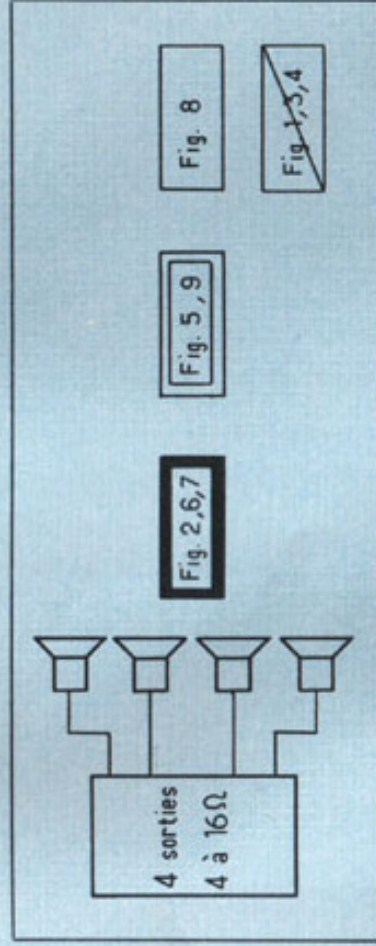


Fig. 12. — L'amplificateur a deux sorties par canal, prévues pour une charge de 4 à 16 ohms. Chaque enceinte peut être remplacée par l'un des groupes indiqués.

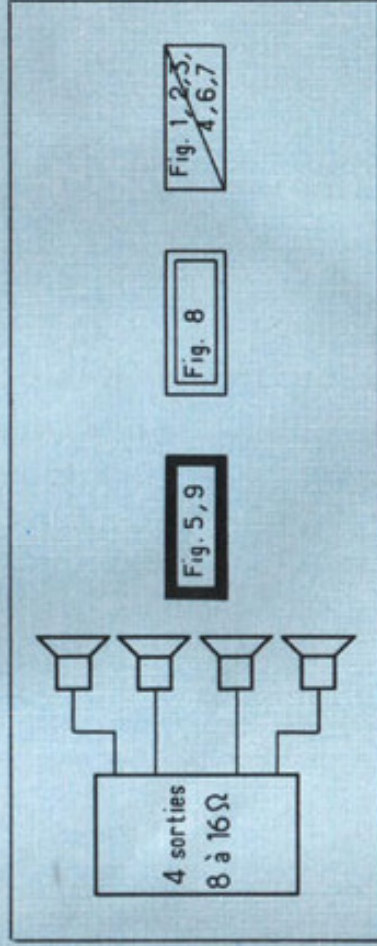


Fig. 13. — L'amplificateur a deux sorties par canal, prévues pour une charge de 8 à 16 ohms. Chaque enceinte peut être remplacée par l'un des groupes indiqués.

Les constructeurs des amplificateurs à transistors disponibles sur le marché annoncent que leurs appareils sont prévus pour être chargés par des enceintes de 4 à 16 ohms ou de 8 à 16 ohms. En principe, plus l'impédance de charge est basse et plus la puissance disponible est élevée. Il faudra éviter de mettre une impédance de charge trop basse, par exemple 3 ohms, là où le constructeur annonce 4 ohms.

Plusieurs événements, pas toujours réversibles peuvent se produire : claquage de transistors, disjonction, rupture de fusibles, échauffement excessif si l'on ne respecte pas les limites imposées par le constructeur. De l'autre côté, c'est-à-dire quand l'impédance de charge est trop élevée, la puissance disponible est loin d'atteindre celle annoncée par le constructeur. Bien que ce cas ne soit pas préjudiciable au bon fonctionnement de l'amplificateur, la puissance délivrée par celui-là peut alors être insuffisante pour remplir une pièce. Les dessins de 10 à 11 représentent un amplificateur stéréophonique (à deux canaux). Nous avons symbolisé par la silhouette d'un haut-parleur, la présence d'une enceinte sur chaque canal. Si vous vous reportez à la légende des petits rectangles, vous verrez alors quelles sont les solutions valables possibles et celles qu'il faut éviter, soit par risque de détérioration soit par manque de puissance. Beaucoup d'amplificateurs ont deux sorties commutables par canal. Sur certains, les deux jeux d'enceintes peuvent être mis en service simultanément, les commutateurs mettent alors les enceintes en parallèle et l'amplificateur risque sa vie. Dans les petits rectangles des figures 12 et 13, nous avons indiqué ce que l'on a le droit de brancher à chaque sortie. Dans ces conditions, les amplificateurs ne risqueront rien mais lorsqu'une seule paire d'enceintes sera en service, il ne sera pas possible d'obtenir le maximum de la puissance annoncée dans les spécifications de l'appareil. Notons au passage que certains constructeurs placent en série avec l'une des sorties une résistance de protection qui augmente l'impédance de l'enceinte, une des bornes de l'étage de sortie.

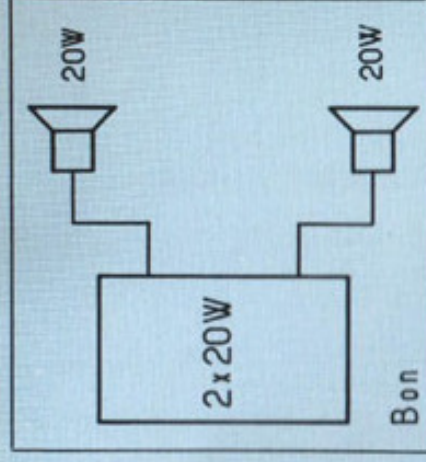


Fig. 15. — La puissance admissible par les enceintes doit au moins être égale à la puissance de l'amplificateur. Là encore il s'agit de savoir à quelle puissance on a affaire.

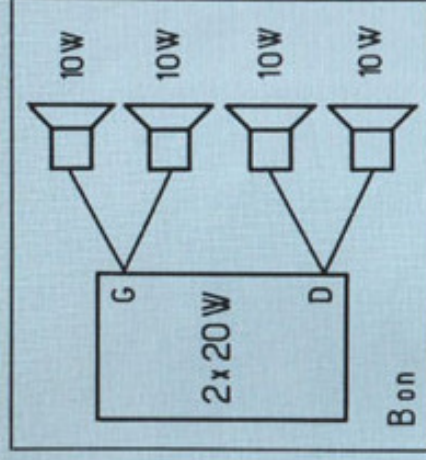


Fig. 16. — Beaucoup d'amplificateurs possèdent plusieurs sorties pour les enceintes. Il faudra donc dans un cas pareil veiller à ne pas appliquer une puissance excessive sur les enceintes au cas où l'on n'utiliserait qu'une seule paire.

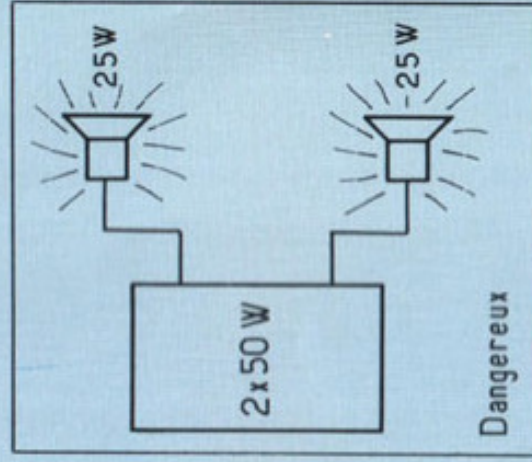


Fig. 17. — Un amplificateur trop puissant peut détériorer les enceintes. Ce cas est à éviter.

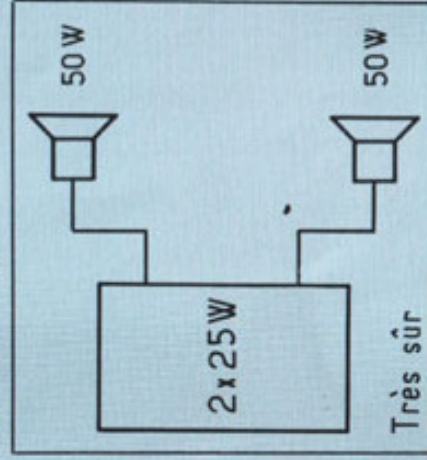


Fig. 18. — Des enceintes largement dimensionnées (en puissance) pourront supporter allègrement les watts mis à votre disposition par le constructeur de l'amplificateur. Il ne faut pas tomber dans l'excès contraire, car les enceintes ne travailleraient pas dans les conditions normales.

L'ADAPTATION DES PUISSANCES

Le problème que nous allons aborder maintenant est celui de l'adaptation des puissances. Beaucoup de lecteurs nous écrivent pour nous demander quelle doit être la puissance nominale de l'enceinte qui doit être reliée à un amplificateur de 15 W ou quelle doit être la puissance de l'amplificateur qu'il faut mettre avec telle ou telle enceinte acoustique. La réponse peut être simple : si vous avez un amplificateur de 20 W, mettez des enceintes de 20 W, à condition toutefois que les impédances soient respectées (Fig. 15). La figure suivante représente un cas litigieux : l'amplificateur stéréophonique a deux sorties par voie. Les chiffres placés près des symboles des enceintes représentent leur puissance maximale admissible. Les sorties étant commutables, il peut n'y avoir qu'une

seule paire d'enceintes en service, dans le cas représenté la plus grande prudence sera recommandée lors du maniement du potentiomètre de volume. Sur la figure 17, les enceintes ont une puissance admissible très faible par rapport à celle susceptible d'être délivrée par l'amplificateur. Si l'on travaille à fort niveau, une détérioration des enceintes est à craindre. On aura intérêt à placer un atténuateur à résistances entre la sortie de l'amplificateur et l'enceinte, mais le facteur d'amortissement en souffrira. Le dernier cas représenté est celui d'un amplificateur de faible puissance relié à des enceintes de forte puissance. Rien à craindre ni pour les enceintes, ni pour l'amplificateur. Certaines enceintes à faible rendement demandent une puissance confortable pour que l'utilisateur en tire leurs performances optimales, avec de telles enceintes, il faudra éviter une telle disproportion entre la puissance de chaque maillon.

ET LE CASQUE ?

Le problème suivant est celui du raccordement du casque. Comme pour les enceintes, diverses valeurs d'impédances existent, entre 8 et 600 ohms. Un casque dynamique est constitué par deux petits haut-parleurs spéciaux montés dans des enceintes de très petite taille. La puissance admissible par un casque est très faible et il serait très dangereux de les monter en parallèle ou en série avec des enceintes. Les constructeurs prévoient - ce n'est pas toujours le cas - un réseau de résistances d'atténuation (Fig. 19) placé entre la sortie des étages de sortie et la prise de branchement du casque. Ce réseau limite à quelques dizaines de milliwatts la puissance maximale reçue par le casque. Une seule résistance par canal suffit d'ailleurs car la résistance interne du casque constitue la deuxième résistance R_2 du pont. Deux systèmes de prises sont fréquemment utilisés par les constructeurs : la plus courante, même chez certains fabricants allemands est la prise Jack, prise coaxiale d'un diamètre de 6,35 mm. Un simple trou de ce diamètre permet de la distinguer de celle de l'autre système. La normalisation des lames de contact est représentée figure 20.

Le contact placé à l'extrémité de la fiche est réservée à la voie gauche, le contact intermédiaire à la voie droite tandis que le reste sert de contact commun. Nous avons représenté sur ce dessin une seule résistance, mais il est évident que l'on peut trouver les deux ponts de résistance de la figure 19.

Le second standard est le standard DIN où la prise à cinq broches, quatre réparties suivant un carré, la cinquième étant placée au centre de ce carré. Les broches 2 et 3 servent de point commun, le fait d'avoir cinq broches permet de séparer les points communs pour avoir deux fils par écouteur.

Donc en résumé, la présence de résistances d'atténuation est indispensable pour les casques et en particulier pour ceux à faible impédance.

Un deuxième intérêt du réseau de résistance d'atténuation est d'assurer un niveau d'écoute pratiquement identique avec le casque comme avec les enceintes pour un même réglage du potentiomètre de volume. Lorsque l'on achète un amplificateur de puissance et que l'on s'intéresse à l'utilisation avec un casque, il faut s'assurer de la présence d'un réseau d'atténuation. Nous avons représenté sur nos dessins les figures que l'on trouvera sur les schémas des constructeurs. En général, elles sont placées à proximité des sorties des haut-parleurs et sont donc facilement reconnaissables. Le vendeur de matériel Haute-Fidélité sera qualifié pour vous montrer les résistances quelquefois dissimulées dans l'enchevêtrement des commutateurs des enceintes.

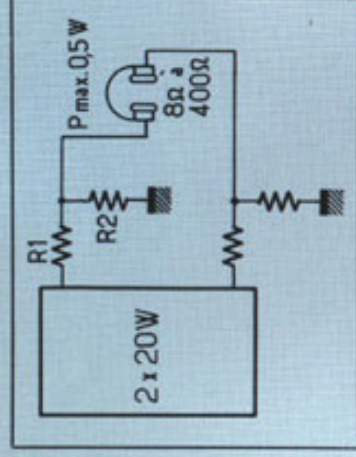


Fig. 19. - Raccordement d'un casque à la sortie d'un amplificateur stéréophonique.

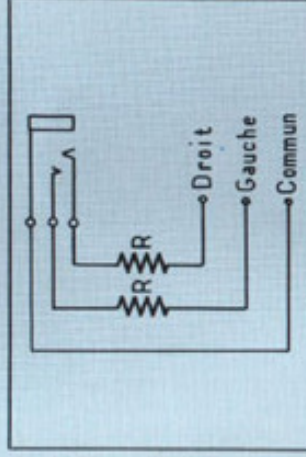


Fig. 20. - Dans certains cas, la résistance R_2 du diviseur de tension peut être remplacée par celle du casque. Les résistances R ont une valeur de 100 à 400 ohms environ. Ici nous avons représenté le symbole d'une prise jack.

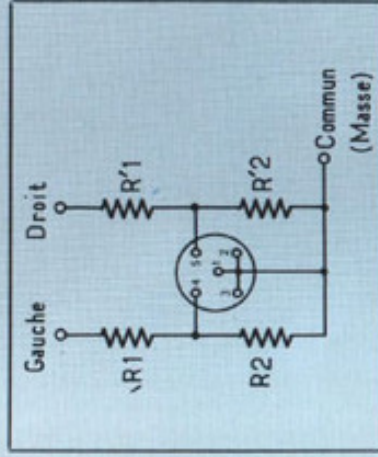


Fig. 21. - Normalisation de la prise DIN le canal droit est relié à la broche 4, le canal gauche à la broche 5.

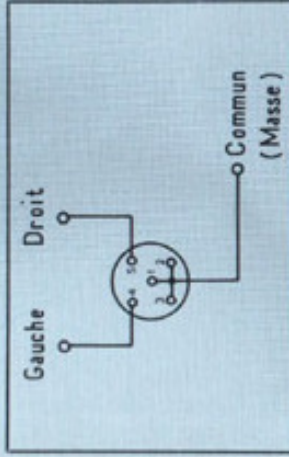


Fig. 22. - Les deux résistances R_1 et R'_1 vont vers les sorties haut-parleur par l'intermédiaire d'un commutateur qui permet de mettre les enceintes hors service.

LA MISE EN PHASE DES ENCEINTES

Ce terme un peu barbare est d'une grande importance dans le jargon de la haute fidélité. Dans une enceinte acoustique, la membrane de chaque haut-parleur se déplace sous l'effet du courant traversant la bobine mobile placée dans un champ magnétique. Pour une certaine polarité appliquée à la bobine, la membrane se déplace dans un sens, soit vers l'arrière, soit vers l'avant par rapport à sa position de repos. Si on inverse le sens des fils qui relie la source, la membrane se déplace en sens inverse du précédent.

Lorsque l'on fera une écoute avec plusieurs enceintes, les membranes respectives devront se déplacer dans le même sens, en synchronisme, de façon à ce que les pressions acoustiques s'ajoutent au lieu de se retrancher. On rencontre ce problème aussi bien en stéréophonie où les deux voies émettent des signaux complémentaires qu'en monophonie où les signaux sont identiques. Il existe aussi dans une enceinte acoustique à plusieurs haut-parleurs. Dans le cas d'une enceinte à plusieurs voies : grave, médium, aigu aux fréquences dites de coupure, deux haut-parleurs travaillent en même temps. Certaines conditions de phase doivent être respectées pour éviter d'avoir des trous à certaines fréquences. Ce problème est très complexe car la position dans l'espace de chaque haut-parleur intervient dans la réponse de l'enceinte.

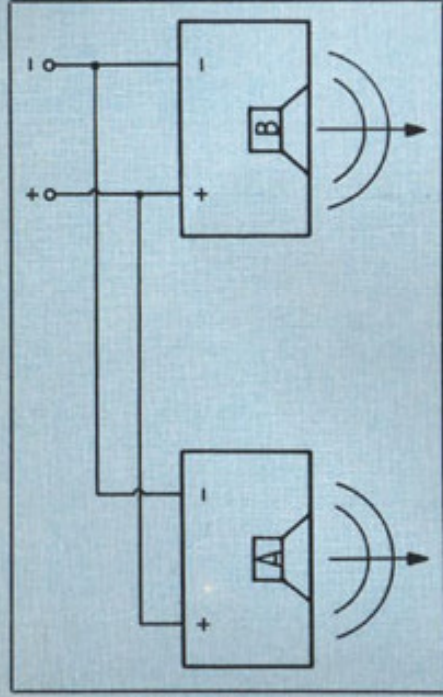


Fig. 23. — Dans ce premier cas, les enceintes sont placées côte à côte. Sur ce dessin nous avons représenté le sens de déplacement de la membrane. Les deux enceintes ont été correctement branchées, les bornes « plus » reliées entre elles, les bornes « moins » également.

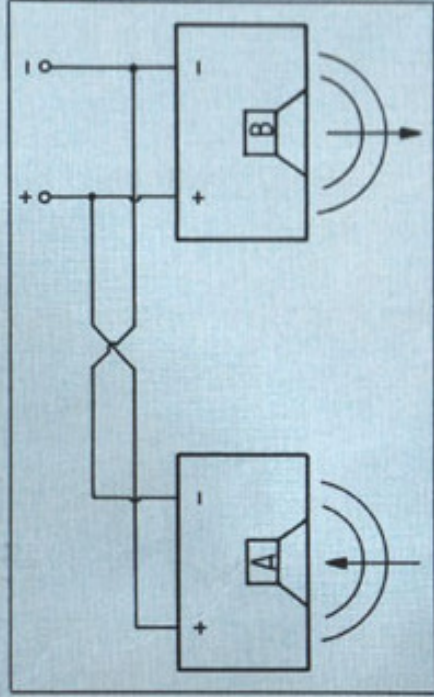


Fig. 24. — Dans le second cas, l'un des fils a été inversé par rapport à la figure précédente. Les deux membranes des haut-parleurs se déplacent en sens inverse l'une de l'autre. Pour réaliser la mise en phase, il suffira de repérer la position avec laquelle le niveau des fréquences basses sera le plus important. En effet, les deux ondes sonores s'ajoutent dans le cas précédent et se retranchent dans ce cas, ce qui explique les différences de volume. Au cas où les enceintes ne sont pas repérées, il sera intéressant de marquer la polarité des enceintes une fois la mise en phase réalisée (cas d'une réalisation d'amateur par exemple).

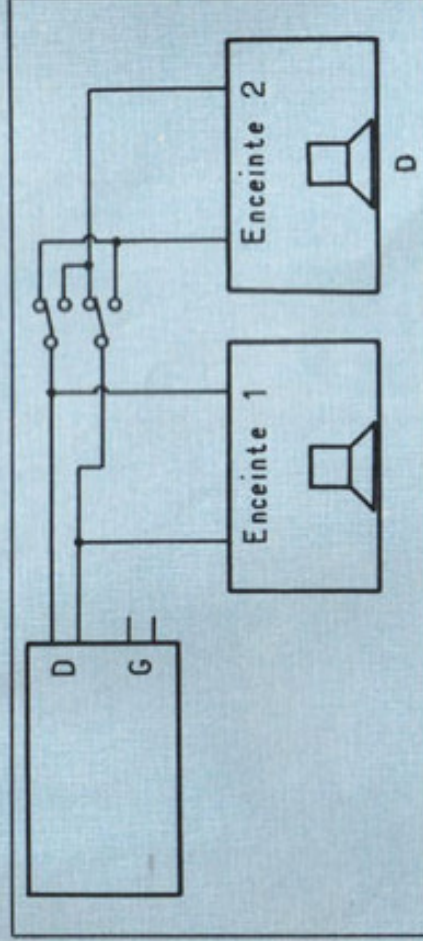


Fig. 27. — Les expériences décrites précédemment seront grandement facilitées si l'on utilise un inverseur (qui existe d'ailleurs sur un certain nombre d'amplificateurs) permettant de passer en un dixième de seconde de l'un à l'autre des cas. Sur ce dessin nous avons représenté une moitié d'amplificateur stéréophonique, l'autre voie serait identique.

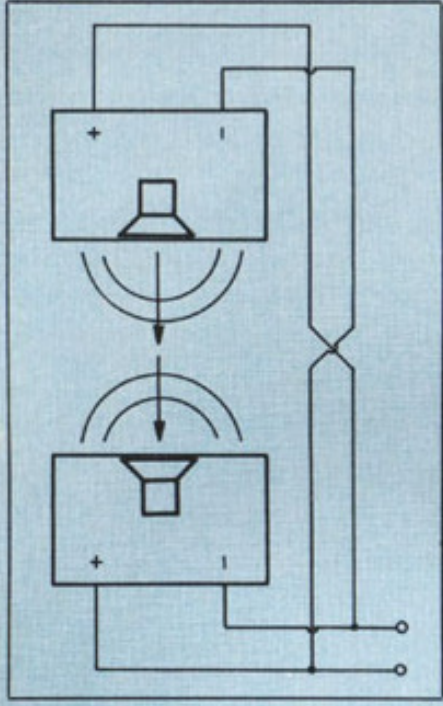


Fig. 25. — Une deuxième disposition des enceintes peut être adoptée, elle consiste à les placer face à face. Dans le premier cas, les deux haut-parleurs ont tendance à pousser l'air vers l'extérieur, un peu comme le ferait une chambre de compression. Le niveau des signaux à fréquence basse est alors normal.

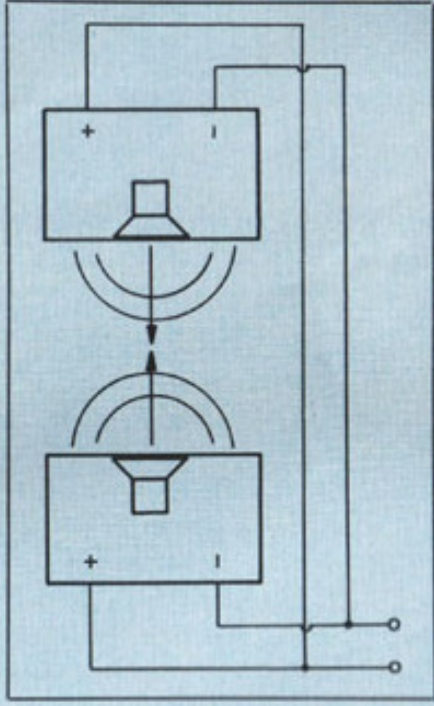


Fig. 26. — Ici, les deux fils d'arrivée de l'un des haut-parleurs ont été inversés, les deux membranes échangent les ondes entre elles (si l'on peut dire), le niveau des basses sera fortement réduit par rapport à celui qui existait dans l'expérience précédente. Le branchement est correct dans le premier cas.

LA PROTECTION

Les amplificateurs à transistors sont dans la plupart des cas construits suivant des schémas ne comportant pas de transformateur de sortie comme c'était le cas avec les amplificateurs à tubes d'autrefois. Le couplage de l'enceinte avec l'alimentation des étages de puissance peut donc se produire en cas de défaillance de l'un des composants : transistor de puissance par exemple. Les amplificateurs modernes sont en général pourvus de circuits électroniques de protection des transistors de sortie. Ces dispositifs détectent un excès de courant dans les transistors et limitent alors l'amplitude du signal appliqué aux transistors de sortie. Mais seuls les amplificateurs seront protégés, pas les enceintes. Lors de la reproduction de musique, la puissance moyenne appliquée à une enceinte est très faible — voir à ce sujet le numéro 1358 de juin 1972. Nous avons donc fait figurer dans ce tableau, dans la ligne « très sûre » des calibres de fusibles calculés pour une

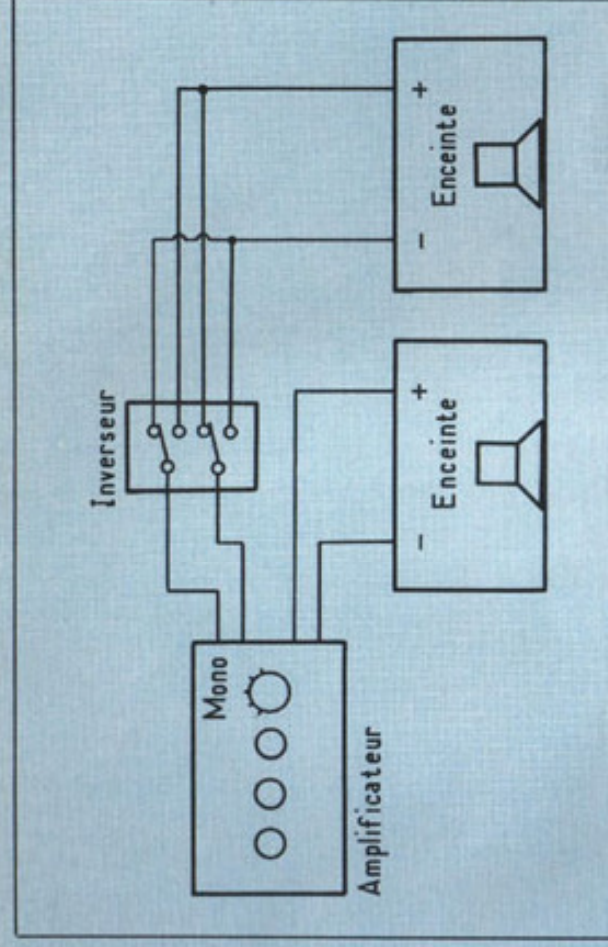


Fig. 28. — Cet autre dessin représente un amplificateur stéréophonique auquel deux enceintes ont été raccordées, une par canal. L'inverseur sera placé sur l'une des enceintes seulement. De plus, il faudra placer le commutateur « mode » sur une position pour laquelle l'amplificateur délivre un signal identique sur les deux voies.

puissance moyenne relativement faible. Pour cette raison, et pour que le fusible supporte les pointes de modulation, il conviendra d'adopter un fusible à fusion lente. Si le fusible saute, remplacez-le par un autre du calibre immédiatement supérieur. Les fusibles sont des résistances qui s'échauffent par le passage du courant. Ils viendront donc se mettre en série avec la résistance des fils et celle de sortie de l'amplificateur. On peut donc penser que cette résistance supplémentaire viendra diminuer le facteur d'amortissement de ce dernier. En fait, cette variation a une influence faible sur la qualité de la reproduction musicale. N'est-il pas préférable d'ailleurs de sacrifier une portion infime de la qualité de la musique avec pour bénéfice une sécurité totale pour vos enceintes ? Vous serez les seuls juges. Notons en passant que plus le calibre nominal du fusible est élevé et plus sa résistance propre est basse.

Quel fusible choisir pour protéger une enceinte

Puissance admissible par l'enceinte	Protection	Calibre des fusibles		
		Enceinte 4 Ω	Enceinte 8 Ω	Enceinte 16 Ω
7 à 10 W	Très sûr	0,5 A	0,25 A	0,125 A
	Sûre	1 A	0,5 A	0,25 A
	Calibre max.	2 A	1 A	0,5 A
10 à 15 W	Très sûr	0,75 A	0,375 A	0,25 A
	Sûr	1,5 A	0,75 A	0,375 A
	Calibre max.	3 A	1,5 A	0,75 A
15 à 25 W	Très sûr	1 A	0,5 A	0,25 A
	Sûr	2 A	1 A	0,5 A
	Calibre max.	4 A	2 A	1 A
25 à 35 W	Très sûr	1,5 A	0,75 A	0,375 A
	Sûr	3 A	1,5 A	0,75 A
	Calibre max.	6 A	3 A	1,5 A
35 à 50 W	Très sûr	2 A	1 A	0,5 A
	Sûr	4 A	2 A	1 A
	Calibre max.	8 A	4 A	2 A
50 à 75 W	Très sûr	2,5 A	1,25 A	0,63 A
	Sûr	5 A	2,5 A	1,25 A
	Calibre max.	10 A	5 A	2,5 A

Pour raccorder les enceintes à l'amplificateur

Câble 2 conducteurs sous plastique			
Section :	2 x 0,5 mm ²	2 x 0,75 mm ²	2 x 1 mm ²
Longueur	Résistance	Résistance	Résistance
2 m	0,14 Ω	0,10 Ω	0,07 Ω
5 m	0,35 Ω	0,26 Ω	0,175 Ω
10 m	0,7 Ω	0,52 Ω	0,35 Ω
25 m	1,76 Ω	1,32 Ω	0,88 Ω

Si l'on admet une perte de puissance de 10 % environ, il faudra choisir pour une enceinte de 4 Ω : un fil de résistance inférieure à 0,4 Ω ; pour une enceinte de 8 Ω, une résistance de fil inférieure à 0,8 Ω et pour une enceinte de 16 Ω une résistance inférieure à 1,6 Ω. Si vous connaissez la longueur de votre liaison, en tenant compte bien sûr du cheminement du câble le long des murs, vous pourrez, à l'aide du tableau ci-dessus choisir la section du fil qui vous convient. Nous avons tenu compte dans celui-là des deux fils, celui qui relie le point « chaud » de l'amplificateur à l'enceinte et aussi de celui qui la raccorde à la masse au point froid.