

Détermination de la puissance d'amplification

A - Cas de la basse impédance

Pour déterminer la puissance de l'amplificateur il faut procéder par étapes.

La condition de départ est généralement le niveau sonore que l'on désire obtenir au point d'écoute, c'est-à-dire à une certaine distance des enceintes.

En champ libre le niveau sonore chute de 6 dB à chaque fois que la distance double, et inversement.

Exemple :

Pour obtenir un niveau sonore de 76 dB à 32 mètres, quel est le niveau sonore que l'enceinte acoustique doit fournir ?

à	32 m	76 dB
à	16 m	(76 dB + 6 dB) = 82 dB
à	8 m	(82 dB + 6 dB) = 88 dB
à	4 m	(88 dB + 6 dB) = 94 dB
à	2 m	(94 dB + 6 dB) = 100 dB
à	1 m	(100 dB + 6 dB) = 106 dB

L'enceinte devra fournir un niveau sonore de 106 dB à 1 mètre. Pourquoi à 1 mètre ? Simplement parce que le niveau sonore de référence d'une enceinte est mesuré à 1 mètre de celle-ci (dB/1W/1m = niveau sonore en décibels pour un Watt à 1 mètre).

Maintenant, quelle puissance faut-il fournir à l'enceinte acoustique pour obtenir le niveau nécessaire ?

Doubler la puissance fait gagner 3 dB de niveau sonore, et inversement.

Donc, pour obtenir le niveau sonore précédent de 106 dB à 1 mètre, avec une enceinte dont la sensibilité serait de 94 dB/1W/1m il faut :

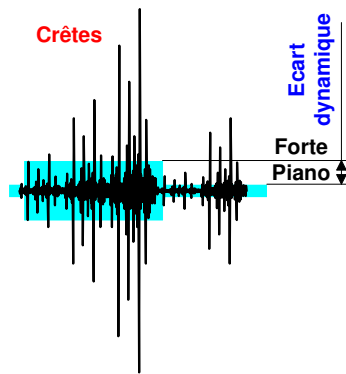
pour	94 dB	1 Watt
pour	(+ 3 dB) = 97 dB	2 Watts
pour	(+ 3 dB) = 100 dB	4 Watts
pour	(+ 3 dB) = 103 dB	8 Watts
pour	(+ 3 dB) = 106 dB	16 Watts

Il faut donc alimenter l'enceinte avec une puissance moyenne permanente de 16 Watts pour obtenir le niveau sonore requis de 106 dB à 1 mètre de celle-ci.

Comme on le voit, ces calculs sont simples.

Mais attention, il s'agit là d'une puissance moyenne "continue" qui ne prend pas en compte les importantes fluctuations de puissance du signal audio.

Pour connaître la véritable puissance nécessaire il faut maintenant considérer l'aspect particulier du signal audio qui se caractérise notamment par sa **dynamique** et par son **facteur de crêtes**.



La dynamique est la différence de niveau sonore entre les passages faibles et les passages forts d'un message audio. C'est la variation de niveau sonore que ressent l'oreille ou qu'indique un vu-mètre normalisé. Cette variation de niveau sonore peut être très variable :

- Environ 9 dB pour de la musique de variété ou du rock
- Environ 13 dB pour de la musique de chambre
- Environ 16 dB pour la parole
- Environ 25 dB et plus pour de la musique acoustique

Cette variation de niveau sonore – la dynamique - est accompagnée "d'éruptions" de crêtes brèves plus ou moins puissantes. Celles-ci ne sont pas perçues en tant que telles par l'oreille, mais participent à la spécificité du message. **Il est impératif de bien passer ces crêtes sans les écrêter.**

Le rapport entre la puissance maxi s crêtes et la puissance du signal dans un intervalle de temps donné est appelé "facteur de crête". Il dépend des caractéristiques de la source. Il est couramment de 3 à 4 et dépasse parfois 7.

La dynamique et le facteur de crête s'ajoutent.

Prenons un exemple favorable avec un signal ayant une dynamique de 12 dB et un facteur de crête de 3. Une dynamique de 12 dB équivaut à un rapport de puissance de 16 (gain de 3 dB à chaque fois que l'on double la puissance).

+ 3 dB	doublément de la puissance = 2 Watts
+ 6 dB	doublément de la puissance = 4 Watts
+ 9 dB	doublément de la puissance = 8 Watts
+ 12 dB	doublément de la puissance = 16 Watts

Avec un facteur de crête de 3, cela conduit à un rapport total de : $16 \times 3 = 48$ entre les signaux faibles et les crêtes.

En reprenant l'exemple précédent l'amplificateur devrait pouvoir fournir $16 \text{ Watts} \times 48 = 768 \text{ Watts}$ crête.

Un amplificateur classique peut fournir en crête environ deux fois sa puissance nominale.

L'amplificateur devrait donc avoir une puissance nominale de $768/2 = 384 \text{ Watts}$ efficaces sur l'impédance de l'enceinte considérée.

En pratique, avec un système stéréophonique avec deux enceintes, le gain de niveau sonore est de 3 dB (doublément de l'énergie). Il serait donc possible d'utiliser un amplificateur stéréophonique de seulement $2 \text{ fois } 384 \text{ Watts} / 2 = 192 \text{ Watts}$ sur l'impédance des enceintes considérées.

Dans cet exemple nous avons considéré une diffusion en champ libre. Dans une pièce, en milieu semi réverbérant, l'atténuation du niveau sonore avec la distance se trouvera limité. Le calcul ci-dessus reste toutefois valable.

Ce calcul s'applique aussi bien aux systèmes à basse impédance utilisés pour les orchestres ou la haute-fidélité, qu'aux systèmes à haute impédance utilisés en public-adress. Toutefois, dans ce dernier cas la détermination de la puissance peut être dictée par d'autres considérations.

B - Cas de la haute impédance – 100 Volts

Un grand principe en haute impédance est que la puissance de l'amplificateur ne doit jamais être inférieure au total de la puissance effectivement attribuée à l'ensemble des haut-parleurs. Pour tenir compte de la perte d'insertion due à la présence des transformateurs de ligne il faut ajouter au moins 25 % à la puissance précédente. Il faut aussi considérer les pertes en ligne, même si celles-ci sont limitées.

1 - Prenons comme premier cas celui d'une salle de réunions sonorisée par dix haut-parleurs plafonniers.

On suppose que chaque haut-parleur couvre une zone délimitée et qu'il doit fournir un niveau sonore de 74 dB à 2 mètres. La sensibilité des haut-parleurs est de 90 dB/1W/1m.

En reprenant les calculs précédents, chaque haut-parleur devra fournir un niveau sonore de $74+6 = 80$ dB à 1 m. Chaque haut-parleur devra être alimenté avec une puissance d'environ 0,1 Watt. 10 dB d'écart ($90 - 80$) correspond à un rapport de 10 donc :

1 Watt pour 90 dB
0,1 Watt pour 80 dB

En pratique la puissance minimum attribuable à ce type de haut-parleur est rarement inférieure à 2 Watts. Comme en haute impédance (100 Volts) la puissance de l'amplificateur ne doit jamais être inférieure à la puissance totale attribuée aux haut-parleurs, il faudrait donc un amplificateur d'une puissance minimum de $2 \text{ Watts} \times 10 = 20 \text{ Watts}$ nominaux. En réalité on a besoin de $0,1 \text{ Watt} \times 10 = 1 \text{ Watt} + 25 \%$ (pertes d'insertion des transformateurs) + 5% (pertes en ligne), soit : 1,3 Watts. Comme la puissance minimum des amplificateurs les plus courants est d'environ 30 Watts nominaux - soit environ 60 Watts crête - le mariage sera convenable. On disposera théoriquement de suffisamment de réserve de puissance pour passer les crêtes et la dynamique.

- *Mais attention quand même s'il s'agit de diffuser de la parole car c'est un message relativement dynamique avec un facteur de crête élevé. Il pourra donc être utile de prendre de la marge ou d'insérer un compresseur qui réduira la dynamique.*

2 - Prenons maintenant le cas d'un lieu réverbérant dans lequel il est impératif d'obtenir une bonne intelligibilité de la parole. Une église, par exemple.

Dans ces conditions généralement difficiles il est hors de question de proposer un type de haut-parleur à priori. Le choix ne pourra se faire qu'après avoir réalisé des essais comparatifs avec plusieurs types de haut-parleurs. On retiendra ceux offrant les meilleures performances en termes d'intelligibilité. Ces haut-parleurs, généralement des colonnes, pourront avoir des puissances nominales de 20, 30, 40, 60, 80 Watts, ou plus, selon les modèles. Quel que soit le modèle retenu, il sera souhaitable de le faire fonctionner à sa puissance maximum, laquelle amène généralement les meilleurs résultats, ceci pour des raisons techniques que nous ne développerons pas ici.

Supposons que les essais conduisent à retenir 8 colonnes de 60 Watts de puissance unitaire. Il faudrait donc un amplificateur de 480 Watts nominaux + 25% + 5% = 630 Watts en prenant en compte les pertes d'insertion et les pertes en ligne.

Examinons maintenant quelle est la puissance réellement nécessaire.

Dans une église de taille moyenne il est rare d'être éloigné de plus de 8 mètres d'un haut-parleur. Considérons par ailleurs qu'un niveau sonore de 69 dB est suffisant au point d'écoute. Il faut donc obtenir $69 \text{ dB} + 6 + 6 + 6 = 87 \text{ dB}$ de niveau sonore à 1 m du haut-parleur. On peut raisonnablement estimer qu'une colonne susceptible de porter à 8 mètres aura une sensibilité de l'ordre de 90 dB/1W/1m.

Il faudrait donc envoyer 1/2 Watt à chaque colonne pour obtenir un niveau sonore de 87 dB ($90 - 3 = 87$), soit 4 Watts au total + 25 % + 5 % = 5,25 Watts permanents. En prenant en compte le facteur de crête et la dynamique, comme précédemment, on arrive à une puissance de $5,25 \times 48 = 252$ Watts crête. Dans ce cas la puissance de l'amplificateur s'avèrera plus que largement suffisante.

3 - Prenons enfin le cas d'un plateau de sports sonorisé par six haut-parleurs à chambre de compression.

On suppose que chaque haut-parleur couvre une zone délimitée et qu'il doit fournir un niveau sonore de 81 dB à 32 mètres. La sensibilité des haut-parleurs est de 102 dB/1W/1m

En reprenant les calculs précédents, chaque haut-parleur devra fournir un niveau sonore de 111 dB à 1 m. Il devra être alimenté avec une puissance de 8 Watts moyens permanents

En pratique la puissance attribuable à ce type de haut-parleur est souvent d'environ 50 Watts. Comme en haute impédance (100 Volts) la puissance de l'amplificateur ne doit jamais être inférieure à la puissance totale attribuée aux haut-parleurs, il suffirait donc en principe d'un amplificateur d'une puissance minimum de $50 \text{ Watts} \times 6 = 300$ Watts nominaux + pertes d'insertion des transformateurs + pertes en lignes = 400 Watts. Il est tentant dans ce cas d'utiliser un amplificateur d'environ 480 Watts nominaux. Mais si l'on se réfère au calcul précédent, cette puissance s'avèrera insuffisante. Il faudrait en réalité un amplificateur beaucoup plus puissant. En effet, $8 \text{ Watts} \times 6 \times 48 = 2300$ Watts crêtes, soit 1150 Watts nominaux.

L'amplificateur de 480 Watts retenu en première approximation ne permettrait d'adresser que 3,3 Watts environ à chaque haut-parleur. Dans ces conditions le niveau sonore obtenu sera de l'ordre 72 dB à 32 mètres, ce qui est évidemment beaucoup plus faible que le niveau visé de 81 dB.

Dans ce cas il est nécessaire de revoir la définition du système en prenant garde à la tenue en puissance des haut-parleurs. Un compresseur s'avèrera utile.

En synthèse

Comme on le voit les définitions des puissances en basse impédance et en haute impédance répondent à des logiques différentes. Le troisième exemple - sonorisation d'un plateau de sports - montre toutefois les limites d'un calcul uniquement basé sur la puissance attribuée aux haut-parleurs. Il est donc utile de comparer les deux modes de calcul.

Ces exemples montrent que même avec une dynamique et un facteur de crête raisonnables, les puissances nécessaires ne sont pas négligeables. Elles peuvent devenir très élevées pour certains messages.

On comprend mieux alors l'utilité des compresseurs qui permettent de réduire les écarts dynamiques et par là même la puissance de l'amplificateur. L'usage de limiteurs est également bénéfique car cela permet d'éviter les surpuissances susceptibles d'endommager les haut-parleurs.

A noter que si un compresseur réduit les écarts dynamiques, il est sans effet sur le facteur de crête.

Toutes choses égales par ailleurs, doubler la puissance d'un amplificateur ne permet de gagner que 3 dB de niveau sonore.

Il y a donc intérêt dans tous les cas à s'orienter vers des systèmes de haut-parleurs à haut rendement.

D'autre part, l'énergie émise ailleurs qu'en direction de l'auditoire est produite en pure perte. Elle peut de plus être perturbatrice dans certains cas. On perçoit mieux alors l'intérêt des systèmes directifs qui focalisent le son sur l'auditoire et limitent les émissions inutiles ou parasites.