



Mémotech Audio

Volume 2 : amplis et enceintes

Version 1.05

Préparé par : Arthur
Dernière mise à jour : 9 novembre 2005

Copyright 2004-2005 AG Audio Pro – Copy not allowed without prior notice
Toute reproduction ou copie, même partielle, de ce document, sans l'accord écrit de l'auteur, est interdite. La protection du droit d'auteur s'étend non seulement au contenu mais également aux schémas, dessins et tableaux figurant dans ces pages, leurs applications et exécutions se font en dehors de toute responsabilité de l'auteur et de l'éditeur.

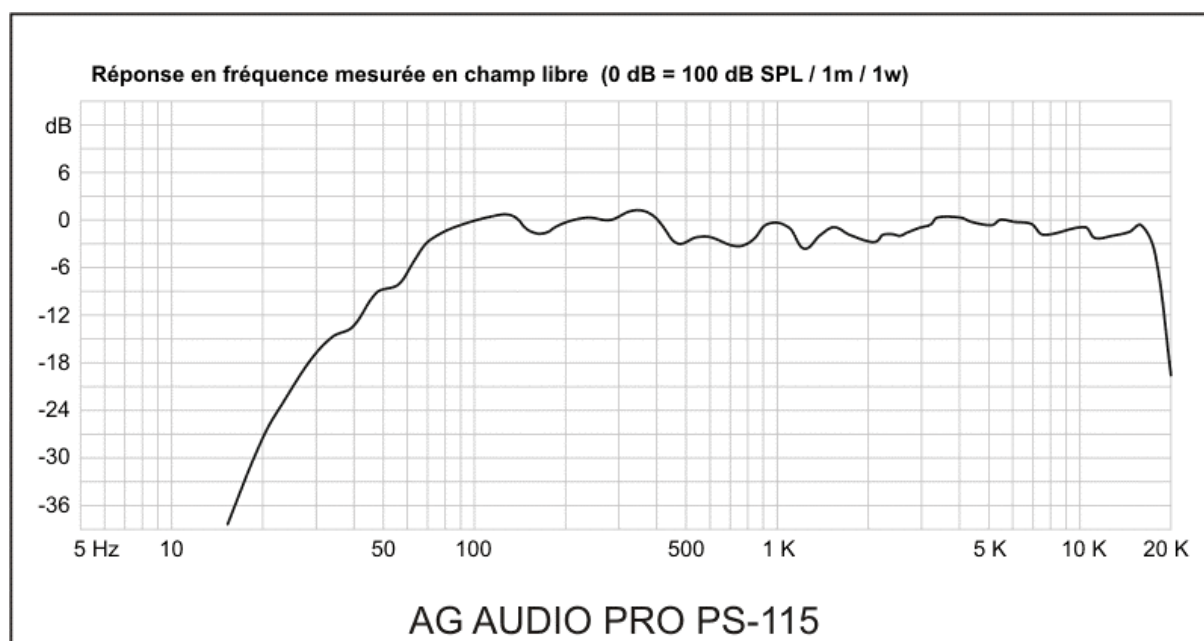


1. Quelques bases techniques importantes

Avant de rentrer dans la pratique, il est nécessaire de plonger un peu dans la théorie (pas beaucoup rassurez vous!). Il y a 5 choses à retenir aussi importantes l'une que l'autre :

1.1. La réponse en fréquence

L'oreille humaine entend de 20Hz, le son grave le plus bas qu'on peut entendre, à 20 000Hz, le son le plus aigu qu'un gamin de 10ans peut entendre (il est généralement admis que le médium se situe entre 250 et 2500Hz). Avec l'âge on entend de moins en moins les fréquences aiguës. Donc en pratique, reproduire les 20kHz en sonorisation ne sont pas indispensables et 16kHz sont suffisants. Dans le grave, il n'est pas très utile d'avoir du 20Hz. Toujours en pratique, bien reproduire le 50Hz est généralement suffisant pour de la musique enregistrée. Il faut savoir que le kick d'un beat techno (le boum boum quoi) ou le kick d'une batterie acoustique sont compris entre 60 et 80Hz (par contre une basse à 6 cordes descend à 32Hz). De toute façon, une bonne enceinte type Sono avec un boomer de 38cm en bass reflex reproduit difficilement le grave en dessous de 50Hz (en tout cas pas avec un niveau suffisant). Pour un 30cm c'est 60Hz. Ne pas se laisser embobiner par les pubs d'enceintes à 2 sous qui indiquent 30-20.000Hz. C'est du pipeau ! Enfin, pour terminer sur ce point, **une réponse en fréquence sans la valeur de l'atténuation ne sert à rien**. C'est à dire que 50-18.000Hz tout seul est inutile. Par contre 50-18.000Hz (-6dB) c'est mieux ! Cela veut dire que le 50Hz se trouve à 6dB en dessous de la sensibilité nominale de l'enceinte. Bien sûr, seuls les constructeurs sérieux indiqueront l'atténuation. Si elle n'est pas notée, il faut considérer que la réponse en fréquence n'est pas valable et il faut prendre les valeurs "par défaut" que j'ai indiquées plus haut (dans les basses 50Hz à -6dB pour un 38cm et 60Hz à -6dB pour 30cm)



1.2. La sensibilité

Trop souvent incorrectement appelée rendement, la sensibilité est exprimée en dB SPL/1W/1m et indique la capacité de l'enceinte à transformer efficacement en bruit (musique) l'électricité qu'elle reçoit de l'ampli (dB SPL = *deciBel Sound Pressure Level*). Concrètement, on envoie 1 Watt aux bornes de l'enceinte et on mesure la pression acoustique qu'elle produit à 1m de distance. A mettre IMPERATIVEMENT en rapport avec la puissance admissible (voir point 3.)

1.3. La puissance admissible

Il existe plusieurs façons de mesurer cette puissance. La plus connue est la **norme RMS (Root Mean Square)** ou "sinus" ou encore "efficace". En (très) gros, on envoie un signal sinusoïdal à l'enceinte et on mesure la puissance moyenne maximale qu'elle peut recevoir sur une durée de temps infinie. Néanmoins, cette valeur RMS n'est pas très utile dans la pratique. La musique n'est pas une onde sinusoïdale mais un signal complexe avec des pointes de dynamique largement au dessus de la valeur moyenne. En sonorisation professionnelle, 3 normes principales sont utilisées pour décrire une puissance qui reflète cette réalité :

La première est la **norme AES (Audio Engineering Society)**. Elle indique la puissance que peut recevoir une enceinte pendant 2 heures en lui appliquant un signal type bruit rose avec des crêtes de 6dB supérieures à la valeur moyenne. Ce signal simule parfaitement un programme musical. Très souvent, la puissance AES nominale d'une enceinte est suivie d'une autre puissance dite "Puissance AES Program". Elle équivaut souvent à la puissance AES nominale augmentée de 3dB, soit le double de la puissance AES nominale.

La deuxième méthode est plus éprouvante. C'est la **norme EIA RS-426-A** définie en 1980. Le test dure 8 heures et il utilise un bruit rose avec une valeur de crête 6dB supérieure à la moyenne.

Enfin, il existe la **norme IEC 268-5 (International Electrotechnical Commission)**. Elle consiste à appliquer pendant 100 heures sur l'enceinte un bruit rose dont la réponse en fréquence va de 40Hz à 5kHz. La norme IEC donne une valeur équivalente à la puissance RMS, puisqu'au bout de 100 heures, le haut-parleur a atteint sa stabilité thermique.

Pour donner un ordre d'idée des rapports, une enceinte de 200W RMS tient environ la même puissance IEC, environ 250W EIA, et 300W AES.

Pour l'ampli, il existe aussi plusieurs normes pour mesurer leur puissance mais seuls les **watts RMS** (ou "sinus" ou encore "efficace") sont à prendre en compte ($P=U^2_{eff}/R$). Les watts RMS d'un ampli sont calculés de la même manière que pour une enceinte mais on y ajoute une valeur de distorsion. L'un est indissociable de l'autre ! Il faut savoir qu'un ampli sera plus ou moins puissant suivant le taux de distorsion mesuré. Attention donc quand on compare 2 produits. Par exemple un ampli de 2x200W RMS avec 0.05% de THD (*Total Harmonic Distortion*) peut sortir 2x300W RMS avec 10% de THD. Tous les constructeurs sérieux indiquent une puissance RMS avec le taux de distorsion équivalent. Il existe quand même plusieurs manières de mesurer une puissance RMS. La plus contraignante est la **norme FTC** qui correspond à une puissance RMS avant écrêtage (soit généralement avec une distorsion inférieure à 0,1%) sur la plage de fréquence 20-20.000HZ. La **norme EIA** est une puissance RMS sur une sinusoïde à 1kHz avec 1% de distorsion. La puissance EIA d'un ampli est donc plus élevée que sa puissance FTC. Parfois on



trouve aussi une puissance IHF-A qui n'est pas une puissance RMS mais qui correspond à la puissance impulsionnelle, soit ce que peut débiter un ampli sans saturer sur une brève impulsion (genre le kick d'une batterie). Enfin terminons avec les puissances dites "exotiques" :

- **La puissance crête** ou **musicale** (Watts crêtes, musicaux ou peak en anglais) s'obtient en multipliant la puissance RMS par 2 (100W RMS = 200W crête)
- **La puissance crête à crête** (Watts crête à crête ou peak to peak) s'obtient en multipliant la puissance RMS par 4 (100W RMS = 400W crête à crête)
- **La puissance DIN** (Watts DIN) s'obtient en multipliant la puissance RMS par 1,666 (100W RMS = 167W DIN)

1.4. L'impédance

Pour l'association ampli/enceinte, il faut tenir compte de la puissance mais aussi de l'impédance de l'enceinte. L'impédance est la charge que représente l'enceinte pour l'amplificateur. Elle est exprimée en Ohms. C'est l'impédance qui dicte le mode travail de l'ampli, dans la majorité des cas 2 / 4 / 8 ou 16 Ohms. Bien que cette valeur varie avec la fréquence (ce que montre une courbe d'impédance), on attribue une valeur nominale à chaque enceinte, généralement 4 ou 8 Ohms.

Aujourd'hui, n'importe quel ampli sérieux fonctionne sans aucun problème sous 4 Ohms ou 8 Ohms (et plus). Les amplis haut de gamme fonctionnent aussi sous 2 ohm. Il faut savoir que plus l'impédance baisse, plus l'ampli va sortir de courant et donc mettre à rude épreuve ses circuits (notamment l'alimentation et les transistors de sortie) et il va beaucoup chauffer. Théoriquement, dans un ampli parfait, la puissance double chaque fois que l'impédance est divisée par 2. En pratique, sauf sur de rares exceptions, les contraintes économiques font qu'un ampli ne suit pas cette belle théorie. Ainsi par exemple un ampli de 2x200W sous 8 Ohms ne sortira que très souvent aux alentours de 2x300W sous 4 Ohms et 2x400W sous 2 Ohms. Il suffit de regarder la documentation technique du constructeur pour avoir toutes les puissances et savoir si l'ampli supporte de travailler sur 2 Ohms.

1.5. Le déciBel

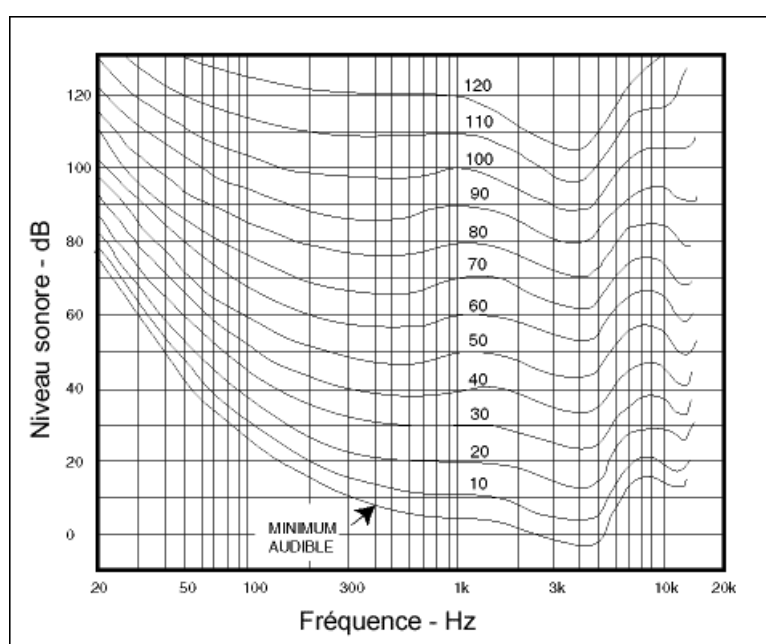
Le déciBel (dB) représente la différence entre 2 niveaux, que ce soit une tension, une puissance ou un volume. C'est une unité issue d'un calcul logarithmique, sa progression n'est pas donc linéaire. Pour ne pas rentrer dans des calculs mathématiques rébarbatifs, voici un tableau qui résume tout ça :

Augmentation en dB	Augmentation en puissance (Watts)	Augmentation du volume perçu
1 dB	26%	à peine perceptible
3 dB	100%	perceptible
6 dB	400%	significative
9 dB	800%	volume perçu doublé

En regardant ce tableau, on s'aperçoit qu'il faut multiplier par 2 la puissance d'un ampli pour produire 3dB de niveau supplémentaire, ce qui est une augmentation faible du volume perçu par notre oreille. En d'autres termes, on gagne 3dB de pression acoustique à chaque fois qu'on double la puissance. De la même manière, quand on monte le son de 8 à 10dB, l'oreille le perçoit comme étant 2 fois plus fort (la pshyco-acoustique n'étant pas une science exacte, la sensation de "2 fois plus fort" varie quelque peu suivant les individus). Autre chose importante à retenir, on ne peut pas ajouter directement les déciBels. Ainsi, 2 sons identiques et simultanés, dont le niveau sonore est de 50dB, ne donneront pas 100dB, mais 53dB !!! Toujours pour mieux comprendre le déciBel et ce qu'il représente dans la réalité, voici un tableau qui indique une échelle de niveaux sonores :

Audition	dB	Exemples de bruits
Seuil d'audibilité	0	
Silence inhabituel	10	Cabine de prise de son
Très calme	20	Jardin tranquille, conversation à voix basse
Calme	30 à 40	Bateaux à voile, discussion tranquille
Bruit courant	50 à 60	Rue résidentielle, appartement bruyant
Bruyant mais supportable	70	Restaurant bruyant, circulation routière importante
Pénible	80	Bruit d'une rue à fort trafic, klaxons d'autos
	90	Train à 25m
Très fort	100 à 110	Moto de course, discothèque, concert
Douleur (lésions définitives de l'oreille)	120 et plus	Réacteur d'avion à quelques mètres (130 dB) fusée au décollage (>160 dB)

Enfin, pour compliquer encore les choses, il faut savoir que l'oreille ne perçoit pas toutes les fréquences de la même manière. Par exemple, nous sommes moins sensibles à 50Hz qu'à 5000Hz. Ce sont Fletcher et Munson, qui ont découvert ce phénomène en 1933 et ils l'ont traduit par un diagramme qui porte aujourd'hui leur nom :



Les fréquences en Hz sont portées en abscisse (X) et le niveau de pression acoustique en dB en ordonnée (Y). Les courbes indiquent les courbes d'égale sensation sonore. Elles sont appelées lignes isosoniques normales pour des sons purs. Pour corriger ce comportement physiologique de l'oreille, il a été inventé le déciBel dit "de pondération A" (noté dBA) dont la réponse en fréquence est la même que celle de l'oreille.

Maintenant, que le déciBel n'a plus de secret pour vous (ou presque), on peut enfin comprendre le rapport entre niveau sonore (dB), puissance admissible et sensibilité. Prenons une enceinte A de 250W à 100dB/1W/1m de sensibilité. Cela veut dire qu'elle sort un niveau de 100dB pour 1W, 103dB pour 2W, 106dB pour 4W, 109dB pour 8W,..., et environ 124dB pour 250W. Une autre enceinte B de 250W mais avec 90dB de sensibilité ne sortira que 114dB maximum, ce qui fait une différence énorme avec l'enceinte A puisque cette dernière sera perçue comme étant 2 fois plus fort par notre oreille !

2. Associer amplis et enceintes

En pratique, pour bien associer des enceintes avec un ampli, il faut donc regarder du côté de la puissance mais aussi de l'impédance. L'un ne fonctionne pas sans l'autre ! Tous les amplis modernes sont prévus pour fonctionner indifféremment sous 4 ou 8 Ohms. Les impédances supérieures ne posent pas de problème, c'est juste que la puissance délivrée sera plus faible. Quant aux impédances faibles telles que 1 ou 2 Ohms, peu d'amplis peuvent supporter une telle contrainte. En fait seuls les modèles haut de gamme peuvent vraiment fonctionner sous 2 Ohms (reportez vous à la notice de votre ampli pour plus d'info).

Si une enceinte de 8 Ohms est raccordée à un ampli, il faut regarder la puissance de l'ampli sous 8 Ohms pour savoir ce que va recevoir l'enceinte. Il est aussi utile de savoir que 2 enceintes de 8 Ohms câblées en parallèle représentent une charge globale de 4 Ohms pour l'amplificateur ; chaque enceinte recevant la moitié de la puissance (l'impédance étant notée Z, la formule mathématique exacte est $1/Z_{total} = 1/Z_1 + 1/Z_2 + \dots + 1/Z_n$). Par exemple, si on raccorde 2 enceintes 8 Ohms de 400W AES sur chaque canal d'un ampli de 2x600W RMS sous 8 Ohms et 2x900W sous 4 Ohms, la charge globale sera de $1/(1/8 + 1/8) = 4$ Ohms. L'ampli sortira donc $900/2=450W$ sur chaque enceinte.

Les véritables pros choisissent un ampli dont la puissance RMS est 2 à 4 fois plus importante que la puissance EIA ou AES de l'enceinte. Mais pour le néophyte qui veut une bonne marge de sécurité, il faut prendre un ampli dont la puissance RMS est égale à la puissance RMS de l'enceinte. Un bon compromis est de **prendre un ampli de puissance égale à la puissance Program/AES de l'enceinte à condition de ne JAMAIS faire saturer l'ampli** (diodes Clip toujours éteintes). Enfin, plus généralement, il n'y a pas de règle stricte, tout ampli peut fonctionner avec n'importe quelle enceinte tant qu'on connaît leurs caractéristiques.

3. Savoir définir ses besoins

Combien de watts sont nécessaires pour une soirée electro de 200 personnes ?
J'ai un ampli de 2x300W et des enceintes X. Cela sera-t-il suffisant pour sonoriser mon groupe rock ?

Ces questions sont très souvent posées et sont de véritables casse-tête pour les néophytes qui veulent s'équiper. Je vais tenter ici de donner quelques éléments pertinents de réponse.

Voici les 4 facteurs essentiels à prendre en compte :

3.1- Le niveau sonore souhaité

Le [décret n° 98-1143 du 15 Décembre 1998](#), souvent appelé "loi des 105dB" impose une limitation des niveaux sonores, à l'intérieur et à l'extérieur des locaux diffusant de la musique amplifiée. Cette limitation est de 105dB(A) en moyenne avec des crêtes maximum de 120dB - Petite parenthèse, la loi aurait du adopter une courbe de pondération C plutôt que la A au vue les niveaux visées. Cela aurait été bien plus logique. Parenthèse fermée - 105dB(A) est donc la norme aujourd'hui en concert bien que cette limite soit assez souvent dépassée.

3.2- La surface à couvrir

Plus on s'éloigne d'une source sonore (enceinte) plus le son est faible. Pour être précis, en champ libre le bruit perçu décroît de 6dB chaque fois que l'on double la distance. Si une enceinte produit un niveau moyen de 116dB (très fort) à 1m, elle ne produira plus que 92dB à 16m, ce qui est insuffisant pour un niveau type night-club ou concert qui est de 105dB moyen (je le rappelle limité par la réglementation française).

Ensuite, il faut savoir qu'une enceinte possède une directivité, qui en gros est l'angle de couverture (exprimée en degrés donc). Elle s'exprime avec 2 chiffres, par exemple 90°x60°. Cela signifie que l'enceinte rayonne 90° sur le plan horizontal et 60° sur le plan vertical. On appelle cela la couverture nominale et elle définit à quel moment le son est moins fort de 6dB par rapport à celui produit dans l'axe de l'enceinte. Remarque importante, la directivité ne s'applique vraiment que pour le médium et l'aigu, le grave étant omnidirectionnel.

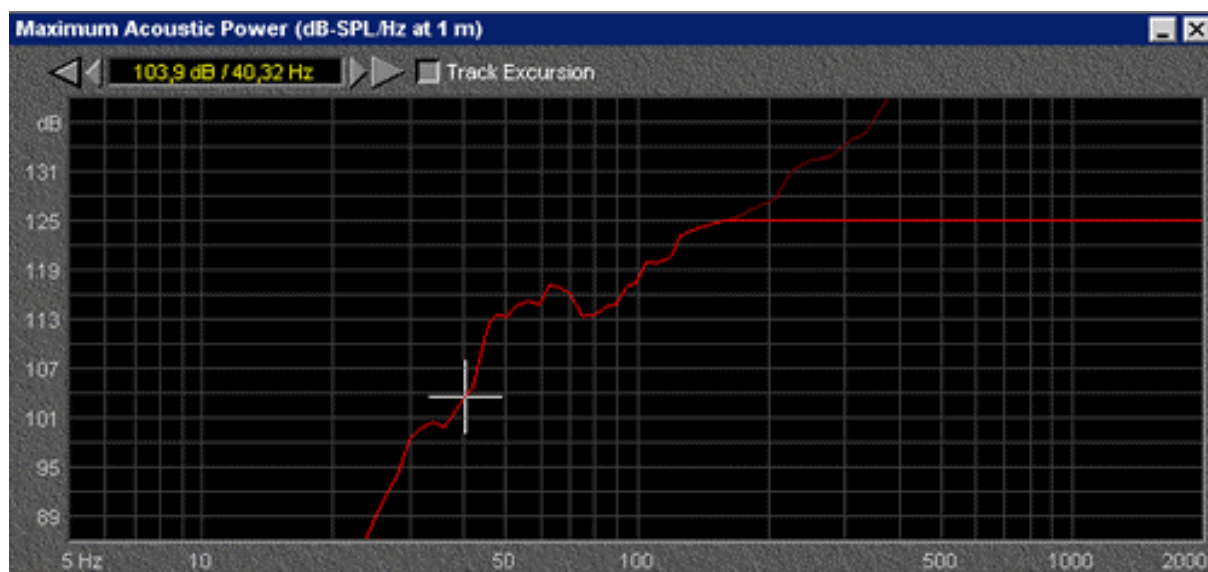
Avec ces informations, il est facile de comprendre que deux enceintes avec une directivité de 90°x60° placés dans les angles suffiront dans une petite salle. En extérieur, il faudra coupler 2 enceintes de 90°x60° pour obtenir 180° de couverture. Cependant, tout n'est pas si simple. Il faut savoir que les problèmes de phase sont nombreux dans les zones de recouvrement et que certaines enceintes se couplent mieux que d'autres. Pour simplifier disons qu'on peut coupler assez facilement 2 enceintes par côté. Au delà, c'est plus compliqué mais je ne vais pas développer car cela sortirait du cadre de cet article.

3.3- Le type de musique

On ne sonorise pas un quator de chambre et une soirée techno de la même manière. Il est donc important de connaître les caractéristiques de la musique jouée pour bien définir ses besoins. La plus grosse problématique vient souvent du niveau de grave. Presque toutes les bonnes enceintes multi-voies de sono peuvent atteindre les



limites de la douleur sur le médium, mais dans les basses fréquences, un 38cm chargé dans une caisse de 80-100 litres n'y arrive pas.



La courbe rouge ci-dessus représente le niveau maximum qu'un boomer Eminence Kappa Pro 15 (très répandu) est capable de fournir dans une enceinte de 100 litres accordée en bass-reflex à 55Hz. Alors qu'à partir de 165Hz, le haut-parleur atteint son niveau maxi, on voit très bien qu'en dessous, le niveau baisse rapidement pour ne produire plus que 104dB à 40Hz. Avec 90% des enceintes large bande en 2 voies à moins de 1000 euros vous obtiendrez le même résultat. Pour qui souhaite du grave, un caisson dédié est indispensable ou alors il faut s'orienter vers un autre type de produit (par exemple un modèle avec 2 boomers de 38cm type AG AUDIO PRO PS-215)

3.4. Dynamique et sécurité

Quand un matériel est poussé à bout durant de longues heures, le risque de casse augmente proportionnellement. Ce sont d'ailleurs souvent les enceintes qui grillent les premières. Si vous vous souvenez du chapitre sur les puissances, les constructeurs d'enceintes utilisent en majorité la norme AES (puissance program) qui est un test sur régime musical pendant une durée de 2 heures. Hors une soirée dure facilement 2 à 4 fois plus longtemps ! Attention donc à ce que vous faites...

Prévoir une marge pour reproduire correctement les pointes de dynamique est aussi une bonne précaution. Les composants travaillent plus loin de leur limite, ce qui diminue les risques de casse et améliore le son qui paraît moins "tassé" et plus naturel.