

Le SPL max des caissons de basse actifs de sonorisation mobile

Une approche simplifiée par Jean Dupont

Les caissons de basse actifs de sonorisation présentent souvent un SPL max assez élevé. S'agit-il d'une limite mécanique et/ou d'une limite électrique? Une comparaison avec le monde hifi ou du home-cinéma est-elle possible ?

Le caisson de basse actif de sonorisation mobile

(en anglais : portable active PA subwoofer)

Ils sont employés, par exemple pour assurer la reproduction des graves pour une soirée dansante occasionnelle comme un mariage dans une salle ne disposant pas d'installation fixe pour une centaine de participants. On rencontre assez souvent une gamme de fréquence de 50Hz à 150Hz (ou 200Hz). Le mot « actif » veut dire qu'un amplificateur est logé dans le caisson. Une utilisation hifi est-elle à priori écartée ?



Le SPL max du caisson

Il s'agit du niveau sonore maximum exprimé en dB annoncé par le constructeur du caisson. Par exemple, le caisson de basse Yamaha DXS18XLF annonce 134 dB SPL max.

Cette valeur est obtenue sur un sinus pour une certaine fréquence (qui presque toujours n'est pas précisée). Pour tout caisson actif du commerce, le SPL max est atteint pour une fréquence un peu inférieure à la valeur haute donnée par le constructeur. Par exemple le Yamaha DXS18XLF est donné de 30Hz à 150Hz, le SPL max sera situé quelques parts en dessous de 150Hz (peut-être 140Hz ?), sans mesure, il n'est pas possible de connaître cette fréquence avec précision.

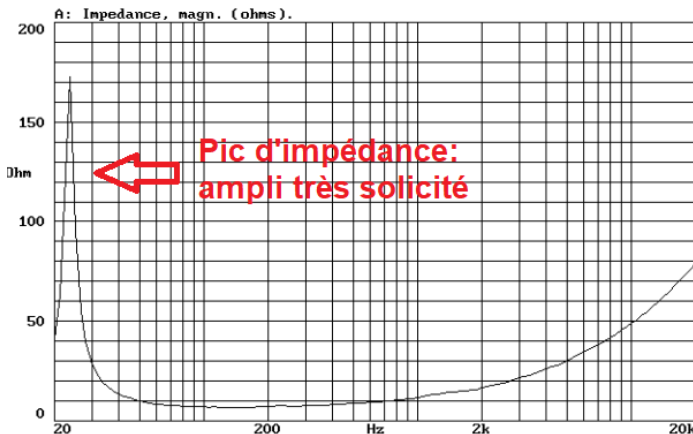
Pendant on sait qu'à partir de la fréquence de résonance (pic d'impédance), par exemple 30Hz, la valeur maximum du SPL augmente avec la fréquence pour atteindre la valeur qui est communiquée par le constructeur puis redescend.

Le Xmax de l'hautparleur

Le Xmax est l'un des paramètres qui caractérise un hautparleur, cette valeur exprimée en mm représente le maximum d'excursion de sa membrane. Assez souvent, l'ordre de grandeur est de 9 mm à 10 mm pour un caisson du commerce. Le Xmax est communiqué si l'on achète un hautparleur est ne l'est pas, le plus souvent, si l'on achète un caisson du commerce

Une approche simplifiée en dehors du pic d'impédance

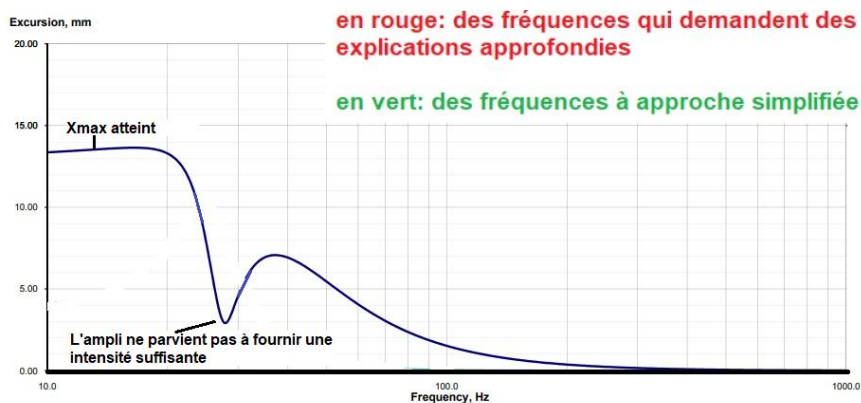
L'ampli est très sollicité aux fréquences proches du pic d'impédance (par exemple à 30Hz). Pour une approche simplifiée, on se placera au-delà de cette fréquence pour ne pas tenir compte à la fois de l'ampli et du Xmax.



en rouge: des fréquences qui demandent des explications approfondies

en vert: des fréquences à approche simplifiée

Le graphique ci-dessous indique le déplacement de la membrane de l'hautparleur pour un amplificateur. Pour obtenir ce graphique on soumet l'amplificateur à un sinus dont la fréquence augmente tout en n'agissant pas sur son bouton de volume. Pour les fréquences en rouge (celles qui demandent des explications approfondies), l'hautparleur plafonne au Xmax pour des fréquences basses. Puis, pour des fréquences plus élevées, l'ampli est en difficulté parce qu'il ne parvient pas à fournir l'intensité demandée par le pic d'impédance. Une approche simplifiée n'est pas possible pour ces fréquences.



Est-ce l'amplificateur ou bien le Xmax qui détermine le SPL max ?

Tout amplificateur est limité en puissance. Par exemple, l'amplificateur du caisson de basse actif Turbosound TPX118B est limité à 600 watts (en continu) selon son constructeur.

L'utilisation d'un calculateur en ligne, par exemple, <http://www.baudline.com/erik/bass/xmaxer.html> permet d'évaluer (ou de supposer) si c'est le Xmax ou bien l'ampli qui est responsable du SPL max.

Exemple du Yamaha DXS18XLF

Yamaha indique :

- Niveau maximum: 136 dB (=SPL max)

- Réponse en fréquence: 30 - 150 Hz
- Module amplificateur (..) 1600 Watt (..)
- 18 pouces

On choisit 140Hz (par approximation) et Xmax=10mm (par approximation, c'est le cas général assez souvent rencontré), le calculateur en ligne calcule un SPL max de 135 dB, ce qui n'est pas loin des 136 dB annoncés.

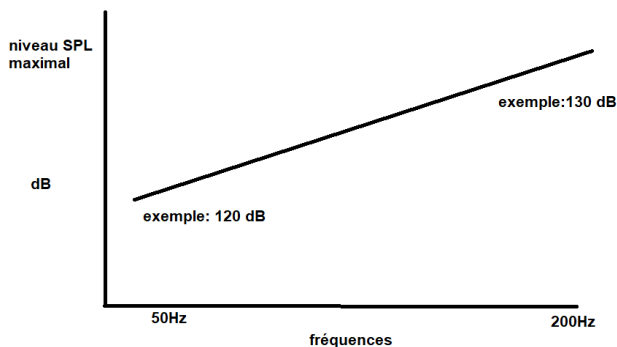
Piston Excursion calculator

This calculator can solve for one piston excursion sealed box or infinite baffle alignment.

Solve for

<input type="text" value="1"/>	number of drivers
<input type="text" value="18"/>	driver diameter (inches)
<input type="text" value="140"/>	Hz
<input type="text" value="135.1901"/>	dB SPL @ 1m
<input type="text" value="10"/>	Xmax (mm)

Selon ces approximations, le caisson délivre bien un SPL max déterminé par le Xmax, les 1600 watts semblent le confirmer: Il s'agit d'un caisson haut de gamme dont l'ampli est généreux comparativement à des caissons plus modestes. Ce n'est pas l'amplificateur qui limite le SPL max à 136 dB SPL mais bien le Xmax de l'hautparleur. Ce graphique montre que dans ce cas le niveau maximal SPL est proportionnel à la fréquence.



Cas d'un amplificateur très généreux:
 - le niveau SPL maximal augmente avec la fréquence
 - c'est le Xmax qui détermine le niveau SPL maximal, pas l'ampli

Exemple du Turbosound TPX118B (caisson passif)

Turbosound indique :

- Frequency Response 45 Hz – 200 Hz ± 3 dB, 35 Hz – 200 Hz -10 dB
- Power Handling (IEC) 600 W Continuous, 2,400 W peak
- Maximum SPL 126 dB continuous, 132 dB peak
- Sensitivity 98 dB (1 W @ 1 m)
- 18 pouces

Si l'on choisit de même 140Hz (par approximation) et Xmax=10mm (par approximation des valeurs généralement rencontrées), le calculateur en ligne calcule un SPL max de 135 dB, ce qui est assez au-dessus des 126 dB annoncés. On peut faire alors l'hypothèse que c'est l'amplificateur de 600 watts qui limite à 126 dB SPL.

Piston Excursion calculator

This calculator can solve for one piston excursion param sealed box or infinite baffle alignment.

Solve for

<input type="text" value="1"/>	number of drivers
<input type="text" value="18"/>	driver diameter (inches)
<input type="text" value="140"/>	Hz
<input type="text" value="135.1901"/>	dB SPL @ 1m
<input type="text" value="10"/>	Xmax (mm)

On peut aussi faire l'hypothèse que sur presque toute sa gamme de fréquence le niveau maximum est limité par l'ampli. (Par souci de simplification, on ne s'intéressera pas au fréquence en dessous de la fréquence de résonance supposée, par exemple à 30Hz).

Quel sera le niveau maximal à 45 Hz pour le caisson Turbosound TPX118B sous 600 watts?

Pour ce caisson, le niveau sonore à 45Hz est déterminé par les 600 watts maximum de l'amplificateur et non pas par le Xmax. La sensibilité est de 98 dB (1w, 1m) et à 45Hz on est à $98 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = 95 \text{ dB}$. Ce lien <https://www.rapidtables.com/electric/dBW.html> permet de calculer le gain en dBW pour 600 watts.

Enter milliwatts:	<input type="text" value="600000"/>	mW	<input type="button" value="Convert"/>
Enter watts:	<input type="text" value="600"/>	W	<input type="button" value="Convert"/>
Enter dBm:	<input type="text" value="57.781513"/>	dBm	<input type="button" value="Convert"/>
Enter dBW:	<input type="text" value="27.781513"/>	dBW	<input type="button" value="Convert"/>
<input type="button" value="Reset"/>			

On arrondit 27,78 dB à 28 dB.

On a $98 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + 28 \text{ dB} = \underline{123 \text{ dB maximum à 45 Hz}}$

- sensibilité de 98 dB pour 1 watts, on enlève 3dB parce que 45 Hz et on rajoute 28 dB pour 600 watts
- on arrive au même résultat avec $126 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = 123 \text{ dB}$. (SPL max constructeur = 126 dB et -3dB à 45Hz)

Exemple du caisson actif KLIPSCH R-115SW

Il s'agit d'un caisson de basse pour la hifi(?) et le home-cinéma de 15 pouces



- ampli 400 watts
- 122 dB SPL max
- filtre de 40 Hz à 150 Hz

On est dans le cas d'une limitation du SPL max déterminée par la puissance de l'ampli (la simulation donne 132 dB SPL). Cependant, il n'est pas exclu que l'hautparleur de ce caisson favorise les fréquences les plus basses (exemple 30Hz) par une fréquence de résonance très basse comparativement à un caisson de sonorisation.

Piston Excursion calculator

This calculator can solve for one piston excursion x in a sealed box or infinite baffle alignment.

Solve for

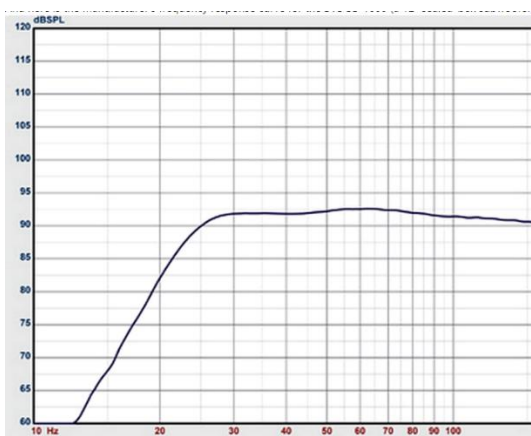
number of drivers
 driver diameter (inches)
 Hz
 dB SPL @ 1m
 Xmax (mm)

Mesures d'un subwoofer home-cinéma du commerce

Il s'agit d'un caisson de marque indéterminée (ce n'est pas Klipsh), un 15 pouces muni d'un amplificateur de 1000 watts et vendu environ 1500\$ aux États-Unis. Cet exemple de mesure est assez représentatif des caissons du commerce. Il ne s'agit pas des mesures habituelles de sensibilité où l'on mesure le niveau SPL à 1 m pour une fréquence croissante et pour une tension de 2.83V. L'idée est de tourner le bouton de volume à fond dans le but de produire le niveau SPL maximum. (Voir ci-dessous la norme CEA 2010).

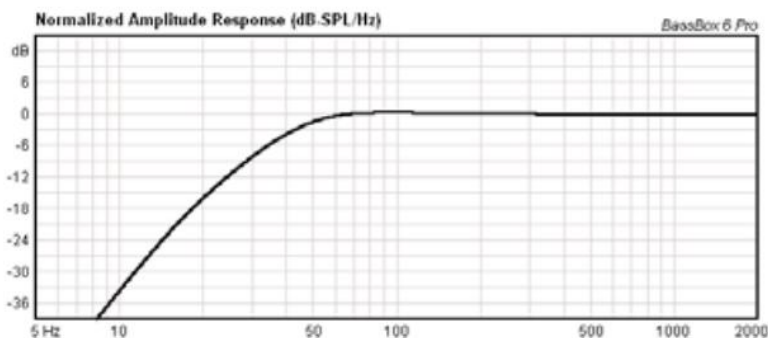
Fréquence	12.5 Hz	16 Hz	20 Hz	25 Hz	31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz
SPL max en dB	100	104	107	109	115	119	119	119	119	119	119	119
Rapporté au niveau de référence 119 dB	-19	-15	-12	-10	-4	0	0	0	0	0	0	0

1000 watts correspondent à +30 dBW, on a 120 dB – 30 dB = 90 dB. On en déduit que la sensibilité est 90dB @1W@1m de 40Hz à 119Hz (en bleu). On est bien dans le cas du SPL max déterminé par la puissance de l'ampli et non pas par le Xmax. Le constructeur a fait le choix d'un hautparleur au rendement assez faible (90dB @1W@1m) mais avec un pic d'impédance assez bas permettant -0dB à 40Hz. Les valeurs en noir correspondent à la chute de la sensibilité dans les basses fréquences, on en déduit une courbe assez comparable à celle-ci :



Comparaison avec un hautparleur de sono :

Généralement, l'hautparleur des caissons de sono à un rendement plus élevé (vers 97-100 @1W@1m) mais on sera plutôt à -3dB à 40Hz, à condition de choisir un 18 pouce. On a généralement cette courbe :

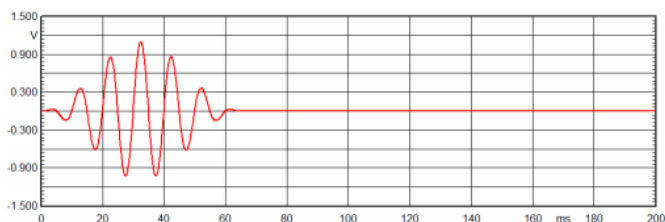


En résumé, à mon avis, l'hautparleur des subwoofer home-cinéma du commerce ciblent avant tout la reproduction des très basses fréquences alors que l'hautparleur de sono met d'avantage l'accent sur le rendement. Cependant, s'il l'on compare un subwoofer home cinéma de 15 pouces avec un caisson de sono de 18 pouces, alors cette différence est moins marquée, à mon avis.

La mesure du SPL max selon la norme CEA 2010

http://www.audiomatica.com/wp/wp-content/uploads/appnote_007.pdf

La Consumer Electronics Association (CEA) est un organisme de normalisation et un syndicat professionnel pour l'industrie de l'électronique grand public aux États-Unis. L'idée est de mesurer niveaux SPL max de chaque subwoofer de façon standardisée en facilitant la prise de mesure et les comparaisons. La mesure n'est pas effectuée en envoyant des sinus pour chaque fréquence mais des rafales (en anglais : burst signal) centrée sur une fréquence pour se libérer de l'influence du local de mesure.



On peut trouver les résultats de ces mesures surtout aux États-Unis pour certains subwoofers du commerce pour le home-cinéma mais plus difficilement pour la sono. Ces mesures présentent parfois des surprises, par exemple un subwoofer du commerce 12 pouces de 550 W à 1000 € caractérisé par un faible rendement et un Xmax assez important sera capable de 111.3dB SPL à 20 Hz, ce qui me semble assez impressionnant.

CEA-2010 Results		
Frequency	dB	Avg dB
20	111.3	113.3
25	112.8	
31.5	115.8	117.0
40	118.1	
50	117.1	
63	115.7	

Cependant, on remarque un SPL max de 115 dB SPL plutôt modeste à 63Hz, en comparaison avec la sono où par exemple 130 dB SPL à 60Hz pour 1000 watts ne sont pas rares. L'idée est qu'il s'agit d'une utilisation dans un salon où l'amateur recherche un SPL max le plus important possible dans les très basses fréquences alors que le niveau de 117 dB SPL à 60 Hz lui suffira largement.

Une mesure selon la norme CEA 2010 se résume en deux nombres, on a ici 113.3 dB, c'est la moyenne des SPL max de 20 à 31.5 Hz et 117dB de 40 Hz à 63 Hz. La norme CEA 2010 permet de caractériser tout caisson actif avec deux valeurs SPL. La norme CEA 2010 traversera t'elle l'Atlantique ?

L'importance relative du SPL max

Pour la sonorisation:

Le SPL max donnera une indication parmi d'autre pour dimensionner une installation.

Pour l'hifi stéréo:

Par exemple, la capacité de bonne reproduction des grosse-caisses à un niveau sonore assez élevé (très élevé?) va dépendre des SPL max aux différences fréquences. Si par exemple les fréquences hautes de la grosse caisse sont reproduites à un niveau élevé et si les fréquences basses (par exemple 60Hz) ont simultanément un niveau insuffisant en comparaison, alors la grosse caisse sera dénaturée (trop peu explosive) à cause d'un SPL max trop petit à 60Hz.

Jadis, le caisson de grande taille allait souvent de soi pour obtenir un niveau SPL assez élevé sous 70Hz. Ce n'est plus autant le cas aujourd'hui compte tenu de l'avancée technologique et des solutions devenues plus abordables: la correction numérique, les amplificateurs puissants (Classe D), les hautparleurs à Xmax importants.

Exemple de caisson de grande taille:



Aujourd'hui, par exemple ce 12 pouces sous 500 W (1000€ pièce) permet des niveaux SPL sous 70Hz (mesures CEA 2010) supérieurs à celle d'un caisson de grande taille mais pour un encombrement plus faible. Mais, n'est-ce pas des niveaux SPL beaucoup trop généreux pour une utilisation hifi dans son salon? Surtout s'il en faut deux ?



Remarque: à mon avis, pour ne pas altérer l'image stéréo hifi, un seul subwoofer (au lieu de deux) est possible à condition qu'il soit non localisable, pour cela :

- *la coupure haute sera à 50-60Hz alors que souvent il ne se passe pas grand-chose sous 40 Hz en hif, à mon avis*
- *le subwoofer transmet peu de vibrations parasites, il est très rigide*
- *à mon avis, avec une coupure haute à 50 Hz, des éventuels soucis de phases s'entendront moins (ou pas du tout ?) en comparaison avec une coupure haute à 100 Hz*

Pour le studio d'enregistrement:

Typiquement, l'ingénieur du son va vérifier à l'oreille qu'il n'a rien « oublié » sous 50Hz. Pour cela il va utiliser un subwoofer de studio capable de produire un niveau SPL assez élevé même aux très basses fréquences. Par exemple, pour 5000€ environ, on peut trouver un 21 pouce pour 1000 W capable de 128 dB SPL à 18 Hz.



Par ailleurs, on trouve une large gamme de subwoofer actifs de studio, allant du modèle éco au très haut de gamme.

Pour le home-cinéma:

Les SPL max de 20Hz à 63Hz donnent une indication sur la capacité d'un subwoofer à produire des sensations fortes. D'un caisson du commerce à l'autre, le prix de vente du caisson sera plus ou moins en rapport avec les performances du caisson selon les mesures CEA 2010.

Conclusion

Pour un caisson actif donné, le niveau maximal SPL n'est pas le même pour toutes les fréquences. Parmi ces niveaux maximaux, le constructeur du caisson choisit le plus haut pour en faire le SPL max qu'il publie. En simplifiant, si l'amplificateur n'est pas super-généreux alors l'amplificateur sera responsable du SPL max publié, si au contraire il est plutôt surdimensionné alors le Xmax sera responsable de ce SPL max.

Dans ces exemples, on a pu vérifier que leurs données-constructeurs ne sont pas du tout fantaisistes mais qu'elles ne sont pas suffisamment complètes pour une simulation précise, comme c'est presque toujours le cas pour d'autres caissons du marché. Il manque surtout, à mon avis, la fréquence de l'impédance maximale. Le Xmax étant assez souvent vers 10mm, le connaître précisément me semble moins important. Les données-constructeurs gagnent à être complétées par des mesures selon la norme CEA 2010, si elles sont disponibles.

Les arguments comme « *un caisson de sono n'est fait ni pour l'hifi, ni pour le home-cinéma* », « *ça ne descend pas* », « *un son lourd* » et « *besoin d'un grand salon* » méritent, à mon avis, d'être réévalués alors qu'aujourd'hui un simple PC et des logiciels souvent gratuits rendent la correction numérique en phase et amplitude accessible à un grand nombre et dans la mesure où l'on peut envisager un ou deux caissons de 18 pouces chez soi. On peut trouver un caisson actif de 18 pouces et de 500 watts neuf sous 300€.

Dans le cas d'un budget confortable (plus de 1000€ ?), il est possible d'essayer de concilier à la fois un encombrement réduit et des niveaux SPL plus importants dans les très basses fréquences, ceci en misant sur une amplification importante et des hautparleurs à plus faible rendement et à Xmax important. Un regard sur les subwoofers home-cinéma du commerce et sur les subwoofers de studio peut s'avérer utile, d'autant plus s'il connaît la norme CEA 2010.

