



Placement et couplage des subs

Tome 1 : champ libre

Version 1.00 Preliminary

Prepared by: Damien & Arthur
Last update: October 26, 2005

Copyright 2004-2005 AG Audio Pro – Copy not allowed without prior notice



1. Introduction

Le couplage des subs est un sujet à polémique qui a souvent divisé les sonorisateurs. Le but de ce document est de clarifier la situation en fournissant les bases théoriques nécessaires à une bonne compréhension du problème.

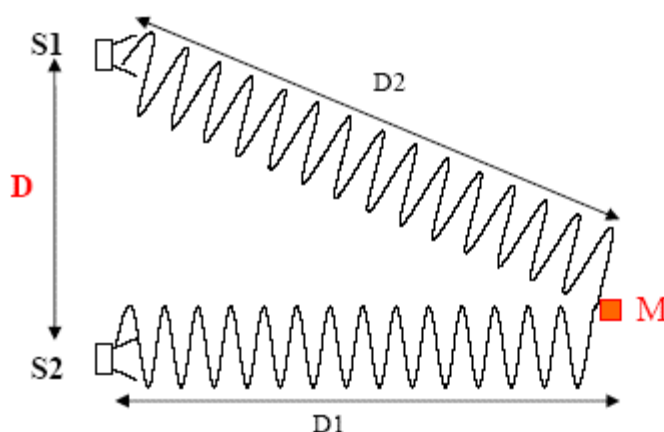
2. Quelques notions d'acoustique

Le son tel que perçu par nos oreilles est une gamme de fréquence comprise entre 20Hz et 20KHz et dont le niveau varie entre 0 dB SPL (20μPa, seuil d'audibilité) et 130 dB SPL (seuil de la douleur). Dans ce document nous allons uniquement nous consacrer aux fréquences inférieures à 100Hz, c'est à dire celles qui sont reproduites par les Subs. Il faut toujours garder à l'esprit les longueurs d'onde des fréquences inférieures à 100Hz qui sont très grandes:

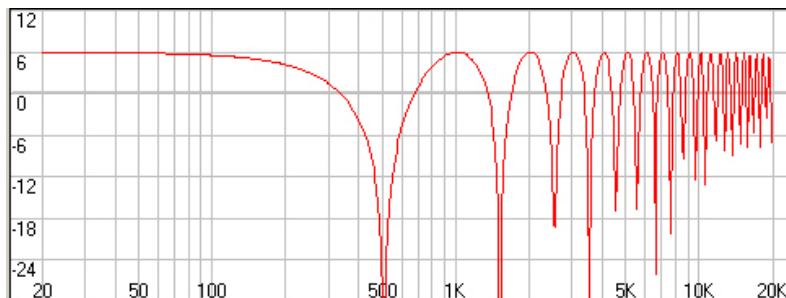
- 20Hz correspond à une longueur d'onde de 17 mètres
- 100Hz correspond à 3,4 mètres

Le **filtre en peigne** est le phénomène (avec les ondes stationnaires) le plus important à connaître dans le son. Celui-ci va se manifester par exemple lors d'un couplage de deux enceintes ou lors d'une prise de son avec plusieurs microphones sur la même source. Dans le cas d'un couplage entre plusieurs enceintes, cela se traduit concrètement par un détimbrage dans la zone de recouvrement. Prenons le cas de deux sources émissives (haut-parleur) espacées d'une distance D qui diffusent un signal identique (ici un bruit rose). Les mesures de réponse en fréquence sont effectuées au point M . Au point M les signaux sont retardés d'un temps $t=(D1-D2)/C$

C est la célérité du son dans l'air (340 m/s à 20°C)



Voici la courbe de réponse en fréquence résultante de cette configuration avec D1-D2=34 cm :

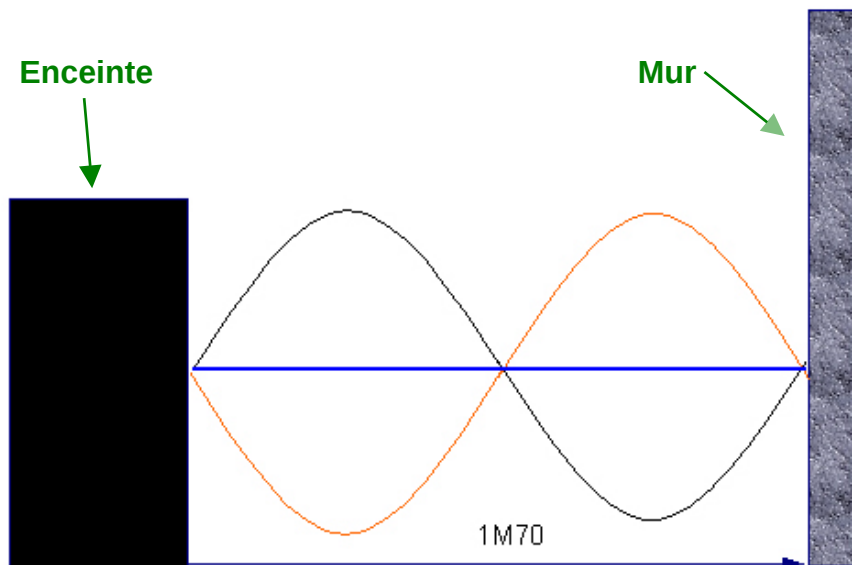


En regardant la courbe de réponse en fréquence, on comprend mieux l'appellation "filtre en peigne". On constate que le premier accident se situe à 500Hz, le second à 1,5KHzjusqu'à 19,5Khz. 500Hz nous donne une longueur d'onde de 68cm, ce qui correspond au double de D1-D2, ou encore la demie longueur d'onde de 500Hz. En dessous de 500Hz il n'y a pas d'accident. On peut donc conclure que **si l'espacement entre les sources n'excède pas la demie-longueur d'onde de la fréquence maximale considérée, il n'y a pas de filtre en peigne**. Plus l'espacement entre les sources émissives est grand, plus le premier creux apparaît à une fréquence faible.

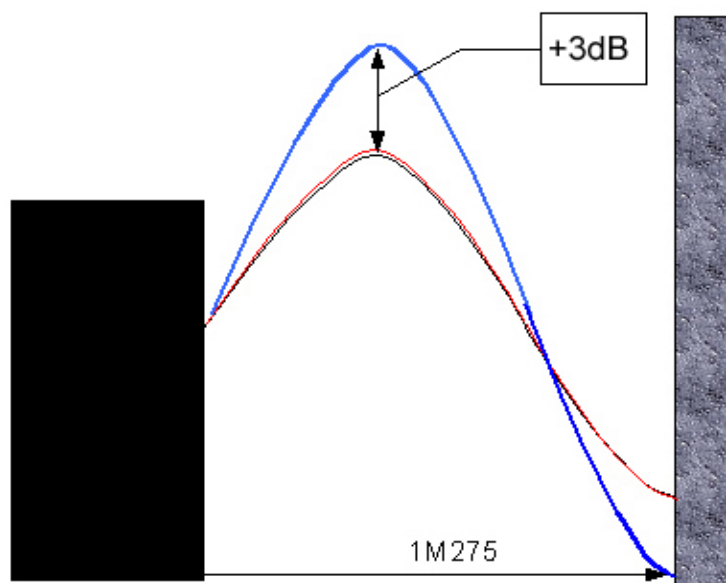
La **loi d'Olson** (1950) découle directement du phénomène de filtre en peigne. Il a été démontré par Olson que si une succession de sources émissives sont contigues et qu'un espacement maximal qui correspond à la demie longueur d'onde de la fréquence maximale à reproduire entre chaque source adjacente est respecté, l'ensemble se comporte comme une source unique. En d'autres termes les sources fusionnent entre elles pour ne former qu'une seule source dont la directivité va dépendre de la longueur acoustique du réseau. C'est ce principe fondamental qui est repris dans la technologie « Ligne source » des Line-Array. Attention, la loi d'Olson n'est valide qu'en champ éloigné. En champ proche les sources ne fusionnent pas. La transition entre champ proche et champ éloigné est donnée par la relation : $R_{lim} = H \times F / 340$ où H est la longueur acoustique du réseau en mètres et F la fréquence.

Un autre phénomène a une importance considérable en sonorisation, ce sont les **ondes stationnaires**. Lorsqu'une onde (sonore, électromagnétique, électrique etc...) se propage dans son environnement (pour nous l'air), celle-ci peut être réfléchi. La sommation du son direct et du son réfléchi peut atténuer ou renforcer considérablement l'amplitude du signal. Prenons le cas d'une enceinte qui diffuse un signal en direction d'un mur avec un coefficient de réflexion égal à 1. Le centre acoustique de l'enceinte est placé à 1,70m puis à 1,275m du mur. Envoyons un signal sinus pur d'une fréquence de 100Hz :

L'onde incidente est en noire, l'onde réfléchiée en rouge et la sommation des signaux en bleu.



Ici on a une annulation pure et simple.



Ici on a une sommation parfaite (+3dB SPL)

Lorsque la source émissive se trouve à un multiple entier impair du quart de la longueur d'onde, il y a sommation parfaite. Par contre, lorsque la source émissive se trouve à un multiple entier de la demie longueur d'onde, il y a annulation pure et simple. Cette annulation se produit lorsque la source est placée à $d = (2k+1) * \lambda / 2$ avec :

- d la distance source/paroi parallèle
- λ la longueur d'onde de la fréquence considérée
- k un multiple entier.

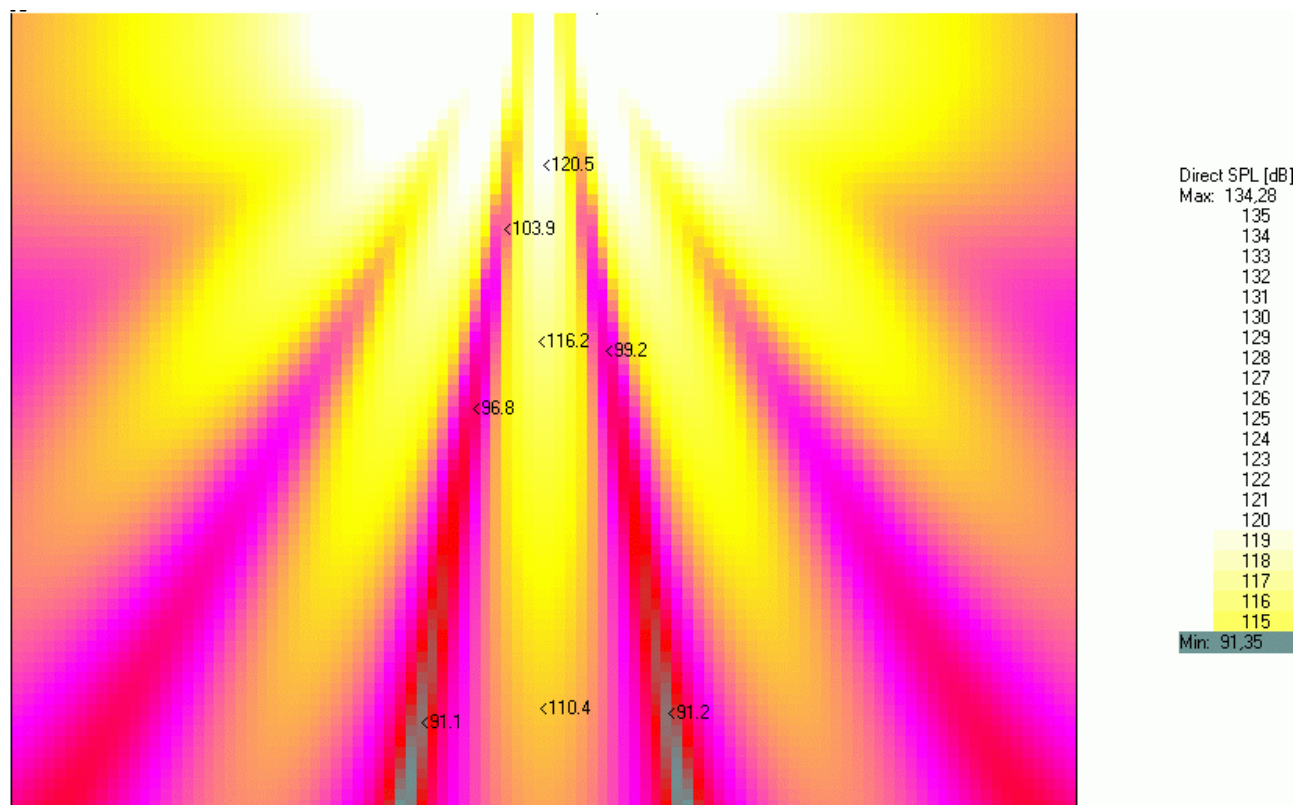
Une annulation correspond à un noeud de pression, tandis qu'une sommation correspond à un ventre de pression. En pratique une annulation totale comme une sommation exacte n'existe pas car le coefficient de réflexion n'est jamais égal à 1 et parce que l'onde réfléchie voit son niveau décroître avec la distance: typiquement 6dB SPL à chaque fois que la distance double en champ libre.

3. Etudes de cas

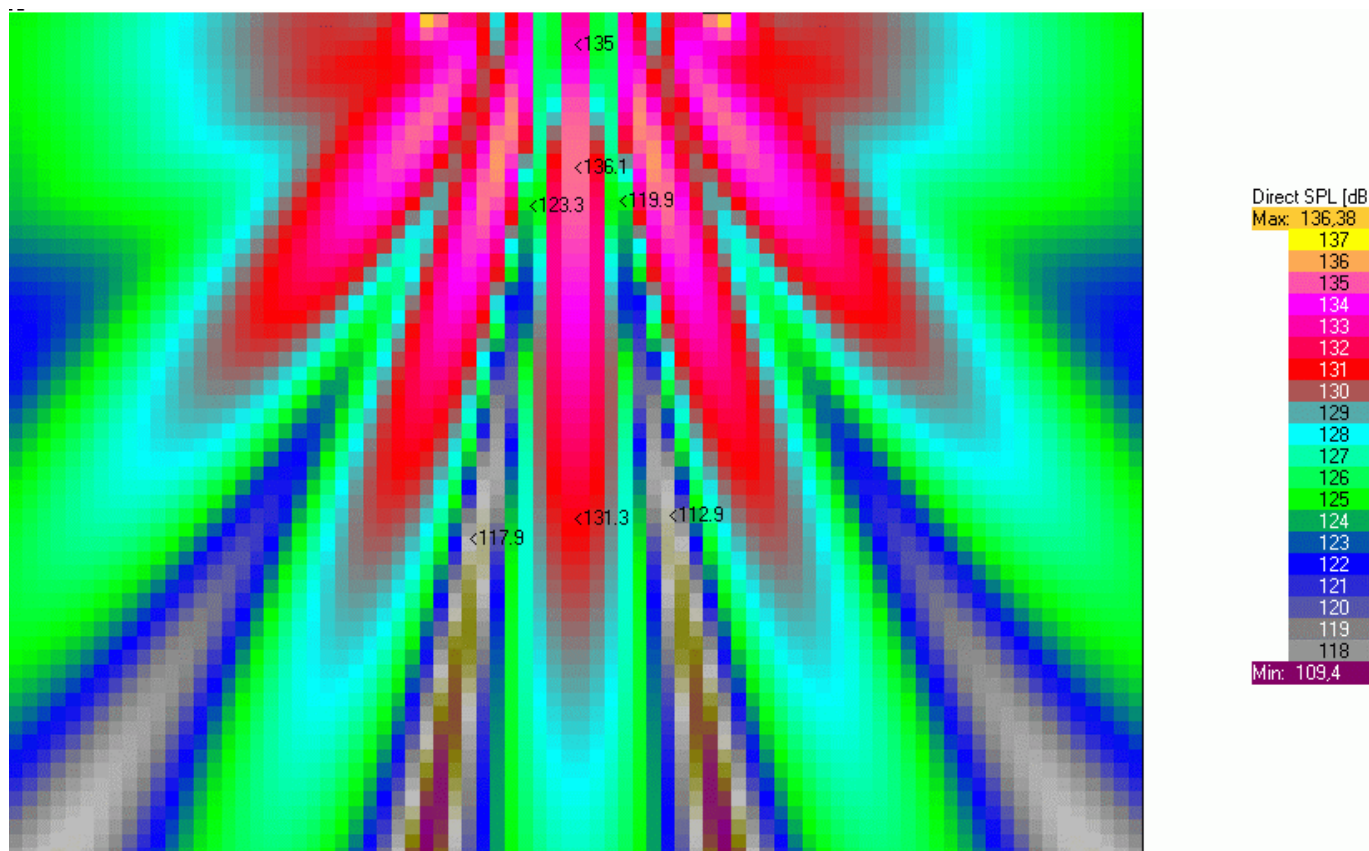
Maintenant que les bases théoriques ont été posées, voyons voir ce que cela donne dans la réalité. Voici quelques cas pratiques que nous avons testés ou simulés sous EASE. Le but est d'offrir le même son à chaque spectateur, donc d'avoir la couverture la plus homogène possible. Les rendus sont donnés pour une fréquence de 100Hz. Dans tous les exemples ci-dessous, nous considérons une scène de 10 mètres d'ouverture et une l'aire d'audition de 40 mètres de large sur 30 mètres de profondeur.

Remarque importante : Tous les cas étudiés ci-dessous sont en champ libre, les ondes stationnaires (modes propres) ne sont donc pas prises en compte.

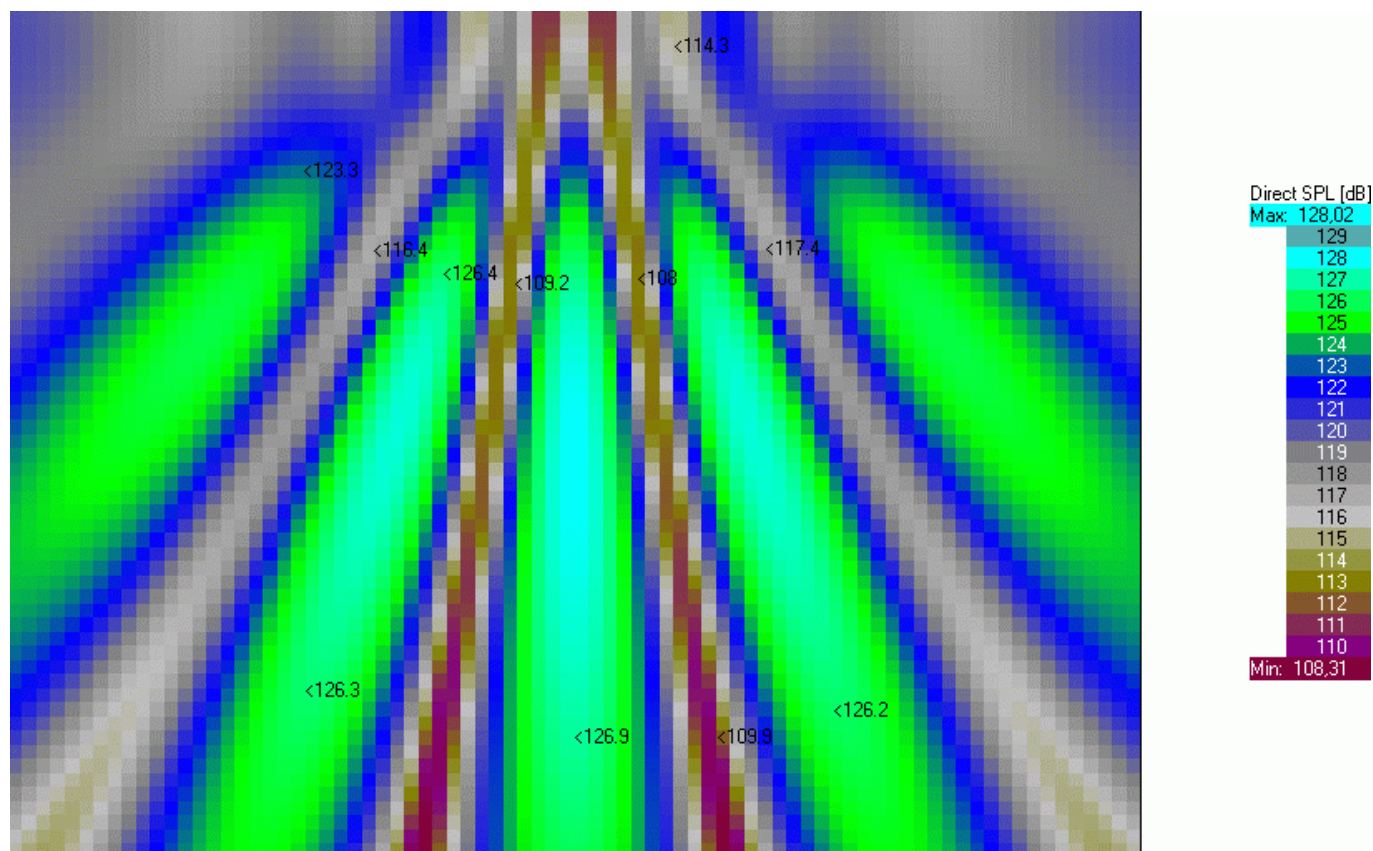
Exemple 1 : stack de 2 subs posé au sol de chaque coté de la scène



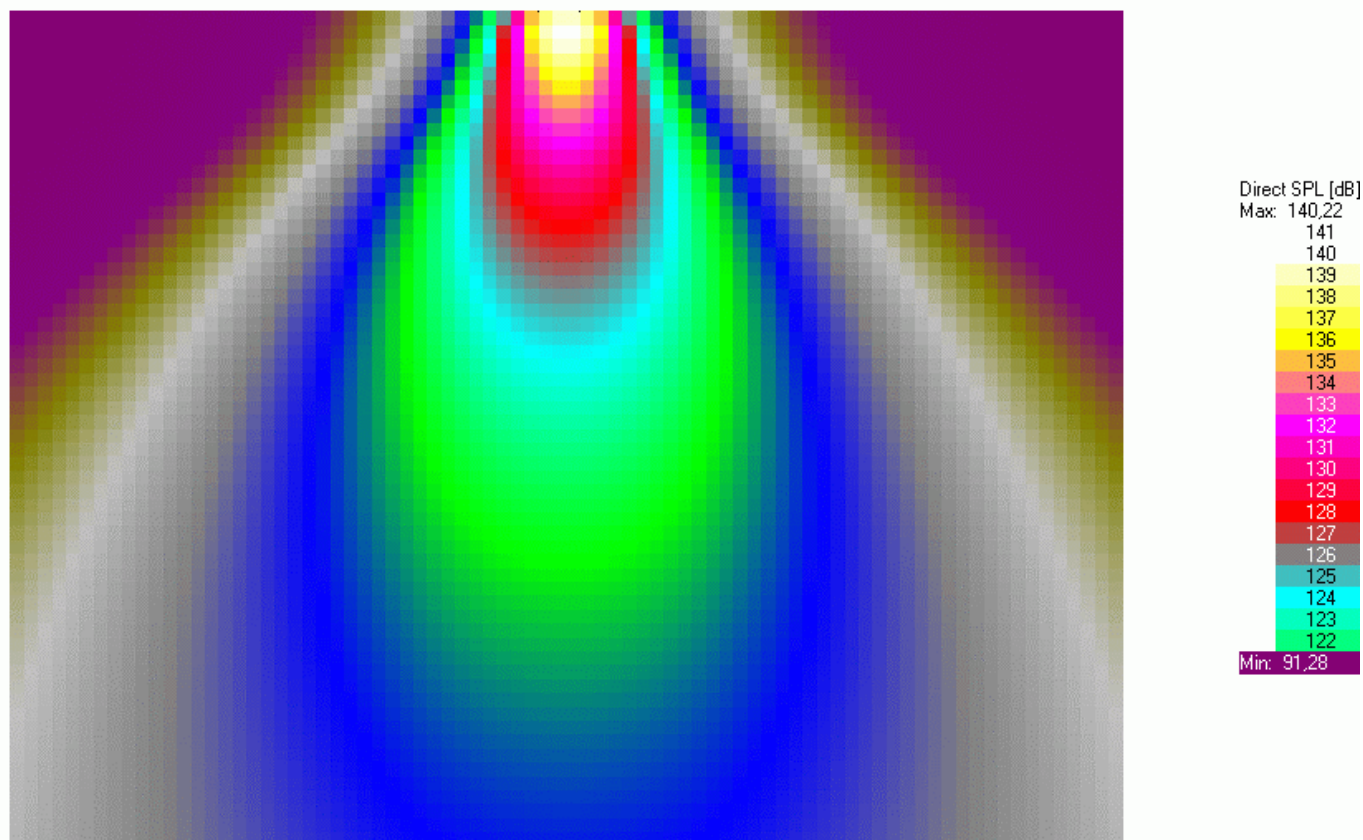
C'est la solution la plus courante et pourtant c'est la plus mauvaise ! De tropes grandes différences de niveau (jusqu'à 20 dB SPL) entre des zones très proches (moins d'un mètre) sont visibles.

Exemple 2 : stack de 8 subs couplés verticalement posé au sol de chaque coté de la scène

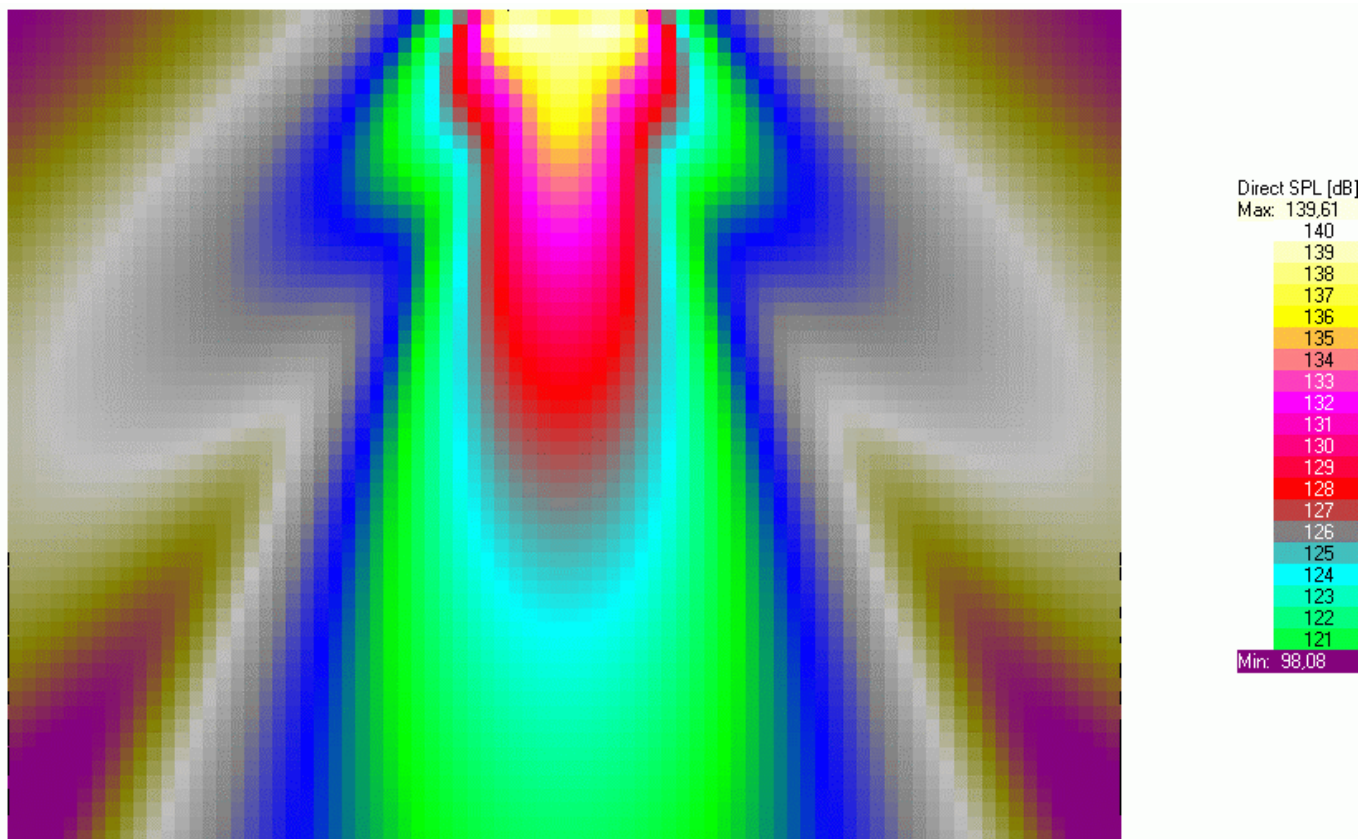
Ici le niveau est plus constant dans la profondeur. Par contre l'homogénéité n'est pas satisfaisante. Pourtant c'est une solution que l'on rencontre aussi très souvent !!!

Exemple 3 : stack de 8 subs couplés verticalement clusté à 8m de chaque côté de la scène

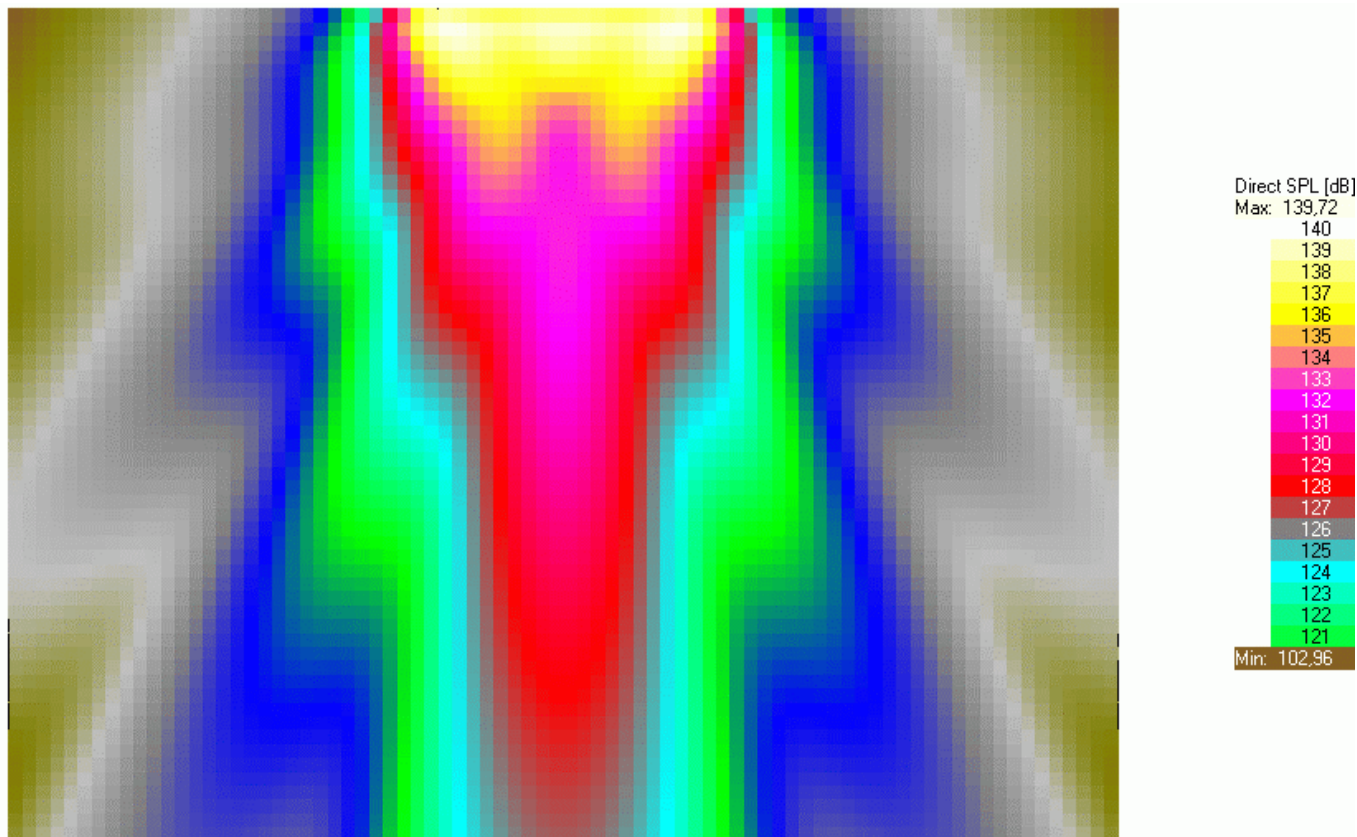
Ici le niveau est quasi constant sur la profondeur, par contre on a perdu en pression (10dB SPL). La ligne de 8 subs commence à devenir directive, le niveau est beaucoup moins important devant la scène.... De plus, les franges d'interférence sont toujours présentes. Cette solution n'est pas satisfaisante et pourtant elle est la plus couramment utilisée avec du line-array...

Exemple 4 : stack unique de 4 subs couplés horizontalement et posé au centre de la scène

Dans cette configuration il n'y a pas de franges d'interférences. Par contre l'énergie est focalisée au centre. C'est une solution qui peut être retenue lorsque la scène ne dépasse pas 6 mètres et que la largeur de l'aire d'audition n'est pas trop importante, c'est à dire inférieure à 15m.

Exemple 5 : stack unique de 8 subs couplés horizontalement et posé au centre de la scène

Cette configuration accroît encore un peu plus la directivité horizontale, elle ne permet pas de distribuer l'énergie de façon homogène (un « tunnel » de pression se crée).

Exemple 6 : stack unique de 16 subs couplés horizontalement et posé au centre de la scène

Très grande directivité horizontale , l'énergie est beaucoup trop focalisée au centre.

En conclusion de ces cas pratiques, nous retiendrons que plus la longueur acoustique est grande et plus la directivité augmente. De toutes ces configurations, une seule semble convenir à un petit auditorio (entre 4 et 6 subs devant la scène). De plus, contrairement à ce qui est souvent mis œuvre, un stack de subs de chaque côté de la scène ne permet pas de couvrir de façon homogène l'auditorio....

4. Conseils pratiques et recommandations sur les produits AG AUDIO PRO

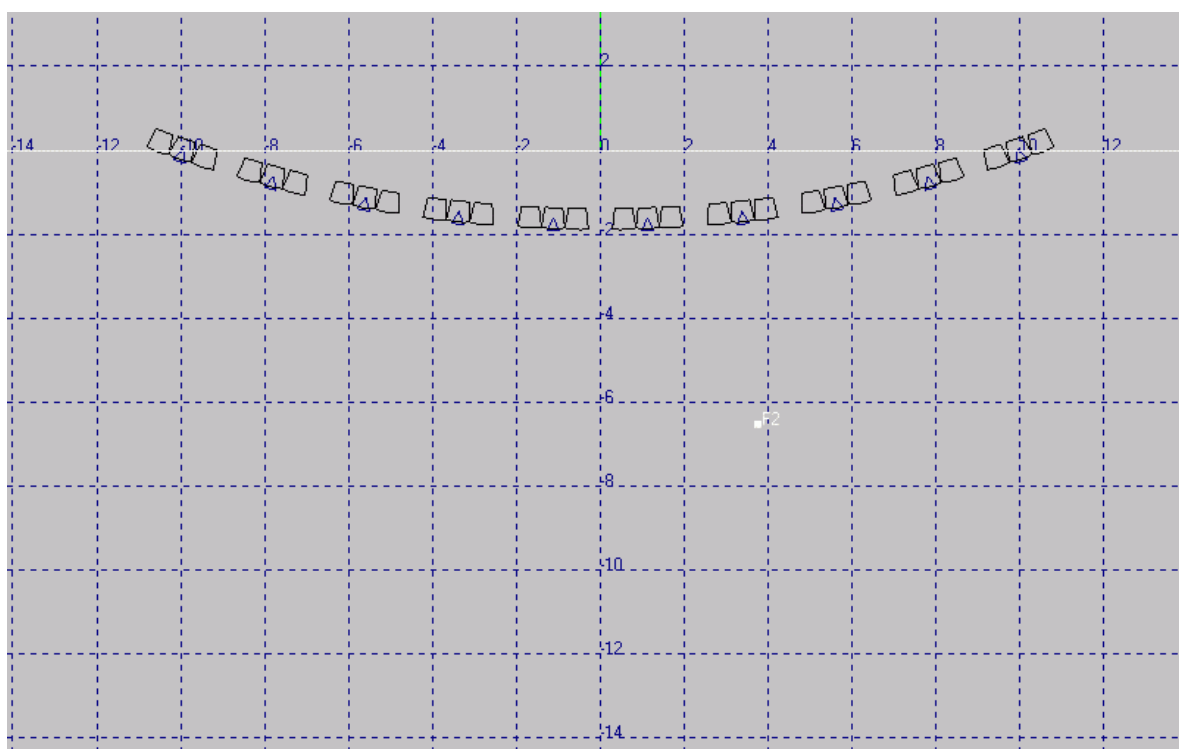
Nous avons vu que plus on couple des subs entre eux et plus la directivité augmente. En schématisant, un couloir de son va se former et la largeur de celui-ci va être égal à la longueur acoustique du réseau (si celui-ci est plus grand que la longueur d'onde à reproduire). Afin d'obtenir une reproduction homogène, nous devons diminuer la directivité et donc augmenter l'angle d'ouverture du réseau. Pour y parvenir, nous disposons des solutions suivantes :

- espacer les sources émissives (tout en respectant la loi d'OLSON)
- courber le réseau : plus le réseau va être courbé et plus l'angle d'ouverture va augmenter (donc la directivité va diminuer)
- traiter de façon distincte le signal envoyé à chaque groupe d'enceintes.

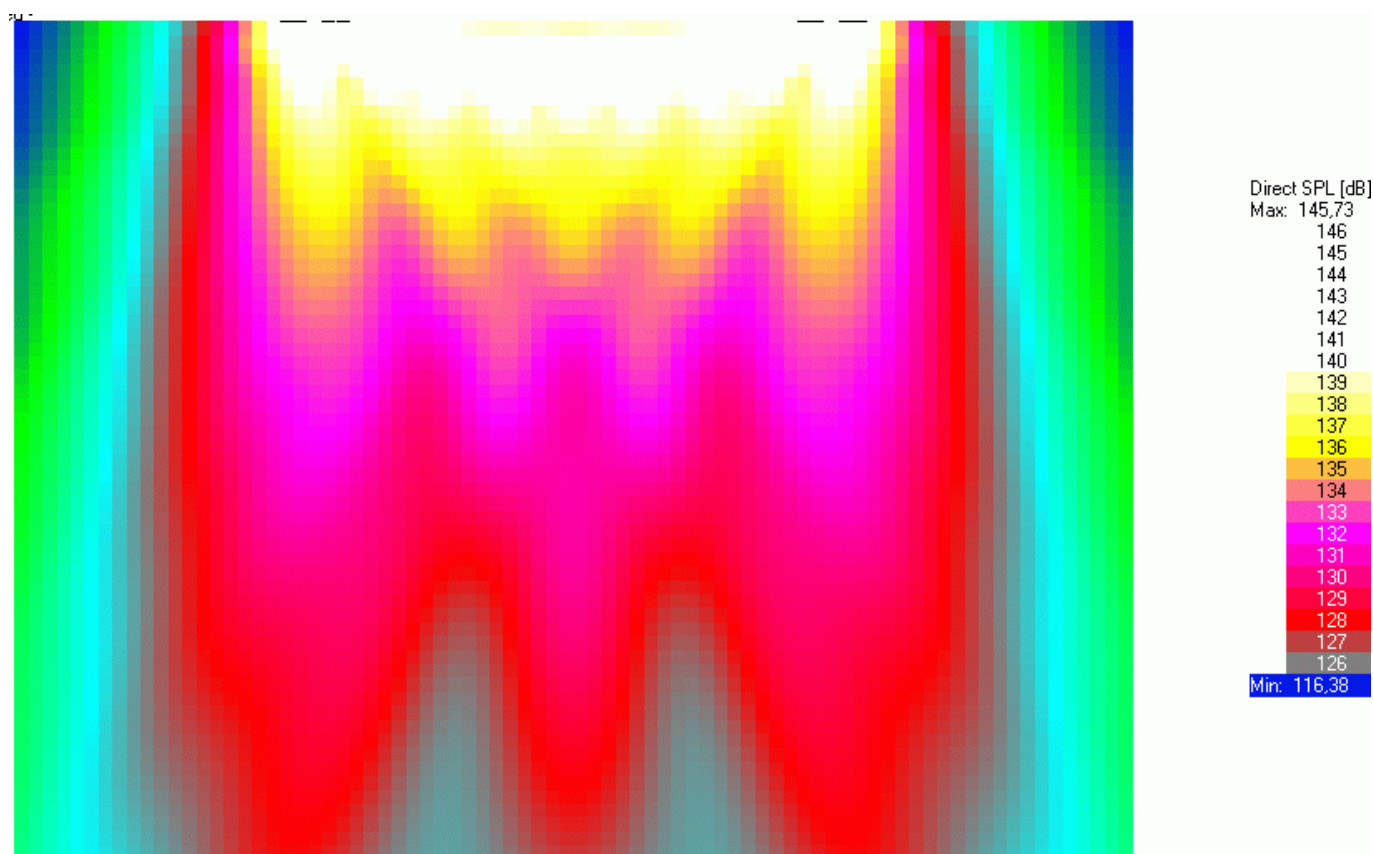
Exemple concret et solution:

Dans cet exemple nous allons cumuler les 3 pistes précitées.

Reprenons notre scène de 15 mètres d'ouverture avec une aire d'audition de 40 mètres de large sur 30 mètres de profondeur (en plein air). Afin d'obtenir une diffusion homogène, nous allons créer des groupes de 3 TS-118H couplés horizontalement et espacés de 1m70 (demie longueur d'onde de 100Hz). Nous allons d'abord courber le réseau puis atténuer les groupes de subs du centre vers les extérieurs de manière décroissante. Cela nous donne le schéma d'implantation suivant :

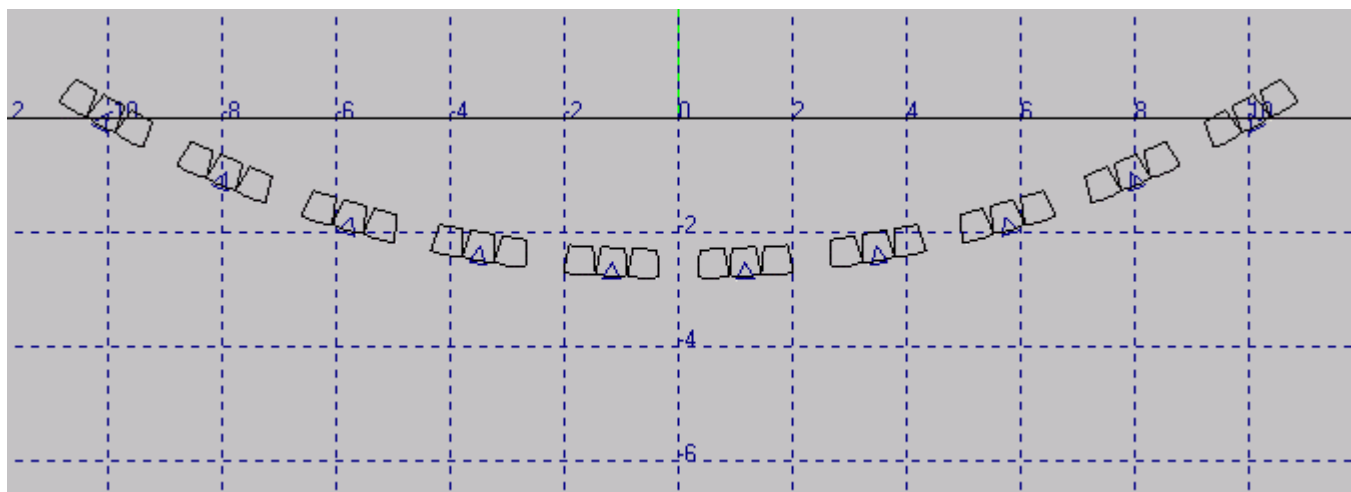


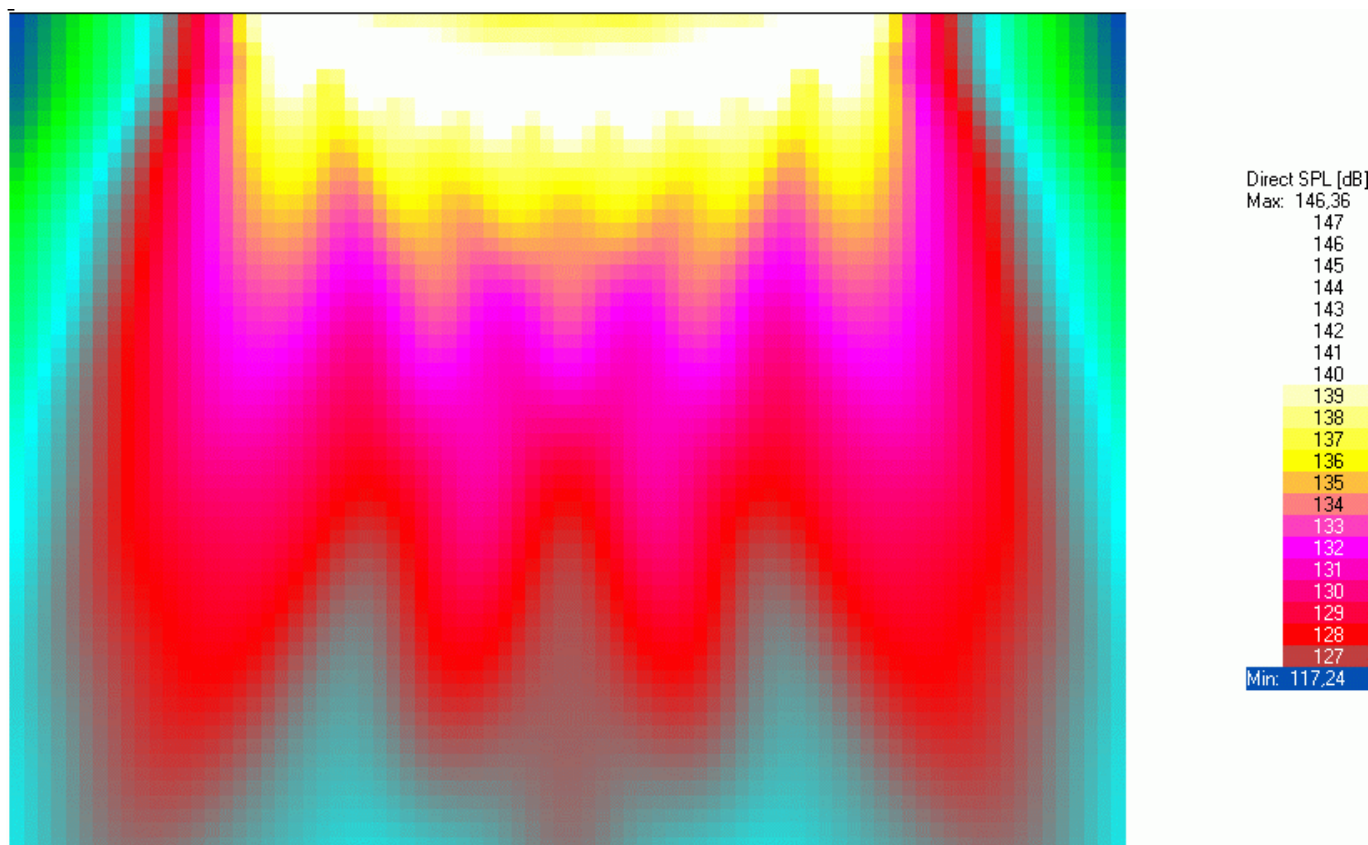
10 groupes de 3 TS-118H soit 30 subs poussés par 5 HCA 6.0 ou 5 DPA 6.0



En ayant espacé les sources et courbé le réseau , on voit très bien que la directivité a diminué. On couvre dorénavant l'auditoire avec une bonne homogénéité.

Maintenant nous allons courber le réseau un peu plus :



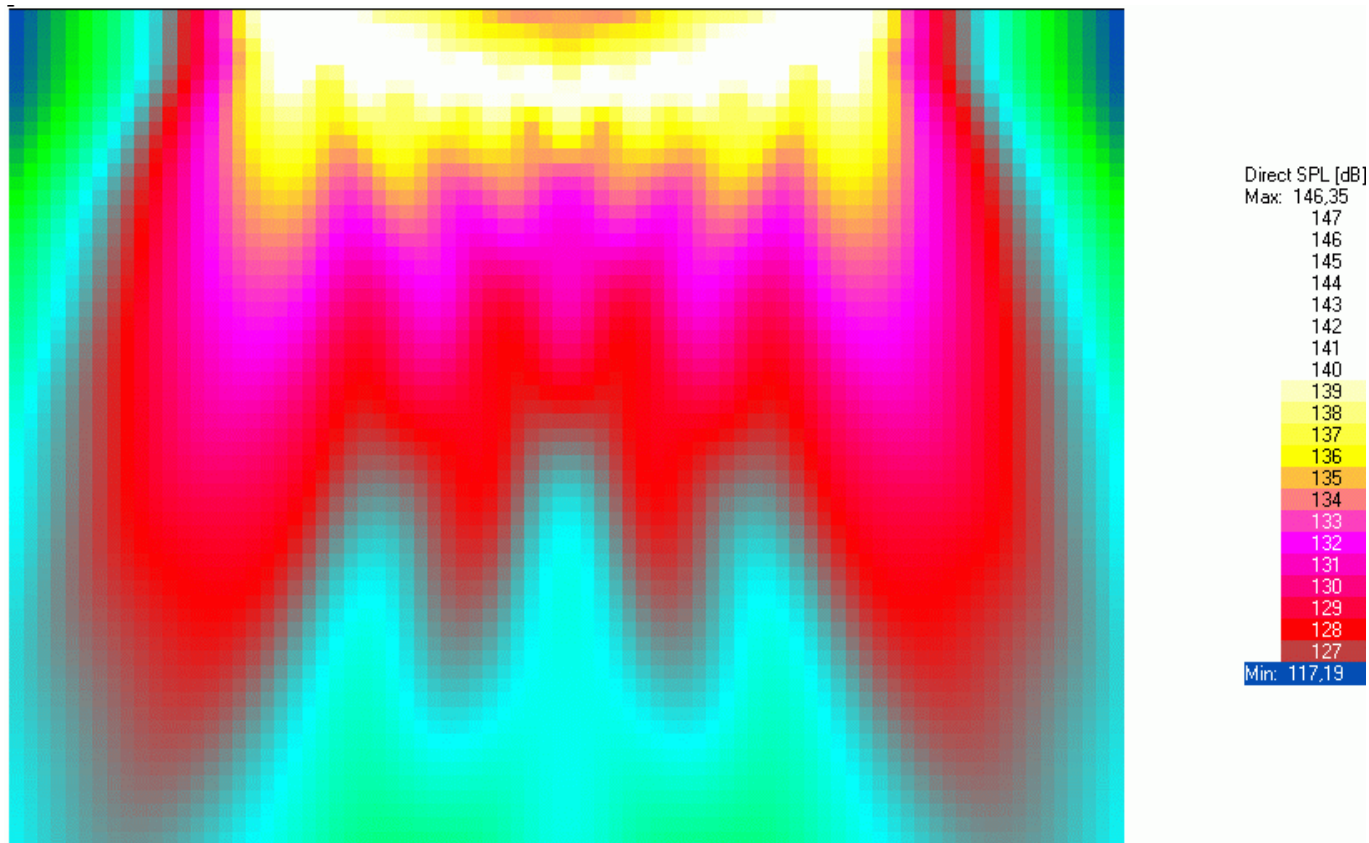


La surface est couverte avec encore plus d'homogénéité.

Enfin, atténuons les enceintes comme ci-dessous :

#	G	Item	Speaker Model	L 100Hz ...
1		3 TS-118H1	3 TS-118H h	145.54
2		3 TS-118H2	3 TS-118H h	145.54
3		3 TS-118H3	3 TS-118H h	144.54
4		3 TS-118H4	3 TS-118H h	143.54
5		3 TS-118H5	3 TS-118H h	142.54
6		3 TS-118H6	3 TS-118H h	142.54
7		3 TS-118H7	3 TS-118H h	143.54
8		3 TS-118H8	3 TS-118H h	144.54
9		3 TS-118H9	3 TS-118H h	145.54
10		3 TS-118H10	3 TS-118H h	145.54

Les groupes de subs sont numérotés de 1 à 10 de gauche à droite sur le plan d'implantation.
« L 100Hz » correspond au niveau délivré par chaque groupe de subs à 100Hz.



L'atténuation apportée aux groupes de subs qui sont le plus au centre permet de diminuer l'excès d'énergie au centre

5. Conclusion

Le but de ce dossier était d'éclairer l'utilisateur sur le fait qu'il est possible d'obtenir une couverture homogène pour les fréquences reproduites par les subs. La contrainte majeure est qu'il faut une quantité non négligeable de subs bien qu'en pratique cela dépend de la largeur de la surface à couvrir et du niveau souhaité. Nous avons aussi démontré que la solution la plus utilisée (2 « gros » stacks de subs de chaque côté de la scène) est aussi la plus mauvaise. Si possible évitez là ! Le service technique AG AUDIO PRO est à votre disposition pour toute information complémentaire ou pour toute application spécifique de ces techniques de couplage.

A venir dans la même série :
tome 2 : placement et couplage des subs en espace clos.