



# DÔME<sup>®</sup>

WHITE PAPER

Dossier de développement





## SOMMAIRE

<b>1/ DESCRIPTION GÉNÉRALE</b>	[Page 4]
<b>2/ ETAT DE L'ART EXISTANT</b>	[Page 5]
<b>3/ OBJECTIFS VISÉS</b>	[Page 5]
<b>4/ TRAVAUX EFFECTUÉS</b>	[Page 6]
<b>4.1 Etudes, mesures et essais concernant l'optimisation de la reproduction des basses fréquences</b>	[Page 6]
4.1.1 Avec un volume de charge de 0,4 litre	[Page 7]
4.1.2 Volume de charge de 0,6 litre	[Page 8]
4.1.3 Volume de charge de 0,8 litre	[Page 9]
4.1.4 Recherche pour augmenter la puissance	[Page 11]
<b>4.2 Etudes, mesures et essais concernant l'optimisation pour la reproduction des hautes fréquences</b>	[Page 13]
4.2.1 Essai d'un transducteur large bande pour l'ensemble de la bande passante du système	[Page 13]
4.2.2 Essai d'intégration d'un tweeter coaxial au haut parleur de grave	[Page 13]
<b>4.3 Création d'un châssis optimisé intégrant les deux transducteurs afin d'avoir un encombrement le plus réduit possible tout en améliorant les effets de bafflage</b>	[Page 17]
<b>4.4 Pour affiner la mise au point nous avons réalisé des écoutes dans différentes configurations d'acoustiques</b>	[Page 18]
<b>4.5 Les écoutes comparatives avec d'autres systèmes concurrents</b>	[Page 19]
<b>5/ DIFFICULTÉS TECHNIQUES RENCONTRÉES</b>	[Page 21]
<b>5.1 Concernant la mécanique : Intégration des transducteurs</b>	[Page 21]
<b>5.2 Concernant l'étude acoustique</b>	[Page 22]
<b>5.3 Concernant l'esthétique et le design</b>	[Page 22]
<b>6/ PROGRÈS ACCOMPLIS</b>	[Page 23]
<b>7/ MATÉRIELS SPÉCIFIQUES</b>	[Page 23]

### 1 / DESCRIPTION GÉNÉRALE

#### Nature du produit

Dans le domaine du home cinéma, les systèmes électroacoustiques se sont déployés en 3 vagues successives.

La première a commencé au début des années 1990. Les premiers systèmes 5.1t étaient issus du monde de la Hifi. Autour des 2 enceintes traditionnelles stéréo, s'ajoutaient une voie centrale, deux voies arrières et un subwoofer. L'ensemble ainsi obtenu était très volumineux, nécessitait beaucoup de câblage et n'était pas forcément homogène. De ce fait, les réglages restaient très ardues et réservés à des technophiles. Il était même courant de voir des systèmes mélangeant plusieurs types de finitions et de marques.

La seconde vague a été la notion de pack, amenée petit-à-petit par les fabricants de marques. L'idée, était d'avoir des systèmes plus compacts, de finition identique et avec un son homogène. On peut dire que cela a été la première phase de l'intégration, les premiers se vendaient à un prix public de l'ordre de 1000 €. Ce marché s'est autodétruit en l'espace de 4 à 5 ans, car il c'est engagé très rapidement vers les produits à bas coûts à destination de la grande distribution. On arrivait à trouver des packs 5.1 à 29 € TTC, de ce fait le niveau qualitatif de la restitution sonore a été complètement abandonné au profit de la guerre des prix.

Des cendres de la vague précédente, est né un nouveau type de produit, poussé encore une fois par les grandes marques de l'électroacoustique, les systèmes compacts haut de gamme pour le home cinéma. Ces produits sont généralement constitués de 5 petites enceintes identiques (satellites) et d'un subwoofer. On peut définir ces systèmes par la recherche d'un son qualitatif dans un volume le plus réduit possible de l'ordre de 1 à 2 litres de volume interne pour les satellites. Afin de rester compétitifs, la plupart de ces produits sont fabriqués en Asie.

FOCAL a développé des produits pendant ces vagues successives. Nous avons aujourd'hui toujours, pour chaque gamme Hifi, un complément home cinéma. Par contre, nous n'avons jamais produit de système à bas coût, ni de système compact. Notre plus petit pack est constitué de satellites de volume interne de l'ordre de 3 litres.

Parallèlement au marché du home cinéma, on assiste à une dématérialisation de la musique. Il est apparu la notion de multiroom, c'est-à-dire, écouter la musique en plusieurs points différents d'une maison sans avoir à se soucier de la source qui émet. On se retrouve à créer des zones d'écoutes réparties dans plusieurs points de la maison comme la cuisine, la salle de bains. On peut assimiler cette tendance à celle suivie par de la lumière : d'un lustre unique qui éclairait toute la pièce, on est passé à plusieurs spots lumineux qui donnent une ambiance plus chaleureuse. Pour le domaine acoustique, on peut parler aussi de spot sonore.

On trouve beaucoup de produits intégrables dans les plafonds ou les murs. Ce type est très utilisé lors de constructions de nouvelles maisons, mais est plus difficile à intégrer dans des appartements anciens. Il y a donc un marché pour des systèmes compacts et intégrables. Ce marché d'avenir a une attente qualitative et esthétique, il n'y a pas uniquement une notion de prix contrairement à la demande de la grande distribution.

Le défi de FOCAL est d'arriver à proposer un système constitué de micro-enceintes de volume interne inférieur à 1 litre tout en restant dans un équilibre tonal de qualité. Ces enceintes pourraient être déclinées en pack home cinéma 5.1, vendues en pack hifi 2.1 ou séparément.



## 2 / ÉTAT DE L'ART EXISTANT

### Recherches bibliographiques effectuées

Beaucoup de grandes marques du monde de la Hi-fi se sont positionnées sur le marché haut de gamme.

On peut classer leurs produits en deux catégories :

- Les produits design : recherche d'esthétique et utilisation de matériaux «riches». Ils sont généralement d'une qualité acoustique moyenne et d'un volume interne faible (de 0,5 à 1 litre).
- Les produits plus traditionnels, avec un bon niveau esthétique mais un peu plus volumineux (entre 1,5 à 2 litres).  
On retrouve une multitude d'astuces mécaniques et électriques afin d'obtenir le produit le plus compact possible.

## 3 / OBJECTIFS VISÉS

### Problèmes à résoudre - Performances à atteindre

Nous avons décidé d'étudier un spot sonore orientable de volume interne de l'ordre de 0,5 à 1 litre pouvant se fixer aux murs, plafonds ou sur une table sans fils apparents.

Page  
5

Nous utiliserons un haut-parleur coaxial ou un haut-parleur plus un tweeter en deux voies séparées.

Focal pense que cette petite enceinte doit être une enceinte à part entière, une enceinte miniature, et doit pouvoir être écoutée avec et sans caisson de grave actif. De ce fait elle doit :

- pouvoir fonctionner à fort niveau, avec peu de distorsion sur un signal électrique large bande de 20 Hz à 20 kHz (c'est-à-dire sans filtre électrique supprimant les très basses fréquences),
- conserver une écoute tonale équilibrée même à fort niveau,
- être dotée d'une sensibilité supérieure ou égale à 85 dB / 2.83 V / 1 m (sensibilité proche de la concurrence),
- ne pas avoir une impédance minimale inférieure à 3 Ohms,
- avoir une bande passante supérieure ou égale à 120 Hz -20 kHz (+/-3 dB)  
(afin de rendre la bande passante compatible avec la norme des amplificateurs home cinéma qui utilisent une fréquence de coupure caisson/satellites à 120 Hz),
- être compatible avec la puissance des amplificateurs home cinéma modernes qui peuvent délivrer des puissances jusqu'à 130 Watts. Elle doit donc être fiable mécaniquement, électriquement et ne doit pas voir ces performances acoustiques se dégrader. (forte tenue en puissance)
- être compatible avec les souhaits des designers concernant la forme et l'encombrement (encombrement extérieur : Ø 125 mm et volume interne 0,6 litre), la fonction mécanique, les matériaux, les dimensions.

Sur le papier, ces objectifs sont difficiles à atteindre car la réduction du volume de l'enceinte s'accompagne de beaucoup d'inconvénients.



## 4 / TRAVAUX EFFECTUÉS

Description des études, essais, prototypes, synthèses des essais, renseignements et informations tirés des essais et prototypes

### 4.1 Etudes, mesures et essais concernant l'optimisation de la reproduction des basses fréquences :

Recherche du volume minimal pour avoir une bande passante dans le grave, compatible avec le niveau de sensibilité supérieur à 85 dB / 1 m.

Afin de trouver un meilleur compromis entre l'ensemble des résultats nous avons réalisé une succession de prototypes afin d'évaluer les performances par rapport à nos objectifs.

Pour chaque essai il a fallu :

- faire des simulations acoustiques et magnétiques (adaptation des paramètres),
- créer 2 haut-parleurs prototypes pour réaliser des écoutes en stéréo,
- créer 2 enceintes prototypes (conforme aux dimensions et volumes souhaités),
- mesurer et créer un filtre deux voies avec un tweeter,
- faire des écoutes comparatives sur signal large bande et en signal filtré à 120 Hz avec caisson de grave.

Ci-dessous figure la liste des principaux essais réalisés. D'autres essais intermédiaires ont été également réalisés afin d'optimiser nos choix :

- par ajout de masse sur l'équipage mobile,
- filtrage différent,
- spider,
- suspension,
- haut-parleur à double bobine,
- écoute avec différentes électroniques,
- écoute dans différentes pièces (petite pièce amortie, grandes pièces semi-réverbérantes, réverbérantes, etc...

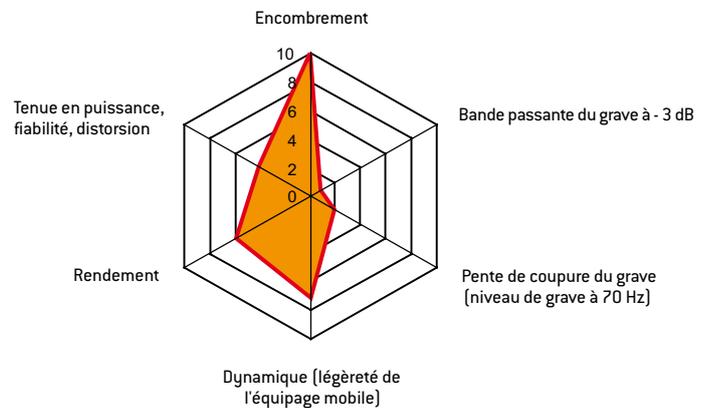


### 4.1.1 Avec un volume de charge de 0,4 litre

#### 4.1.1.1 Essai avec un haut-parleur standard chez Focal de 80 mm avec une masse mobile de 3,5 grammes en charge close

**Résultats :**

- Rendement : 84 dB
- Fréquence à -3 dB : 198 Hz
- Niveau à 70 Hz : -21 dB
- Tenue en puissance : 20 Watts

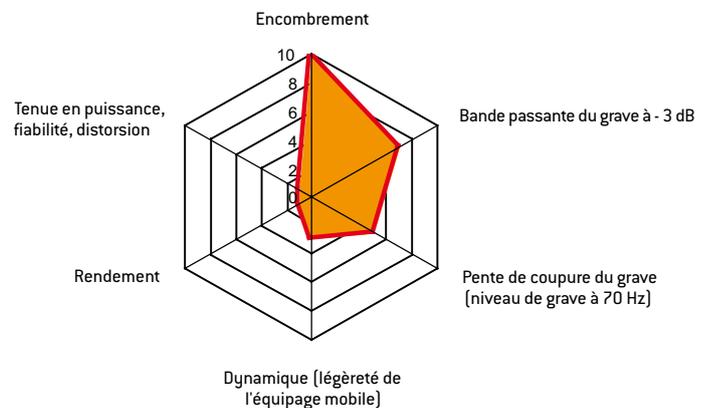


**Conclusion :** les écoutes en large bande ont permis de montrer une très grande faiblesse à reproduire du grave. Les écoutes avec caisson de grave nécessitent une fréquence de coupure proche de 180 Hz qu'il n'est pas possible d'avoir avec la norme des amplificateurs home cinéma qui coupent le grave à 120 Hz en général.

#### 4.1.1.2 Essai avec un haut-parleur de 80 mm avec une masse mobile de 8,8 grammes en charge close

**Résultats :**

- Rendement : 78 dB
- Fréquence à -3 dB : 128 Hz
- Niveau à 70 Hz : -15 dB
- Tenue en puissance : 10 Watts



**Conclusion :** le grave est présent mais la membrane bouge beaucoup et sature rapidement et nous n'avons pas la possibilité d'obtenir des niveaux sonores élevés. La faible tenue en puissance impose obligatoirement un filtre passe-haut pour supprimer les basses fréquences.

Nous n'avons pas trouvé de bon compromis dans ces configurations à 0,4 litre de charge compatible avec nos exigences. Et nous avons souhaité augmenter légèrement la taille de l'enceinte afin d'utiliser d'autres types de charges et d'autres haut-parleurs.

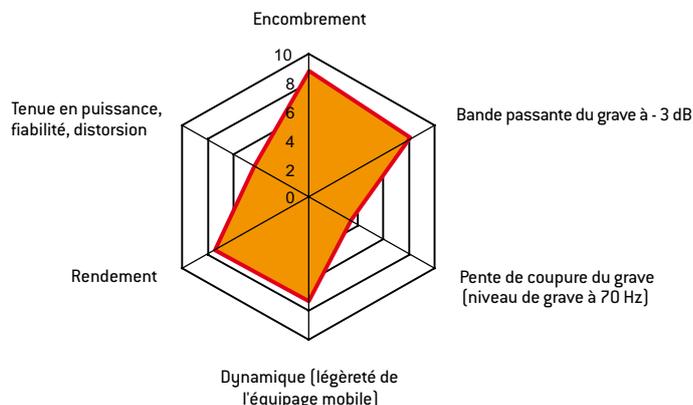


### 4.1.2 Volume de charge de 0,6 litre

#### 4.1.2.1 Essai avec un haut-parleur de 80 mm avec une masse mobile de 4 grammes en charge bass-reflex

##### Résultats :

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 122 Hz
- Niveau à 70 Hz : -18 dB
- Tenue en puissance : 10 Watts

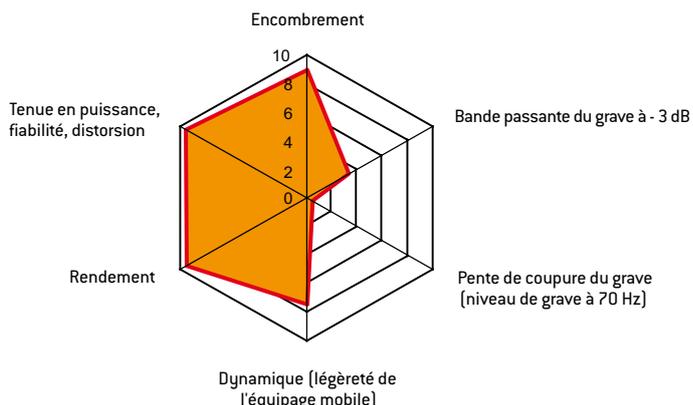


**Conclusion :** l'utilisation du bass-reflex a permis d'avoir une extension du grave à -3 dB tout en maintenant un bon rendement. En dessous de 120 Hz, le niveau de grave baisse très rapidement. Ceci impose l'utilisation d'un caisson de grave car le grave en dessous de 100 Hz est pratiquement absent. Un filtre passe-haut est nécessaire pour avoir une bonne tenue en puissance car en dessous de sa fréquence d'accord, le haut-parleur fonctionne en court-circuit acoustique. Cela ne remplit pas notre cahier des charges puisque nous souhaitons qu'il puisse fonctionner également sans caisson et sans filtre passe-haut.

#### 4.1.2.2 Essai avec un haut-parleur standard Focal de 100 mm avec une masse mobile de 6 grammes en charge bass-reflex

##### Résultats :

- Rendement : 88 dB
- Fréquence à -3 dB : 163 Hz
- Niveau à 70 Hz : -24 dB
- Tenue en puissance : 80 Watts



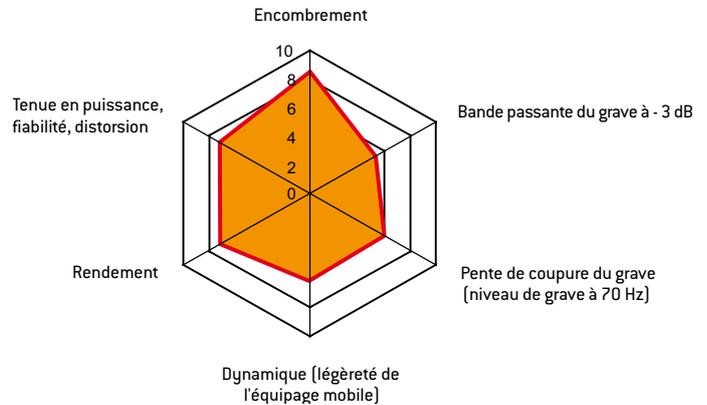
**Conclusion :** l'utilisation d'un haut-parleur de plus grande dimension augmente la tenue en puissance car le déplacement de la membrane est plus faible. Nos haut-parleurs standards avec cette taille de membrane offrent plus de rendement, mais ne permettent pas de faire du grave.



### 4.1.2.3 Essai avec des haut-parleurs de 100 mm avec une masse mobile de 8,8 grammes en charge close

#### Résultats :

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 137 Hz
- Niveau à 70 Hz : -13.5 dB
- Tenue en puissance : 80 Watts



**Conclusion :** l'ensemble des résultats est assez homogène, le volume clos permet de réduire la pente de coupure dans le grave pour permettre d'entendre un peu de grave particulièrement lorsque l'enceinte est dans une pièce de petites dimensions ou près d'un mur. Néanmoins, nous souhaitons avoir un peu plus de grave pour offrir plus de confort. Bruit de suspension à fort niveau.

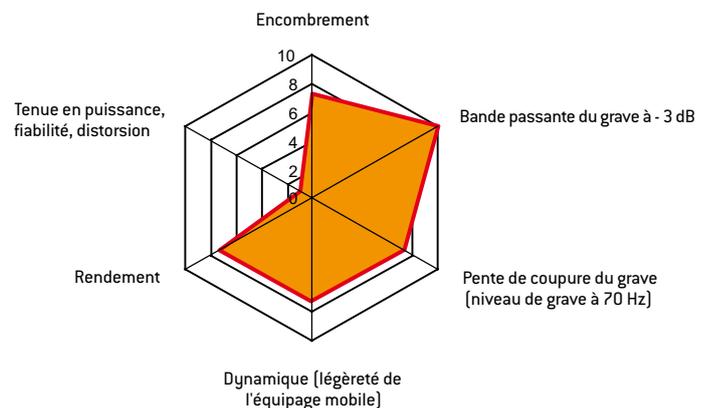
Pour cela nous avons voulu augmenter encore un peu plus le volume.

### 4.1.3 Volume de charge de 0,8 litre

#### 4.1.3.1 Essai avec un haut-parleur de 80 mm avec une masse mobile de 4 grammes en charge bass-reflex

#### Résultats :

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 102 Hz
- Niveau à 70 Hz : -13 dB
- Tenue en puissance : 10 Watts



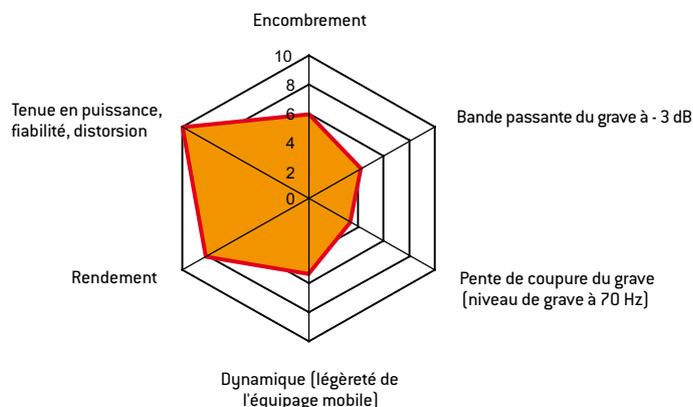
**Conclusion :** offre la fréquence de coupure la plus basse en fréquence mais n'offre plus aucune tenue en puissance.



### 4.1.3.2 Essai avec des haut-parleurs de 130 mm avec une masse mobile de 14 grammes en charge close

#### Résultats :

- Rendement : 86 dB
- Fréquence à -3 dB : 143 Hz
- Niveau à 70 Hz : -17 dB
- Tenue en puissance : 150 Watts

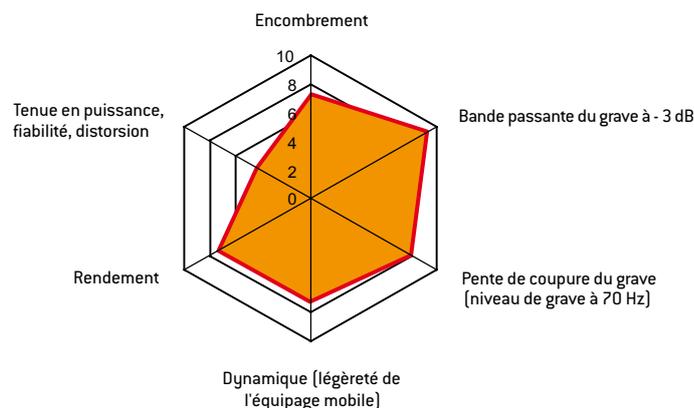


**Conclusion :** l'augmentation de taille de haut-parleur permet d'avoir une tenue en puissance très élevée et une plage dynamique importante mais il n'y a pas assez de volume pour faire fonctionner correctement des haut-parleurs de 130 mm.

### 4.1.3.3 Essai avec un haut-parleur de 100 mm avec une masse mobile de 8,8 grammes en charge bass-reflex

#### Résultats :

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 117 Hz
- Niveau à 70 Hz : -12 dB
- Tenue en puissance : 50 Watts (bruit des événements)



**Conclusion :** cette configuration offre de bonnes performances sur l'ensemble des critères avec notamment plus de grave. Nous avons remarqué que le niveau de grave baisse lorsque le niveau sonore augmente. Nous pensons que cela vient de la saturation des événements (pertes dans les frottements de l'air/l'événement + turbulences). Lorsque nous avons rajouté le porte-tissu cela a généré beaucoup de bruit. Ce problème est difficilement solutionnable car les dimensions de l'enceinte sont trop petites (pas de possibilité d'augmentation du Ø de l'événement, de rajout de rayon, ou de modification du design...).

Toujours à fort niveau, nous avons remarqué la présence d'un offset, ce problème est réduit en utilisant un spider plus raide : le haut-parleur résonne plus haut (78 Hz -> 115 Hz). Nous avons fait des tests de tenue en puissance sur 6 heures et nous avons remarqué que le spider s'est dégradé rapidement puisque la fréquence de résonance du haut-parleur est passée de 115 Hz à 86 Hz. Nous retrouvons le problème d'offset.



Pour des raisons de fiabilité mécanique ainsi que le maintien des performances, nous souhaitons ne pas utiliser d'enceinte bass-reflex.

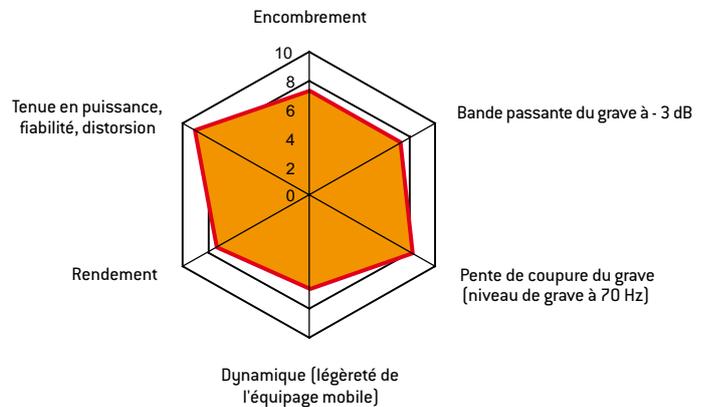


### 4.1.4 Recherche pour augmenter la puissance

#### 4.1.4.1 Essai avec un haut-parleur de 100 mm avec une masse mobile de 8,8 grammes en charge close

##### Résultats :

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 130 Hz
- Niveau à 70 Hz : -11.5 dB
- Tenue en puissance : 130 Watts



- L'augmentation du volume a supprimé tous les bruits de suspension qui apparaissaient à fort niveau. Ceci était dû à une trop forte pression de l'air à l'intérieur de l'enceinte liée au manque de volume.

- La charge close a permis de supprimer les problèmes d'offset à fort niveau et d'éviter que le haut-parleur ne s'emballé. La bobine du haut-parleur reste parfaitement centrée dans l'entrefer quelque soit le niveau et la nature du signal.

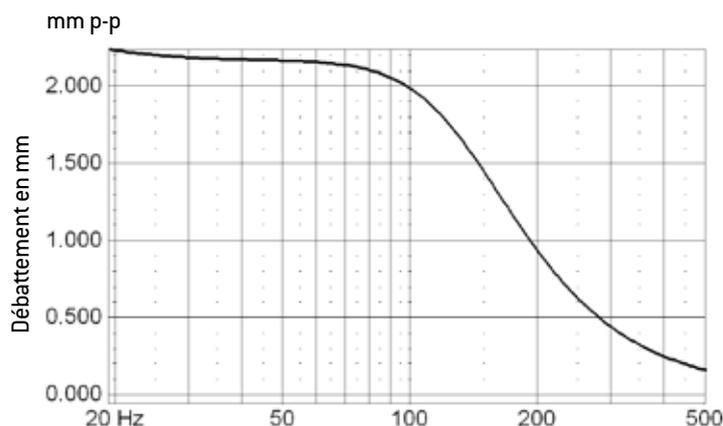
Grâce à la bonne tenue en puissance de l'enceinte, nous avons voulu essayer d'utiliser un spider plus souple pour gagner un peu plus de grave. Nous avons utilisé un spider de telle manière que le VAS (Volume Acoustique équivalent) du haut-parleur soit très supérieur au volume de charge :

- Le VAS du haut-parleur passe de 0,9 litre à 1,5 litre.

Maintenant, seul le volume de l'enceinte (0,8 litre) constitue la force de rappel de l'équipage mobile du haut-parleur : suspension acoustique.

Nous avons remarqué que nous avons pu augmenter le niveau de grave sans détériorer la tenue en puissance (pas d'offset, pas d'emballément de l'équipage mobile).

Les mesures avec KLIPPEL ont permis de montrer que le niveau de débattement de l'équipage mobile reste le même pour toutes les fréquences en dessous de 100 Hz, d'où la forte tenue en puissance de l'enceinte. A très fort niveau le débattement se limite au Xmax du haut-parleur (longueur de la bobine).



En dessous de 100 Hz, le débattement de l'équipage mobile n'augmente pas lorsque la fréquence diminue. Cela confère à Focal-Dôme une étonnante tenue en puissance et de ce fait il peut être utilisé en mode «large» non filtré en passe-haut.

Une bobine plus longue de 4 mm a été essayée. Elle a permis d'aller plus loin en termes de niveau sonore et de distorsion mais nous n'avons pas pu la garder car sur certains morceaux de musique très dynamiques elle pouvait toucher le fond du moteur. Ceci produit un bruit très désagréable. (proche d'un coup de marteau).

Nous avons décidé de conserver la bobine précédemment utilisée.

Des moteurs magnétiques plus ou moins puissants ont été essayés afin de trouver le meilleur équilibre entre le rendement, le grave et la tenue en puissance.

Le moteur le plus puissant a été retenu parce qu'il fournissait de nombreux avantages en permettant, entre autres, de compenser les non linéarités du haut-parleur à fort niveau (baisse du BL) :

- un meilleur équilibre tonal à fort niveau (avec une légère augmentation du niveau du grave, car Qts augmente),
- moins de distorsion à fort niveau,
- grave un peu plus profond,
- une réponse dans le grave plus linéaire et progressive (pas de surtension) qui est favorable lorsque l'enceinte est près d'un mur.

Seul inconvénient, le haut grave entre 150 Hz et 250 Hz est un peu suramorti. Ce qui est moins favorable lorsque l'enceinte est positionnée loin d'un mur et/ou si le niveau d'écoute est faible.

Des essais de fiabilité ont été réalisés. L'enceinte fut alimentée en continu 24 h/24 h avec un signal musical non filtré. Le niveau fut réglé au maximum des capacités de l'excursion du haut-parleur. Après 330 heures de test, nous n'avons relevé aucune modification des paramètres du haut-parleur et du résultat acoustique.

### Résultats :

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 130 Hz - 9 kHz
- Niveau à 70 Hz : -11,5 dB
- Tenue en puissance : 130 Watts

Globalement, ce transducteur grave/médium offre un bon compromis sur l'ensemble des critères, malgré un haut grave moins présent. En contrepartie le grave à 70 Hz a augmenté donc l'enceinte paraît plus linéaire. Ce transducteur ne permet pas à lui seul de reproduire les hautes fréquences (20 kHz).



### 4.2 Etude, mesures et essais concernant l'optimisation pour la reproduction des hautes fréquences

#### 4.2.1 Essai d'un transducteur large bande pour l'ensemble de la bande passante du système

Nous avons fait des essais avec un haut-parleur large bande jusqu'à 20 kHz :

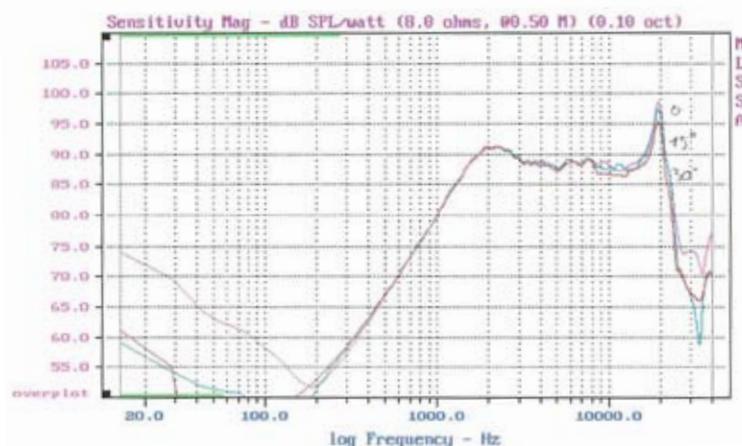
- courbe de réponse dans l'enceinte +/- 3 dB avec filtre correctif (+/- 7 dB sans filtre correctif),
- coupure dans le grave à -3 dB 160 Hz,
- directivité très prononcée dans l'aigu (équilibre tonal hors de l'axe très modifié),
- distorsion dans l'aigu très audible (chuintement),
- membrane trop légère pour pouvoir faire du grave.

**Conclusion :** les résultats obtenus sont très moyens. Il semble très difficile d'avoir un transducteur performant en même temps dans le grave (lourd) et dans l'aigu (léger). Nous préférons abandonner cette solution au profit de l'utilisation d'un deuxième transducteur spécialisé pour les aigus.

#### 4.2.2 Essai d'intégration d'un tweeter coaxial au haut parleur de grave

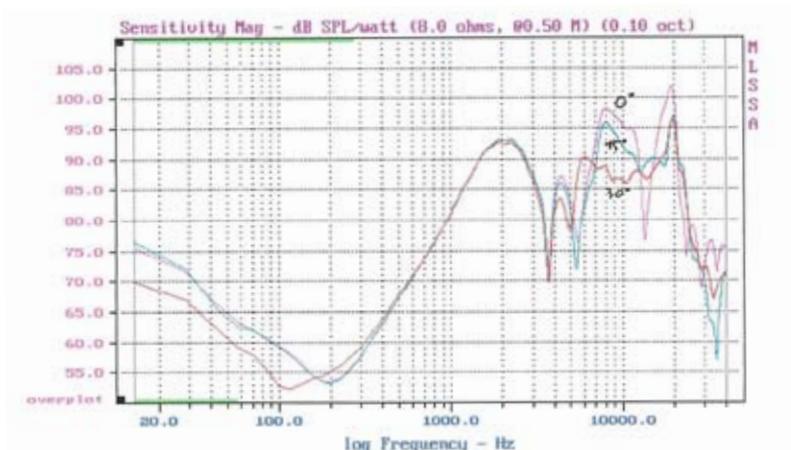
Nous avons très peu de place pour pouvoir intégrer ce transducteur d'aigu dans cette petite enceinte puisque les dimensions souhaitées sont à peine plus grandes que le haut-parleur de grave. Nous souhaitons donc faire des essais en intégrant un transducteur d'aigu concentrique au haut-parleur de grave.

Pour ces essais, nous avons utilisé un tweeter possédant une courbe de réponse linéaire (sur baffle plan). La directivité entre 0°, 15° et 30° est quasiment absente et ne présente pas de défauts.



### 4.2.2.1 Essai avec un tweeter concentrique posé sur un pied fin :

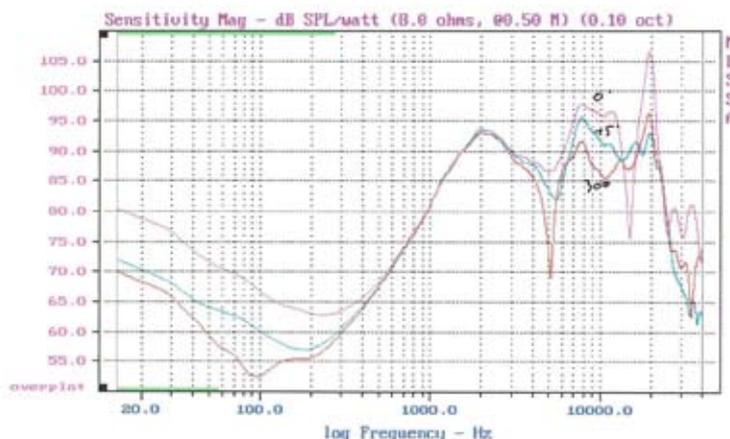
- La courbe de réponse est très fortement dégradée puisqu'elle tient dans +/-13 dB.
- Les mesures hors de l'axe montrent des changements très importants de la courbe de réponse de 15 dB.



Ces résultats sont très mauvais. Ces variations de la courbe de réponse sont des signes d'importantes variations de la phase acoustique. Il est impossible d'avoir une bonne liaison avec le transducteur de grave.

### 4.2.2.2 Essai avec un tweeter concentrique posé sur un pied large :

- La courbe de réponse est améliorée mais reste très fortement dégradée puisqu'elle tient dans +/-11 dB
- Les mesures hors de l'axe sont améliorées mais montrent des changements très importants de la courbe de réponse jusqu'à 13 dB.



Ces résultats sont encore trop mauvais et ne correspondent pas à notre cahier des charges. Nous pensons que le bafflage du tweeter est trop petit car ses dimensions sont trop proches des longueurs d'ondes émises et créent des perturbations. Nous souhaitons donc changer l'emplacement du tweeter en le chargeant par la membrane du haut-parleur.



### 4.2.2.3 Essai avec un tweeter concentrique en plaçant le tweeter à la base de la membrane du haut-parleur :

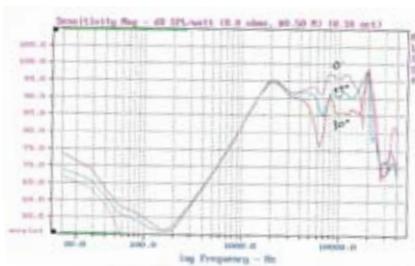
Pour cela il a fallu réduire le diamètre extérieur du tweeter en passant d'un diamètre de 40,75 mm à 32 mm pour pouvoir être positionné à l'intérieur de la bobine du haut-parleur de grave.

Nous avons réalisé une étude de faisabilité et un prototype pour pouvoir intégrer un tweeter aluminium / magnésium dans un diamètre de 32 mm en maintenant les performances du tweeter actuel (même moteur, même bobine, même forme de membrane mais avec une découpe du diamètre plus petite).

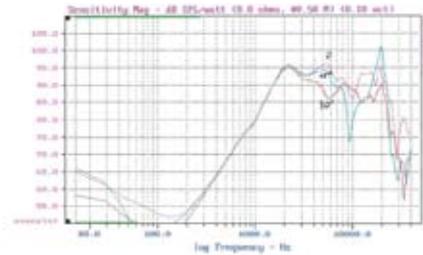
A la suite de cela nous avons fait des mesures avec différentes positions du tweeter.

#### **Tweeter positionné à la base du cône, décalé de 5 mm en avant puis décalé de 5 mm en arrière**

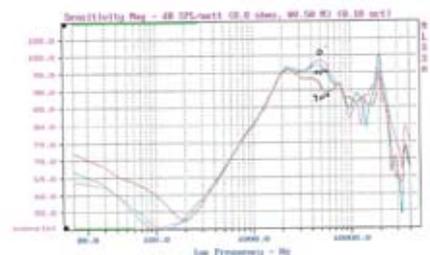
- Les courbes de réponse sont très différentes et globalement elles tiennent dans +/-5 dB
- Les mesures de la réponse hors de l'axe sont également très différentes les unes par rapport aux autres. Pour les 3 positions, la perte la plus importante est de -15 dB à 30°.



Tweeter concentrique  
décalé de 5 mm vers l'avant



Tweeter concentrique  
aligné à la base du cône



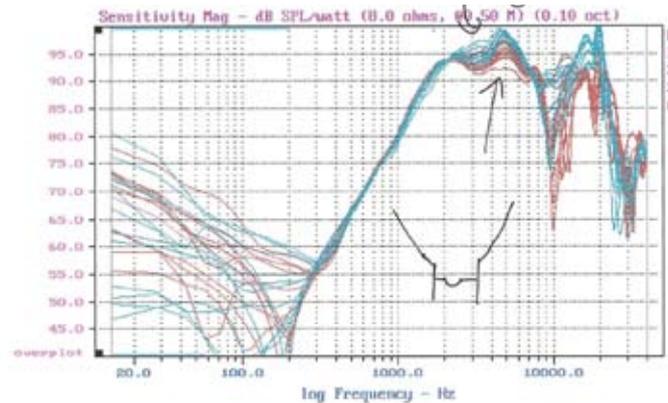
Tweeter concentrique  
décalé de 5 mm vers l'arrière

Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque le tweeter n'est pas fixé sur un support. Néanmoins nous sommes très sceptiques quant à l'influence sur la réponse du tweeter lorsque la membrane du haut-parleur de grave va atteindre des débattements importants.

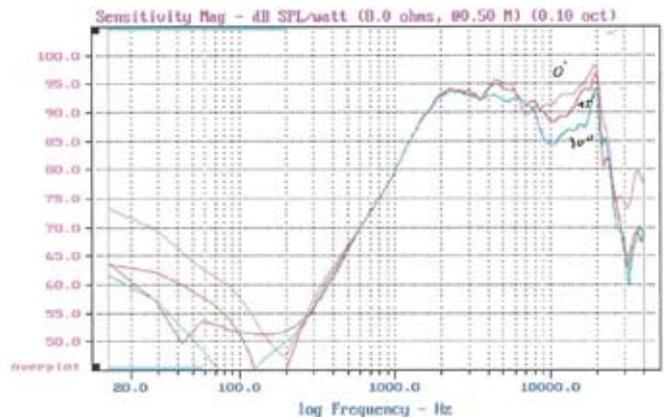


Nous avons souhaité mesurer cette influence sur +/-12 mm :

- Nous avons mesuré des variations dans la courbe du tweeter de +/- 17 dB.
- Nous avons rajouté un petit pavillon conique utilisé chez un concurrent et nous avons obtenu des variations de la courbe du tweeter de +/-13 dB. Ce qui est donc légèrement meilleur que la version précédente.



- Nous avons augmenté la taille du pavillon jusqu'à obtenir des variations de la courbe du tweeter de +/-3 dB mais les dimensions du pavillon deviennent beaucoup trop importantes pour qu'il puisse être intégré dans le haut-parleur et sans que cela modifie la courbe de réponse du haut-parleur de grave.



Globalement nous sommes très loin de retrouver la linéarité originelle du tweeter lorsqu'il est monté sur un baffle plan qui était de +/- 1 dB. L'ensemble de ces résultats n'est pas acceptable en sachant que nous souhaitons avoir des variations inférieures ou égales à +/-3 dB.

Nous avons abandonné l'utilisation d'un tweeter coaxial qui n'est pas adapté pour une écoute de haute fidélité.

Nous avons été obligé de modifier le design de l'enceinte pour pouvoir placer le tweeter à côté du haut-parleur de grave et de ce fait il ne subira pas les variations de charge et les effets de baffle liés au haut-parleur de grave.

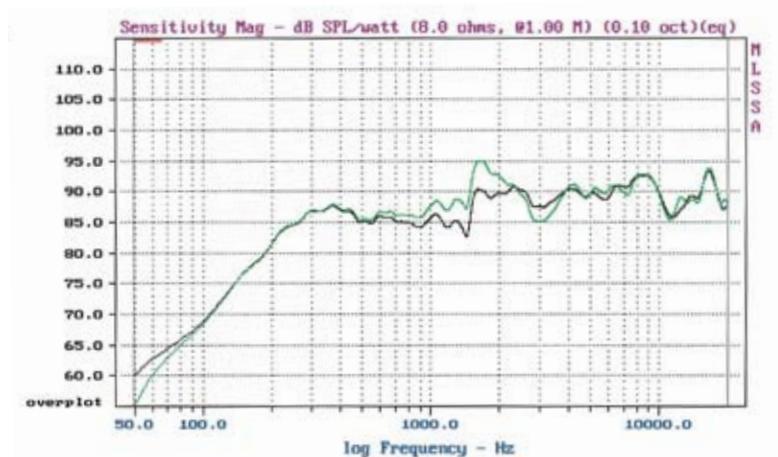


### 4.3 Création d'un châssis optimisé intégrant les deux transducteurs afin d'avoir un encombrement le plus réduit possible tout en améliorant les effets de bafflage

- utilisation d'un châssis commun,
  - chevauchement des transducteurs,
  - décentrage du HP grave et aigu pour réduire les effets de bafflage.
- > Le diamètre extérieur passe de 125 mm à 145 mm ; en contrepartie nous avons réduit la profondeur de l'enceinte afin de conserver le volume utilisable pour ce système (0,8 litre).

Mesures de courbe de réponse avec cette nouvelle configuration :

- Le tweeter montre très peu d'accidents et possède de petites variations de +/- 1.5 dB.
- Le transducteur de grave / médium a été amélioré. L'ondulation auparavant située entre 1,5 et 3 kHz passe de +/-5 dB à +/-2 dB.



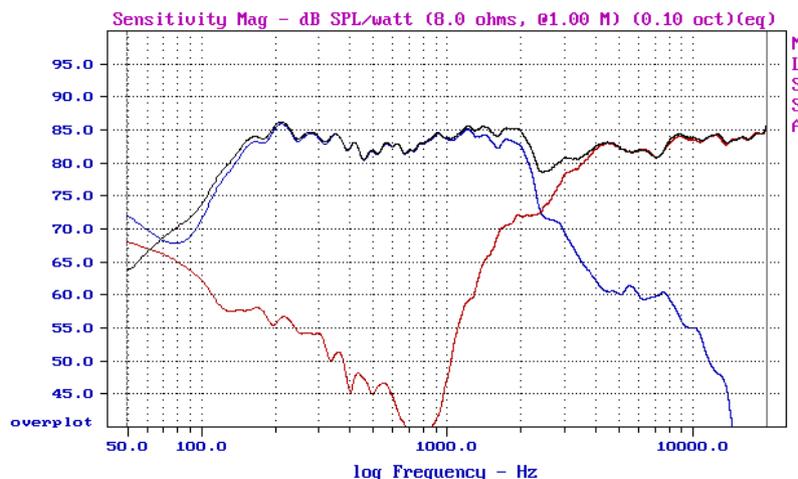
- Courbe verte, HP centré sur le cylindre
- Courbe noire, HP décentré

#### Vérification de résultat

En ajoutant un filtre, on peut voir qu'il n'y a pas de problème de phase entre les différents transducteurs, peu d'ondulations dans la courbe réponse des haut-parleurs et ce malgré :

- la forme cylindrique de l'enceinte (important effet de bafflage),
- les petites dimensions de l'enceinte (dimension proche de longueur d'onde de 2 kHz),
- l'utilisation de HP non directif (petit diamètre des HP).





**Conclusion :** le nouveau baffle combiné du transducteur de grave / médium plus le tweeter séparé offrent un résultat très intéressant sur la linéarité de l'enceinte, puisqu'elle tient dans +/-2.5 dB de 130 Hz à + 25 kHz.

### 4.4 Pour affiner la mise au point nous avons réalisé des écoutes dans différentes configurations d'acoustiques

Page  
18

Le domaine du lifestyle est un peu différent du domaine de la hifi de par :

- le lieu d'écoute (souvent la pièce est claire),
- l'emplacement des enceintes (posées sur une étagère ou fixées au mur),
- l'électronique associée (petit amplificateur hifi ou home cinéma).

#### 4.4.1 Petit auditorium de 39 m<sup>2</sup> : (plafond traité, moquette, absorbant, rideau)

- avec l'enceinte fixée au mur en position haute -> il y a plus de niveau dans le haut grave 150 - 200 Hz. L'équilibre tonal est correct et l'image sonore un peu grossière, ceci est lié aux réflexions des murs (pourcentage de son réfléchi important).

- avec l'enceinte posée sur une étagère -> il y a plus de niveau dans le grave et le haut grave. Le médium semble un peu en retrait. Cela donne un son chaud.

- avec l'enceinte posée sur son pied en milieu de pièces -> il manque un peu du niveau dans le grave et le haut grave. Cela donne un son plutôt froid, l'image sonore est précise.

#### 4.4.2 Grand auditorium de 80 m<sup>2</sup> :

Les résultats sont pratiquement identiques au petit auditorium avec globalement un peu moins de haut grave et de grave.

#### 4.4.3 En pièces claires :

Le niveau de l'aigu est augmenté (suite aux réflexions du son sur les murs)



# DÔME

## White Paper - Dossier de développement

**Conclusion** : suite à ces écoutes nous avons optimisé le filtre en augmentant volontairement le niveau sonore dans le médium pour améliorer l'équilibre tonal lorsque l'enceinte est posée sur une étagère ou fixée au mur comme le sont 90 % des installations.

Nous avons également ajouté de l'absorbant dans l'enceinte qui offre une réponse plus linéaire, en réduisant le bas médium de 0,5 dB à 200 Hz et augmente le niveau à 100 Hz de +0,5 dB.

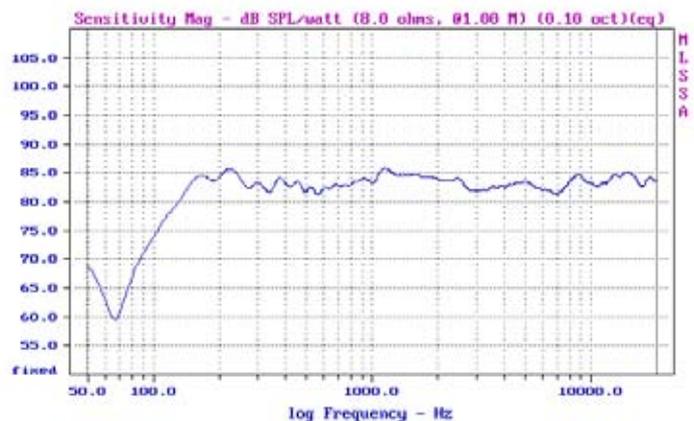
L'ajout du porte tissu réduit le niveau de l'aigu de 1,5 dB. Nous n'avons pas voulu compenser la perte de niveau car les écoutes en pièce claire augmentent naturellement le niveau de l'aigu. De plus, certains amplificateurs home cinéma de moyenne qualité ont donné la sensation d'avoir plus d'aigu (ajout d'harmoniques et manque de niveau dans le grave).

La courbe de réponse finale tient dans +/-1.5 dB sur toute la bande passante (avec porte tissu)

Les mesures de distorsion à 1 Watt montrent qu'elles sont inférieures à 1% :

- 1 % à 100 Hz
- 0,35 % à 1 kHz
- 0,3 % à 5 kHz

- Rendement : 85 dB
- Fréquence à -3 dB : 125 Hz à 25 kHz
- Niveau à 70 Hz : -11 dB
- Tenue en puissance : 130 Watts en large bande

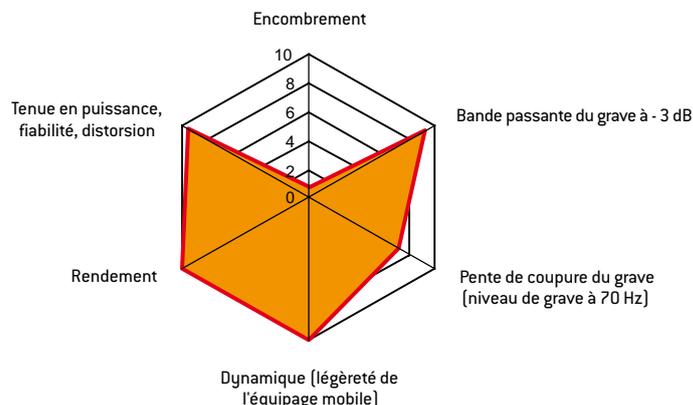


## 4.5 Les écoutes comparatives avec d'autres systèmes concurrents

### • Concurrent A (1,9 litre)

Elle possède plus du double du volume de charge.

La réponse est peu linéaire surtout en position murale +6 dB à 100 Hz

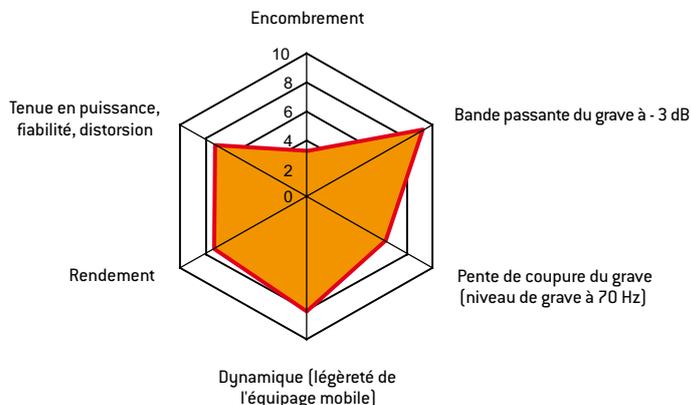


# DÔME

## White Paper - Dossier de développement

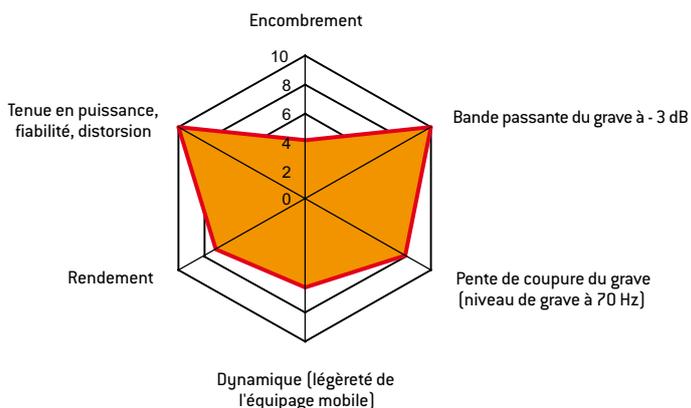
### • Concurrent B (1,4 litre)

Elle manque de tenue en puissance, importante surtension à 120 Hz (+6 dB) en début de bande, volume de charge 1.4 litre



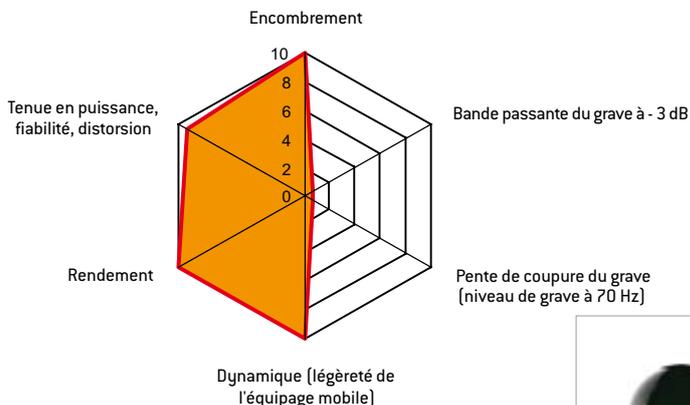
### • Concurrent C (1,2 litre)

Elle offre un bon compromis sur l'ensemble des points mais possède un volume un peu plus important, de plus la qualité de l'aigu est dégradée par l'utilisation d'un haut-parleur coaxial de 130 mm.



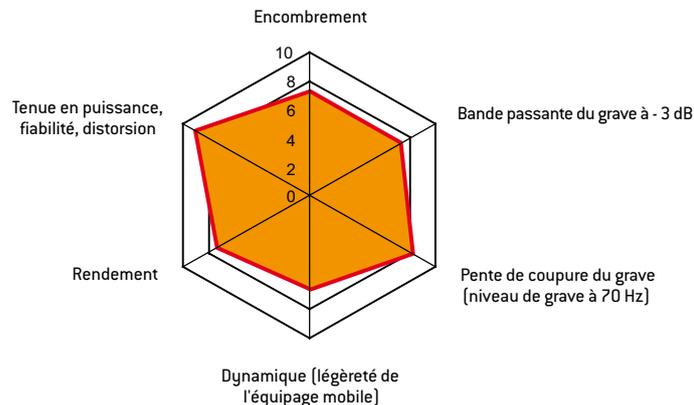
### • Concurrent D (0,5 litre)

Elle possède un volume de charge très faible mais possède une fréquence de coupure trop haute (250 Hz). L'utilisation d'un amplificateur home cinéma offrant une fréquence de coupure dans le grave à 250 Hz est nécessaire.



- **Nouveau système compact FOCAL Dôme (0,8 litre)**

**En conclusion**, ce nouveau système compact offre un bon compromis sur l'ensemble des points (taille, niveau, rendement, tenu en puissance, linéarité du système, fiabilité..) et permet d'atteindre un haut niveau de qualité.



## 5 / DIFFICULTÉS TECHNIQUES RENCONTRÉES

Méthodes et moyens mis en œuvre pour les résoudre

La faible taille de l'enceinte constitue la principale difficulté :

### 5.1 Concernant la mécanique : Intégration des transducteurs

Pour les solutions utilisant une charge bass-reflex, il était impossible d'avoir un accord d'évent inférieur à 90 Hz avec ce volume et les dimensions de l'enceinte qui n'occasionnent pas de bruit de circulation de l'air. En effet, avec une longueur d'évent de 6 cm et une surface de 1,7 cm, la vitesse de l'air contenu dans l'évent atteint 20 m/s pour 1 Watt. Pour ne plus avoir de problème de turbulence, il aurait fallu une longueur de 50 cm de long et une surface de 4 cm ; nous aurions eu une vitesse de l'air de seulement 2,5 m/s.

Le manque de place rend difficile l'intégration des événements profilés (type tuyère).

Le transducteur de grave compense la faible surface émissive par des débattements plus importants. -> très forte sollicitation mécanique qui crée des problèmes de fiabilité du transducteur qu'il a fallu impérativement résoudre par l'utilisation de suspension acoustique (charge close), de tresse de haut-parleur de très haute qualité, simulation optimisée pour écoute à niveau élevé...



Le rendement de l'enceinte n'est pas très élevé par rapport à une grande enceinte hifi. Pour obtenir le même niveau sonore il faut augmenter le volume de l'amplificateur. Cela se traduit par plus de puissance électrique à absorber par la bobine du haut-parleur. Pour absorber ce surplus de puissance, nous avons repris une bobine utilisée sur un plus gros haut-parleur (180 mm) que nous avons améliorée en utilisant un vernis qui résiste mieux à très haute température et une double bobine en parallèle. La double bobine offre entre autres une plus grande surface de vernis pour une section de fil identique. Pour dissiper cette chaleur il a fallu également utiliser un moteur à entrefer étroit.

### 5.2 Concernant l'étude acoustique :

Les effets de baffle (les bords de l'enceinte sont très proches des transducteurs et modifie la courbe de réponse de transducteur). Il a fallu modifier la disposition des transducteurs et faire de petites compensations sur le filtrage.

Le manque de volume limite le niveau de grave. Il a fallu utiliser une masse de l'équipage mobile plus lourde, des moteurs magnétiques plus puissants.

La petite taille de l'enceinte rend l'enceinte très peu directive et les résultats peuvent beaucoup varier suivant les différentes acoustiques de pièces, positionnements, idem pour les mesures acoustiques.

Les amplificateurs home cinéma sont très différents les uns par rapport aux autres (les sorties des satellites peuvent être non filtrées, filtrées avec une fréquence fixe, filtrées avec une fréquence variable).

Idem pour la sortie du caisson de grave. La sommation des deux peut parfois varier en plus ou en moins de plusieurs dB.

Ce type d'enceinte est difficile à mettre au point et comporte une importante part de subjectivité. Il a fallu faire beaucoup d'essais et moyenner les résultats pour trouver le meilleur compromis sur l'ensemble des critères.

### 5.3 Concernant l'esthétique et le design :

La finition de cette enceinte est haut de gamme avec un aspect noir brillant (type laque de piano). Il a fallu que notre fournisseur mette au point un procédé garantissant une parfaite finition. Une ligne de production a été spécialement mise en place pour ce type de pièces (nettoyage des pièces dans plusieurs bains + traitement « ecoating » + vernis brillant + contrôle des pièces).

Le système d'articulation de l'enceinte utilise un pivot virtuel et a nécessité beaucoup de mises au point :

- dans la conception (liaison élastique, liaison isostatique...),
- dans la réalisation (ajustement de pièces sans jeu les unes par rapport aux autres en tenant compte des dépouilles de démoulage, bavures). L'ajout d'une graisse spécifique fut nécessaire.



# DÔME

White Paper - Dossier de développement

## 6 / PROGRÈS ACCOMPLIS

Originalités de la solution retenue en termes de performance

L'enceinte Focal-Dôme offre pour un volume de 0,8 litre, les mêmes performances qu'une enceinte de 1,4 litres :

- le grave est plus linéaire (pas de surtension et niveau à 70 Hz : -11 dB),
- bande passante étendue soit 125 Hz à 25 kHz, à 31 dB
- une efficacité identique soit 88 dB,
- une tenue en puissance égale voir supérieure (tient 130 Watt en large bande),
- La courbe de réponse finale tient dans +/-1,5 dB sur toute la bande passante (avec porte tissus),
- Les mesures de distorsion à 1 Watt montrent qu'elles sont inférieures à 1 % :
  - 1 % à 100 Hz
  - 0,35 % à 1 kHz
  - 0,3 % à 5 kHz

L'enceinte est très peu directive. Cela rend l'enceinte plus sensible au traitement local et aux positionnements de l'enceinte. Cette enceinte a été optimisée pour un positionnement près d'un mur ou posée sur une étagère.

Par rapport à la concurrence, ce produit offre une très bonne performance sur l'ensemble des critères avec un volume de charge inférieur. En terme de miniaturisation, le progrès est décisif. De plus, en termes de design et d'intégration le cahier des charges est intégralement rempli.

Page  
23

## 7 / MATÉRIELS SPÉCIFIQUES

Logiciels de simulations, de mesure et banc de contrôle pour cette étude

- Klippel
- Mlssa
- Lspcad
- Gemini
- Daas





Focal® est une marque déposée de Focal-JMlab® - [www.focal-fr.com](http://www.focal-fr.com)  
BP 374 - 108, rue de l'Avenir - 42353 La Talaudière cedex - France - Tél. (33) 04 77 435 700 - Fax (33) 04 77 376 587  
© Focal-JMlab 2008 - SC/BD 080409/1 - Photos L'Atelier Sylvain Madelon - Saint-Etienne  
Dans un but d'évolution, Focal-JMlab se réserve le droit de modifier les spécifications techniques et les prix de ses produits sans préavis. Photos non contractuelles.  
Focal® et Dôme® sont des marques déposées de Focal-JMlab®