

# NOUVELLE MEMBRANE FLAX SANDWICH

Brevet déposé  
n° 1350116



 **FOCAL**<sup>®</sup>  
THE SPIRIT OF SOUND

# LA MEMBRANE OU LA RECHERCHE DU GRAAL

## LES TECHNOLOGIES DE MEMBRANE

### Une tradition Focal de plus de trente ans

Le Haut-Parleur est le cœur de métier de Focal. Depuis plus de trente ans, nous explorons les nouvelles possibilités offertes par la révolution des matériaux pour dénicher les formules idéales pour réaliser nos membranes...

La liste est longue : Polyglass, Sandwich K2, Sandwich "W", Kevlar, Titane, Tioxyd, Béryllium, Aluminium-magnésium.

La membrane reste l'interface critique du transducteur, c'est elle qui met en vibration les molécules d'air. La fidélité du transfert repose sur les qualités intrinsèques du matériau. Idéalement une membrane doit satisfaire trois critères clés contradictoires :

- être légère pour accélérer rapidement
- être rigide pour fonctionner en piston
- être amortie pour ne pas colorer le son

Aujourd'hui sur l'ensemble de nos gammes Home/Car/Pro nous utilisons deux technologies pour les woofers-médiums: Le Polyglass pour les gammes les plus accessibles, le Sandwich "W" et le Sandwich "K2" aux qualités superlatives, pour l'ensemble de nos offres haut de gamme. Sa réalisation ne pouvant être que manuelle, sa déclinaison reste en effet très limitée pour une raison de coût.

### Le Sandwich de verre pour la rigidité

Au cours des cinq dernières années, de nombreuses innovations sont apparues dans le domaine des matériaux en revisitant des matières naturelles anciennes associées à des composites modernes, créant ainsi des hybrides d'un nouveau genre. Les solutions mono-matériaux restent très limitées pour satisfaire les trois critères clés présentés ci-dessus.

Les solutions mixtes offrent elles une palette de possibilités beaucoup plus large. Ainsi la structure sandwich, par sa géométrie, apportera une rigidité en flexion proportionnelle à

l'épaisseur, à l'image d'une poutre. Le sandwich de feuilles de verre, que nous dominons parfaitement grâce au "W", reste la voie royale pour maîtriser la rigidité.

### Quel matériau pour l'âme ?

L'âme du sandwich apporte l'amortissement, autrement dit la neutralité sonore de la membrane. Notre souhait était de nous orienter sur des fibres non tissées qui permettraient une mise en forme du cône sandwich par estampage afin de pouvoir automatiser le formage et ainsi démocratiser la structure sandwich réservée jusque là à des applications haut de gamme. Avec le sandwich "W", le formage de l'âme en mousse de Plexiglas et le "drapage" des fibres de verre de part et d'autre ne peuvent être que manuels.

Le lin s'est très vite imposé comme un candidat sérieux. La France est le principal pays d'Europe à cultiver le lin textile, essentiellement en Flandre, en Picardie, en Normandie et dans le Pas-de-Calais.

La fibre de lin française est considérée comme la meilleure du monde. C'est l'une des plus anciennes fibres textiles, qui est cultivée depuis le 4<sup>e</sup> siècle av. J.-C. et qui était utilisée par les Égyptiens comme tissu de protection pour les momies. Un faisceau (nommé en filature "fibre technique") est composé de dix à quarante fibres. Chaque fibre est une seule cellule très allongée de 6 à 10 centimètres, avec un diamètre de 7 à 40 µm, composé de 70 à 80 % de cellulose.



### La fibre de lin, des qualités uniques

Les matériaux composites apportent des réponses pertinentes pour les applications où rigidité et faible masse sont recherchées. Cependant ils sont pénalisés par un manque d'amortissement conduisant à un très mauvais contrôle des vibrations. Souvent, comme pour les matériels sportifs, il fait appel à des "amortisseurs" visant à absorber la vibration intrinsèque du matériau. Pour des applications aux membranes, il est clair que c'est un point particulièrement critique qui nécessite de viser un amortissement interne à la structure. En cela les évolutions récentes mêlant composite et fibre naturelle apportent des opportunités inattendues....

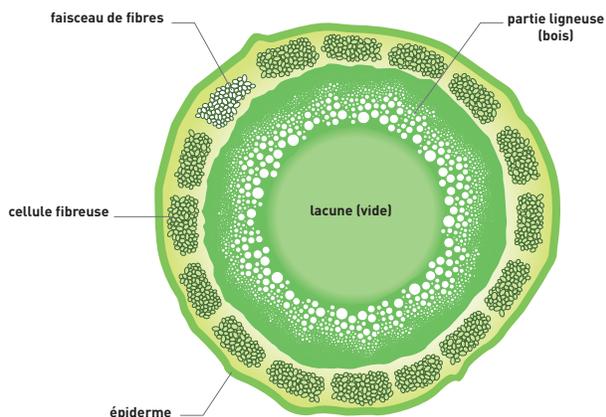
**La fibre de lin est deux fois plus légère que la fibre de verre**, car c'est une fibre creuse. Elle a une très faible élasticité (allongement à la rupture de 1 à 2 %) ce qui la rend idéale pour accroître le



PS 165FX (Nouveau kit CarAudio Performance).

module de rigidité en flexion de notre sandwich. De plus, on peut l'obtenir en faisceau non tissé de diamètre conséquent et donc apporter l'épaisseur recherchée pour un sandwich. Les fibres synthétiques ou mousses provenant de ressources pétrochimiques subissent l'inflation liée à la flambée des cours du brut. Les textiles bio ou "écotextiles", comme le lin, deviennent ainsi de plus en plus compétitifs...

Comme on le voit la fibre de lin réunit les trois critères clés pour la réalisation de l'âme du sandwich : léger en étant suffisamment épais avec un module d'élasticité longitudinal (module Young) élevé de 60 GPa, avec pour immense avantage un excellent amortissement interne du même ordre de grandeur que celui des fibres de verre, de Kevlar ou de l'aluminium.



La fibre de lin offre des qualités uniques: légère car creuse et très peu élastique, elle constitue un choix pertinent pour la réalisation de l'âme d'une structure sandwich.



La France est le principal producteur de lin en Europe. La fibre de lin Française est considérée comme l'une des meilleures au monde. Récoltée en Flandre, Picardie et Normandie, elle bénéficie de conditions climatiques très favorables.

### Performances comparées des différentes solutions

De nombreux prototypes ont été élaborés au cours des deux dernières années: en mono-matériaux, métal, thermoplastiques, en composites à matrice therm durcissable, thermoplastique et acrylique ou encore en papier revêtu...

Très vite nous avons restreint notre choix sur les structures composites / sandwich.

Structure simple peau avec une face externe en fibre de verre préimprégnée et une face arrière en lin tissé ou non-tissé; structure sandwich avec peau interne et externe en fibre de verre préimprégnée de part et d'autre d'une âme en fibre de lin tressée ou non tressée, avec des cônes droits ou semi-exponentiels. Un protocole de mesure a été développé en interne afin de rendre moins empirique notre recherche. À chaque étape

des "échantillons" étaient réalisées pour qualifier les performances mécaniques de nos nouvelles structures. Afin de se donner un référentiel, des "échantillons" de Polyglass et de Sandwich "W" en différentes épaisseurs ont également été réalisées ainsi que pour l'aluminium et la fibre de verre et ainsi valider la cohérence de nos expérimentations sur des mono-matériaux connus et répertoriés.

Cinq critères ont ainsi été analysés, (détaillés ci-après). Les dénominations pour les structures sandwich sont :

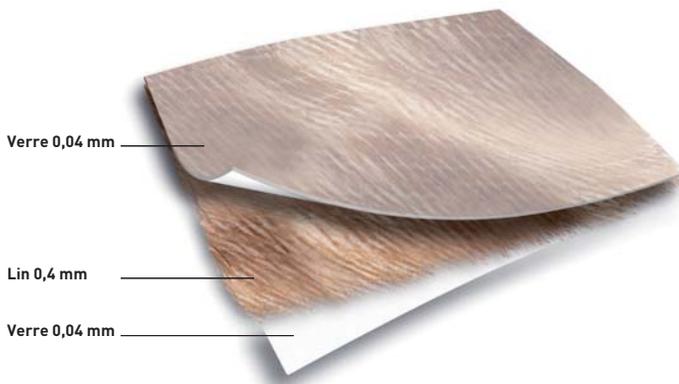
- "W" Sandwich / Brevet Focal : initié en 1995, c'est un sandwich de fibre de verre de part et d'autre d'une âme en mousse acrylique / plexiglas.
- "F" Sandwich / Brevet Focal déposé en 2013 (N° 1350116) : c'est un sandwich de fibre de

verre de part et d'autre d'une âme constituée de fibre de lin (Flax en anglais). Il sera appliqué sur des produits de série en 2013.

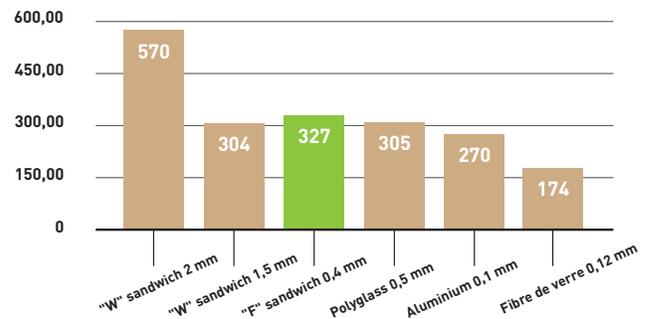
### Masse surfacique, gage d'une dynamique élevée

Pour un woofer-médium de 165 mm, la masse de la membrane recherchée pour conserver une bonne sensibilité est de l'ordre de la dizaine de grammes. Ceci correspond à une masse surfacique idéale envisageable de l'ordre de 300 g/m<sup>2</sup>. Le graphique ci-dessous [Graph 1] montre qu'un sandwich "W" de 2 mm sera plus adapté de par sa masse à un pur woofer. L'aluminium devrait, lui, être utilisé en épaisseur très fine de 0,1 mm, ce qui est totalement irréaliste... Rappelons qu'il figure à titre indicatif afin de valider la cohérence de nos mesures.

**Membrane fibre de lin**  
Constitution d'un cône pour haut-parleur médium



**Graph 1 : Masse Surfacique en g / m<sup>2</sup>**





Nouveauté 2013  
Les kits Car Audio "Flax" constitueront le haut de la gamme Performance.

**La Rigidité en allongement, gage d'une réponse en fréquence étendue**

*[Graph 2]* Le module de Young représente la contrainte mécanique qui engendrerait un allongement de 100 % de la longueur initiale d'un matériau si l'on pouvait l'appliquer réellement. Dans les faits, le matériau se déforme de façon permanente, ou se rompt, bien avant que cette valeur ne soit atteinte. Un matériau dont le module de Young est très élevé est dit rigide. Il est aisé de comprendre que plus

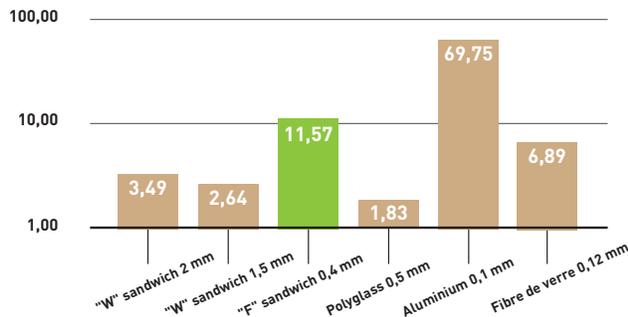
le matériau utilisé pour l'âme possède un module de Young élevé, soit une faible élasticité, plus le sandwich sera rigide en flexion et mieux il fonctionnera en piston. La fibre de lin à un module de Young de 60 GPa, du même ordre de grandeur que la fibre de verre de Kevlar ou que l'aluminium.

**L'amortissement interne, gage de neutralité**

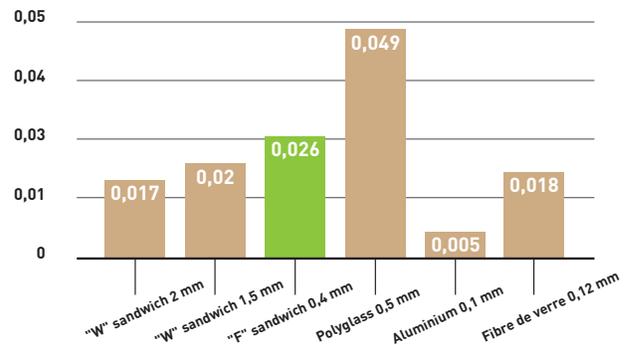
*[Graph 3]* L'amortissement est caractérisé par un coefficient appelé facteur de dissipation. À la fréquence de

"break-up" de la membrane, plus l'amortissement est élevé et moins le pic de résonance sera "surtendu"; le surcroît d'énergie à la résonance sera absorbé par le matériau. C'est un gage de neutralité, de timbres justes. L'aluminium est très peu amorti : ce critère le disqualifie irrémédiablement. Le Polyglass, avec sa base en pulpe de cellulose, excelle sur ce critère. La réputation des membranes "papier" n'est plus à faire auprès des acousticiens...

**Graph 2 : Module d'Young en GPa (échelle logarithmique)**



**Graph 3 : Facteur de dissipation tan delta**



### La Vitesse du Son dans la membrane, gage de définition

[Graph 4] Critère important, la vitesse de propagation du son dans la membrane est directement proportionnelle à la fréquence de «break-up». Le sandwich Flax fait jeu égal avec le sandwich "W", avec une valeur double de celle du Polyglass. C'est également un gage de définition du son dans

la zone médium. Le traitement Polyglass, avec un dépôt de microbilles de verre sur une base en pulpe de cellulose, améliore ce critère. Initié il y a près de trente ans, il est désormais très en deçà des matériaux hybrides développés depuis par Focal.

L'avantage de la structure sandwich est ici flagrant : l'index est directement proportionnel à l'épaisseur. Le sandwich "W" est ici sans équivalent. Malgré sa faible épaisseur, le sandwich Flax est près de trois fois supérieur au Polyglass qui, lui, est plus épais.

### La Rigidité en flexion, gage d'un grave bien contrôlé

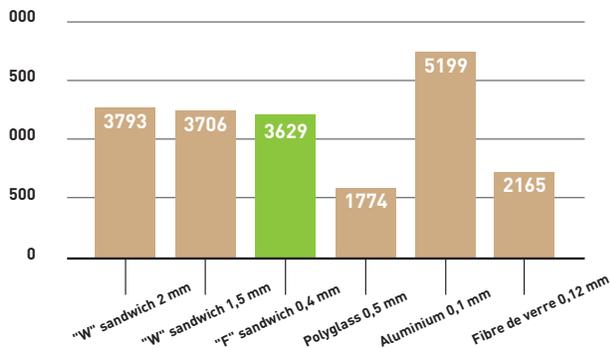
[Graph 5] Ce paramètre définit la rigidité en flexion. C'est un critère essentiel pour un cône qui sera sollicité à sa base et qui aura tendance à «battre» et à se déformer plus son index est faible. À l'inverse, une grande rigidité en flexion permettra de s'approcher de l'idéal théorique du fonctionnement en piston recherché pour la reproduction du grave.

### Synthèse

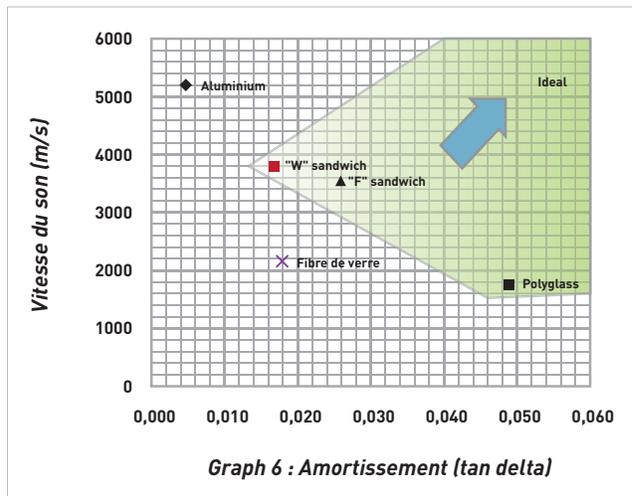
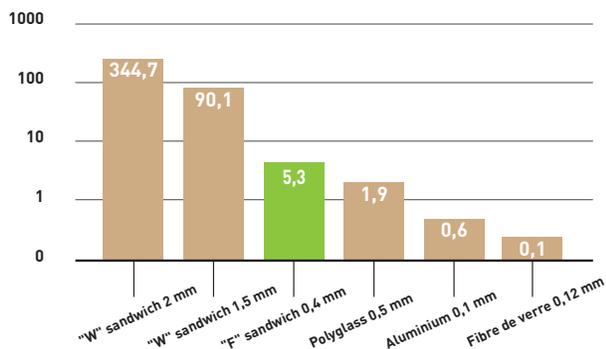
L'élaboration d'une membrane à haute performance répond à un ensemble complexe de critères pour la plupart contradictoires. La solution composite, associant des fibres de lin à une structure sandwich à base de fibre de verre, concilie de manière très harmonieuse faible masse, amortissement, vitesse de propagation du son et rigidité en flexion.

[Graph 6]

Graph 4 : Vitesse du son en m/s



Graph 5 : Index de rigidité en flexion (échelle logarithmique)





*Nouveauté 2013 - Aria 948 Black High Gloss  
Située entre Chorus et Electra, la ligne Aria 900  
sera la première à être équipée de membranes "Flax".*

Partant de ces analyses, les membranes ont ensuite été fabriquées pour évaluer en grandeur réelle les performances à l'écoute en aveugle sur des haut-parleurs. Nous avons choisi d'effectuer nos tests sur la base d'une Chorus 806 V et d'une Chorus 806 W. Focal a une longue tradition et un savoir-faire reconnu en matière de bookshelf deux voies, qui exige une réponse équilibrée à partir d'un woofer-médium dont la membrane doit satisfaire des exigences contradictoires. Rigidité pour un grave articulé, associée à un très bon amortissement afin d'éviter les colorations dans le médium, tout en recherchant le maximum de

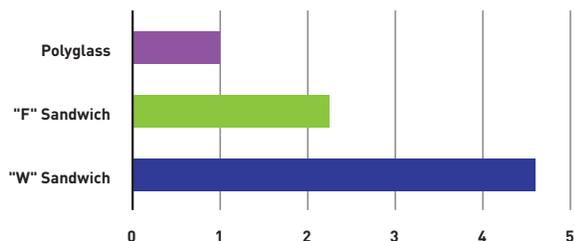
définition : la quadrature du cercle ! Tous les prototypes hors sandwich ont été rejetés, car les performances dans le grave étaient en-dessous de celles du Polyglass.

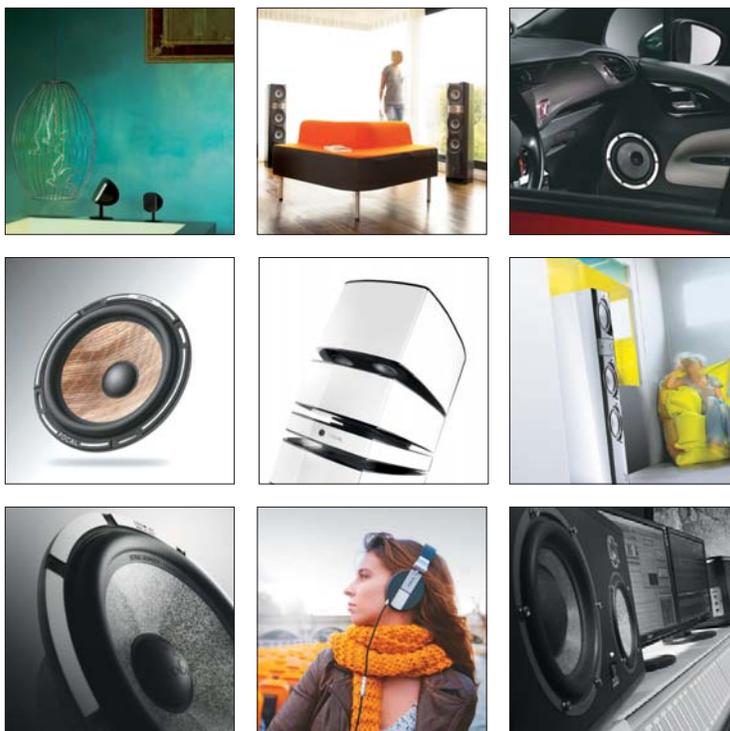
La rigidité en flexion peut être aussi améliorée en travaillant sur la géométrie du cône. Les profils semi-exponentiels donnent de très bons résultats, par exemple, avec le Polyglass. Avec les structures sandwich, intrinsèquement plus rigides, les cônes droits ont eu notre préférence, car offrant des attaques plus franches dans le grave. Le "F" sandwich à base de fibre de Lin/Flax est promis à un bel avenir : ses qualités dans le médium sont pleines

de promesses et s'inscrivent dans les valeurs de la marque, le son Focal se caractérisant en particulier par la richesse de reproduction du registre médium. De plus, le processus industriel développé pour réaliser ce sandwich amènera cette technologie à la portée de gammes intermédiaires, telles que Aria pour le Home ou Performance pour le Car, gammes très compétitives qui ne pouvaient accéder jusqu'alors au sandwich "W" pour des raisons évidentes de coût.

**[Graph 7]**

**Graph 7 : Coût Relatif / Base Polyglass**










[www.focal.com](http://www.focal.com)

FOCAL® est une marque FOCAL-JMLAB®

Focal-Jmlab® - BP 374 - 108, rue de l'Avenir - 42353 La Talaudière cedex - France.  
 Tél . 33 (0) 477 435 700 - Fax +33 (0) 477 376 587 - © 2013 Focal-Jmlab® - SCAB -130113/2

Dans un but d'évolution, Focal-Jmlab® se réserve le droit de modifier les spécifications techniques de ses produits sans préavis. - Photos non contractuelles - Photos L'Atelier Sylvain Madelon.