

NEW DIAPHRAGM FLAX SANDWICH

Patented
n°1350116



 **FOCAL**[®]
THE SPIRIT OF SOUND

ALPHA
株式会社 アルファ

THE SEARCH FOR THE HOLY GRAIL OF DIAPHRAGM TECHNOLOGIES

振動板開発におけるテクノロジー

30年以上にわたるFocalの伝統

スピーカーの製作はFocalの最も根幹にある部分であり、理想的なスピーカーをつくるための画期的な振動板の素材を30年以上にわたって探し求めてきました。Polyglass、K2サンドイッチ、"W"サンドイッチ、ケブラー、チタニウム、酸化チタン、ベリリウム、アルミ・マグネシウム等、そのリストは長大なものになります。

振動板はスピーカーにとって非常に重要なインターフェイスで、空気の実分子を実際に動かす部分です。使用される素材本来の品質が信頼性を左右することになります。

理想とする素材には相反する3つの基準が求められます。

・俊敏な動きを可能にするための軽量化

・ピストンのような機能を果たすための剛性

・音に色づけをしないためのダンピング性能

Focalのホーム、カー、プロのそれぞれの部門では現在、ミッドウーファーの振動板開発には2種類のテクノロジーが使用されています。

コスト・パフォーマンスを求めたポリグラス、そしてクオリティの高さから最上位機種に採用されている"W"およびK2サンドイッチ。サンドイッチ・コーンは手作業でしか製造できないため、少量生産にしか適用できません。

剛性を高めるグラス・サンドイッチ

ここ数年の間に数々の技術革新が起こり、自然素材への再評価からさまざまなハイブリッド素材が生み出されました。単一の素材で、上記の3つの基準を満たすものはほとんどありませんが、素材を配合することによって幅広いレンジのソリューションを提供することができます。"W"コーンに代表されるファイバーグラス・スキンを使ったサンドイッチ構造は、剛性をコントロールする上で、現在でも最上のメソッドです。

コア素材の選定

サンドイッチ・コーンのコアはスピーカーのメカニカル・ダンピング性能に影響し、ニュートラルな音質のために重要な部分です。このコアには今回、不織布のFLAXを使用し、サンドイッチのプロセスを自動化することを目指しました。自動化によるコストダウンにより、これまで最上位機種のみに限定されていたこのサンドイッチ構造を、他のレンジの製品に広げることが目的です。

Flax (リネン) がほどなく有力な候補として浮上しました。フランスはヨーロッパにおける主要なFlaxの産地でもあり、特にフランダース、ピカデリー、ノルマンディー、パ・ド・カレー地方は有名で、フランス産のFlaxは世界でも指折りの品質を誇ります。

Flaxは繊維素材の中でも最も古い歴史のあるもので、紀元前4世紀から栽培され、エジプトではミイラの保護素材としても使用されていました。

繊維組織の管束は10~40の繊維で構成されています。各繊維はひとつの長い細胞で、長さ6~10cm、直径7~40 μ m、70~80%をセルロースが占めています。



Flaxのユニークな性質

混合素材の場合、剛性と軽量という二つの条件を満たすことができますが、ダンピング性能に欠けるところがあり、振動を制御することに問題が生じます。スポーツ用品などによくありますが、素材固有の振動を吸収するためにダンピング素材を使用しなくてはなりません。これはスピーカーの振動板にとっても非常に重要な問題であり、素材の内部構造に十分なダンピング機能を持っている必要があります。

最近のこの分野の研究開発による混合素材と天然繊維の融合は、予想外のチャンスをもたらしました。Flaxの繊維は中空のため、ファイバークラスの1/2の軽さです。また、弾力性は低いため、サンドイッチ

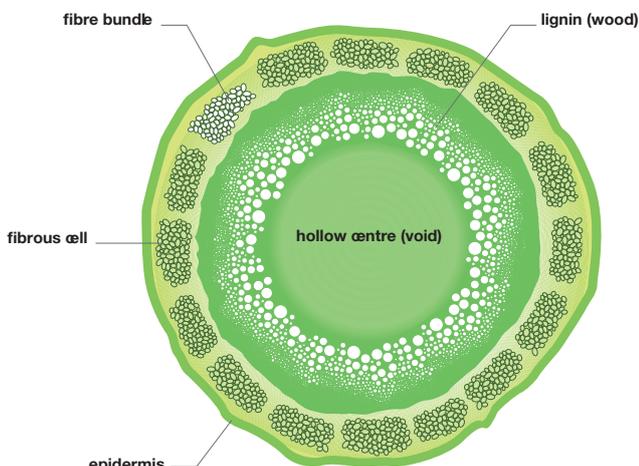


PS 165FX (high end powerfull new Car Audio 2 way component).

構造のための曲げ剛性を向上させることができます。さらに、比較的大きな直径を持つ不織繊維によってサンドイッチ構造に必要な厚みを獲得することができます。

石油化学製品からつくられる合成繊維や発泡樹脂などは原油価格の高騰の影響が不可避ですが、これによってFlaxの

ようなオーガニック繊維は徐々に価格面で有利な状況になりつつあります。Flaxは、オーディオ・スピーカーのサンドイッチ・コーンのコア部分に要求される3つのキー・ファクターをあわせ持っていることとなります。低密度、60GPaにおよぶ高い伸張弾性率(ヤング率)、優れた内部ダンピング性能です。



Flax offers unique qualities: light because it is hollow and very low elasticity. It constitutes a choice suitable for the manufacture of the core of a sandwich structure.



France is the largest producer of flax in Europe. French flax fiber is considered one of the worlds best. Cropped in Flanders, Picardy and Normandy it enjoys very favorable climatic conditions.

さまざまなソリューションの パフォーマンスを比較検証

過去2年間にFocalでは様々なプロトタイプを製作してきました。金属や熱可塑性の物質を含む単一素材や、熱硬化素材やアクリルを含む合成素材、コート紙などを振動板の素材として試しましたが、すぐに選択肢を合成素材によるサンドイッチ構造に絞り込みました。Flaxのコア(編みまたは不織)を、含浸処理を施したグラスファイバー・スキンではさみこみ、ストレートまたはセミ・エキスポネンシャル・カーブのコーンを製作しました。

また、これまで経験や勘に頼っていた研究開発プロセスは、測定に関する内部レポート・システムの開発によって効率化されました。各ステージでテスト・サンプルを製作

し、新素材のメカニカル・パフォーマンスを評価。リファレンスとして異なる厚さのPolyglassや"W"サンドイッチ・コーン、アルミ、グラスファイバーなども使用し、既存の素材との比較により実験結果を検証しました。

5つの基準に関して測定・分析がおこなわれ、その結果が以下のグラフに表示されています。

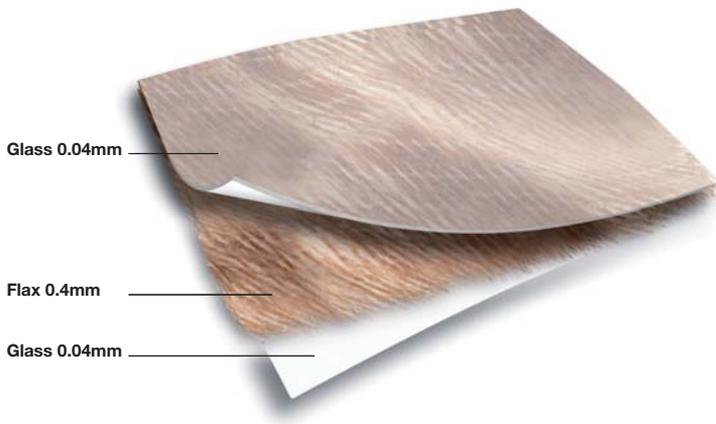
- ・ "W" sandwich: 1995年に導入。アクリル・フォームの両側をグラスファイバーのスキンではさむサンドイッチ構造
- ・ "F" sandwich: 2013年に特許登録(No. 1350116)。Flax(リネン)をコアとして両側をグラスファイバーではさむサンドイッチ構造

ダイナミック・パフォーマンスを確保するための低質量
[グラフ 1]

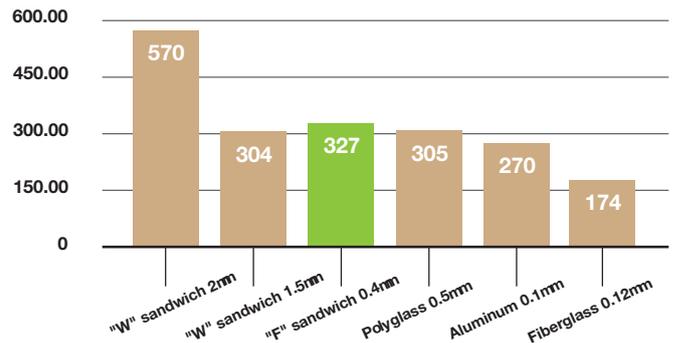
165mmのミッドウーファーの場合、良好な感度を保つための振動板の質量は約10gとされています。単位面積あたりの質量に換算すると、およそ300g/m²が理想となります。グラフには2mmの"W"サンドイッチ・コーンの質量も掲載していますが、これは(サブ)ウーファーへの使用に適した質量を参考に示しているものです。

アルミの場合は0.1mmという非常に薄いサイズにしなければ最適な質量ならず、実用性の面から不可能です。比較の目的のみで掲載しています。

Flax sandwich
Details for midrange driver



Graph 1: Surface Mass in g/m²





Car Audio "Flax" component kits: A concentrate of 100% Focal technology for the new high end of Performance Expert range.

幅広い周波数特性を獲得するための高い伸張弾性率
[グラフ 2] (logarithmic scale = 対数表示)

ヤング率は物質の弾性率を表す単位で、ヤング率が高いほど剛性が高いこととなります。サンドイッチ・コーンのヤング率が高いとそれだけ曲げに対する剛性が高く、スピーカーの振動板としては理想に近づくということになります。Flaxのヤング率は60GPaにもおよび、これはガラスやケブラーなどと同等の数値です。

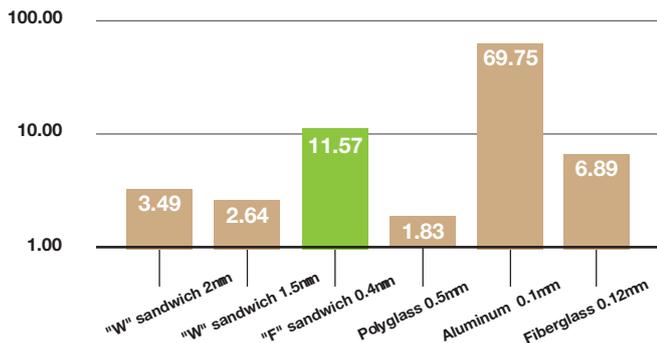
色づけないニュートラルな音質を確保するための高いダンピング性能
[グラフ 3]

素材内部のダンピング性能は、放散係数(dissipation factor)に関係しています。この数値が大きければ、余分なエネルギーが放散されるため、レゾナンスが少なくなり、色づきの少ない、ニュートラルな音質になります。

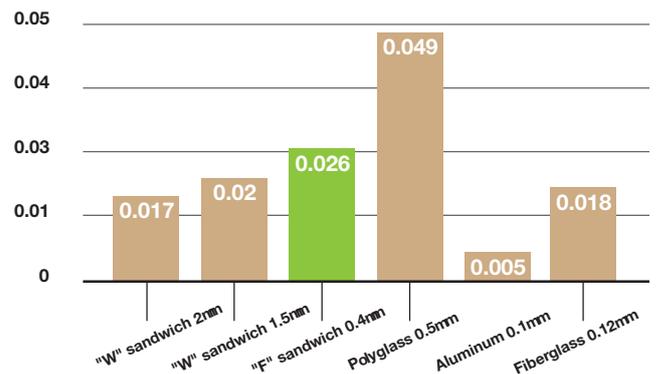
アルミはダンピング性能が悪く、音質が非常に劣化することになります。ペーパー素材

はすでにスピーカーのコーン紙として評価が確立していますが、Polyglass(セルローズ・パルプ・ベース)はダンピング性能の点で卓越したパフォーマンスを誇り、"F"サンドイッチ・コーンも良好なダンピング性能を有しています。

Graph 2: Young's modulus in GPa (logarithmic scale)



Graph 3: Dissipation factor tan delta



解像度を高めるための音の伝達速度

[グラフ 4]

振動板における音の伝達速度も大変重要な基準であり、ブレイクアップ周波数と相関関係にあります。Flaxサンドイッチの伝達速度は、"W"サンドイッチと同等であり、Polyglassの2倍の速度になります。この速度はミッドレンジの音の解像度

を向上させます。導入から30年近くたったPolyglassは、Focalがこれまでに開発してきたハイブリッド素材の中ではかなり期待を下回るものとなってしまっています。

低域をコントロールするための曲げ剛性

[グラフ 5]

このパラメータは振動板が曲げに対してどれだけの剛性を持っているかを定義するものです。特に低周波数帯域において重要で、振動板の両側の空気圧によっては変形することもあります。曲げ剛性が高ければ高いほど、通過帯域全般で強固なピストンのような動きとなり、振動板としての理想に近づきます。

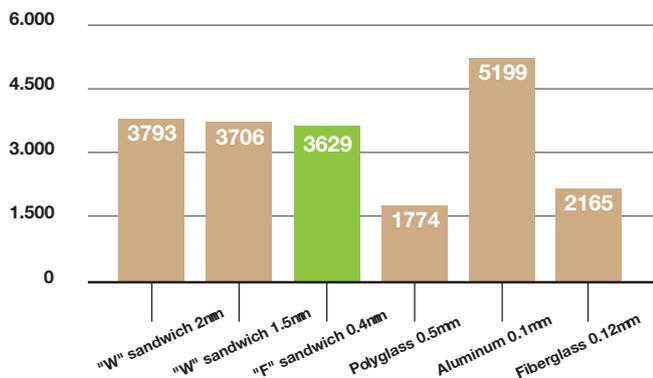
振動板の曲げ剛性は実質上その厚さに比例するため、サンドイッチ構造の利点は明らかです。下段のグラフが示すとおり、"W"サンドイッチはこの点において他の追随を許しません。Flaxサンドイッチはその薄さの割には、Polyglassの3倍の強度を誇ります。

まとめ

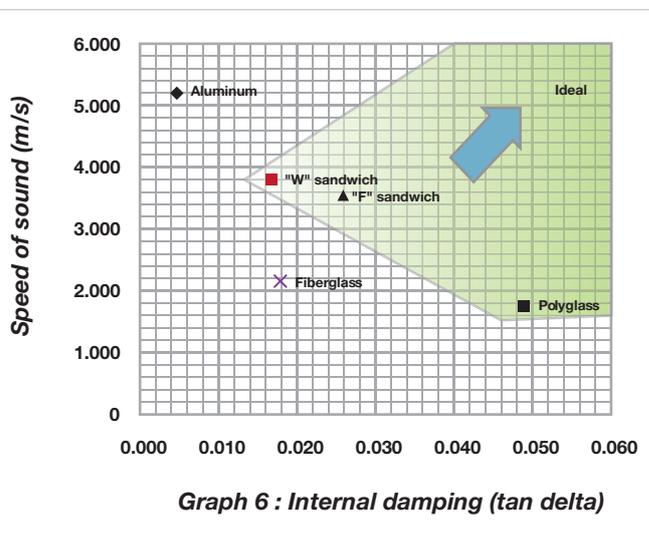
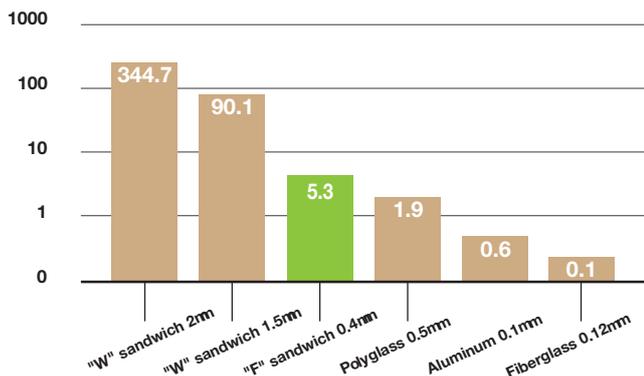
ハイ・パフォーマンスの振動板を設計するためには、複数の基準(その多くは相反するもの)を最適なかたちで融合する必要があります。ファイバークラス・スキンのFlaxサンドイッチ構造は、低質量、高いダンピング性能、音の伝達速度、高い曲げ剛性といった基準を調和のとれた方法で融合しています。

[グラフ 6]

Graph 4: Speed of sound in m/s



Graph 5: Flex ural rigidity index (logarithmic scale)



Graph 6: Internal damping (tan delta)



New 2013 - Aria 948Black High Gloss
New Home classic Flax technology 3 way loudspeaker.

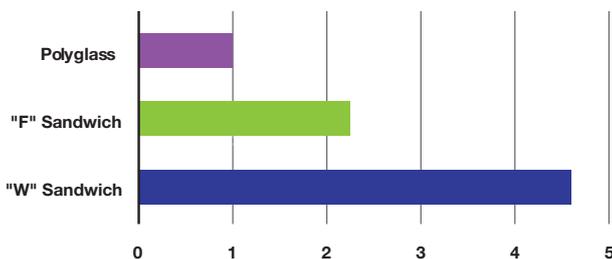
これらの分析をもとに振動板を作製し、ブラインド・リズニング・テストを実施し詳細なパフォーマンス評価をおこないました。テストにはChorus 806VおよびChorus 806Wを使用。Focalには、2ウェイのブックシェルフ・スピーカーの開発に実績がありますが、ミッドレンジの振動板には、これまで説明してきた相反する基準が全て要求されています： 低域のコントロールのための剛性、余計な色づけを排除するためのダンピング性能などです。サンドイッチ構造以外を採用したプロトタイプは全て、低域のパフォーマンスがPolyglassよりも劣るため不可となりました。

曲げ剛性はコーンの幾何学的なデザインの調整にも貢献します。セミ・エクスポネンシャル・カーブは、例えばPolyglassの場合は剛性を補強することで良い結果を生み出します。サンドイッチ構造の場合、もともと剛性が高いため、タイトな低音を作り出すストレート・コーンを採用しました。

ミッドレンジの豊かな表現がFocalサウンドの特徴のひとつですが、Flaxの"F"サンドイッチ・コーンの特性はFocalブランドのミッドレンジに非常に適しており、Focalの次世代の新素材として有望なものであると言えます。

さらに、この振動板素材の成型プロセスのコストダウンにより、ホーム用であればAria 900、カー部門ではPerformanceシリーズへの製品導入が可能になり、これまで予算の面で"W"サンドイッチ・コーンをあきらめていた方々にも手の届く価格競争力をも付加することができるようになりました。
[グラフ 7]

Graph 7: Relative cost / Polyglass base



EXPERT PS 130F



2-way component kit



WHAT MAKES THE DIFFERENCE

- High sensitivity
- All the last high tech solutions
- Unique and patented FLAX cone (N°1350116)
- A new sound for a new 100% Focal signature

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Diameter: 5" (130mm)

Voice-coil diameter: 1" (25mm)

Voice-coil height: 0³/₈" (10mm)

Magnet: 3¹/₃" (85mm)

Processed Aluminum/Magnesium inverted dome tweeter

Separate crossover: 12-12dB/Oct

Adjustable tweeter level: 0; -3dB/Oct

Max. power: 120W

Nom. power: 60W

Sensitivity (2.83V/1m): 91.6dB

Frequency response: 75Hz – 28kHz

Accessories: Supplied grilles



EXPERT PS 165F



2-way component kit



WHAT MAKES THE DIFFERENCE

- High sensitivity
- All the last high tech solutions
- Unique and patented FLAX cone (N°1350116)
- A new sound for a new 100% Focal signature

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Diameter: 6 1/2" (165mm)
Voice-coil diameter: 0 3/3" (25mm)
Voice-coil height: 0 9/6" (15mm)
Magnet: 3 1/3" (85mm)

**Processed Aluminum/Magnesium inverted
dome tweeter**
Separate crossover: 12-12dB/Oct
Ajustable tweeter level: 0; -3dB/Oct
Max. power: 140W

Nom. power: 70W
Sensitivity (2.83V/1m): 91.6dB
Frequency response: 60Hz – 28kHz
Accessories: Supplied grilles



EXPERT PS 165FX



2 way component kit



WHAT MAKES THE DIFFERENCE

- High power handling
- Very low deep bass
- All the last high technologies
- BI AMP system (special crossover)
- Unic and patented FLAX cone (N°1350116)
- A new sound for a new 100% Focal signature

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Diameter: 6 1/2" (165mm)

Voice-coil diameter: 1 1/4" (32mm)

Voice-coil height: 0 9/16" (15mm)

Magnet: 3 5/8" (90mm)

Processed Aluminum/Magnesium inverted dome tweeter

Separate crossover: 12-18dB/Oct

Ajustable tweeter level: 0 ; -3dB/Oct

Max. power: 160W

Nom. power: 80W

Sensitivity (2.83V/1m): 91.3dB

Frequency response: 55Hz – 28kHz

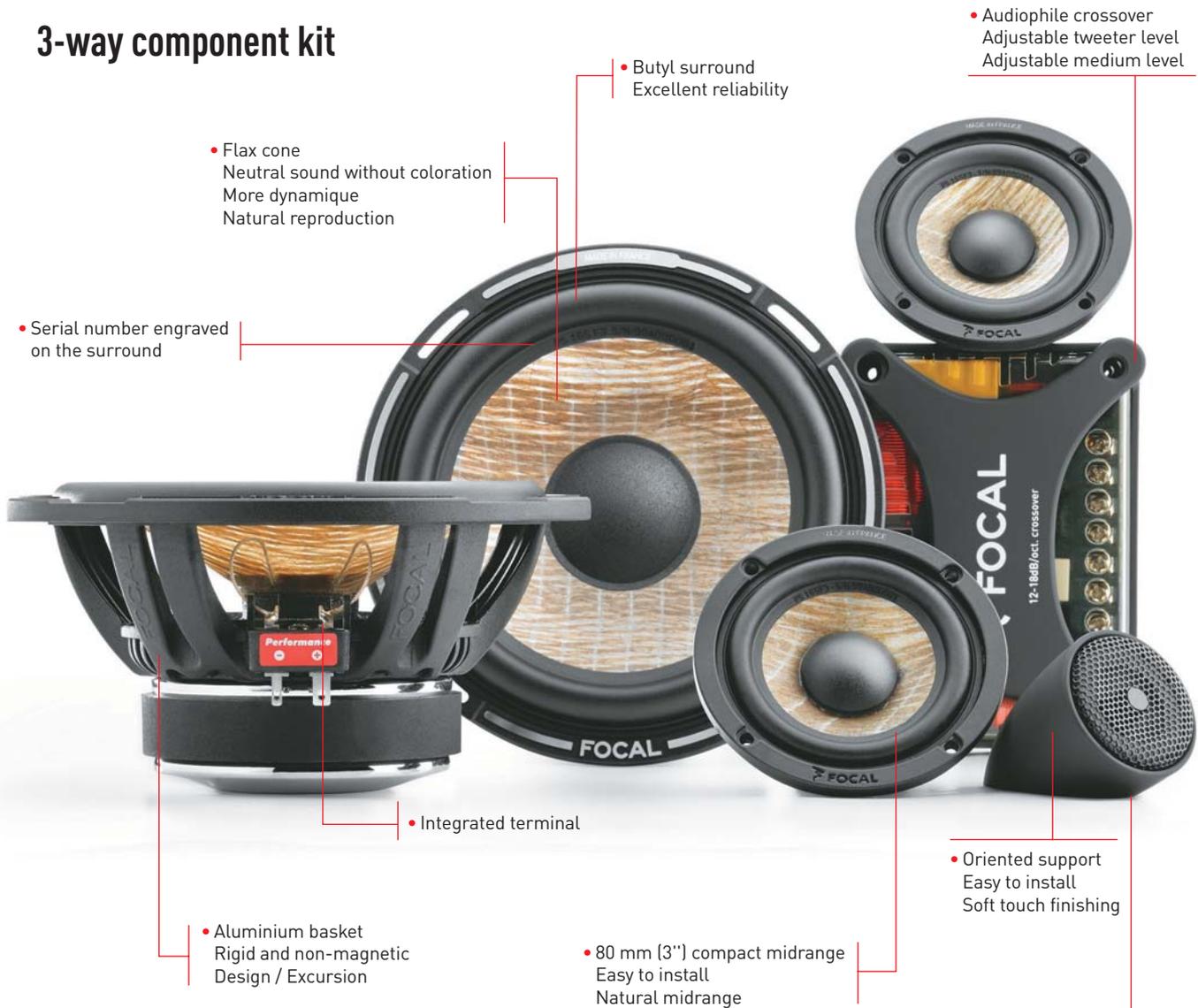
Accessories: Supplied grilles



EXPERT PS 165F3



3-way component kit



- Flax cone
Neutral sound without coloration
More dynamique
Natural reproduction

- Serial number engraved
on the surround

- Butyl surround
Excellent reliability

- Audiophile crossover
Adjustable tweeter level
Adjustable medium level

- Integrated terminal

- Aluminium basket
Rigid and non-magnetic
Design / Excursion

- 80 mm (3") compact midrange
Easy to install
Natural midrange

- Oriented support
Easy to install
Soft touch finishing

- Processed Aluminum/Magnesium inverted
dome tweeter
Smoothness and definition without directivity
Poron suspension for long life

WHAT MAKES THE DIFFERENCE

- High power handling
- Very low deep bass
- Compact midrange
- Detailed sound stage
- Unique and patented FLAX cone (N°1350116)
- A new sound for a new 100% Focal signature

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Woofer diameter: 6 1/2" (165mm)

Midrange diameter: 3" (80mm)

Woofer depth: 3 1/16" (77mm)

Midrange depth: 1 5/16" (33,5mm)

Woofer magnet: 3 9/16" (90mm)

**Processed Aluminum/Magnesium inverted
dome tweeter**

Separate crossover: 12-18dB/Oct

Adjustable Tweeter level: 0; -3dB/Oct

Adjustable Medium: HI-MID/Flat

Max. power: 160W

Nom. power: 80W

Sensitivity (2.83V/1m): 91.5dB

Frequency response: 55Hz - 28kHz

Accessories: Supplied grilles

 **Performance**
CREATE YOUR SOUND

 **FOCAL**
THE SPIRIT OF SOUND

TWEETER TNF

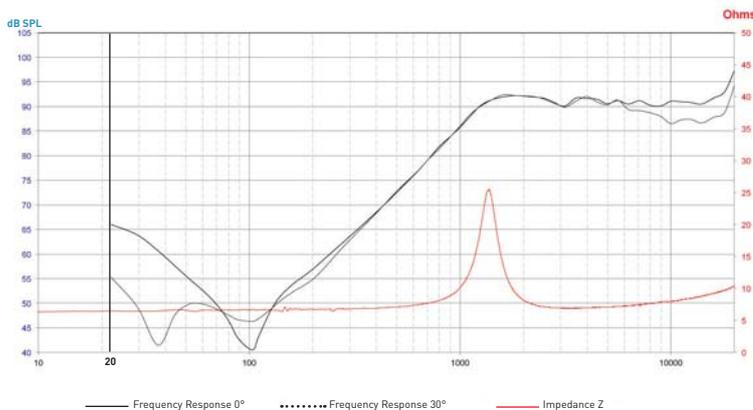


- 20mm push-pull Neodymium magnet
- 20mm voice-coil with aluminum former
- Optional accessories for easy mounting (soft touch)
- Aluminum/Magnesium inverted dome
- Poron suspension

SPECIFICATIONS

Nominal power	15W	
Maximum power	100W	
Sensitivity (2,83V/1m)	91dB	
Cone	Aluminum/Magnesium	
Surround	Poron	
Nom. impedance	8 Ohms	
DC resistance	6 Ohms	
VC diameter	20.5mm	4.5 in
VC height	1.5mm	1/16 in
Former	Aluminum	
Layers	2	
Wire	Aluminum	
Inductance	0.06mH	
Xmax	+/- 5mm	
Magnet d x h	20 x 2mm	13/16 x 1/16 in
Magnet weight	-	2.2lb
Flux density	1.6T	
Gap height	2mm	1/16 in
Net weight	85g	0.18lb

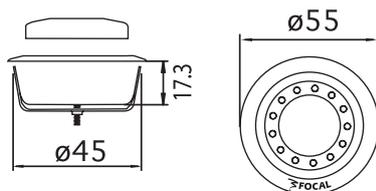
FREQUENCY RESPONSE/IMPEDANCE



PARAMETERS

Fs	1370Hz
Vas	0,003l
Qts	1.34
Qes	1.8
Qms	5.3
Re	6.6 Ohms
Sd	7.07cm ²
Cas	2.25E-11 m5/N
Mas	600.42 Kg/m4
Ras	975170 Ohms.ac
Cms	45 µm/N
Mms	0.3 g
Rms	0.44 Kg/s
Ces	668.23 mF
Les	8.6 mH
Res	45.9 Ohms
BI	4.5 N/A
SPL	88 dB/W/m

MECHANICAL DRAWING



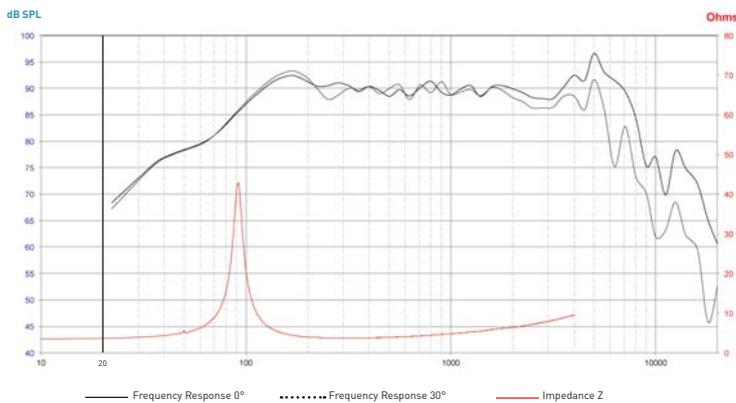
EXPERT PS 130F

Woofer (5")

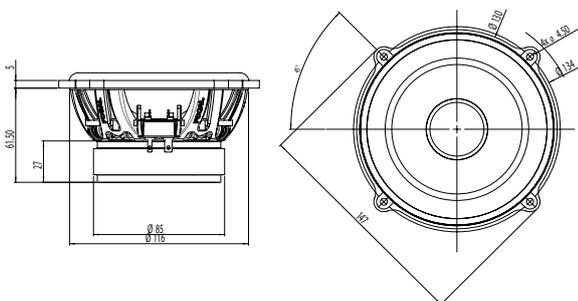


- Flax cone
- Aluminum basket
- Butyl surround

FREQUENCY RESPONSE/IMPEDANCE



MECHANICAL DRAWING



SPECIFICATIONS

Nominal power	60W	
Maximum power	120W	
Sensitivity (2,83V/1m)	90.4dB	
Cone	Flax	
Surround	Butyl	
Nom. impedance	4 Ohms	
DC resistance	3.3 Ohms	
VC diameter	25mm	
VC height	10mm	
Former	Kapton	
Layers	2	
Wire	Copper	
Inductance		
Xmax	+/- 2.5mm	1 ^{1/8} "
Magnet d x h	85 x 15mm	3 ^{1/3} x 0 ^{9/16} "
Magnet weight	300g	0.6lb
Flux density	0.95T	
Gap height	5mm	0 ^{3/16} "
Net weight	850g	1.70lb
Crossover cut-off	4000Hz	

PARAMETERS

Fs	92.5Hz
Vas	3.37l
Qts	0.76
Qes	0.83
Qms	9.9
Re	3.3 Ohms
Sd	84.95cm ²
Cas	2.4E-8 m5/N
Mas	126.1 Kg/m4
Ras	7323 Ohms.ac
Cms	330 µm/N
Mms	9.1 g
Rms	0.53 Kg/s
Ces	437.5 mF
Les	6.92 mH
Res	39.36 Ohms
BI	4.56 N/A
SPL	86.77 dB/W/m
f-3dans 30L	85Hz



EXPERT PS 165F

Woofer (6¹/₂)

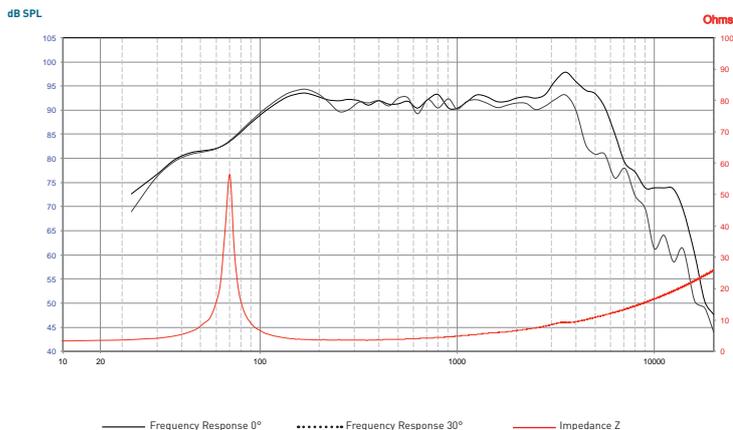


- Flax cone
- Aluminum basket
- Butyl surround

SPECIFICATIONS

Nominal power	70W	
Maximum power	140W	
Sensitivity (2,83V/1m)	91.6dB	
Cone	Flax	
Surround	Butyl	
Nom. impedance	4 Ohms	
DC resistance	3 Ohms	
VC diameter	25mm	1"
VC height	13mm	5 ⁵ / ₁₆ "
Former	Kapton	
Layers	2	
Wire	Copper	
Inductance		
Xmax	4mm	0 ³ / ₁₆ "
Magnet d x h	85x30mm	3 ¹ / ₃ " x 1 ³ / ₁₆ "
Magnet weight	900g	1.98lb
Flux density	-	
Gap height	5mm	0 ³ / ₁₆ "
Net weight	1050g	37.06lb

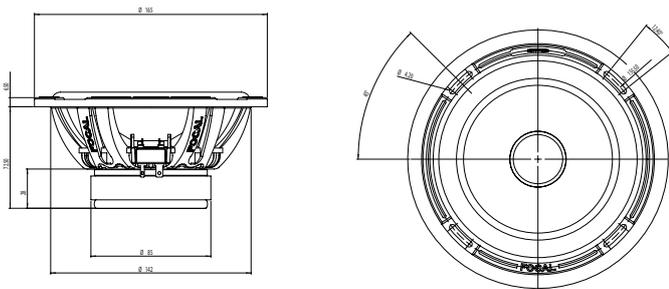
FREQUENCY RESPONSE/IMPEDANCE



PARAMETERS

Fs	70Hz
Vas	8.5 l
Qts	0.68
Qes	0.72
Qms	12.5
Re	3.2 Ohms
Sd	132.7cm ²
Cas	6.07E-08m ⁵ /N
Mas	85.94 kg/m ⁴
Ras	3010 Ohms.ac
Cms	350µm/N
Mms	15.4g
Rms	0.5kg/s
Ces	521.93mF
Les	9.99mH
Res	54.69 Ohms
BI	5.4N/A
SPL	87.8 dB/W/m

MECHANICAL DRAWING



EXPERT PS 165FX

Woofer (6"1/2")

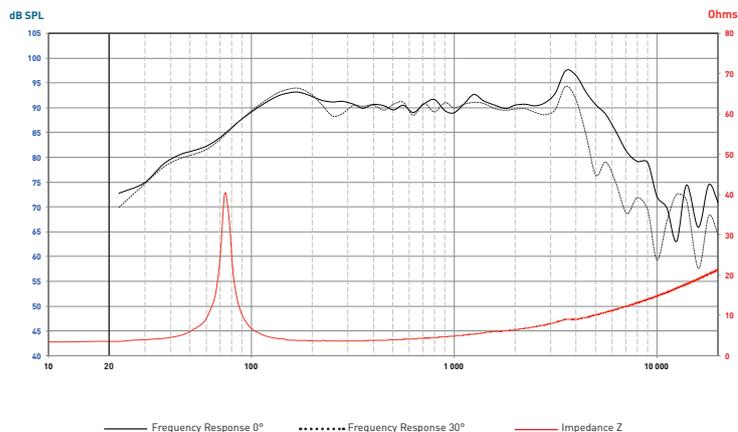


- Flax cone
- Aluminum basket
- Butyl surround

SPECIFICATIONS

Nominal power	80W	
Maximum power	160W	
Sensitivity (2,83V/1m)	91,3dB	
Cone	Flax	
Surround	Butyl	
Nom. impedance	4 Ohms	
DC resistance	3 Ohms	
VC diameter	32mm	1 1/4"
VC height	15mm	
Former	Kapton	
Layers	2	
Wire	Alu	
Inductance		
Xmax	5mm	0 3/16"
Magnet d x h	90mm x 17mm	3 9/16" x 0 2/3"
Magnet weight	400g	0.88 lb
Flux density	-	
Gap height	5mm	0 3/16"
Net weight	1350g	2.98 lb

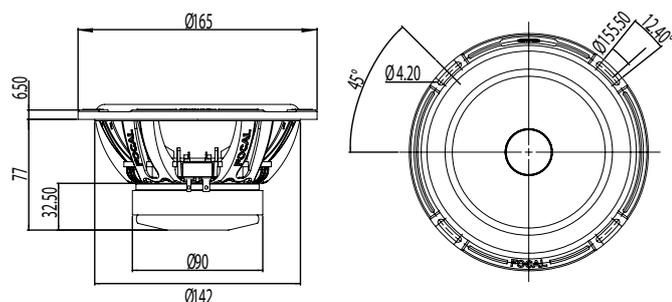
FREQUENCY RESPONSE/IMPEDANCE



PARAMETERS

Fs	74Hz
Vas	7.4 l
Qts	0.85
Qes	0.92
Qms	10.9
Re	3.2 Ohms
Sd	124.7cm ²
Cas	5.3E-08.5m ⁵ /N
Mas	76,28 kg/m ⁴
Ras	3222,63 Ohms.ac
Cms	390µm/N
Mms	11.9g
Rms	0.3kg/s
Ces	711.43mF
Les	7.27mH
Res	33.27 Ohms
BI	4.44N/A
SPL	87.6 dB/W/m

MECHANICAL DRAWING



EXPERT PS 165F3

Midrange (3")

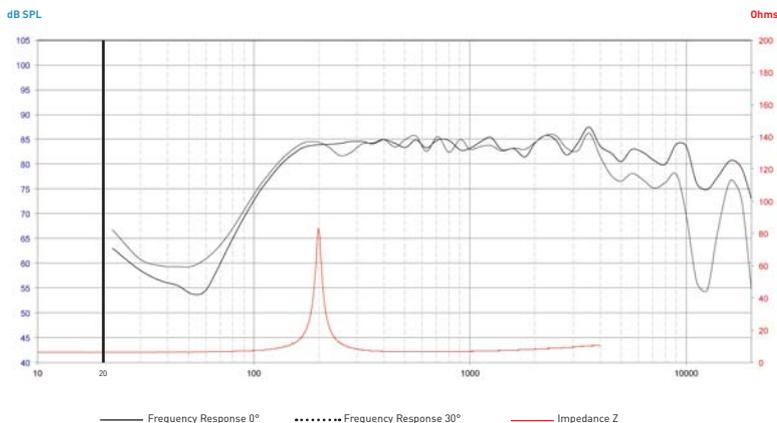


- Flax cone
- Aluminum basket
- Butyl surround
- Compact size (3")

SPECIFICATIONS

Nominal power	50W	
Maximum power	100W	
Sensitivity (2,83V/1m)	83.6dB	
Cone	Flax	
Surround	Butyl	
Nom. impedance	8 Ohms	
DC resistance	6.2 Ohms	
VC diameter	25mm	0 ^{2/2+3/3"}
VC height	8mm	
Former	Kapton	
Layers	2	
Wire	Alu	
Inductance		
Xmax	+/- 2mm	0 ^{1/16"}
Magnet d x h	32.9 x 22.3mm	1 ^{5/16} x 0 ^{7/8}
Magnet weight	110g	0.22lb
Flux density	1.2T	
Gap height	4mm	0 ^{3/16"}
Net weight	180g	0.36lb
Crossover cut-off	300 Hz - 3500 Hz	

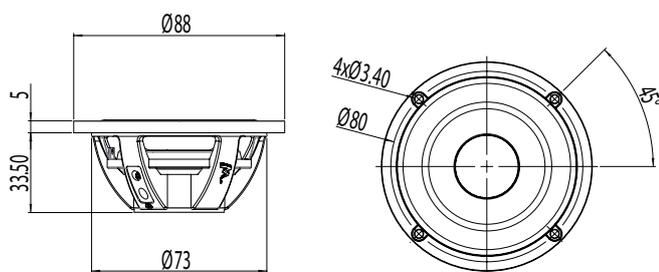
FREQUENCY RESPONSE/IMPEDANCE



PARAMETERS

Fs	200Hz
Vas	0,2l
Qts	1.2
Qes	1.3
Qms	15.8
Re	6.2 Ohms
Sd	30.2cm ²
Cas	1.37E-08 m5/N
Mas	460.8 Kg/m4
Ras	36650 Ohms.ac
Cms	150 μm/N
Mms	4.2 g
Rms	0.33 Kg/s
Ces	166.9 mF
Les	3.8 mH
Res	45.975.35
BI	5 N/A
SPL	82.6 dB/W/m

MECHANICAL DRAWING



EXPERT PS 165F3

Woofer (6")

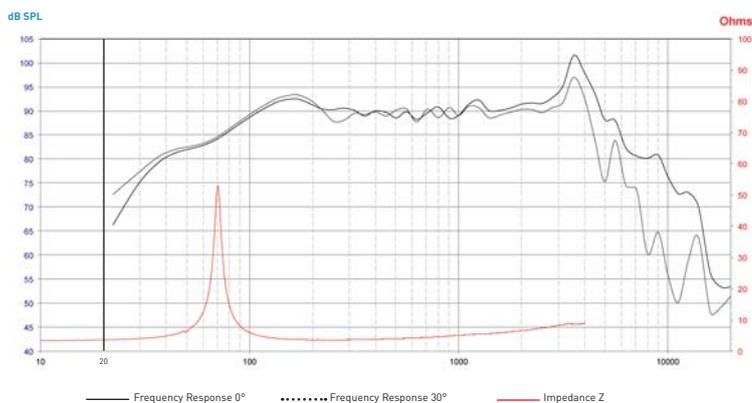


- Flax cone
- Aluminum basket
- Butyl surround

SPECIFICATIONS

Nominal power	80W	
Maximum power	160W	
Sensitivity (2,83V/1m)	90.7dB	
Cone	Flax	
Surround	Butyl	
Nom. impedance	4 Ohms	
DC resistance	3 Ohms	
VC diameter	32mm	
VC height	15mm	
Former	Kapton	
Layers	2	
Wire	Alu	
Inductance		
Xmax	+/- 5mm	1 1/4"
Magnet d x h	89 x 42 x 17mm	3 1/2 x 1 2/3 x 0 2/3
Magnet weight	1050g	2.10lb
Flux density	0.9T	
Gap height	5mm	0 3/16"
Net weight	1150g	2.30lb
Crossover cut-off	300Hz	

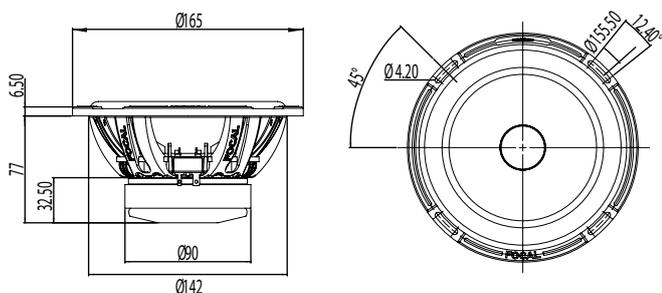
FREQUENCY RESPONSE/IMPEDANCE



PARAMETERS

Fs	66Hz
Vas	10.6l
Qts	0.86
Qes	0.92
Qms	12.8
Re	3.3 Ohms
Sd	132.7cm ²
Cas	7.55E-08 m5/N
Mas	76 Kg/m4
Ras	2480 Ohms.ac
Cms	430 µm/N
Mms	13.4 g
Rms	0.44 Kg/s
Ces	668.23 mF
Les	8.6 mH
Res	45.9 Ohms
BI	4.5 N/A
SPL	87.1dB/W/m
f-3dans 30L	60Hz

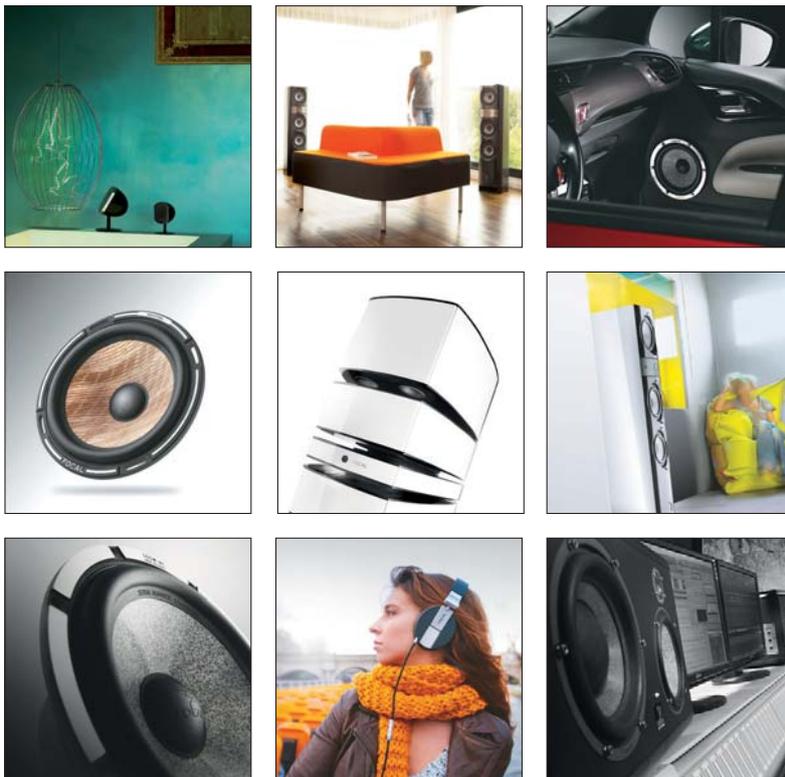
MECHANICAL DRAWING



Performance
CREATE YOUR SOUND



FOCAL
THE SPIRIT OF SOUND








www.focal.com

FOCAL® is a registered trademark of FOCAL-JMLAB®