

**PERFORMANCES METROLOGIQUES DE LA TECHNOLOGIE DES CAPTEURS
MULTIELEMENTS POUR LE DIMENSIONNEMENT PAR ULTRASONNS A
BALAYAGE**

**METROLOGIC PERFORMS OF PHASE ARRAY TECHNOLOGY FOR
ULTRASONIC SIZING DEFECTS METHOD**

B.BOURGEAY - F.NOEL - M.DESCOMBES

INSACAST – 66 Bd Niels Bohr – 69603 VILLEURBANNE

Tél. 04 72 43 84 00 – Fax. 04 72 44 34 24

E-mail : formation.cast@insa-lyon.fr

RESUME

Le contrôle par ultrasons au moyen de traducteurs multiéléments présente de nombreux avantages de mise en œuvre : absence de déplacement lors de la caractérisation, facilité de réglage des paramètres, imagerie,... Ces avantages doivent aller de paire avec les performances métrologiques utiles à la détection et la caractérisation. Une première série de mesures de positionnement sur des grands réflecteurs (fond de pièce) et petits réflecteurs (trous à fond plat) a montré l'intérêt en termes de gain métrologique tant en justesse qu'en fidélité, qu'apportait la technique multiéléments. Cependant des fluctuations des erreurs sur ces mesures nous ont amené à étudier comparativement les profils des faisceaux ultrasonores des deux types de traducteurs et les conséquences sur une opération de détection et de dimensionnement. Les résultats obtenus sont légèrement différents entre les deux techniques. Il apparaît que l'utilisation de la technologie multiéléments pour dimensionner des défauts présente des avantages, après quelques adaptations dans le protocole de mesures et dans le paramétrage du faisceau.

ABSTRACT

The ultrasonic phase arrays technology present many advantages: no movement of probe in characterization phase, easy calibration, great representation by imaging...

These advantages must be in phase with metrological performs for detection and characterization. A first serial distance measurement for large reflector (backwall of test material) and small reflector (Circular reflector), have shown metrological benefice about fidelity and justness by using phase array technology.

However periodic variations of measurement error have incited studying ultrasonic beam for the two different probes in detection and characterization test.

Obtain results are lightly different between the both. Using phase array technology for sizing defects present advantages, after measurement process adaptations and beam adjustment parameters.

INTRODUCTION

La technique de contrôle par ultrasons basée sur les capteurs multiéléments présente de nombreux avantages : absence de balayage par déplacement, facilité de réglage des paramètres du faisceau, diversité des modes de représentation A scan, B scan, imagerie en temps réelle,...

Ces facilités doivent aller de paire avec les performances métrologiques du dispositif de mesure tel que les capacités de détection de positionnement et de dimensionnement qu'il permet.

Nous avons réalisé dans un premier temps une série d'essais relatifs à des mesures de distance (positionnement) [1] :

- une première série concernait des mesures de différentes épaisseurs à l'aide d'une cale à étagée,
- une deuxième série de mesures concernait des mesures de positionnement de trous à fond plat à différentes profondeurs.

Cette approche permettait de mesurer des positionnements d'une part sur un réflecteur de dimension égale à celle du faisceau dans le cas du fond de la cale étagée et d'autre part sur un réflecteur de dimension inférieure au faisceau dans le cas des trous à fond plat.

Nous avons comparé ces résultats avec ceux réalisés au moyen un capteur mono-élément fonctionnant à la même fréquence, 5 MHz.

Les mesures de référence ont été effectuées à l'aide d'une Machine à Mesurer Tridimensionnelle raccordée à la chaîne d'étalonnage nationale et internationale.

Nous avons effectué des tests de répétabilité et de reproductibilité et globalement les résultats faisaient apparaître les tendances suivantes.

- Tant pour les mesures sur le fond que sur les trous les performances de justesse sont améliorées, l'opération de calibrage est peu prépondérante sur l'étendue de mesure
- Il en est de même pour les performances de fidélité
- Alors que pour le contrôle avec un capteur mono-élément il apparaît une diminution monotone (à tendance linéaire) de l'erreur de justesse avec l'épaisseur mesurée, pour le fond et pour le trou à fond plat, avec un capteur multiéléments il apparaît une fluctuation oscillante.

En première interprétation nous pensons que cela peut provenir de la répartition de la pression envoyée, donc du profil du faisceau, plus complexe pour un capteur multiéléments.

Une deuxième série de test a donc été envisagée pour vérifier le profil du faisceau d'un capteur multiéléments et son influence sur les performances métrologiques dans le cas du positionnement et du dimensionnement de réflecteurs plans.

DESCRIPTION DES ESSAIS ET CONDITIONS DE MESURE

1^{ère} série d'essais : caractéristiques des faisceaux

Ces essais ont pour objectif de comparer les techniques sur les caractéristiques suivantes :

- géométrie du faisceau à partir du signal A scan pour le transducteur mono-élément,
- géométrie du faisceau à partir des signaux A scan et B scan pour le transducteur multiéléments.

Les caractéristiques des transducteurs sont les suivantes :

- pour le mono élément → 1 seul élément actif de diamètre = 10 mm, fréquence = 5 MHz,
- pour le multiéléments → 64 éléments actifs, fréquence = 5MHz.

Grandeurs mesurées

- Pour le mono-élément c'est le sommet de l'écho max A scan qui est pris en compte au point de rebroussement en face du réflecteur.
- Pour le multiélément c'est le sommet de l'écho max A scan (constitué de la somme des échos des éléments transducteurs sélectionnés, ainsi que la largeur du faisceau à partir de la porte sur la représentation B scan.

Moyens matériels

- Une cale en acier de diamètre = 50 mm, profondeur = 100 mm, comportant un trou à fond plat de diamètre = 2 mm, position en profondeur = 30 mm
- L'appareil mono-élément est un PANAMETRIX.
- L'appareil multiélément est un OMNISCAN MX.

Paramètre de mesures [2]

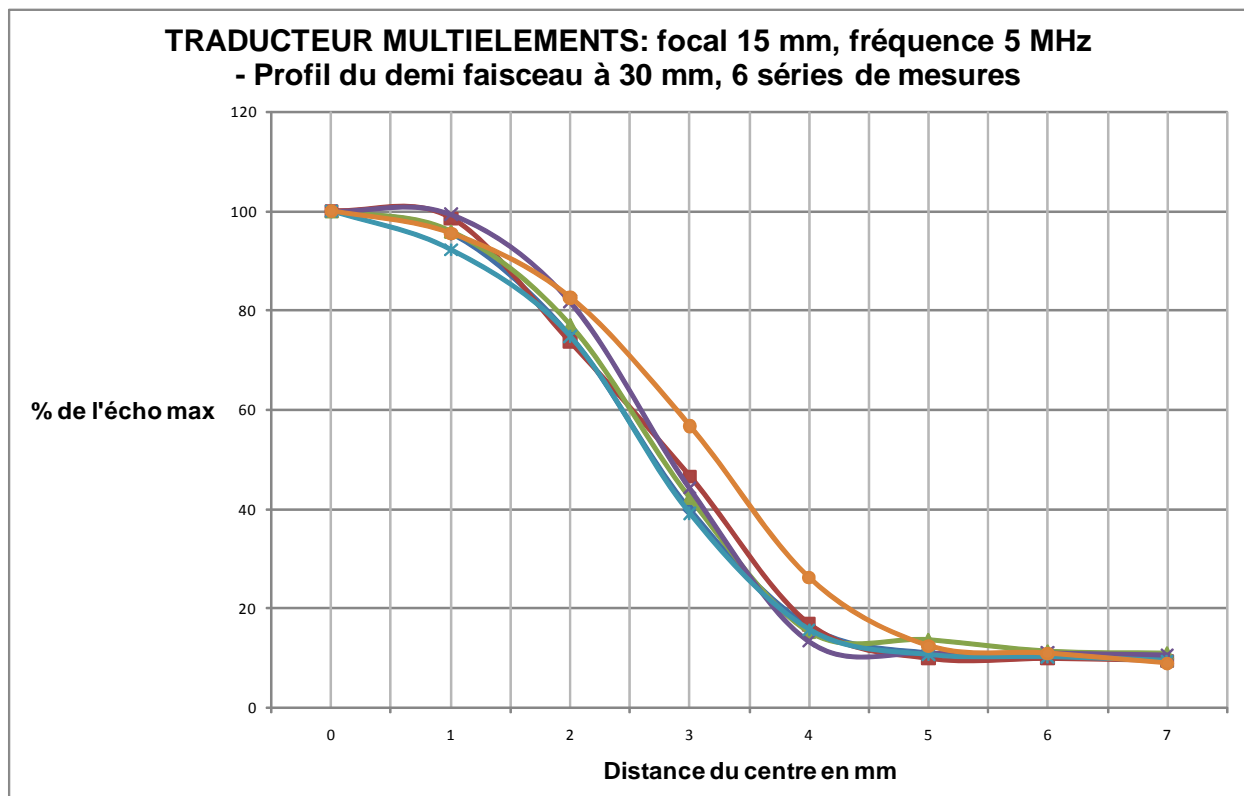
- Pour le mono-élément la zone proche théorique est de 21 mm.
- Pour le multiélément plusieurs zones focales 15, 30 et 50 mm sont utilisées afin d'encadrer le faisceau du mono élément
- Pour les deux types de transducteurs l'incrément de déplacement est de 1 mm

- Les transducteurs sont déplacés manuellement et guidés latéralement
- Le calibrage des deux systèmes de mesure sur la gamme de distance 100 mm est réalisé sur l'épaisseur des pièces tests, 30 mm (réflecteur trou à fond plat).

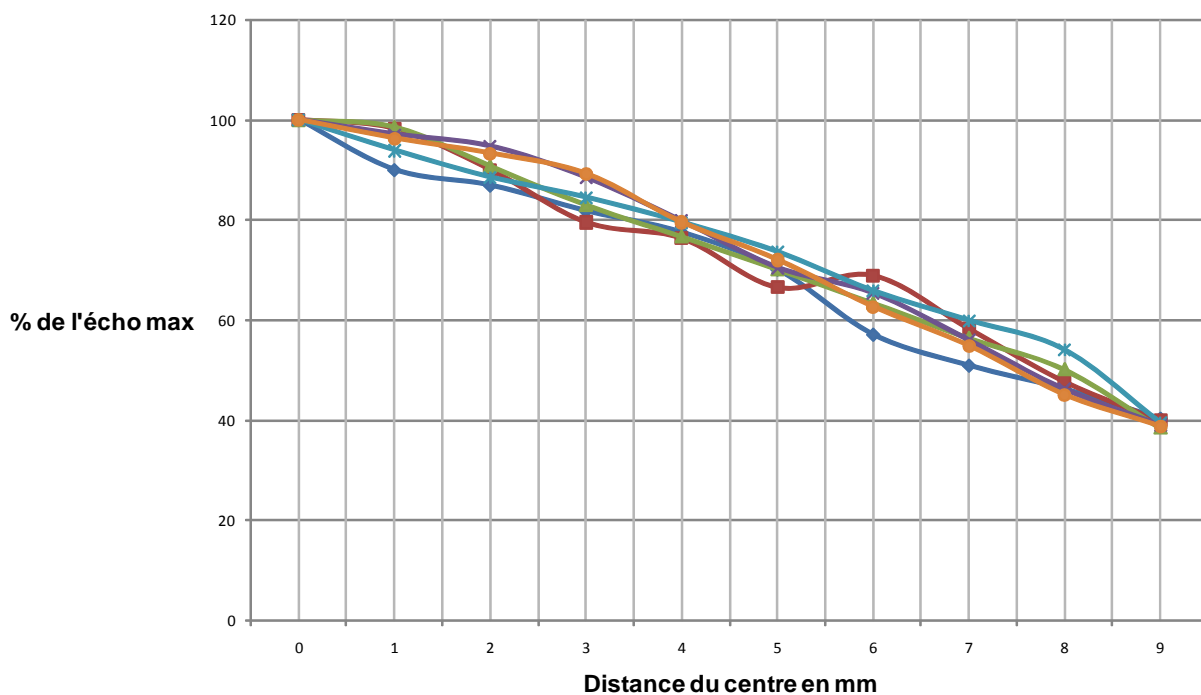
Protocole de mesure

- Nombre d'opérateurs : 2
- Séries de mesures : 6
- Nombre de réflecteurs : 1
- Nombre total de mesure : 294

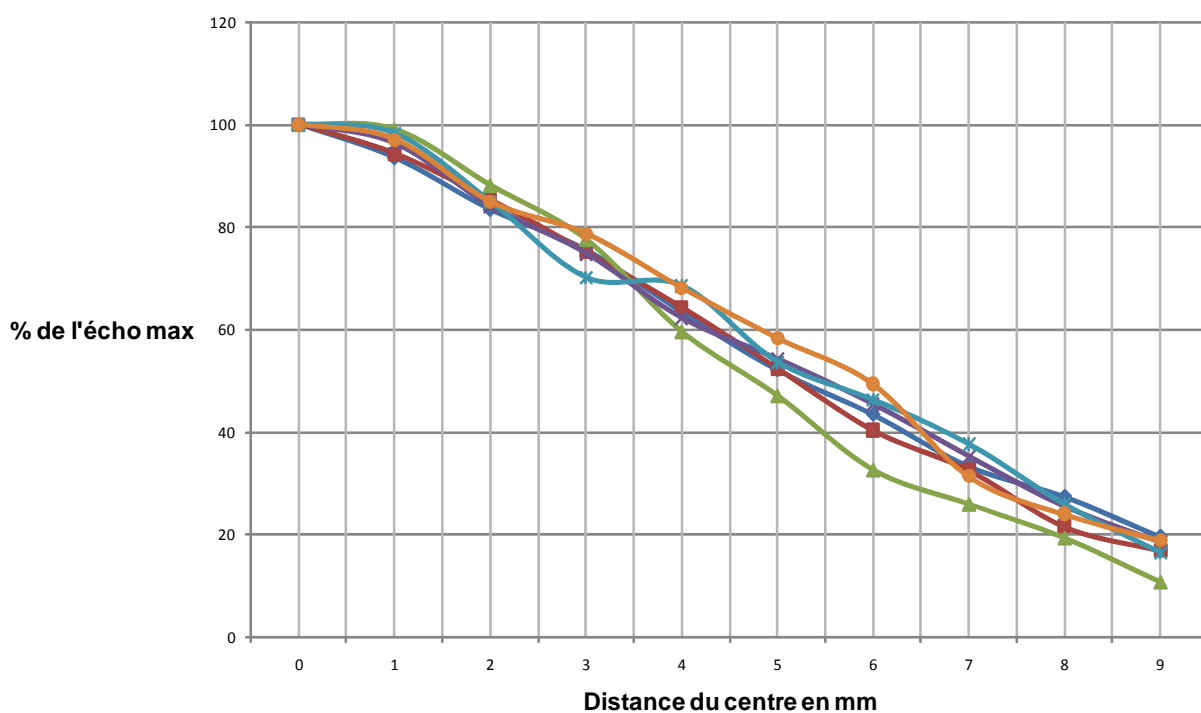
Présentation des résultats

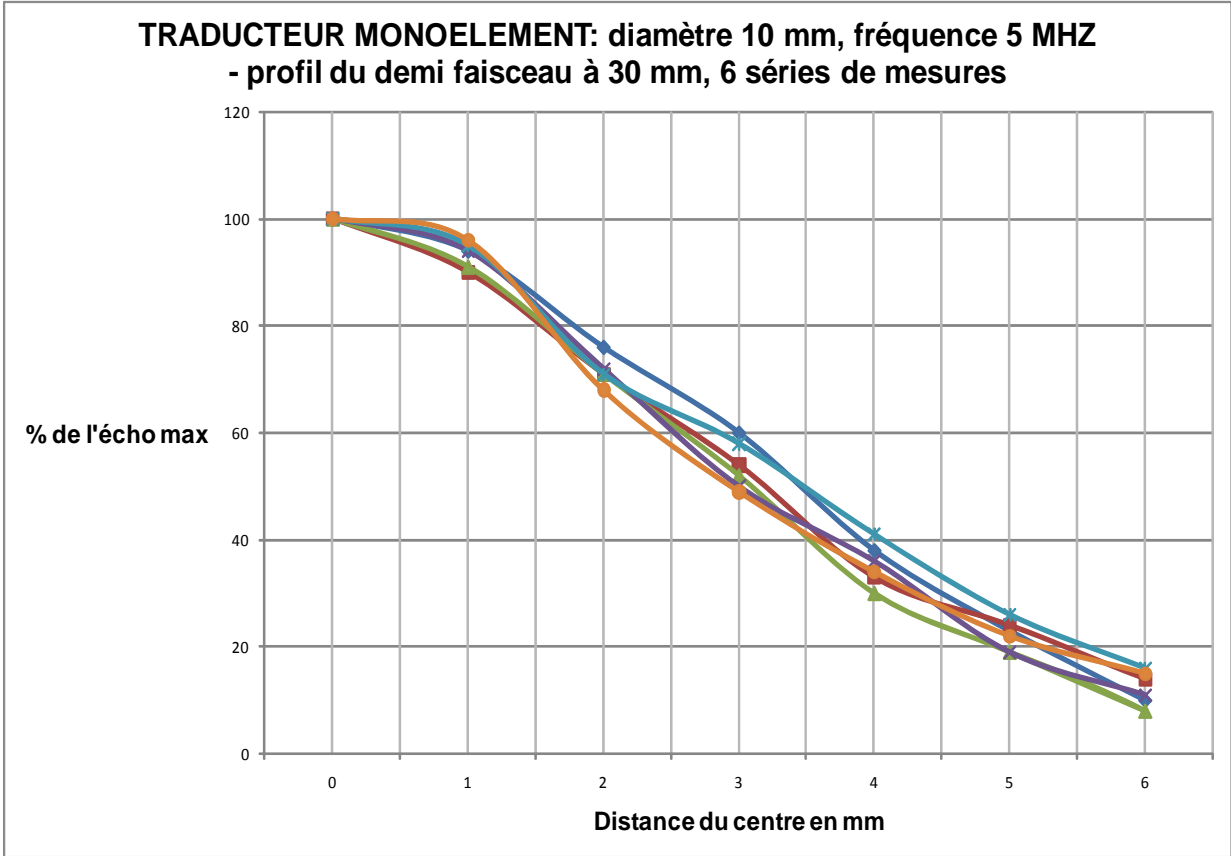


TRADUCTEUR MULTIELEMENTS: focal 50 mm, fréquence 5 MHz
- Profil du demi faisceau à 30mm, 6 séries de mesures

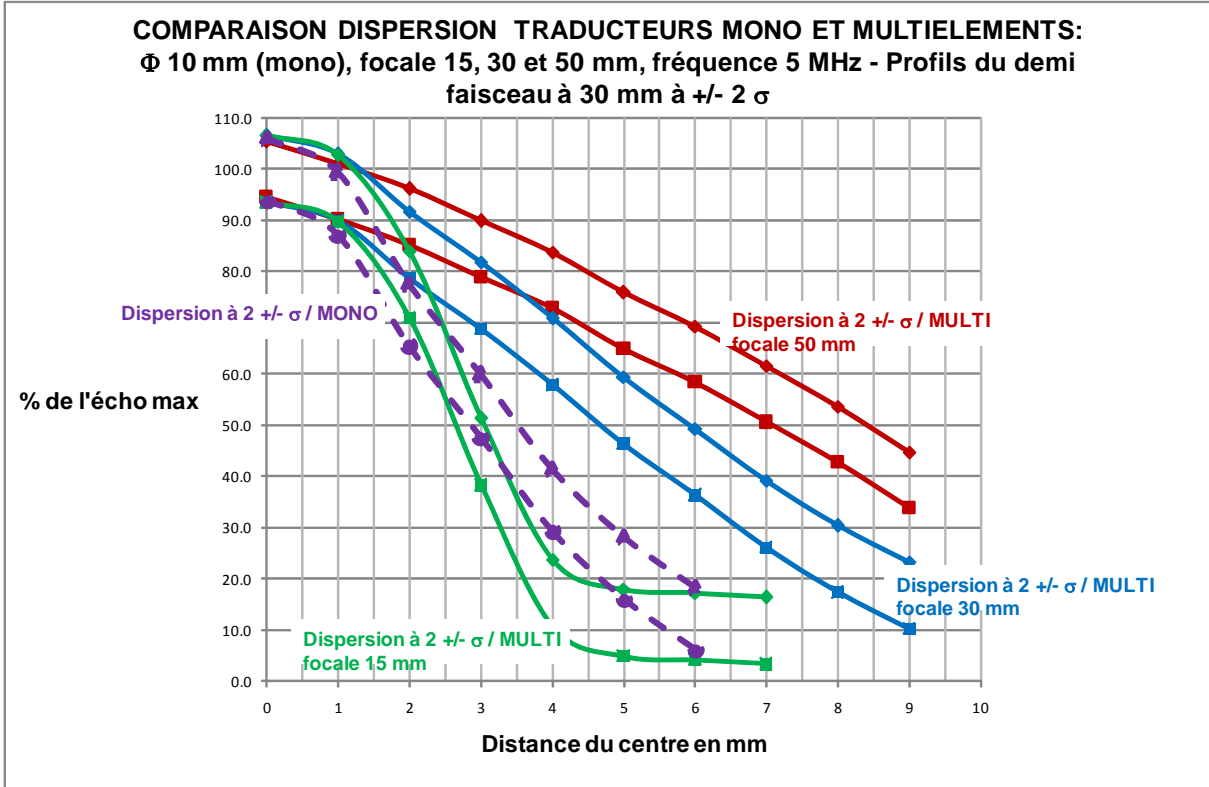


TRADUCTEUR MULTIELEMENTS: focal 30 mm, fréquence 5 MHz
- Profil du demi faisceau à 30 mm, 6 séries de mesure





Traitement et analyse des résultats [1], [3]



Nous constatons que :

- pour le traducteur multiséments les différentes focales influent peu sur la dispersion,
- de même il y a peu de différences de dispersion entre mono et multiélément,
- les fluctuations sur le profil du faisceau pour le traducteur multiéléments, notamment pour les focales 30 et 50 mm, sont noyées dans la dispersion.

2^{ème} série d'essais : dimensionnement à -6 dB

Ces essais ont pour objectif de comparer les deux techniques sur le dimensionnement de défauts plans de formes simples par la méthode à - 6 dB

Les caractéristiques des transducteurs et de l'appareillage sont les mêmes que pour la première série de mesures.

Grandeurs mesurées

- Pour le mono élément c'est le sommet de l'écho max A scan est pris en compte au point de rebroussement en face du réflecteur et la chute de 50 % de cet écho considéré comme la limite du défaut, le déplacement relatif du traducteur est la grandeur mesurée effective.
- Pour le multiélément c'est le sommet de l'écho max A scan (constitué de la somme des échos des éléments transducteurs sélectionnés) et sa chute de 50 % considérée comme la limite du défaut, le déplacement relatif du traducteur est la grandeur mesurée effective.

Moyens matériels

- Une cale en acier de dimensions = 100 x 400 x 40 mm comportant un défaut usiné à fond plat de forme rectangulaire, de dimensions = 20 x 20 mm, de position en profondeur = 30 mm.
- L'appareil mono-élément est un PANAMETRIX.
- L'appareil multiélément est un OMNISCAN MX.

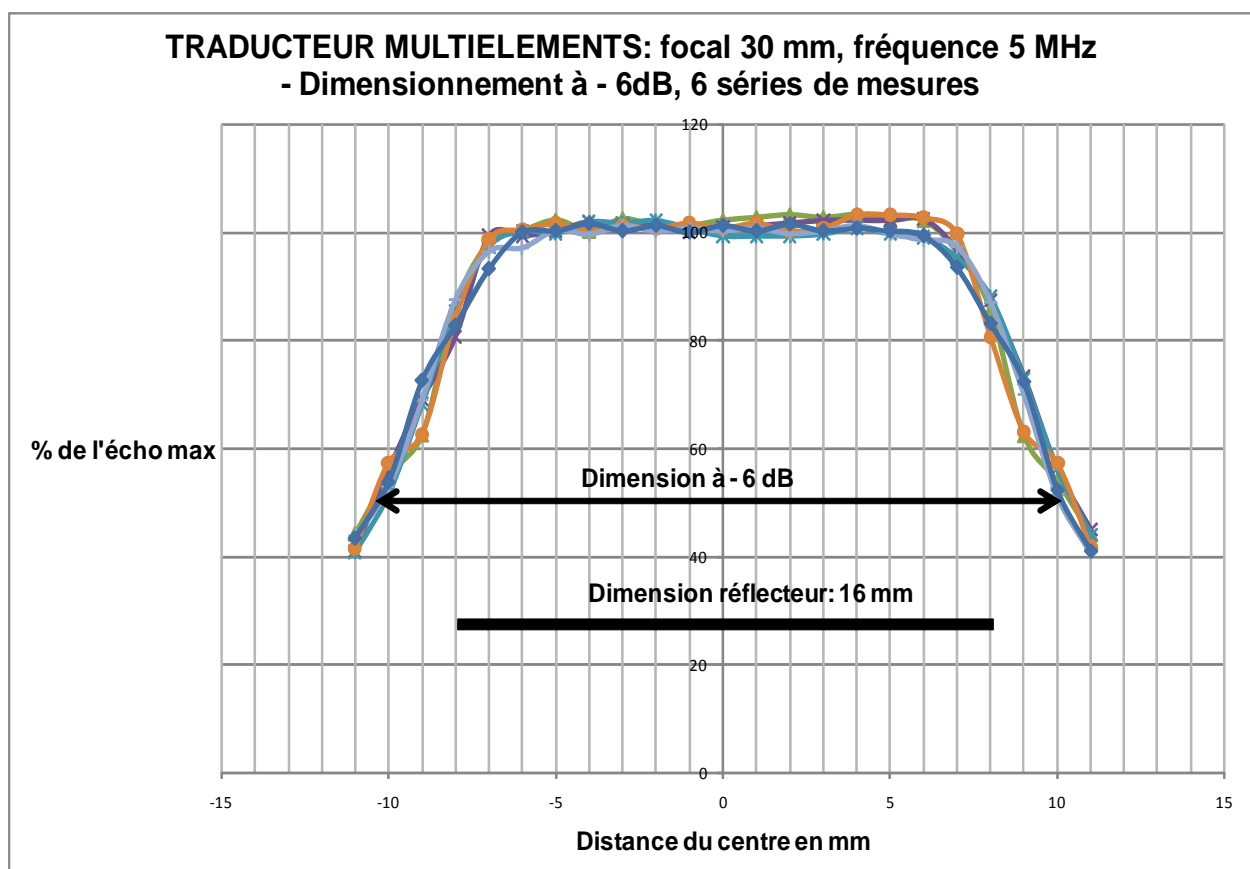
Paramètre de mesures [2]

- Pour le mono-élément la zone proche théorique est de 21 mm.
- Pour le multiéléments plusieurs zones focales 15, 30 et 50 mm sont utilisées afin d'encadrer le faisceau du mono élément.
- Les transducteurs sont déplacés manuellement.
- Le calibrage des deux systèmes de mesure sur la gamme de distance 100 mm est réalisé sur l'épaisseur de 40 mm.

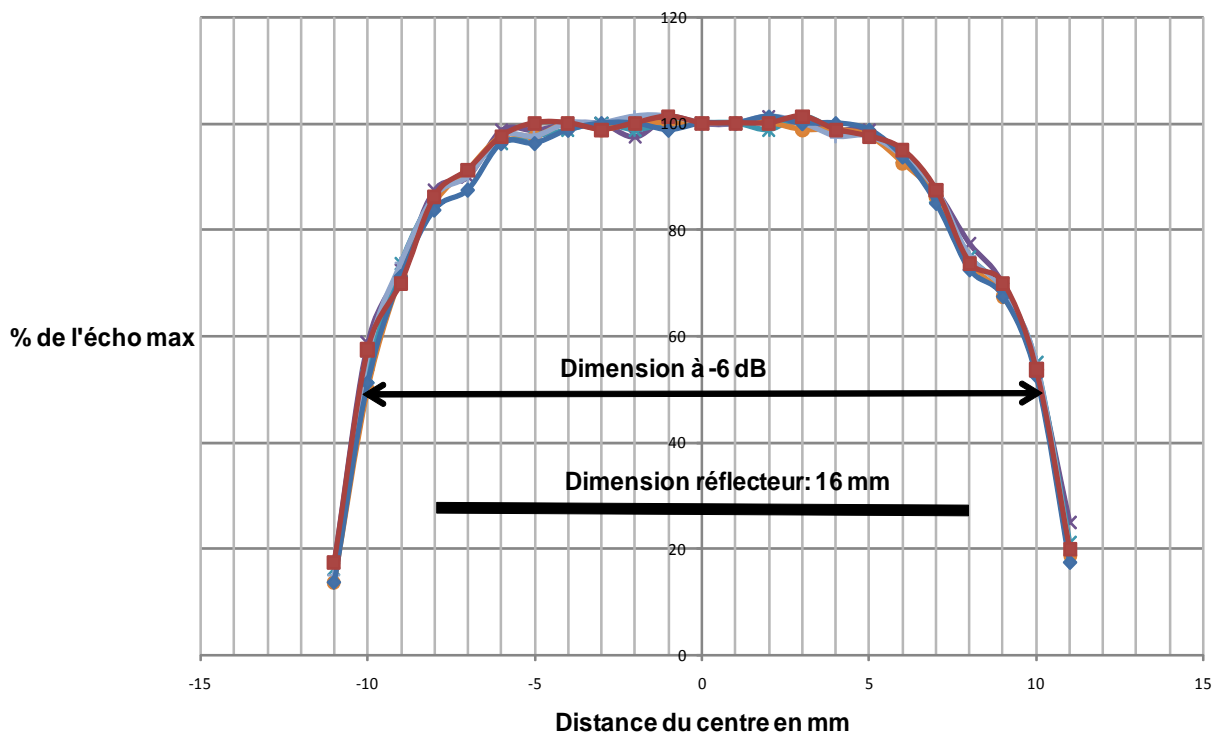
Protocole de mesure

- Nombre d'opérateurs : 2
- Séries de mesure : 6 et 10
- Nombre de réflecteurs : 1
- Nombre total de mesure : 492

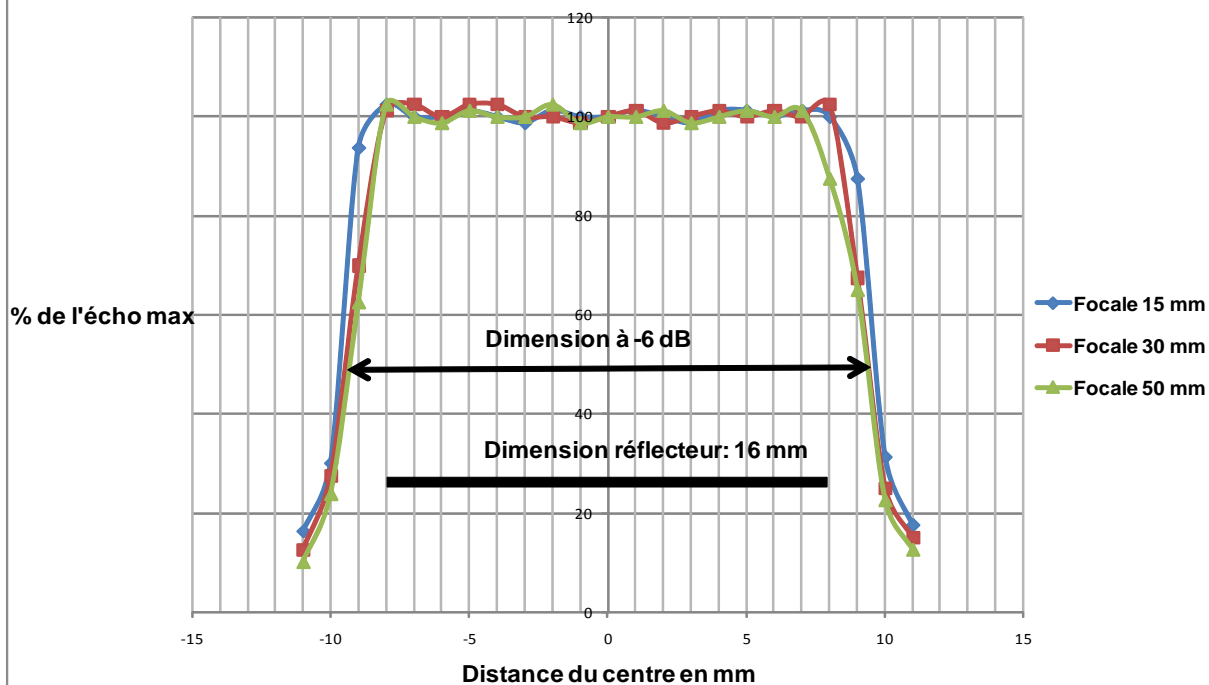
Présentation des résultats



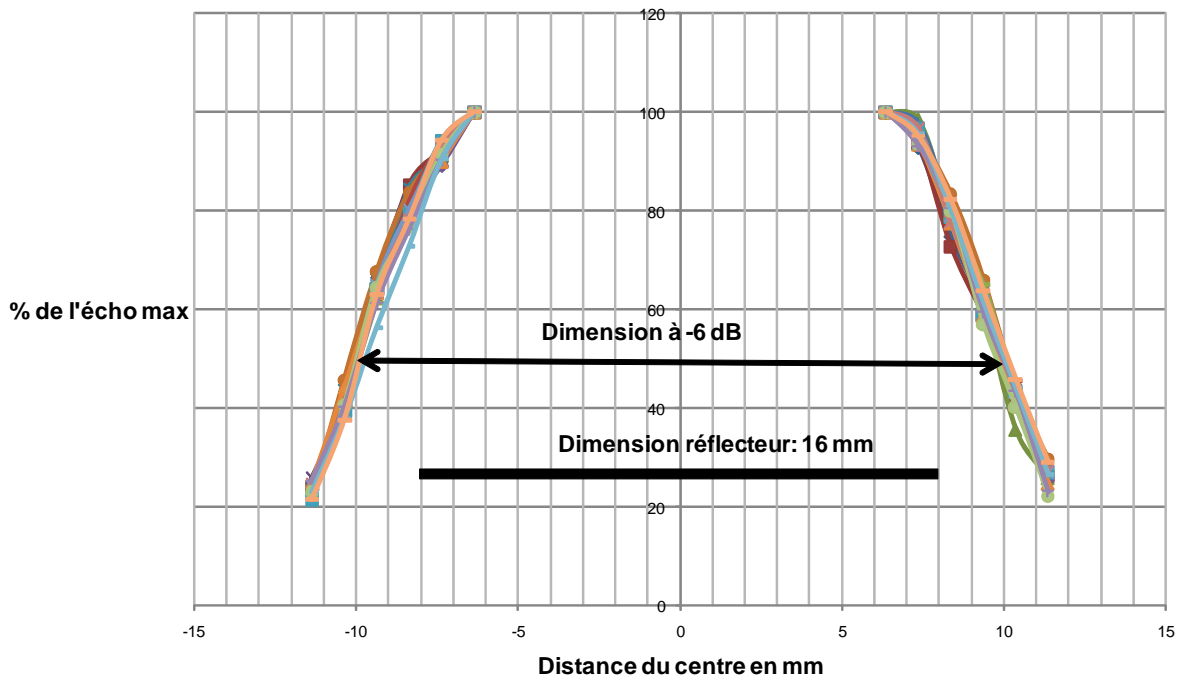
**TRADUCTEUR MONOELEMENT: diamètre 10 mm, fréquence 5 MHz -
Dimensionnement à - 6dB, 6 séries de mesure**



**TRADUCTEUR MULTIELEMENTS: fréquence 5 MHz, comparaison
focale 15, 30, et 50 mm - Dimensionnement à - 6 dB**

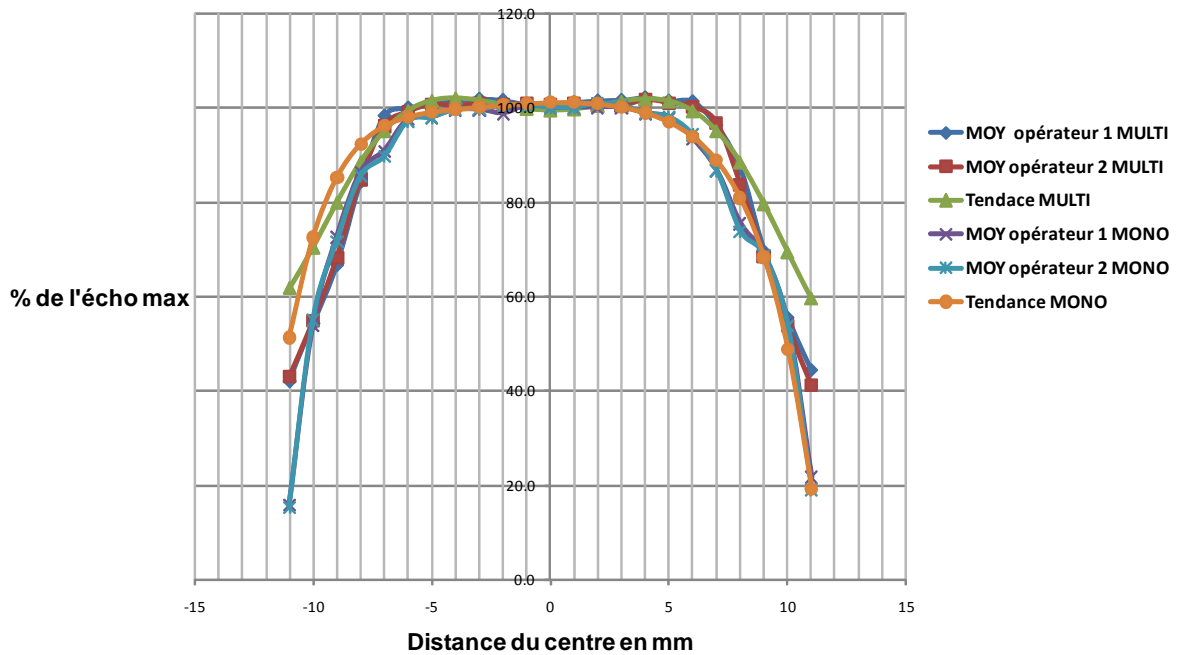


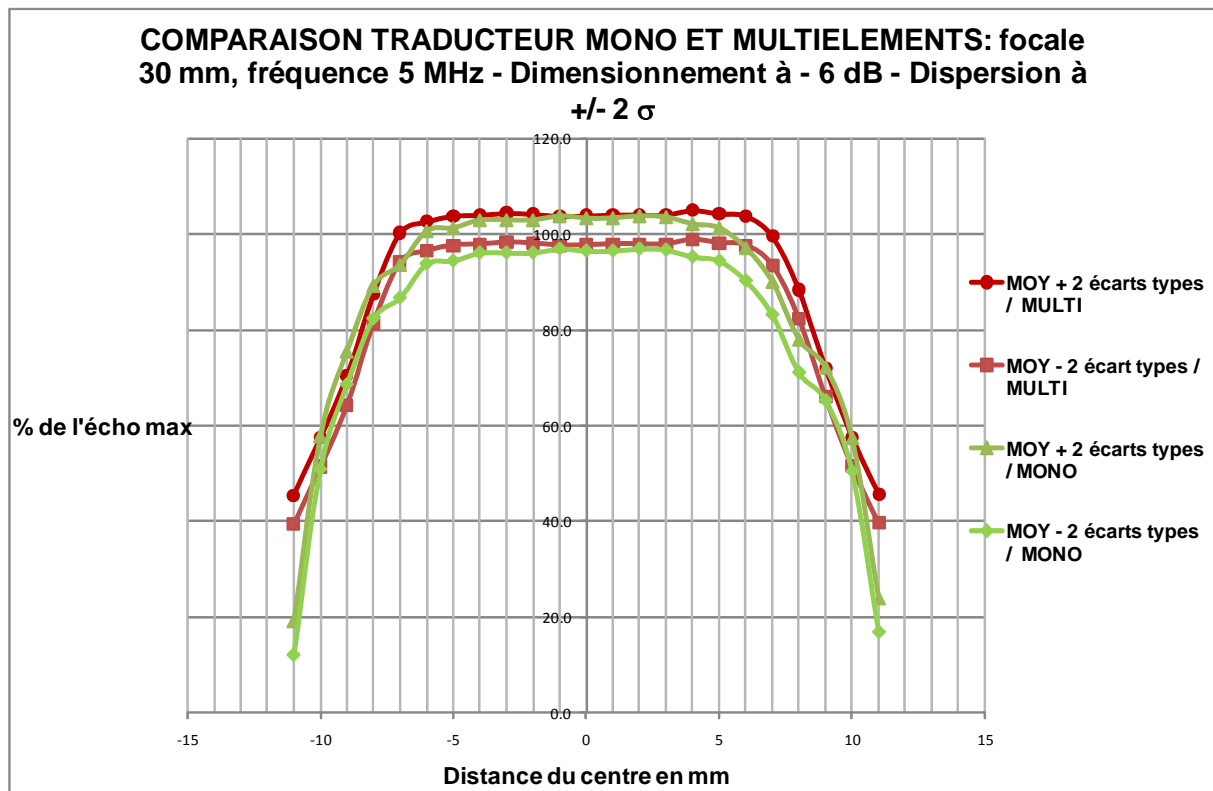
**TRADUCTEUR MULTIELEMENTS: focale 30 mm, fréquence 5MHz
- Dimensionnement à - 6 dB - 2 opérateurs, 18 séries de mesures**



Traitement et analyse des résultats [1], [3]

**COMPARAISON TRADUCTEURS MONO ET MULTIELEMENTS:
Φ 10 mm (mono), focale 30 mm, fréquence 5 MHz -
Dimensionnement à - 6dB - Moyennes et tendances**





Nous constatons que :

- comme pour le transducteur mono-élément, le multiéléments, dans le cas d'un dimensionnement à -6dB d'un grand réflecteur, à tendance à le sur-dimensionner,
- ce surdimensionnement est plutôt plus faible pour le multiéléments,
- le choix de la focale ne semble pas modifier de manière importante le dimensionnement,
- la dispersion n'est pas significativement différente entre les deux types de transducteurs.

CONCLUSIONS

Les profils comparés des faisceaux obtenus pour un transducteur mono-élément et pour un multiélément (mesures sur les signaux A Scan) ne sont pas identiques, la répartition transversale de la pression acoustique est différente notamment lorsque la focale (multiéléments) devient égale ou supérieure à la profondeur mesurée (position du réflecteur).

C'est dans cette configuration que nous constatons la présence de fluctuations dans le profil du faisceau.

C'est vraisemblablement ce profil ondulatoire qui est la cause des fluctuations de l'erreur de justesse avec la distance mesurée.

Les essais de répétabilité et de reproductibilité effectués minimisent les risques d'influence de ces fluctuations.

Cependant ces fluctuations pourraient entacher les performances de mesure sur de petits réflecteurs.

La série d'essais comparatifs de dimensionnement avait pour but de vérifier l'influence de ce phénomène sur la caractérisation dimensionnelle d'un réflecteur plan, par la méthode à - 6 dB (mesures sur les signaux A Scan).

En premier lieu les résultats montrent que de manière identique au traducteur mono-élément l'utilisation du multiéléments tend à sur-dimensionner le réflecteur, mais dans une moindre mesure.

L'ondulation du profil du faisceau pour le multiéléments ne semble pas influencer les performances de justesse, ni de fidélité d'un dimensionnement à - 6db, du moins pour un réflecteur plan idéal.

L'utilisation de la représentation B Scan apparaît d'avantage comme un outil d'aide que comme permettant la mesure proprement dit.

Ces mesures restent à confirmer en faisant varier plus largement les paramètres tel que : position de petits réflecteurs, différentes dimensions et formes de défauts plans,...

Globalement l'utilisation d'un traducteur multiéléments ne semble pas incompatible, en première approche, avec la mise en œuvre de la méthode de dimensionnement à - 6 dB, au contraire si un paramétrage correcte du faisceau est réalisé, un gain peut être obtenu.

BIBLIOGRAPHIE

[1] F.NOEL, B.BOURGEAY, M.DESCOMBES, Apport de la technologie des capteurs multiéléments à balayage sur la qualité métrologique d'un essai par ultrasons, Journées technique COFREND, Beaune 2005

[2] B.BOITEUX, Guide du technicien qualité, Delagrave 2001

[3] Documentation Olympus, 2008