

Imagerie ultrasonore multi-éléments pour la caractérisation de défauts de soudure

Alice DINSENMEYER & Thomas LECHAT

Résumé

L'imagerie multi-éléments repose sur le même principe que les antennes à commande de phase : le transducteur utilisé est constitué de plusieurs éléments piézoélectriques pouvant émettre et recevoir des signaux haute fréquence. Afin de comprendre son utilisation en contrôle de pièces industrielles, trois défauts de soudure sont imagés à l'aide d'un boîtier Sofranel. La qualité de leur représentation dépend surtout de la précision sur la position des capteurs lors de la mesure et des nombreux réglages effectués en amont.

I. Introduction

Connue pour son usage répandu en médecine, l'imagerie multi-éléments par ultrasons est également largement employée dans le secteur de l'industrie. En effet, elle peut fournir rapidement des images précises car l'énergie peut être focalisée facilement, ce qui est adapté à de l'imagerie de soudure, de collage, de fissure, du contrôle d'épaisseur, etc.

Ce rapport revient sur cette méthode, appliquée à de l'imagerie d'une soudure en V sur plaque d'acier de 8 mm d'épaisseur.

II. Principe de l'imagerie multi-éléments

Le transducteur utilisé pour l'imagerie multi-éléments est une barrette composée de plusieurs éléments piézoélectriques. Disposés en ligne ou en matrice, ils peuvent être excités suivant une loi de retard permettant de focaliser et de diriger le front d'onde. La figure 1 montre qu'une loi de retard linéaire (à gauche) permet de générer et de diriger un front d'onde plan, tandis que d'autres lois permettent, par exemple de focaliser l'énergie et de déplacer ce point de focalisation (image de droite).

Ce même transducteur est utilisé pour la réception du signal réfléchi.

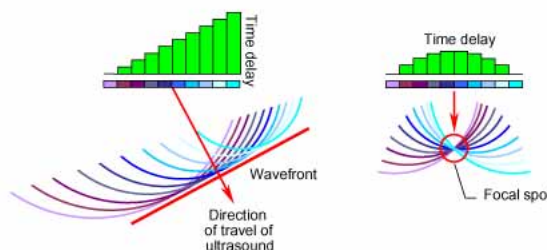


Figure 1 – Lois de retard appliquées aux éléments pour générer un front d'onde plan (à gauche) ou focaliser en un point (image : <http://www.twi-global.com>)

Cette méthode présente donc l'intérêt de pouvoir effectuer des balayages rapides, fournissant une image 2D sans déplacement du transducteur. Elle est donc adaptée à un usage industriel, pour des pièces de géométrie complexe ou partiellement accessibles. De plus, la focalisation dans la matière permet d'obtenir un bon rapport signal sur bruit.

Ses inconvénients sont le prix du matériel, de part la complexité de sa fabrication, et le niveau technique que requiert son utilisation.

III. Mesures

1.1. Géométrie de la soudure

La soudure caractérisée ici comporte trois types de défauts connus : une fissure, un défaut de porosité et défaut de fusion. La figure 2 montre leur placement sur la soudure (coupe transversale) et le tableau 1 indique leur position sur la longueur.

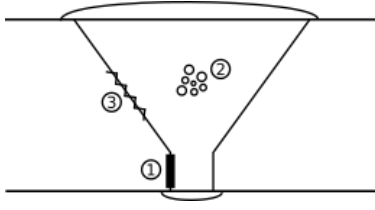


Figure 2 – Vue en coupe transversale des défauts de la soudure.

N° du défaut	Type de défaut	Position (mm)
①	Fissure	40
②	Porosité	117
③	Manque de fusion	240

Table 1 – Tableau répertoriant les défauts et leur position le long de la soudure, par rapport au bord de la plaque.

2.2. Procédé expérimental

Le contrôle du transducteur ainsi que les traitements du signal et de l'image sont effectués par le boîtier *veo 16 :64* de *Sonatest*. L'utilisateur a seulement besoin de renseigner la géométrie de la soudure, le matériel utilisé et le type de focalisation. Elle est choisie de manière à balayer le plus largement possible la soudure.

Le transducteur utilisé comporte 64 éléments¹. Sa fréquence centrale est 5 MHz. Un sabot, en Plexiglas, sert à générer des ondes transversales (T). La longueur d'onde de ces ondes étant plus faible que celle des ondes longitudinales (L), elles permettent une meilleure précision.

L'angle du sabot est donc choisi de façon à ce que l'angle d'incidence soit situé au-delà de l'angle critique pour les ondes L et en-deçà de l'angle critique pour les ondes T dans l'acier. Pour cela, il est nécessaire de connaître la vitesse des ondes dans chaque matériau. La vitesse des ondes L dans le sabot est donnée par le fabricant. La vitesse des ondes T et L dans l'acier est estimée à partir du module d'Young ($E \approx 200$ GPa) et du coefficient de Poisson ($\nu \approx 0.3$) du matériau. La loi de Snell-Descartes permet ensuite de connaître les angles critiques (angle d'incidence pour lequel l'angle de réfraction est de 90°) pour les

différentes ondes. Toutes ces valeurs sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	Plexiglas	Acier	
	Ondes L	Ondes L	Ondes T
Vitesse (m/s)	$V_{plexi}^L = 2337$	$V_{acier}^L = 5947$	$V_{acier}^T = 3181$
Angle critique		23°	47°

Pour générer des ondes T dans l'acier, le sabot² choisi est donc incliné à 30° . À 5 MHz, la longueur de ces ondes est d'environ 0.6 mm dans l'acier, ce qui est de l'ordre de grandeur des défauts à trouver.

3.3. Imagerie des défauts

Les S-scans réalisés au niveau des défauts sont présentés en figure 3.

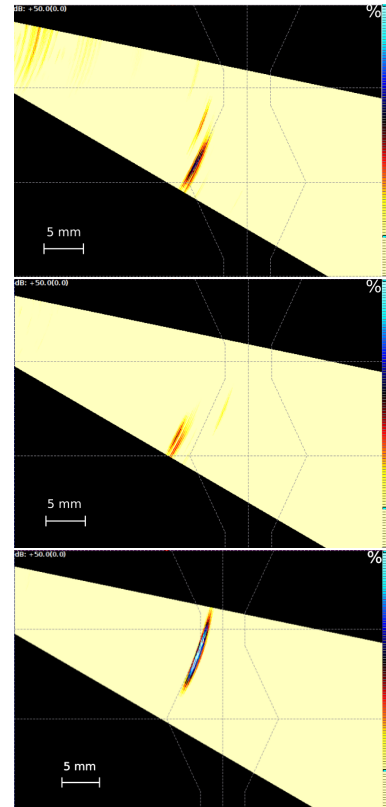


Figure 3 – Résultat des mesures au niveau des défauts ①, ② et ③ (de haut en bas).

1. Sonatest, X3-PE-5.OM64EO.6P
2. Sonatest, SB57-N455

Les deux premiers scans donne une position erronée du défaut. Le premier défaut devrait être situé à la racine de la soudure et le second au centre. Ce décalage provient d'une imprécision sur la position du transducteur sur la plaque. Manipulé à la main, il a pu ne pas rester tout à fait d'équerre et sa distance à la soudure a pu changer également légèrement. Il apparaît donc que l'image est très sensible à la position du transducteur et qu'un guide précis aurait du être utilisé pour réaliser les scans.

Il est difficile d'évaluer sans expérience le type de défaut par simple observation des images. La porosité apparaît d'amplitude plus faible et sous forme de réflexions multiples, mais les deux autres défauts se ressemblent beaucoup.

Enfin, il est à noter que ces images sont le résultat d'un paramétrage optimisé de la focalisation pour observer au mieux les défauts, dont la position étaient

connues. Il s'avère qu'un mauvais choix de focalisation peut compromettre la qualité d'un contrôle, car c'est un paramètre sensible qui peut rendre un défaut invisible.

IV. Conclusion

Ces trois exemples de défauts couramment rencontrés en contrôle de soudures montrent que l'imagerie multi-éléments peut donner des représentations précises d'inhomogénéités dans un matériau isotrope. Les boîtiers commercialisés à cet effet ne nécessitent pas de connaissance en traitement du signal, mais exige de l'attention lors des réglage et de la précision lors de la mesure. De plus, une grande expérience du contrôleur est nécessaire afin de caractériser le défaut. Cette méthode de contrôle est donc très intéressante de par sa précision mais nécessite une grande expérience et a un coût élevé.