



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **27 février 2020**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur Paolo Mattesini**

Titre de la thèse : « *Le développement de méthodes et de circuits électroniques d'imagerie ultrasonore basés sur des sondes innovantes* »

Résumé



Les systèmes d'imagerie par ultrasons (US), bien qu'intensivement étudiés par de nombreux groupes de recherche dans le monde entier, n'ont pas encore atteint leur pleine maturité. Les sondes US, en particulier, ont de larges marges d'amélioration, non seulement en termes de configuration des matériaux et des éléments, mais aussi en termes de modalités d'excitation. Mon travail de doctorat a été consacré au développement de circuits électroniques et de méthodes pour l'imagerie US basés sur des sondes ultrasonores innovantes.

Tout d'abord, j'ai développé les circuits électroniques nécessaires pour rendre un échographe de recherche ouvert, le ULA-OP 256, compatible avec les sondes CMUT. La technologie CMUT est de plus en plus utilisée parce qu'elle permet l'utilisation d'une large bande de fréquences, une haute sensibilité et une grande flexibilité dans la conception de la géométrie des éléments. Néanmoins, contrairement à la technologie piézoélectrique, elle nécessite une polarisation et des tensions crête à crête élevées (centaines de Volt). L'échographe ULA-OP 256 ayant été conçu à l'origine pour fonctionner uniquement avec des sondes piézoélectriques, j'ai contribué au développement de circuits capables de fonctionner également avec des sondes en réseau CMUT. De plus, dans le cadre d'une collaboration avec ST Microelectronics, j'ai développé une carte électronique qui permet de tester un nouvel amplificateur de puissance à 9 niveaux pour la transmission de signaux aux sondes piézoélectriques et CMUT.

La deuxième partie de mon travail a été consacrée à l'étude de l'utilisation possible de sondes à réseaux clairsemés (dites *sparse* en anglais) pour l'imagerie 3D à haute cadence et l'imagerie Doppler. Les sondes clairsemées sont des matrices 2D dans lesquelles un nombre limité d'éléments, comparable au nombre de canaux présents dans la plupart des échographes, est distribué selon des géométries spécifiques, conçues pour optimiser le faisceau acoustique émis/reçu. CMUT est la technologie idéale pour la mise en œuvre de sondes à réseaux clairsemés, car elle garantit une flexibilité maximale dans la distribution des éléments dans des positions arbitraires.

Mon travail avec les réseaux clairsemés a d'abord inclus l'étude de leurs limitations lorsqu'ils sont destinés à transmettre des ondes divergentes (ODv). Il s'agit d'ondes non focalisées qui peuvent augmenter considérablement la fréquence d'images en imagerie de volume (imagerie 3D). Ainsi, j'ai fait des simulations et des expériences au laboratoire CREATIS (Lyon) pour comparer les performances en termes de contraste et de résolution lorsque différentes configurations d'ODv et de réseaux clairsemés sont utilisées.

Enfin, une partie conséquente de mon doctorat a été consacrée à l'évaluation de l'utilisation de réseaux clairsemés dans les applications de Doppler spectral. L'objectif de cette étude était d'évaluer dans quelle mesure la *sparsification* des éléments de la sonde peut affecter la performance du Doppler spectral. Pour atteindre cet objectif, j'ai comparé l'utilisation d'un réseau 2D de 1024 éléments en grille complète avec l'utilisation de réseaux clairsemés obtenus en sélectionnant 256 éléments de façon

optimale. Les expériences ont été développées à la fois sur un disque de gélose rotatif (où un rapport signal à bruit élevé est réalisable) et sur un fantôme d'écoulement (pour tester une condition plus réaliste) à CREATIS. Les résultats de ces travaux confirment quantitativement l'adéquation des réseaux clairsemés aux mesures de vitesse de Doppler spectral, à condition que le faible rapport signal à bruit dû à l'utilisation de peu d'éléments actifs soit correctement compensé.