

Propagation des ondes ultra-sonores dans le cadre des échographies pelviennes

Dans le cadre d'une échographie, une qualité d'image obtenue médiocre pourrait avoir de lourdes conséquences quant au développement du fœtus puisque son suivie serait impossible. C'est pourquoi, j'ai voulu m'intéresser aux facteurs qui entrent en jeu dans la réalisation d'une échographie, pour ainsi analyser comment garantir et optimiser leurs rôles.

L'examen fœtal a une grande importance chez la femme enceinte. Il permet, en outre, de prévenir des malformations et donc trouver des solutions prénatales. Le sujet aborde la propagation des ondes sonores à travers le corps humain lors d'une échographie pelvienne et l'ensemble des conditions nécessaires au succès de l'examen.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Réflexion d'un faisceau</i>	<i>Beam reflection</i>
<i>Fréquence d'onde</i>	<i>Wave frequency</i>
<i>Impédance acoustique</i>	<i>Acoustic impedance</i>
<i>Modélisation et Simulation</i>	<i>Modeling and simulation</i>
<i>Viscosité du gel</i>	<i>Gel's viscosity</i>

Bibliographie commentée

L'imagerie par ultrason occupe une place importante dans le domaine médical, depuis les années 70. L'échographie permet une modélisation de l'anatomie interne et donc un diagnostic plus précis et rapide des malformations.

L'image obtenue lors d'une échographie est basée sur le phénomène d'atténuation des faisceaux du signal ultrasonore, possible par trois mécanismes distincts : l'absorption, la réflexion, puis la diffusion. Seul le phénomène de réflexion des ondes nous intéresse ici. En effet, les ultrasons, émis par une sonde déplacée en surface du corps, pénètrent à travers les tissus de structures différentes. Ces objets rencontrés par l'onde sont modélisés par des impédances acoustiques, qui désignent leur résistance au son. Ainsi, selon l'interface rencontrée, l'onde est réfléchiée avec plus ou moins d'intensité puis captée par la sonde. Le principe de l'échographie est alors de mesurer le temps entre l'émission du signal puis la réception du faisceau réfléchi. La mesure de ce temps représente une information sur la distance à laquelle se trouve l'objet atteint par l'onde. Par cette méthode, on constitue donc une imagerie d'interface. [1][5]

L'échographie représente une invention révolutionnaire qui, néanmoins, cherche à être améliorée.

Alors que certains chercheurs s'intéressent à l'image obtenue et sa précision [2], d'autres réfléchissent à des méthodes pour faire propager les ondes plus rapidement. [3] Pour cibler le sujet, on s'appuiera sur la deuxième approche.

En réalité, deux points peuvent être travaillés pour garantir une réussite de l'examen foetal :

- Il faudrait assurer dans un premier temps une bonne propagation du signal ultrasonore. Les ultrasons ne pouvant se propager qu'en milieu matériel, l'air situé entre la peau et la sonde entrave l'émission des faisceaux, d'où l'utilisation d'un gel. Afin d'optimiser la qualité d'un examen foetal, le but serait de réunir l'ensemble des propriétés nécessaires au gel pour optimiser son utilité. Pour recentrer le sujet, on s'intéressera à la viscosité et à la texture de ce gel ainsi qu'à ses conséquences sur la propagation des ultra-sons. [4]
- Le principe de l'échographie reposant sur la réception du faisceau réfléchi, la sonde possède un rôle primordial dans cette méthode d'imagerie. Toujours dans le but de garantir une réussite de l'examen foetal, il serait nécessaire d'étudier la fréquence idéale de l'onde émise pour une reconstitution optimale du fœtus. [5]

Une double démarche sera utilisée pour permettre une meilleure précision de l'approche. Dans un premier temps il s'agirait de modéliser puis de simuler le passage d'une onde en faisant varier la viscosité du gel et la fréquence d'onde. Ensuite, on en fera l'expérience pour comparer les résultats expérimentaux à ceux théoriques. Ainsi, cela nous donnerait des valeurs précises de la vitesse de propagation des ondes dans plusieurs types de gel (viscosité) à des fréquences différentes. [6]

Problématique retenue

Comment optimiser la propagation des ondes ultrasonores dans le cadre d'échographie pelvienne ?

Objectifs du TIPE

- Modélisation et simulation du passage d'une onde à travers un tissu biologique
- Déterminer la viscosité du gel permettant une bonne propagation de l'onde
- Identifier la fréquence idéale des ondes émises
- Confirmer ou invalider les résultats théoriques obtenus par une démarche expérimentale

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] CORINNE GAUTIER : Etudes des phénomènes physique lors de la propagation des ultra-sons : <http://naxos.biomedicale.univ-paris5.fr/diue/wp-content/uploads/2016/10/diue2016-TC-Bases-Physiques-des-US.pdf>

[2] JEREMY BERCOFF : L'imagerie echographie ultrarapide et son application à l'étude de la visco-élasticité humain : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001041/document>

[3] WILLIAM STOTT : Use of Software Tools to Implement Quality Control of Ultrasound Images in a Large Clinical Trial : <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1524279/1/WillStott-Thesis-6.1.pdf>

- [4] DELPHINE CHAREYRON : Propagation des sons : <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/son-propagation.xml#:~:text=2.-,Propagation%20d'une%20onde%20sonore,de%201%20500%20m.s%2D1>
- [5] EMILIA BDESCU : High-frame rate ultrasound methodologies for cardiac applications (chapter 1 only) : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02079977v2/document>
- [6] M. BOUDJEMA : Propagation des ultrasons dans les fluides et dans les solides : https://fphy.usthb.dz/IMG/pdf/3-propagation_des_ultrasons_dans_les_fluides_et_dans_les_solides-2.pdf

DOT

- [1] 09/2021-11/2021: Cette période consistait en choisir un sujet et me documenter sur ce dernier. C'est en octobre que j'ai pris la décision de réfléchir sur la propagation d'un ultrason dans le cadre d'échographie pelvienne.
- [2] 12/2021-02/2022: J'ai commencé ma partie expérimentale en élaborant un code python me permettant de mettre en évidence l'importance du gel dans la propagation du son à travers la peau. Cette partie fut longue puisque le code que je voulais obtenir faisait intervenir des modules python que je ne maîtrisais pas assez au début. Je suis parvenu après 2 mois à me familiariser avec ces modules pour finaliser le code.
- [3] 03/2022: J'ai poursuivi en étudiant les conséquences de la variation de la viscosité et de la masse volumique des gels sur le comportement du signal. J'ai donc élaboré une expérience faisant intervenir ces paramètres à l'aide d'un générateur à ultrason fourni avec le logiciel GS-EchoView. C'est pendant cette période que je me suis familiarisé avec le matériel GAMPT et le logiciel COMSOL, jamais utilisés auparavant.
- [4] 03/2022 et 05/2022: Après plusieurs tentatives je me suis arrêté sur une dernière simulation COMSOL. Néanmoins, la simulation finale ne permettant pas d'aboutir je me suis replié sur le code établi en [2] pour pouvoir tirer des conclusions.