

Simulation de propagation acoustique en eau douce en utilisant la méthode TLM (Transmission Line Matrix).

Travail de Fin d'Etude réalisé en Norvège au sein de l'université NTNU (Norwegian University of Science and Technology) de Trondheim encadré par Monsieur DUTILLEUX Guillaume, professeur d'acoustique de l'environnement. Ce travail a eu lieu dans le cadre d'un stage de troisième année en voie d'approfondissement Cours d'Eau, Littoral et Voie Navigable et d'un master 2 mécanique des fluides et énergétique.

Contexte :

Mon stage se concentre sur la modélisation de la propagation des ondes sonores dans des milieux aquatiques restreints, notamment pour le monitoring acoustique et l'aquaculture. La méthode Transmission Line Matrix (TLM) a été employée précédemment en 2D avec un maillage cartésien, mais a révélé un problème de dispersion numérique, affectant la précision des simulations. L'idée est de développer un nouveau maillage TLM, comme un maillage hexagonal, pour améliorer la précision des simulations acoustiques dans l'eau. Ce projet s'inscrit dans le domaine de la bioacoustique, en se concentrant sur une tranche verticale d'eau douce supposée homogène et non dissipative. Ce stage vise à déterminer si la TLM adaptée à ce nouveau maillage peut prédire le comportement acoustique d'une cavité d'eau, confirmant ainsi son utilité pour simuler la propagation des ondes.

Génération d'un nouveau type de nœud et de maillage TLM :

La première étape fondamentale du stage consiste à définir un nouveau type de nœud TLM et donc de maillage afin de limiter les erreurs de dispersion numériques.

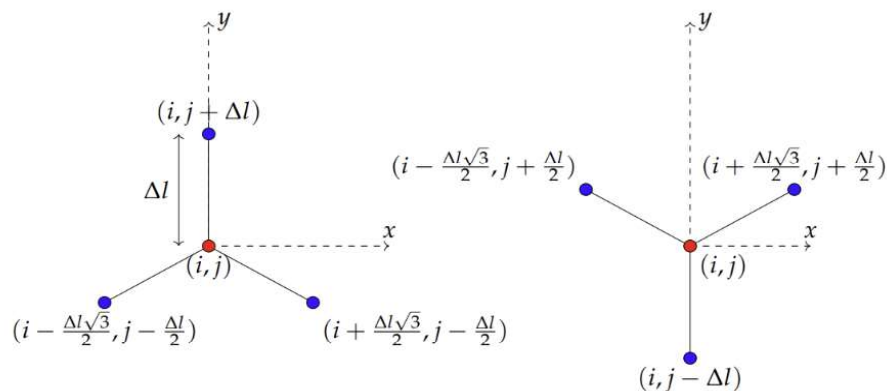


Figure 1 : Nouveaux types de nœuds "triangulaires".

Ce nœud "triangulaire" (**figure 1**) est caractérisé par trois lignes de transmissions de taille $\Delta l/2$, permettant aux ondes de se propager dans trois directions distinctes. Le maillage hexagonal est donc constitué de six nœuds "triangulaires" répartis autour d'un hexagone. Les orientations des nœuds pairs et impairs sont définies en fonction de six directions principales. (Ces directions sont visibles sur la **figure 1**).

La génération du maillage hexagonal (**figure 2**) a été mise en œuvre en utilisant des équations géométriques appropriées pour calculer les coordonnées des nœuds en fonction des indices de ligne et de colonne. Le résultat est un maillage hexagonal régulier qui peut être adapté en modifiant la distance entre les nœuds (dl) pour obtenir différentes résolutions du maillage.

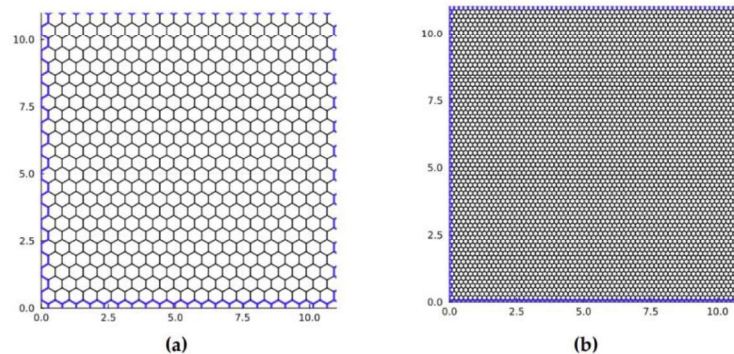


Figure 2 : Maillages hexagonaux avec $dl=0.3$ (a) et $dl=0.1$ (b).

Propagation de la pression acoustique dans le maillage:

Le calcul de la pression acoustique repose sur l'application de lois de connexion entre les nœuds du maillage hexagonal. Ces lois déterminent comment les impulsions incidentes sont calculées en fonction des valeurs de pression diffusées par les nœuds voisins à chaque pas de temps. Les

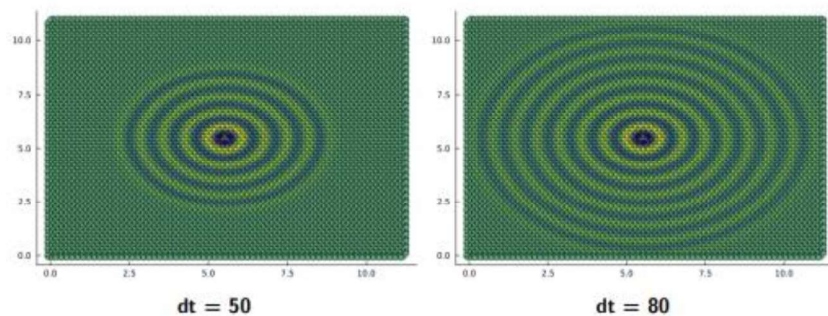


Figure 3: Propagation temporelle de la pression acoustique.

résultats obtenus sont stockés pour chaque nœud dans un dictionnaire, permettant ainsi de suivre l'évolution de la pression acoustique dans le maillage au fil du temps. On peut voir ici sur la **figure 3** l'exemple de l'évolution de l'onde acoustique dans le maillage hexagonal.

Résultats :

Concernant l'évaluation des erreurs de dispersion numérique, plus de 30 directions de propagations ont été testées. Les erreurs sont très faibles voire inexistantes et pourront être considérées comme négligeables pour ce nouveau type de maillage. Cet axe à 6 directions principales semble être un très bon moyen de limiter le problème.

Finalement, ce nouveau maillage hexagonal a été développé avec succès pour la méthode TLM, offrant une alternative novatrice au maillage cartésien classique. Il présente des avantages potentiels pour la modélisation de la propagation des ondes acoustiques en milieu homogène non dissipatif, tout en réduisant les erreurs de dispersion numérique.