



Proposition de thèse- 2025-2028

Titre du sujet	Analyse théorique et numérique des fuites dans les réseaux d'eau potable à partir de la propagation d'onde de pression en leur sein
Directeur de thèse*	Nom Prénom : Franck Plouraboué Etablissement de rattachement : CNRS Adresse email : fplourab@imft.fr
Laboratoire	Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, IMFT UMR 5502

Description du sujet

Contexte : avec le réchauffement climatique, la pression sur les ressources hydrologiques dans le sud de l'Europe devient en enjeu de société important. Dans ce contexte, l'état actuel des réseaux de distribution d'eau en France conduit à des pertes entre 20 et 40% du débit distribué. Dans d'autres pays, plus au sud, (Espagne, Italie, Grèce) ces pertes peuvent atteindre 40 à 60 %. Ce gachis s'explique par la difficulté à localiser les fuites sur des réseaux enterrés, avec des coûts d'investigation (excavation) rédhibitoires.

Présentation du projet : le but de cette thèse est de contribuer à proposer une nouvelle méthode de détection de fuite qui devrait permettre de diminuer considérablement ces coûts. Cette nouvelle méthode est basée sur l'utilisation des ondes de coup de bélier (water-hammer en anglais) dont les caractéristiques sont légèrement modifiées par la présence des fuites [1]. Couplées avec des détecteurs de pression à très haute fréquence, cette nouvelle méthode devrait permettre de détecter non seulement la présence des fuites, mais aussi possiblement de prédire leur localisation sur le réseau. Pour mettre en œuvre cette méthode il faut d'une part être capable de modéliser la propagation de l'onde de pression (approche « directe ») mais aussi de retropropager l'information donnée par la mesure sur les hypothèses de modélisation (en particulier le lieu et l'intensité des fuites). Cette rétropropagation peut se faire à l'aide d'une formulation adjointe. L'état de l'art dans la modélisation numérique de la propagation d'ondes de pression [2] est la méthode des caractéristiques (MOC en anglais) qui permet d'envisager la modélisation des ondes non-dispersives sur plusieurs centaines de conduites. Cependant pour des tailles de réseau au-delà de quelques milliers de conduites, cette méthode présente différentes limitations.

Travaux envisagés : c'est pourquoi une nouvelle méthode basée sur la décomposition de la solution sur la base des fonctions propres du Laplacien continu du graphe [3] sera développée dans le cadre de cette thèse. Cette approche permet d'envisager à la fois l'identification directe des conditions aux limites, mais aussi une formulation adjointe pour l'identification dynamique. La thèse conduira au développement d'un code numérique développé en Python capable de gérer la propagation des ondes et l'identification des fuites dans de grands réseaux.

Compétences/profil attendu : mathématiques appliquées, Ecole d'ingénieur, mechanical engineering. Ce sujet de thèse s'insère dans le projet ANR « Echo-Urban-Net » en partenariat entre trois laboratoires (IMFT-LAAS-INRAE GPIE)

Localisation : La thèse se déroulera à l'IMFT UMR 5502 (Toulouse).

Bibliographie

- [1] F. Plouraboué, Review on water-hammer waves mechanical and theoretical foundations, *European Journal of Mechanics-B/Fluids*, **108**, 237-271, (2024).
- [2] S. Pal, et al An Overview of the Numerical Approaches to Water Hammer Modelling: The Ongoing Quest for Practical and Accurate Numerical Approaches, *Water* **13** (11), 1597 (2021).
- [3] F. Plouraboué, [Quantum graph waves external triggering : energy transfer and damping](#), *Phys. Rev. E.*, **109**, 5, 054310, (2024).



ECOLE DOCTORALE
ED 468
« Mécanique, Energétique, Génie Civil, Procédés »



Thesis proposal for a Doctoral position 2020-2023

Title	Theoretical and numerical investigation of water distribution networks leaks identification from water-hammer waves analysis
Supervisor*	Franck Plouraboué Home institution : Email
Laboratory	Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, IMFT UMR 5502

Research project description :

Context : With global warming, pressure on hydrological resources in southern Europe is becoming an important societal issue. In this context, the current state of water distribution networks in France leads to losses of between 20 and 40% of the distributed flow. In other countries, further south (Spain, Italy, Greece) these losses can even reach 40 to 60%. This waste is explained by the difficulty in locating leaks on buried networks, with prohibitive investigation excavation costs.

Project presentation : the aim of this PhD is to develop a new leak detection method which should considerably reduce these costs. This new method is based on the use of water hammer waves whose characteristics are slightly modified by the presence of leaks [1]. Coupled with very high frequency pressure detectors, this new method should permit to detect not only the presence of leaks, but also their location on the network. To implement this method, it is necessary on the one hand to be able to model the propagation of the pressure wave ("direct" approach) but also to backpropagate the information given by measurements on the model (location and intensity of leaks). This backpropagation can be written with an adjoint formulation. The state of the art in the numerical modeling of the propagation of pressure waves [2] is the Method Of Characteristics (MOC) which permits to consider non-dispersive waves propagation on several hundred pipes. However, for network sizes beyond few thousand pipes, this method is too limited.

PhD Work : this is why a new method based on the decomposition of the solution on the eigenfunctions basis of the continuous Laplacian of the graph [3] will be developed. This approach permits to consider both the direct identification of boundary conditions, but also dynamic identification from dynamic measurements. The PhD will lead to the development of a numerical code developed in Python capable of handling wave propagation and leak identification in large networks.

Compétences/profil attendu : mathématiques appliquées, Ecole d'ingénieur, mechanical engineering. Ce sujet de thèse s'insère dans le projet ANR « Echo-Urban-Net » en partenariat entre trois laboratoires (IMFT-LAAS-INRAE GPIE)

Localisation : La thèse se déroulera à l'IMFT UMR 5502 (Toulouse).

Bibliographie

- [1] F. Plouraboué, Review on water-hammer waves mechanical and theoretical foundations, *European Journal of Mechanics-B/Fluids*, **108**, 237-271, (2024).
- [2] S. Pal, et al An Overview of the Numerical Approaches to Water Hammer Modelling: The Ongoing Quest for Practical and Accurate Numerical Approaches, *Water* **13** (11) ,1597 (2021).
- [3] F. Plouraboué, [Quantum graph waves external triggering : energy transfer and damping](#), *Phys. Rev. E.*, **109**, 5, 054310. (2024).