

Proposition de stage – Modélisation hydraulique unidimensionnelle des aqueducs romains

Contexte

Ce travail s'inscrit dans le Studio IMU.2 PCR-AnthroPoTraces ("Production-Consommation-Rejets de polluants, les traceurs urbains du paléo-anthropocène", coordinateur Hugo Delile) du Labex IMU (Intelligence des Mondes Urbains), et plus précisément dans le Work Package 2 « Flux d'eau entrants » des villes romaines du couloir rhodanien. Ce programme de recherche consiste à étudier le développement des villes au cours des trois derniers millénaires en se basant sur les flux entrants (eau et métaux) et sortants (paléo-pollutions organiques et inorganiques et paléo-pathologies sur ossements) des systèmes urbains (Lyon, Vienne, Arles, Narbonne et Nîmes).

Les apports en eau par les aqueducs antiques sont incertains et variables selon la saison, les niveaux d'eau dans les conduites sont particulièrement incertains, surtout en l'absence de concrétions calcaires, et la débitance du réseau d'adduction est également variable dans le temps (selon l'entretien) et le long du réseau. Connaître ces débits est intéressant à la fois pour comprendre les usages de l'eau dans la ville et pour estimer les régimes hydrologiques sous climat ancien.

La modélisation hydraulique unidimensionnelle (1D) est une approche intéressante pour mieux comprendre le fonctionnement hydraulique et l'efficacité des aqueducs antiques, en offrant une vision longitudinale intégrée de l'ensemble du réseau, des sources amont aux points de distribution aval, et en évaluant l'impact des singularités (coudes, ruptures de pente, variations de section, rugosité des parois, ouvrages intermédiaires, etc.) sur la débitance effective de l'ouvrage. Une telle approche a récemment été appliquée avec succès à l'étude de l'aqueduc Anio Novus de Rome par Motta et al. (2017).

Objectifs du stage

Ce stage fait suite au stage d'Axel Roman (2023) ayant permis de construire un premier modèle 1D des trois branches de l'aqueduc d'Arles, en lien avec les archéologues qui en sont spécialistes (Philippe Leveau, Robert Fabre), et à préparer la simulation de siphons et autres ouvrages spécifiques des aqueducs de Lyon, en lien avec Aldo Borlenghi (archéologue).

Ce stage vise à exploiter et améliorer le modèle de l'aqueduc d'Arles pour tester des hypothèses sur son fonctionnement au cours des différentes périodes d'exploitation, en particulier : débits maximum d'exploitation en sécurité, conditions hydrauliques pour différents débits, hypothèses de régulation dynamique (stockage temporaire d'eau), identification des contrôles hydrauliques. Il vise aussi à faire un bilan des connaissances nécessaires à une modélisation hydraulique 1D d'autres aqueducs romains, et si possible (en fonction des données disponibles) de proposer une première modélisation de tout ou partie

de ces aqueducs. Les données et informations utiles à la modélisation hydraulique incluent : tracé en plan, disposition du réseau (jonctions, diffluences, ouvrages), sections en travers, pentes longitudinales, états de surface des conduites (coefficients de rugosité), caractéristiques des singularités et ouvrages (dont les siphons et leurs réservoirs), régime hydrologique des sources et cours d'eau captés, etc. Une fois cette synthèse avancée, le ou la stagiaire évaluera la faisabilité d'une modélisation 1D pour chaque aqueduc, et construira des modélisations (avec différentes hypothèses en cas de lacunes) sur certains tronçons et ouvrages, voire un réseau complet. Enfin, les incertitudes sur les débits estimés résultant des incertitudes ou lacunes du modèle seront évaluées sur la base des scénarios possibles.

Le ou la stagiaire sera d'abord formé(e) aux outils et logiciels de modélisation hydraulique 1D développés par l'équipe Hydraulique des Rivières d'INRAE et qui seront utilisés pour le stage : code de calcul MAGE et interface graphique PAMHYR. En cas de besoin, le ou la stagiaire pourra effectuer des reconnaissances sur le terrain, voire des levés topographiques complémentaires avec l'équipe Métrologie d'INRAE.

Conditions pratiques

Conditions de stage :	Gratification de stage de 554 €/mois environ (+ prise en charge des frais de déplacement)
	Durée 5 à 6 mois (plein temps), démarrage entre janvier et mai 2024 (mais à partir du 1 ^{er} du mois)
	Localisation : INRAE Lyon (5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne)
Profil :	Master 2 ou TFE école d'ingénieur
	Formation en hydraulique, intérêt pour l'archéologie, goût pour le travail d'équipe et pluridisciplinaire
	Logiciels scientifiques, bonne communication orale et écrite
Encadrants :	Jérôme Le Coz, Théophile Terraz, Mickaël Lagouy (INRAE, équipe Hydraulique des Rivières)
Contact :	jerome.lecoz /AT/ inrae.fr