

# **Proposition de stage – Etude de faisabilité d'une modélisation hydraulique unidimensionnelle des aqueducs romains de Lyon**

## **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).

Quatre aqueducs ont été construits pour alimenter la ville romaine de Lugdunum (Lyon) en eau potable au cours des premiers siècles de notre ère. Ces aqueducs antiques (Monts d'Or, Yzeron, Brévenne, Gier) ont laissé un certain nombre de vestiges qui ont permis de les documenter de façon plus ou moins précises. Ils comportaient des ouvrages hydrauliques avancés comme des bassins de régulation, des chutes brise-pente (Chanson, 2000) et des ponts et siphons pour franchir les vallées profondes. Le fonctionnement hydraulique de ces aqueducs et les débits qu'ils pouvaient capter et acheminer à Lyon restent mal connus, malgré des études approfondies comme la thèse de Camille Germain de Montauzan (1908) et celle plus récente de Jean Burdy (1996). Les apports en eau sont incertains et variables selon la saison, les niveaux d'eau dans les conduites sont particulièrement incertains, 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 vise à faire le bilan des connaissances nécessaires à une modélisation hydraulique 1D de tout ou partie du réseau de chacun des aqueducs lyonnais, et de proposer une première modélisation de scénarios pour les secteurs où cela s'avèrera possible. Le travail commencera donc par une synthèse bibliographique et une collecte des données et

informations disponibles parmi celles utiles à la modélisation hydraulique : tracé en plan, réseau, 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.

Au-delà des aqueducs romains de Lyon, la modélisation hydraulique 1D de celui d'Arles (Arelatum), dont la géométrie est bien documentée, pourra également être étudiée, en lien avec les archéologues qui en sont spécialistes (Philippe Leveau, Robert Fabre et collègues).

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 à partir de janvier 2023 (au 1 <sup>er</sup> 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 :	<a href="#">Jérôme Le Coz</a> (INRAE, équipe Hydraulique des Rivières), <a href="#">Aldo Borlenghi</a> (Université Lumière Lyon 2)
Contact :	jerome.lecoz /AT/ inrae.fr