

## **Master's thesis and Internship : Thermal modelling and experimental measures of a French-type masonry stove for Low-Tech heating applications**

**Auteur :** Renouprez, Loïc

**Promoteur(s) :** Lemort, Vincent

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master : ingénieur civil en génie de l'énergie à finalité spécialisée en Energy Conversion

**Année académique :** 2025-2026

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/25228>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

---

# Thermal modelling and experimental measures of a French-type masonry stove for Low-Tech heating applications

---

Master's thesis completed in order to obtain the degree of  
*Master in Energy Engineering with specialized purpose in Energy Conversion*

## Abstract

Household energy consumption plays a significant role in climate change, and reducing both energy use and greenhouse gases from this sector is a major challenge. The European Union has defined ambitious targets for 2030 and 2050 to mitigate climate change and emissions. In line with these objectives, Wallonia has developed the RENOBATEX funding mechanism to support housing renovation projects promoting energy efficiency and energy sobriety. One of the supported initiatives is the *RenoLow* project, carried out by the non-profit organisation *LowTech Liège*, which promotes low-tech renovation strategies. Household heating is a central element of this project, notably through French-type masonry stoves manufactured by *UZUME*, a French masonry stove manufacturer. This thesis focuses on this type of masonry stove, which provides heat from wood combustion in an efficient and relatively low-emission way.

The main objective is to develop a transient numerical model of a French-type masonry stove. The model can then be used by *LowTech Liège* to generate quantitative results on thermal comfort and energy consumption, supporting end users' understanding and acceptance of this heating solution. After a short review of masonry stoves and thermal modelling approaches, the thesis introduces a numerical model that predicts the temporal evolution of temperatures throughout nearly all parts of the stove, using a discretised representation of the masonry structure. This model relies on user-defined inputs, which are directly accessible to stove users or designers. It represents the masonry stove physics in two stages: a simplified model of the time-varying heat released by batch wood combustion, and a detailed modelling of the heat transfer processes within the stove and with its environment using a resistance–capacitance (RC) network approach. The resulting system of equations is implemented and solved in *Python*. Several numerical schemes are tested before retaining a Backward Differentiation Formula (BDF) method as a good compromise between robustness and computation time.

The second part of the thesis presents the experimental setup used to collect, in situ, external surface temperatures measurement on the four side walls of on an *UZUME* masonry stove under two operating conditions, corresponding to summer and winter use. These experimental data are then used to perform a parametric study of combustion and mass flow rate evolution parameters, allowing the identification of realistic and robust ranges of values.

Finally, the numerical predictions are compared with the experimental measurements to assess the ability of the model to reproduce the thermal behaviour of the stove. The results show that the model captures the main transient thermal behaviour of the masonry stove, with simulated temperature profiles closely matching the experimental trends. The absolute root mean square error between experimental and simulated data is approximately 8 °C for both experimental campaigns, corresponding to a mean absolute error of about 6.5 °C. Given the experimental uncertainties, the external surface temperatures ranging from 20 °C to about 130 °C, and the simplifying assumptions adopted, this level of agreement is considered satisfactory for a first-generation numerical model and provides a solid basis for further research and future evaluations of the impact of masonry stoves on household energy performance.

---

# Modélisation thermique et mesures expérimentales d'un poêle de masse de type français pour des applications de chauffage low-tech

---

Travail de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en  
*Ingénieur civil en énergie, à finalité spécialisée en conversion d'énergie*

## Résumé

La consommation énergétique des logements joue un rôle important dans le changement climatique : tant la réduction à la fois de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre dans ce secteur constitue un défi majeur dans ce secteur. L'Union européenne a fixé des objectifs ambitieux pour 2030 et 2050 afin d'atténuer le changement climatique. En lien avec ces objectifs, la Wallonie a mis en place le mécanisme de financement RENOBATEX afin de soutenir des projets de rénovation favorisant l'efficacité et la sobriété énergétiques. L'une des initiatives soutenues est le projet *RenoLow*, porté par l'asbl *LowTech Liège*, qui promeut des stratégies de rénovation fondées sur des principes low-tech. Le chauffage des habitations y occupe une place centrale, notamment au travers de poêles de masse de type français fabriqués par *UZUME*. Ce travail de fin d'étude (TFE) se concentre sur ce type de poêle, qui fournit de la chaleur par combustion du bois de manière efficace et avec des émissions relativement faibles.

L'objectif principal de ce travail est de développer un modèle numérique dynamique d'un poêle de masse de type français. Ce modèle peut être utilisé, notamment par *LowTech Liège*, pour produire des résultats quantitatifs sur le confort thermique et la consommation énergétique, contribuant à la compréhension et à l'acceptation de cette solution de chauffage par les utilisateurs finaux. Après une brève revue de la littérature sur les poêles de masse et les approches de modélisation thermique, le TFE introduit un modèle numérique qui prédit l'évolution temporelle des températures dans presque toutes les zones du poêle, en utilisant une représentation discrétisée de la structure maçonnée. Le modèle repose sur des paramètres d'entrée définis par l'utilisateur, accessibles aux concepteurs et aux utilisateurs de poêles. Il représente la physique du poêle de masse en deux étapes : un modèle simplifié de la chaleur libérée au cours du temps par la combustion, et une modélisation détaillée des transferts de chaleur à l'intérieur et à l'extérieur du poêle au moyen d'une approche par réseau thermique RC (résistance-capacitance). Le système d'équations résultant est implémenté et résolu sous *Python*. Plusieurs schémas numériques sont testés, et une méthode de type Backward Differentiation Formula (BDF) est retenue comme compromis entre robustesse et temps de calcul.

La seconde partie du mémoire présente le dispositif expérimental mis en place pour collecter, in situ, des mesures de températures sur les quatre parois extérieures d'un poêle de masse *UZUME*, dans deux conditions de fonctionnement correspondant à une utilisation estivale et hivernale. Ces données sont utilisées pour réaliser une étude paramétrique de la modélisation de la combustion et de l'évolution du débit massique, permettant d'identifier des plages de valeurs réalistes et robustes pour certains paramètres.

Enfin, les prédictions numériques sont comparées aux mesures expérimentales afin d'évaluer la capacité du modèle à reproduire le comportement thermique du poêle. Les résultats montrent que le modèle est capable de reproduire les principaux comportements thermiques transitoires du poêle de masse, avec des profils de température simulés en bon accord avec les tendances expérimentales. L'erreur quadratique moyenne absolue entre les données expérimentales et les simulations est de l'ordre de 8°C pour les deux campagnes expérimentales, ce qui correspond à une erreur absolue moyenne d'environ 6,5°C. Compte tenu des incertitudes expérimentales, des températures de surface externes variant de 20°C à environ 130°C et des hypothèses simplificatrices retenues, ce niveau d'erreur est jugé satisfaisant pour un modèle numérique de première génération et constitue une base solide pour des travaux futurs ainsi que pour l'évaluation de l'impact des poêles de masse sur la performance énergétique des logements.