

Titre en français : Optimisation thermodynamique de l'enveloppe du bâtiment et des systèmes de contrôle de la qualité de l'air

Titre en anglais : Thermodynamic optimization of the building envelope and air quality control systems

Nom du directeur de thèse : KADOCH Benjamin

Tel : 04 91 10 68 67

E-Mail : benjamin.kadoch@univ-amu.fr

Laboratoire : IUSTI

Nom du co-directeur de thèse : FERRASSE Jean-Henry

Tel : 04 13 94 93 79

E-Mail : jean-henry.ferrasse@univ-amu.fr

Laboratoire : M2P2

Nom du co-directeur de thèse : LE METAYER Olivier

Tel : 04 91 10 69 71

E-Mail : olivier.lemetayer@univ-amu.fr

Laboratoire : IUSTI

Financement : acquis

Type de financement : ANR PRC 2025

Résumé en français :

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs les plus énergivore en Europe. Afin de réduire ses consommations énergétiques, il est nécessaire d'améliorer l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment dans un cadre de rénovation des bâtiments anciens et de construction de bâtiments à zéro émission. Dans ce contexte, il est nécessaire de caractériser et d'identifier ce qu'est un "bon" mur. Il doit permettre une isolation thermique efficace pour des configurations de refroidissement ou de chauffage, c'est-à-dire en été ou en hiver. Toutefois, pendant les saisons intermédiaires comme le printemps ou l'automne, il peut arriver qu'une augmentation du transfert de chaleur soit nécessaire. Par conséquent, le contrôle du transfert de chaleur et de masse est crucial pour concevoir des bâtiments efficaces. Jusqu'à présent, toutes les mesures sont basées exclusivement sur le transfert de chaleur et ne prennent pas en compte l'influence de l'humidité. En effet, l'humidité est un paramètre important puisqu'elle a des effets non négligeables sur l'efficacité énergétique, la durabilité de la construction et la qualité de l'air intérieur.

L'objectif de la thèse est donc d'appliquer l'analyse thermodynamique via l'utilisation d'indicateurs innovants pour évaluer plus précisément la performance énergétique de l'ensemble du bâtiment, en considérant les transferts couplés de chaleur et de masse à travers des parois poreuses ainsi que les interactions entre le bâtiment avec les systèmes de chauffage, ventilation, et d'air conditionné. Cette approche se basera sur la modélisation numérique à plusieurs échelles (paroi, enveloppe du bâtiment, bâtiment avec systèmes). Le travail de thèse comprendra notamment le développement et/ou l'utilisation d'outils numériques pour la modélisation des parois, du bâtiment et de ses systèmes.

La thèse s'inscrivant dans le cadre du projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) WALL-E « Wall building Efficiency evaluation by exergy analysis », elle pourra s'appuyer sur des expériences de laboratoire et des mesures in-situ effectués dans le cadre du projet WALL-E et des échanges avec les doctorants d'autres tâches.

L'originalité de la thèse est, à travers une compréhension des indicateurs classiquement utilisés dans le domaine du bâtiment et ceux dérivés des lois de la thermodynamique, de trouver les épaisseurs optimales de murs et d'isolation et les meilleures stratégies de contrôle des systèmes dans différentes conditions climatiques dynamiques.

Résumé en anglais :

The building sector is one of the most energy-intensive sectors in Europe. In order to reduce its energy consumption, it is necessary to improve the efficiency of the building envelope in a framework of renovation of old buildings and construction of zero emission ones. In this context, it is necessary to characterize what is a "good" wall. It must provide effective thermal insulation for cooling or heating configurations, *i.e.* in summer or winter. However, during the intermediate seasons such as spring or fall, increased heat transfer is required for certain configurations. Therefore, the control of heat and mass transfer is crucial to designing efficient buildings. Until now, all measurements have only been based on heat transfer and have not taken into account the influence of humidity. Indeed, humidity is also a key parameter since it has a non-negligible effect on energy efficiency, durability of the construction and indoor air quality.

The objective of the thesis is therefore to apply thermodynamic analysis using innovative indicators to more accurately assess the energy performance of the entire building, taking into account the coupled heat and mass transfer through porous walls as well as the interactions between the building and the heating, ventilation, and air conditioning systems. This approach will be based on multi-scale numerical modeling (wall, building envelope, building with systems). The thesis work will include the development and/or use of digital tools for modeling walls, buildings, and their systems. , As part of the WALL-E "Wall Building Efficiency Evaluation by Exergy Analysis" project funded by the French National Research Agency (ANR), the thesis will draw on laboratory experiments and in-situ measurements carried out as part of the WALL-E project and exchanges with doctoral students on other tasks..

The originality of the project lies in using an understanding of the indicators traditionally used in the building sector and those derived from the laws of thermodynamics to determine the optimal thicknesses for walls and insulation and the best strategies for controlling systems in different dynamic climatic conditions.

Profil du candidat recherché :

Le candidat aura une formation d'ingénieur ou un Master 2 dans le domaine de l'énergétique et/ou thermodynamique et/ou du bâtiment. Il devra également avoir des compétences en calculs numériques. La connaissance des logiciels EnergyPlus et Matlab serait un plus .

Publications sur le sujet :

- Bejan, A., Jones, A. Advanced Engineering Thermodynamics. Wiley Online, 2016.
- Berger, J., Ferrasse, J.-H., Gasparin, S., Le Métayer, O., Kadoch, B. Critical assessment of the indicators for the evaluation of wall energy dissipation in transient regime. preprint, 2023.
- Catalina, T., Virgone, J., Blanco, E. Development and validation of regression models to predict monthly heating demand for residential buildings. Energy Build., 2008, 40: 1825–1832.
- Charaka, A., Berger, J. et al.. Experimental assessment of the similarity law for a one-dimensional coupled heat and water vapor diffusion in hemp concrete. Int. J. Heat Mass Transf., 2023, 209: 124122.
- Choi, W., Ooka, R., Shukuya, M. Exergy analysis for unsteady-state heat conduction. Int. J. Heat Mass Transf., 2018, 116: 1124–1142.
- Kameni Nematchoua, M., Ricciardi, P., Reiter, S., Yvon, A. A comparative study on optimum insulation thickness of walls and energy savings in equatorial and tropical climate. Int. J. Sustain. Built Environ., 2017, 6: 170–182.
- Sawadogo, M., Benmahiddine, F., Hamami, A.E.A., Belarbi, et al.. Investigation of a novel bio-based phase change material hemp concrete for passive energy storage in buildings. Appl. Therm. Eng., 2022, 212: 118620.
- Strub, F., Castaing-Lasvignottes, J., Strub, M., Pons, M., Monchoux, F. Second law analysis of periodic heat conduction through a wall. Int. J. Therm. Sci., 2005, 44: 1154–1160.

Insertion professionnelle après thèse : publique et privée