

# **Éco-conception d'un habitat durable et modulable sous contraintes énergétiques et architecturales : Application aux éco-containers**

## **Eco-design of sustainable and modular housing under energy and architectural constraints: Applications on eco-containers**

Thèse présentée pour l'obtention du grade de :  
Docteur en Génie Civil de CY Cergy Paris  
Université  
Spécialité : Génie Civil

**Feriel MUSTAPHA**

Soutenance prévue le 24 Novembre 2020 devant le jury composé de :

Ali ZAOUI	Président du Jury	Professeur à l'Université de Lille
Didier DEFER	Rapporteur	Professeur à l'Université d'Artois
Rafik BELARBI	Rapporteur	Professeur à l'Université de La Rochelle
A-Moumen DARCHERIF	Examineur	Professeur-Chercheur à ECAM-EPMI
El-Hadj KADRI	Directeur de thèse	Professeur à CY Cergy Paris Université
Ikram ELABBASSI	Encadrante	Enseignante-Chercheuse à ECAM-EPMI
Abdelhak KACI	Encadrant	MCF à CY Cergy Paris Université

---

# Résumé

La réduction de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel est devenue une préoccupation mondiale et suscite de plus en plus l'intérêt d'un nombre considérable de recherches. Dans cette optique, les principes d'application de l'architecture bioclimatique et la démarche passive se sont distinguées, compte tenu de leurs impacts énergétiques et implicitement économiques. Partant de cet objectif, l'architecture container représente un bon point de départ, étant donnée son faible coût, sa reconversion rapide en habitat et sa large adaptation aux différentes typologies d'habitation, ajouter à cela, la possibilité de recycler des containers déjà usités.

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse ont permis, tout d'abord, de définir un modèle de cellule container habitable, conformément à la réglementation thermique française pour la région de Trappes (France), en subissant des modifications sur son enveloppe originelle. Cette dernière a été repensée en termes de matériaux isolants biosourcés, en s'inspirant de l'architecture bioclimatique et en termes d'ouvertures, afin d'assurer un confort thermique aux futurs occupants. Cette étape a été dument menée au travers de simulation thermique dynamique via le solveur Trnsys. La définition de cette cellule container a ensuite fait l'objet d'une seconde étude portant sur sa nature combinatoire. Ce point a été traité dans ce travail en imposant des conditions d'assemblage, dans le but de dénombrer toutes les possibilités en géométries combinatoires, via un algorithme récursif implémenté dans l'environnement Matlab. Ensuite, en adoptant des méthodes d'optimisation, les morphologies résultantes se sont vues associer à un profil énergétique élémentaire. Cela nous a permis de quantifier la demande de chauffage annuelle ainsi que le rayonnement relatif à chaque géométrie. Ces profils énergétiques sont le résultat d'une collecte de données au moyen de simulations thermiques dynamiques via Trnsys. Ces travaux ont pour objectif d'aboutir à une optimisation de la conception morpho-énergétique de l'archétype container suivant des conditions et des contraintes définies.

L'optimisation de cette typologie de construction est fonction du nombre de morphologies et basée sur le critère de minimisation des besoins énergétiques. L'optimal dépend premièrement du nombre de cellule qui la compose puis de sa géométrie. Cette approche s'est concrétisée par un algorithme. La fiabilité de l'approche morpho-énergétique est démontrée au moyen d'un comparatif des résultats générés par le duo simulation/optimisation. La morphologie optimale est ensuite analysée sous l'angle architectural. Grâce à cette contribution, nous avons pu avoir une vision globale sur toutes les possibilités géométriques et énergétiques. L'approche proposée aidera les concepteurs d'un projet d'habitation container, en sélectionnant la géométrie combinatoire qui répond aux cahiers des charges urbains et aux exigences de la réglementation en vigueur.

**Mots clés** : Architecture container, efficacité énergétique, matériaux isolants, simulation thermique dynamique, morphologie modulaire, optimisation morpho-énergétique.

---