

# Etude de l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments par intégration des matériaux à changement de phase (cas du Maroc) et par rafraîchissement radiatif nocturne

**Résumé :** La hausse constante du coût de l'énergie et les impératifs environnementaux font aujourd'hui de la performance énergétique un enjeu de premier plan pour l'ensemble des secteurs économiques. Le bâtiment est l'un des grands consommateurs d'énergie au Maroc ; c'est un secteur éminemment stratégique dans lequel toute amélioration des performances énergétiques conditionne durablement les consommations, du fait de la longue durée de vie des bâtiments. Dans cette optique, les Matériaux à Changement de phase (MCP) offre une solution prometteuse pour l'amélioration de l'inertie thermique de l'enveloppe du bâtiment, et par conséquent diminuer sa consommation énergétique. La démarche de cette thèse est d'évaluer le potentiel d'économie d'énergie par intégration des MCP dans les conditions climatiques du Maroc. Pour cela, un modèle numérique décrivant le comportement thermique d'une brique alvéolaire intégrant des MCP a été élaboré. En plus de l'enveloppe du bâtiment, le confort d'été peut être maîtrisé par l'utilisation des systèmes de rafraîchissement performants. Ainsi, nous avons développé deux systèmes de rafraîchissement radiatif nocturne : un panneau photovoltaïque thermique à circulation d'air et un panneau à circulation d'eau (échangeur eau-ciel). Selon une méthodologie alliant modélisation, expérimentation et validation, cette démarche nous a permis de valider les modèles développés pour ces deux systèmes, et d'évaluer leurs performances dans différentes conditions climatiques.

**Mots clés :** Efficacité énergétique, Matériaux à Changement de Phase, Refroidissement radiatif nocturne

**Abstract:** The constant rise in the cost of energy and the environmental imperatives make today energy performance a leading issue for all economic sectors. The building is one of the major energy consumers in Morocco; it is an eminently strategic sector in which any improvement in energy performance is a lasting factor in consumption, due to the long life of buildings. For this reason, Phase Change Materials (PCM) offers a promising solution for improving the thermal inertia of the building envelope, and consequently reducing its energy consumption. The aim of this thesis is to evaluate the potential of energy saving by integrating MCP in the climatic conditions of Morocco. For this, a numerical model describing the thermal behavior of a cellular brick incorporating PCM has been developed. In addition to the building envelope, summer comfort can be mastered by the use of efficient cooling systems. Thus, we have developed two Radiative Sky Cooling systems: a photovoltaic thermal panel with air circulation and a water circulation panel (water-sky exchanger). According to a methodology combining modeling, experimentation and validation, this approach enabled us to validate the models developed for these two systems, and to evaluate their performance in different climatic conditions.

**Keywords:** Energy Efficiency, Phase Change Materials, Radiative Sky Cooling

Zakaria AKETOUANE

Etude de l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments par intégration des matériaux à changement de phase (cas du Maroc) et par rafraîchissement radiatif nocturne

Année : 2019 N° thèse : 137/ST21

Année : 2019



Thèse N° : 137/ST21

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes  
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

## THÈSE DE DOCTORAT

### Etude de l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments par intégration des matériaux à changement de phase (cas du Maroc) et par rafraîchissement radiatif nocturne

Présentée par

**Zakaria AKETOUANE**

Le 21/03/2019

**Formation doctorale :** Sciences de l'Ingénieur - Energétique  
**Structure de recherche :** Équipe de Recherche en Thermique et Energie (ERTE)

### JURY

**Professeur El Mustapha FEDDI**

PES, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

**Professeur Abdellah BAH**

PES, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

**Professeur Mustapha MALHA**

PH, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

**Professeur Denis BRUNEAU**

Professeur, ENSAP, Université de Bordeaux

**Professeur Najma LAAROUSSI**

PH, EST, Université Mohammed V de Rabat

**Professeur Abdellah MECHAQRANE**

PES, FST, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès

**Professeur Mohamed ROUGUI**

PES, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

**Professeur Mohamed ASBIK**

PES, ENSET, Université Mohammed V de Rabat

**Président**

**Directeur de thèse**

**Co-Encadrant de thèse**

**Co-Encadrant de thèse**

**Rapporteur**

**Rapporteur**

**Rapporteur**

**Examineur**