



N° d'ordre



THÈSE EN CO-TUTELLE

Présentée par

Mouna Abarkan

Pour Obtenir le Grade de

Docteur en Sciences

De l'Université Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès

et l'Université Aix- Marseille

Discipline : Physique

Spécialité : Signaux et Systèmes

Modélisation et Analyse du Comportement d'un Bâtiment équipé d'un Multi-Sources d'Énergie

Thèse présentée et soutenue le vendredi 19 Decembre 2014 à 15h devant le jury composé de :

Pr. Leo VINCENT	Ecole Centrale de Lyon	Président
Pr. Fernando TADEO	Université de Valladolid, Espagne	Rapporteur
Pr. Khalil KASSMI	Faculté des Sciences Oujda	Rapporteur
Pr. Abdellah MECHAQRANE	FST Fès	Rapporteur
Pr. Aziz NAAMANE	UAM Polytech Marseille	Examineur
Pr. Fatima ERRAHIMI	FST FES	Examineur
Pr. Nacer Kouider M'SIRDI	UAM Polytech Marseille	Directeur de Thèse
Pr. Hassan ELMARKHI	FST FES	Directeur de Thèse

Laboratoires d'accueil :

- Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes.
- Laboratoire Signaux, Systèmes et Composants.



Table des matières

Résumés de la thèse	1
Quelques Symboles et Abréviations	2
Introduction	11
Contexte de la thèse	11
Objectif de la thèse	12
Organisation du mémoire	12
Contributions de la thèse	13
Communications et Publications	14
1 Les HyRES	15
Systèmes multi-sources d'Énergies Renouvelables Hybrides	15
1.1 Contexte énergétique au Maroc	15
1.2 Le bâtiment et les HyRES	17
1.3 Systèmes hybrides de production multi-énergies pour la ville	18
1.3.1 Systèmes photovoltaïques	18
1.3.2 Système éolien	19
1.3.3 Le système de stockage	19
1.3.3.1 Piles à combustibles	20
1.3.3.2 Les Super-condensateurs	20
1.4 Distribution d'énergie multi-utilisateurs	21
1.4.1 Les indices de performance	21
1.4.2 Structure et objectif du système multi-sources : HyRES	21
1.5 Revue des Méthodes de gestion et partage d'énergie	22
1.5.1 La méthode AHP (Analytic Hierarchy Process)	23
1.5.2 Utilisation de la logique floue	23
1.5.3 La méthode DSM (Demand-Side Management)	24
1.5.4 La méthode ADSM (Active Demand-Side Management)	25
1.5.5 La méthode multicritère pour SASV sous State-Flow	25
1.6 Conclusion	26
2 Modèle d'un Batiment	27
Comportement énergétique d'un bâtiment et ses charges	27
2.1 Introduction	27
2.2 Modélisation du comportement thermique d'un bâtiment	28
2.2.1 Modèle de simulation des composants d'un bâtiment	28
2.2.1.1 Modèle d'un mur sans isolation	28
2.2.1.2 Modèle d'une fenêtre sans isolation	28
2.2.1.3 Modèle d'une porte sans isolation	28

2.2.1.4	Modèle d'un plafond sans isolation	29
2.2.1.5	Modèle d'un plancher chauffant	29
2.2.1.6	Modèle de température ambiante d'une pièce	29
2.2.1.7	Simulation numérique d'une pièce sans isolation	30
2.2.2	Modèle des composants d'un bâtiment avec isolation	30
2.3	Modèle d'un système de chauffage et de stockage thermique	34
2.3.1	Modèle d'un plancher chauffant	34
2.3.2	Modèle d'une pompe à chaleur	34
2.3.3	Modèle de stockage d'énergie thermique	36
2.3.4	Modèle d'un capteur solaire thermique	36
2.3.5	La radiation solaire	36
2.3.6	Modèle d'un chauffage d'appoint par radiateurs électriques	37
2.3.7	Système de chauffage avec thermostat	37
2.3.8	Simulation numérique du comportement d'un bâtiment sans isolation	38
2.3.9	Simulation du comportement physique énergétique d'un bâtiment avec isolation sous Simscape	39
2.4	Modèle des charges électriques du bâtiment	40
2.4.1	Modèle d'un réfrigérateur	41
2.4.2	Modèle d'un congélateur	41
2.4.3	Modèle d'une machine à laver	42
2.4.4	Modèle d'un lave vaisselle	43
2.4.5	Modèle d'éclairage d'une maison	44
2.4.6	Modèle d'une cuisinière	44
2.4.7	Simulations des différentes charges électriques d'une maison	45
2.5	Conclusion	46
3	Simulation d'un HyRES pour le bâtiment	47
3.1	Introduction et objectif	47
3.2	Système photovoltaïque	47
3.2.1	Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque	48
3.2.2	Caractéristiques du PV	48
3.2.3	Générateur photovoltaïque	49
3.3	Modélisation d'un système éolien	51
3.3.1	Les éléments constituant une éolienne	51
3.3.2	Modélisation d'une éolienne	52
3.3.2.1	Loi de Betz	52
3.3.2.2	Régulation mécanique de la puissance d'une éolienne	54
3.3.2.3	L'arbre de l'éolienne	54
3.4	Systèmes hybrides multi-sources d'énergie (HyRES)	55
3.4.1	Les systèmes hybrides	55
3.4.2	Le stockage d'énergie	55
3.4.3	Gestion de l'énergie pour un système multi sources	56
3.5	Simulations et interprétations	57
3.5.1	Simulation du modèle d'un panneau photovoltaïque sous l'environnement Matlab/Simulink	57
3.5.2	Simulation du modèle d'un panneau photovoltaïque sous Matlab/Simscape	58
3.5.3	Simulation d'une éolienne	61
3.5.4	Gestion d'énergie via State-flow	64
3.6	Conclusion	66

4	Poursuite du Point de Puissance Maximale	69
4.1	Introduction	69
4.2	Les convertisseurs DC-DC	69
4.3	La commande MPPT	70
4.3.1	Méthode de la Tension constante	70
4.3.2	La méthode du courant constant	70
4.3.3	La méthode d'incrémentatation de l'inductance	71
4.3.4	La méthode du Hill Climbing (HC)	72
4.3.5	La méthode de Perturbation et Observation (P&O)	73
4.3.6	Algorithmes MPPT proposées au LSIS	74
4.3.6.1	Algorithme MEPO : Modified Enhanced PO	74
4.3.6.2	RUCA : Robust Unified Control Algorithm	75
4.3.6.3	RSMCA : Robust Sliding Mode Control Algorithm	75
4.4	Simulations	77
4.5	Conclusion	78
5	Stockage d'Énergie : Estimation des réserves	79
5.1	Introduction	79
5.2	Modèles Comportementaux des Batteries	79
5.2.1	Caractéristiques d'une batterie	79
5.2.2	Modèles de comportement d'une Batterie	80
5.2.3	Modèle idéal d'une batterie	80
5.2.4	Modèle de Thevenin	81
5.2.5	Le modèle ADVISOR	83
5.2.6	Le modèle de Vasebi	83
5.2.7	Le modèle de Song Kim	85
5.3	Estimation de l'état de charge de la batterie	86
5.3.1	Le Coulomb-mètre	86
5.3.2	L'observateur de Luenberger	87
5.3.3	Estimation par Filtre de Kalman étendu (FKE)	87
5.3.4	Estimation du SOC par mode de glissement	88
5.4	Résultats de simulation	89
5.4.1	Résultats de simulation sous Matlab	90
5.4.2	Implémentation en LabView/Arduino	92
5.5	Conclusion	95
	Conclusion et perspectives	97
	Bibliographie	99