

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abderrahmane Mira Bejaia**



**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie Electrique**  
**Filière : Automatisme industriel**

**Mémoire présentée pour l'obtention du diplôme de Master**  
**Professionnel**

**Par :**  
**Tamaguelt Thinhinane**  
**Bouchrit Melina**

# **Applicabilité de la gestion énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi- sources multi-charge en Algérie**

**Soutenu devant le jury composé de :**

<b>Président</b>	<b>Dr.Harzine</b>
<b>Examineur</b>	<b>Dr.Mokrani Zohra</b>
<b>Encadrant</b>	<b>Dr.Djermouni Kamel</b>

**Anne universitaire 2021/2022**



# Remercîments

Nous exprimons nos sentiments de profonde gratitude à ALLAH le tout puissant, pour nous avoir alloué de sa grâce inestimable et de nous avoir donné la force, le courage et la patience pour mener à terme ce travail.

La production d'un mémoire de maîtrise est d'abord et avant tout une oeuvre collective. Il importe donc de remercier celles et ceux qui ont contribué à réaliser ce mémoire.

Ce mémoire est le fruit des efforts fournis et des sacrifices consentis par plusieurs personnes que je ne pourrai oublier de remercier.

On adresse nos remerciements à nos chers encadrants **Dr K.Djermouni** Nous nous réjouissons de vous avoir comme encadrants malgré vos multiples occupations, votre dévouement pour l'amélioration de la qualité du travail bien fait,. Veuillez trouver ici l'expression de notre sincère gratitude et de notre profond respect.

**Dr k.Djermouni**, il nous sera difficile de trouver les mots pour vous exprimer notre reconnaissance et notre gratitude. Nous vous remercions pour votre gentillesse et spontanéité avec lesquelles vous avez dirigé ce travail, ainsi que pour votre disponibilité et vos conseils que grâce à eux nous avons pu améliorer notre travail.

On tient à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils nous adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer notre travail

Et sans oublier de remercier **Dr. A.Melahi** d'avoir répondu favorablement et avec patience à nos préoccupations.

Enfin, que tous ceux qui, de loin ou de près, ont participé à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

# Dédicaces

## *A mon très cher père*

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles, et quoi que fasse ou que je dise je serai point te remercie comme il se doit*

## *A ma très chère mère*

*Tu m'as donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. Je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et t'affections dont tu me es toujours entourée.*

*À mes chères frères et sœurs **Rabah, Mohand Said, thilleli, Thafrara**, source de joie et bonheur qui me sont toujours soutenues.*

*À mon oncle **Hakim** qui a été toujours à mes côtés et m'encourage pour continuer vers l'avant.*

*À mon ami **Kaci** qui m'a toujours encouragé et aidé durant mes études, sans oublier sa soutien morale, et je le souhaite plus de succès.*

*À mon binôme **Melina** pour sa patience et sa compréhension pendant la réalisation de ce travail.*

*À toute ma famille, mes proches, mes amis [Mounir, Mohand Larbi, Faycel, Samir, Saad, Oualid et Mohand seghir], et toutes les personnes que j'ai connues jusqu'à présent merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

*À la mémoire de mes grands-parents, mon défunt oncle **Azzedine** et l'ancien directeur de l'école primaire du village Tazagharth **Takourabet Smail**.*

***Thinhinane***

# Dédicace

Je dédie d'abord ce travail à ma chère maman Nabila, ma source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance.

Aucun hommage ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour pour toi papa Abdelkader, à celui qui sans le savoir m'a tantôt servi de source d'inspiration, tantôt de repousse et tantôt de modèle.

Aucune dédicace ne peut exprimer mon amour et ma gratitude pour t'avoir comme sœur ma chère Manel. Merci pour ton aide précieuse pour ton soutien et par-dessus toute ta patience.

A vous mes chers frères Rayen, Hirouche et Yacine. Les mots ne suffisent absolument pas pour exprimer l'attachement, l'amour que je porte pour vous.

A mon cher oncle Mohammed pour ses encouragements permanents, son soutien moral, et son appui.

A mon grand frère Toufik, je ne te remercie jamais assez pour tout ce que tu as fait pour moi.

Une place spéciale à ma chère tante Dida, mon exemple de persévérance, de courage, de bienveillance et de tendresse.

A mon ami Ilyes pour ses encouragements et donnée la peine de me soutenir et ses conseils précieux durant cette année

A mes chers grands-parents maternels et paternels et à toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Sans oublier mon binôme Tina pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A tous ceux avec qui nos chemins se sont croisés pendant toutes ces années je repense avec nostalgie à tous nos moments de joies et de succès, mais aussi de stress et de travail et d'effort et même d'échecs des fois, je vous présente mes remerciements et ma profonde gratitude.

A tous ceux qui ont toujours été là pour moi, tannirt.

## *Table de matière*

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

### *Chapitre I : Généralités et composants des bâtiments intelligents*

I.1. Introduction.....	3
I.2. C'est quoi un bâtiment intelligent.....	3
I.2. 1. Défis d'un bâtiment intelligent .....	3
I.2.2. Produit disponible sur le marché.....	4
I.3. Application de l'électronique imprimée.....	5
I.3.1. Capteur.....	5
I.3.2. Switchs.....	6
I.3.3. OLEDs.....	7
I.3.4. Etiquette intelligente .....	8
I.4. Composantes utilisés dans un bâtiment .....	8
I.4.1. Applications de l'électronique imprimée dans le bâtiment intelligent disponible sur le marché.....	9
I.5. Energie solaire.....	9
I.5.1. Installations photovoltaïques existantes.....	9
I.5.2. Technologies .....	10
I.6. Différentes Systèmes de stockage .....	12
I.6.1. Batterie.....	12
I.6.2. Convertisseurs.....	13
I.6.3. Commande MPPT.....	14
I.6.4. Recepteur de charge .....	14
I.7. Compteur intelligent .....	14
I.7.1. Fonctionnements d'un compteur intelligent .....	15

I.7.2. fonctionnement d'un compteur intelligent.....	15
I.8. Conclusion .....	15

## ***Chapitre II : La relation entre le bâtiment intelligent et la gestion de consommation énergétique***

II.1. Introduction.....	16
II.2. Intelligence ambiante .....	16
II.3. Bâtiment Intelligent .....	16
II.4. Bâtiment et la qualité d'usage.....	17
II.5. Consommation énergétique dans le bâtiment .....	18
II.6. Habitat intelligent par les objets intelligents.....	18
II.6.1. Objets fonctionnels de l'habitat .....	18
II.6.2 Objets intelligents dans l'habitat.....	19
II.6.3 Qu'est-ce qu'un objet intelligent ?.....	19
II.7. Définition de l'énergie .....	20
II.8. Électricité.....	20
II.8.1. Importance d'électricité .....	20
II.9. Economie d'énergie .....	21
II.10. Optimisation de la consommation d'énergie.....	22
II.11. Méthodes générales de gestion de charge.....	22
II.12. Gestion Énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi charge .....	22
II.13. Conclusion .....	22

## ***Chapitre III : modélisation et simulation des composants de notre système***

III.1. Introduction .....	23
III.2. Le bâtiment à étudié .....	23
III.3. Modélisation et simulation d'une batterie .....	23
III.3.1. Modélisation de la capacité $C_{bat}$ .....	24
III.3.2. Equations de la tension de décharge.....	24
III.3.3. Equations de la tension de charge .....	25
III.3.4. Discuter les résultats.....	25
III.4. Modélisation et simulation d'un panneau photovoltaïque .....	26
III.4.1. Equations des panneaux photovoltaïques.....	26
III.4.2. Facteur de forme FF .....	27
III.5. Réseaux de neurones .....	29
III.6. Le programme de gestion de tout le système .....	34
III.6.1. La stratégie de gestion de mon système .....	34
III.6.2. Grafset de coupure .....	36
III.9. Conclusion.....	38

### ***Chapitre IV : Simulation de système globale***

IV.1. Introduction.....	39
IV.2 Panneaux photovoltaïque .....	39
IV.3. Batteries.....	40
IV.4. Système global .....	41
IV.5. Conclusion .....	46
Conclusion générale .....	47





# La liste des figures et des tableaux

## Chapitre I: Généralité

<i>Figure I.1 Exemples des captures électriques.....</i>	<i>6</i>
<i>FigureI.2 Image d'un switch commutator.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.3 La structure des diodes électroluminescentes.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.4 Etiquette intelligente.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.5 : Les différents types de systèmes photovoltaïques autonomes.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure I.6 cellule PV.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure I.7 Regroupement des cellules en série.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure I.8 Regroupement des cellules en parallèle.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure I.9 Pile à combustible.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure I.10 Structure générale du convertisseur DC/AC développé.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure I.11 Convertisseur DC/DC.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure I.12 Image d'un compteur intelligent.....</i>	<i>15</i>

## Chapitre III: Modélisation et simulation des composants de notre système

<i>Figure III.1 Schéma équivalent de <math>n_b</math> de la batterie.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure III.2 Profil de courant utilisé.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure III.3 Courbe d'état de charge de la batterie.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure III.4 Profil de l'ensoleillement.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure III.5 Profil de température.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure III.6 Courbe de puissance produite par un panneau photovoltaïque.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure III.7 Courbe de puissance produite par tous les panneaux photovoltaïques.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure III.8 Courbe de la variation de puissance en fonction de la tension.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.9 Graphe des puissances journalières réelles et prédictives par le RNAs.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure III.10 L'apprentissage.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure III.11 Visualisation de l'entraînement validation et le test.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III.12 Modèle neuronal sous Simulink.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure III.13 Organigramme de la stratégie général de gestion de notre système.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure III.14 Grafset exécuter la différente action, isolation des charges, règles le chargement de la batterie.....</i>	<i>37</i>

## **Chapitre VI: Simulation de système globale**

<i>Figure IV.1 Schéma de système</i> .....	42
<i>Figure IV.2 Courbe de l'ensoleillement</i> .....	43
<i>Figure IV.3 Courbe de variation de température</i> .....	43
<i>Figure IV.4 Courbe d'état de charge des batteries</i> .....	44
<i>Figure IV.5 Différentes puissance agissante dans le système</i> .....	44
<i>Figure IV.6 Pouvoir de coupure</i> .....	45
<i>Tableau III.1 Consommation moyenne de l'énergie électrique</i> .....	23

# *Introduction*

## *générale*

## Introduction générale

«Aujourd'hui, nous devons admettre que les risques d'impacts négatifs liés au changement climatique sont plus élevés que ce qui avait été estimé il y a quelques années» (Füssel) [1], la terre continue de se réchauffer depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et les observations montrent désormais une augmentation des températures moyennes annuelles à un rythme sans précédent. Onze des douze années de la période 1995-2006 ont été parmi les 12 années les plus chaudes depuis 1850. Le réchauffement a été plus prononcé dans les années 50, avec une augmentation de 1°C depuis 1850 (début de la première révolution industrielle) [2]. Ce changement amène de nombreuses réflexions sur l'impact de l'activité humaine

N'abusons-nous pas de notre planète ? Comment éviter une catastrophe ? Pour répondre à ces questions, les scientifiques s'intéressent à identifier les responsables de l'aléa et affirment aujourd'hui unanimement le rôle prépondérant que jouent les activités humaines dans le changement climatique et voient dans l'effet de serre le principal mécanisme conduisant au réchauffement climatique. Nous devons imaginer une nouvelle société compatible avec les capacités de notre planète, une société dans laquelle les gens peuvent mieux contrôler leur impact sur leur environnement. Le problème se pose comme ça, mais il n'est pas facile de trouver une solution.

Depuis 1980, l'une des solutions prioritaires pour surmonter les problèmes énergétiques et environnementaux a été l'utilisation des énergies renouvelables, qui a affecté l'industrie de l'énergie électrique et conduit aujourd'hui à l'accélération de la production d'électricité décentralisée dans le réseau de distribution, conduisant à une gestion plus complexe. L'intégration envisagée des véhicules électriques côté consommation complexifie les réseaux électriques et risque des irrégularités de fonctionnement plus fréquentes. Face à ces changements, dans ce mémoire, nous nous intéressons au secteur le plus consommateur d'électricité, qui est le secteur du bâtiment. Nous croyons qu'à travers le contrôle de l'énergie dans le bâtiment, non seulement les problèmes environnementaux peuvent être minimisés, mais aussi la stabilité du réseau électrique peut être maintenue en assurant un équilibre entre la production et la consommation.

Le bâtiment dit « basse consommation » devient un système complexe que l'on peut qualifier de « microgrid » où les flux d'énergie doivent être gérés en fonction des usages. On parle donc de plus en plus de "Smart Grid" et de "Smart Building", réduction de charge, de limitation des appels de puissance, courbe de charge, meilleure intégration de la production d'énergie renouvelable et intégration des véhicules électriques dans le réseau, etc. En ajustant les consommations, notamment pour prévoir les pointes de consommation, en fonction des prévisions météorologiques, il est possible de mieux gérer les bâtiments et les réseaux pour ajuster avec souplesse la demande en fonction de la source disponible, le tout sans trop impacter sur le confort des occupants. Vous pouvez également négocier un meilleur prix d'achat de l'énergie avec votre fournisseur, mais aussi mettre en place une stratégie de délestage ou de gestion des pointes de puissance. Ces stratégies de déchargement peuvent être intégrées dans un système de gestion de l'énergie du bâtiment (SGEB) pour surveiller et planifier les besoins énergétiques d'un bâtiment. Plusieurs projets de recherche ont contribué au développement de tels systèmes.

Les systèmes de stockage ont été identifiés comme une technologie clé pour atténuer les conséquences négatives d'un taux élevé de génération renouvelable et distribuée dans le

réseau. Cependant, pour les mettre à profit avec l'intégration des énergies renouvelables, ils doivent être équipés d'un système de gestion d'énergie qui optimise leur usage. Les méthodes de gestion développées dans ce mémoire à apporter une contribution à ce sujet

Le présent mémoire de PFE est structuré comme suit :

En commençant dans le premier chapitre par des notions sur le bâtiment intelligent, l'énergie solaire et les batteries..., dans le deuxième nous présenterons la relation entre le bâtiment intelligent et la gestion de consommation d'énergie, le troisième chapitre sera consacré tout d'abord à la présentation des sous-systèmes et en suit à la modélisation et la simulation des comportements d'une batterie plomb-acide, les panneaux photovoltaïques et enfin les réseaux de neuraux. Dans le chapitre quatre, en va dimensionner les batteries et les panneaux photovoltaïques et nous simulerons le système global. Enfin nous terminerons par une conclusion générale



*Généralités et  
composants des  
bâtiments  
intelligents*



I.1. Introduction.....	3
I.2. C'est quoi un bâtiment intelligent.....	3
I.2. 1. Défis d'un bâtiment intelligent .....	3
I.2.2. Produit disponible sur le marché.....	4
I.3. Application de l'électronique imprimée.....	5
I.3.1. Capteur .....	5
I.3.2. Switchs.....	6
I.3.3. OLEDs.....	7
I.3.4. Etiquette intelligente .....	8
I.4. Composantes utilisé dans un bâtiment .....	8
I.4.1. Applications de l'électronique imprimée dans le bâtiment intelligent disponible sur le marché.....	9
I.5. Energie solaire.....	9
I.5.1. Installations photovoltaïques existantes.....	9
I.5.2. Technologies .....	10
I.6. Différent Systèmes de stockage .....	12
I.6.1. Batterie.....	12
I.6.2. Convertisseurs.....	13
I.6.3. Commande MPPT.....	14
I.6.4. Recepteur de charge .....	14
I.7. Compteur intelligent .....	14
I.7.1. Fonctionnement d'un compteur intelligent .....	15
I.7.2. Fonctionnement un compteur intelligent .....	15
I.8. Conclusion .....	15

## I.1. Introduction

A nos jours beaucoup de projets ont été lancés dans le cadre de développement des bâtiments intelligents et cela pour optimiser la consommation énergétique, pour la construction d'un bâtiment intelligent on a besoin de plusieurs éléments, parmi eux on trouve les éléments de la production d'énergie, les éléments de stockage de l'énergie et les éléments de contrôle. Dans ce chapitre on va parler de tous ces éléments et leurs principes de fonctionnement.

## I.2. C'est quoi un bâtiment intelligent

Le mot bâtiment intelligent est en relation direct avec la domotique de la gestion énergétique au niveau domestique. Il est issu de la technologie de smart grids (ou réseaux intelligents), c'est la gestion des réseaux électriques avec les nouvelles technologies de l'information, mais adapté au réseau privé. Comme un maillon des smart grids, les systèmes sont en relation avec les réseaux électriques.

Les technologies qui existent au sein du bâtiment intelligent permettent de contrôler les différents paramètres pour optimiser la consommation d'énergie ainsi que le confort et la sécurité de l'utilisateur.

Du point de vue énergétique, le bâtiment intelligent a deux objectifs qui sont en lien avec une gestion efficace de l'énergie. Le premier pour but de la diminution des dépenses énergétiques engendrées par le bâtiment. Le deuxième est le lissage de la production électrique en vue d'éviter les pics de consommation, cela peut s'associer à de la production énergétique. Des exemples d'application sont l'isolation des bâtiments, la génération d'énergie à l'aide de panneaux photovoltaïques, le développement et le renforcement des systèmes de ventilation, chauffage et climatisation [3].

### I.2. 1. Défis d'un bâtiment intelligent

Si on analyse la situation économique et énergétique actuelle, le smart building doit répondre à certains besoins pour pouvoir les améliorer.

Et en général le bâtiment intelligent devrait répondre aux attentes suivantes :

- Isolation des bâtiments ;
- Génération d'énergie (par exemple à l'aide de panneaux photovoltaïques);
- Développement et renforcement des systèmes de ventilation ;
- Adaptation du fonctionnement des équipements à la présence des occupants et à leurs activités. ;
- Amélioration du confort des habitants comme par exemple de meilleurs systèmes de chauffage et de climatisation ;
- Perfectionnement de la sécurité des bâtiments ;
- Information et sensibilisation : mesure et surveillance des consommations énergétiques pour chaque type d'utilisateur, d'occupant, d'exploitant, de mainteneur et de propriétaire.

Mais les besoins peuvent être plus ciblés selon certains exemples :

- Pour la climatisation : programmer, réguler, optimiser une puissance souscrite, gérer en fonction des tarifs heures pleines / creuses, suivre ses consommations ;
- Concernant l'éclairage : l'habitat devrait disposer d'un moyen de contrôler en fonction de la luminosité extérieure, du lever et du coucher de soleil, de l'approche d'une personne (par exemple pour les lampes de bureau), de la présence d'une personne en position statique (cibler la

lumière), d'une durée déterminée, de son activité (intensité), des ambiances lumineuses souhaitées. Ensuite il serait aussi nécessaire de pouvoir baliser des chemins (secours ou signalisation) à l'intérieure ou l'extérieure de bâtiment.

### I.2.2. Produit disponible sur le marché

Il existe plusieurs produits sur le marché relié aux réseaux intelligents, et on peut classifie ces produits en deux catégorie, la domotique et la gestion d'énergie.

#### A. Secteur de la domotique

La domotique est l'ensemble des techniques de l'électronique, de physique du bâtiment, d'automatisme, de l'informatique et des télécommunications utilisées dans le bâtiment, plus ou moins « interoperables » et permettant de centraliser le contrôle des différents systèmes et sous - systèmes de la maison et de l'entreprise (chauffage, volets roulants, porte de garage, portail d'entrée, prise électrique, etc.) [4].

la domotique vise à apporter des solutions techniques pour répondre aux besoins de confort (gestion d'énergie, optimisation de l'éclairage et du chauffage), de sécurité (alarme) et de communication (commandes à distance, signaux visuels ou sonores, etc.) que l'on peut trouver dans les maisons, les hôtels, les lieux publics...etc.

A l'origine, la domotique avait donc pour but d'automatiser la maison : ouverture et fermeture automatiques des volets, ouverture du portail électrique, gestion du chauffage, gestion de l'éclairage, etc. Ainsi avant l'ère des Smartphones, il était par exemple possible d'activer son chauffage à distance en passant un coup de téléphone à sa maison, ou encore en lui envoyant un SMS. C'était tout à fait réalisable. Seulement une telle installation était relativement compliquée à mettre en place et elle était couteuse. Cette époque a malheureusement laissé des traces, puisque pour beaucoup encore aujourd'hui, domotique rime avec cher et compliqué. Pourtant, ce domaine a énormément évolué et il existe de nombreuses solutions simples à mettre en place et tout à fait abordables pour le grand public.

Voilà quelque exemple d'entreprise dans le domaine de la domotique :

- Legrand
- Somfy
- Orange
- Archos
- Bouygues

#### B. Secteur gestion d'énergie

Il existe des produits qui permettent d'économiser l'énergie. Ci-dessous se trouve quelques exemples d'applications :

- **Smart Impulse** : Identification de la consommation d'énergie de chaque équipement par scrutation des ondes de courant et de tension sur le compteur « d'entrée » du bâtiment ;
- **Vesta Sytem** : Logiciel permettant d'optimiser les coûts énergétiques des bâtiments ;
- **Ubiant** : Spécialisé dans l'intelligence artificielle (dispositif imitant ou remplaçant l'humain dans certaines mises en œuvre de ses fonctions cognitives), améliore la performance énergétique des bâtiments en se servant du ressenti des habitants grâce à son moteur l'intelligence artificielle fondée sur un système multi agents ;
- **Alerto Veille** : Logiciel de traitement et d'analyse des données afin de surveiller les consommations heure par heure. Cela détecte les anomalies et propose des actions correctives ;

- **BEst domotique :**

- ✚ Voir au quotidien les consommations d'énergie sous forme de graphiques à l'aide d'une tablette ou d'un Smartphones ;

- ✚ Assure une gestion optimisée du chauffage en passant, par exemple, automatiquement d'un système solaire à une chaudière gaz en fonction de la demande ;

- ✚ Programmer le chauffage pièce par pièce et l'associer avec une détection de présence ;

- ✚ Le pilotage automatiquement le système de ventilation de votre maison ;

- ✚ Fonctionner la VMC en fonction de la qualité de l'air dans le bâtiment ;

- ✚ Gestion intelligente des volets roulants permettant d'économiser jusqu'à 10% sur la facture de chauffage en hiver en optimisant l'apport de chaleur par le soleil ;

- ✚ Réduire jusqu'à 10 % des consommations électriques en pilotant les prises de courants pour couper les appareils en veille très consommateurs en électricité, possibilité de recharger les appareils électriques à certaines heures de la journée (de même pour le chauffe-eau) ;

- **Ijenko:** Thermostats, prises électriques et autres capteurs communiquent sans fil ;

- **Qarnot:** Le radiateur-ordinateur utilisant des micro-processeurs comme source de chaleur, produit une chaleur gratuite et écologique ;

La notion de bâtiment intelligent est peu à peu définie au fil de temps. De plus en plus des applications intelligentes apparaissent sur le marché. Pour accroître sa part de marché, il faudrait surement envisager des améliorations. Une des possibilités serait de baisser les prix de ces technologies en les produisant en masse. Ainsi l'électronique imprimée pourrait répondre à cette demande. Ensuite, puisque l'environnement présent dans un bâtiment est réellement important dans notre vie quotidienne, la question de savoir comment il serait possible d'intégrer les dispositifs de manière plus harmonieuse dans cet environnement se pose. Une fois encore, l'électronique imprimée pourrait répondre à cette problématique.

### I.3. Application de l'électronique imprimée

Il y a plusieurs applications qui sont possible de faire en électronique imprimée, on trouve par exemple : les capteurs, les différents' Switch, les OLEDs (diode électro luminescente) et les étiquettes RFIDs.

#### I.3.1. Capteur

Les capteurs sont constitués de plusieurs couches. Les différents capteurs pouvant être imprimés sont :

- **Capteurs de pression :** capte la pression, la convertissent en un signal électrique et la restituent, en fonction du pré réglage, en un signal de commutation ;

- **Biocapteurs**

- **Capteurs capacitifs :** souple et élastique. Ils détectent les changements de capacité lors des interactions avec le détecteur, grâce à un faradmètre connecté électriquement. Le capteur peut être blindé pour réduire les effets des interférences extérieures.

- **Capteurs piézorésistifs :** c'est des matériaux piézoélectrique imprimé sur du silicium, transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

- **Capteurs optiques :** fabriquer du plastique ou du verre, ils transforment de grandes surfaces en capteurs optiques de moyenne ou haute résolution. Leur capacité à fonctionner dans le vide et dans des fréquences proches de l'infrarouge ouvre la voie à de nombreuses applications industrielles.

- **Capteurs de température.**
- **Capteurs d'humidité.**
- **Capteurs de gaz [5].**

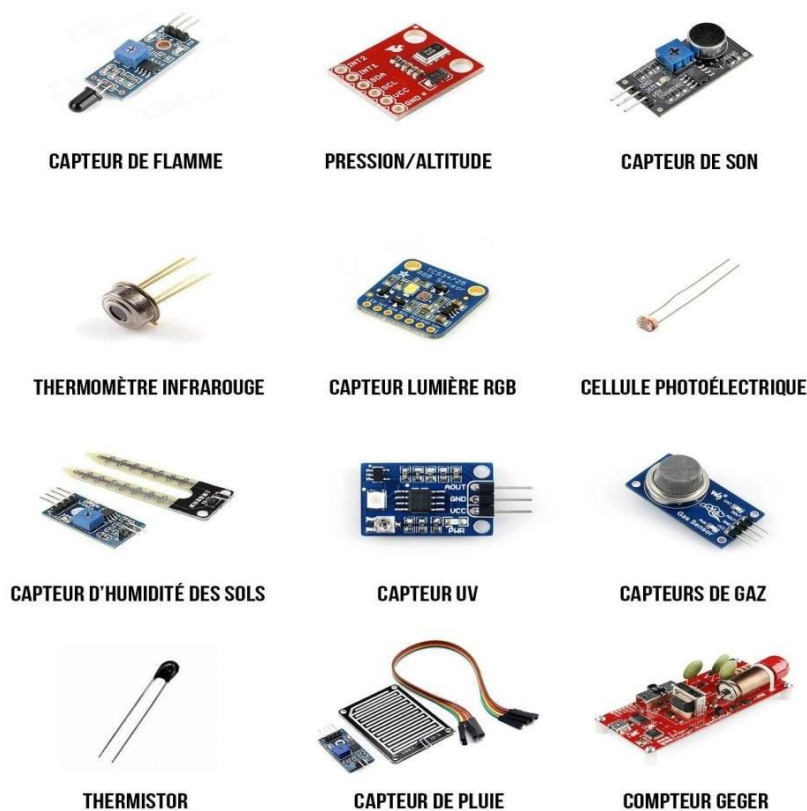


Figure I.1 Exemples des capteurs électriques

## I.3.2. Switchs

Un Switch est un matériel qui relie plusieurs composants électroniques ou informatiques entre eux, les interconnexions étant configurables. Il contient plusieurs ports d'entrées, sur lesquels on peut envoyer recevoir des paquets de données, et plusieurs ports de sorties, sur lesquels on peut envoyer des données. Dans certains cas, les ports d'entrée et de sortie sont confondus : un même port peut servir alternativement d'entrée et de sortie.

Le rôle d'un Switch c'est de transmettre l'information d'un port sur un autre port. Dans le cas le plus simple, on peut voir un Switch comme un ensemble de connections point à point configurables : le Switch associe un port de sortie à chaque port d'entrée. Le composant qui relie ports d'entrée et ports de sortie est appelé la Switch fabric.

Cette switch fabric peut s'implémenter de plusieurs manières, en utilisant :

- Des réseaux d'interconnexions configurables selon les besoins ;
- Des mémoires ;
- Des bus.

Les techniques de broadcasté ou de multicast permettent d'envoyer une donnée présentée sur un port d'entrée sur plusieurs sorties : on peut envoyer un message identique à plusieurs ordinateurs en même temps, sans devoir envoyer plusieurs copies. Certains switchs permettent

de gérer cela directement dans le matériel, soit en dupliquant les paquets, soit en connectant une entrée sur plusieurs sorties [6].



Figure I.2 Image d'un switch commutator

### I.3.3. OLEDs

Organic Light Emission Diode, une diode électro lumineuse qui utilise une matière carbonée issue de la chimie de synthèse comme source lumineuse. L'OLED est en ce sens une variante de la LED qui bénéficie de la technologie de l'électronique imprimée et qui sous une forme assez plate présente une conception analogue. De façon très schématique, l'OLED est un dipôle avec une structure multicouche dont chacune tient un rôle particulier dans la circulation à double sens de charges électriques opposées. La recombinaison de ces charges sous forme d'exciton (paire électron-trou) dans la couche centrale provoque l'émission de photons, c'est-à-dire de lumière.

Cette technologie peut être utilisée dans les revêtements muraux qui ont besoin d'être ajustables ou dans les éclairages écologiques.

De plus, les OLEDs peuvent également stocker l'énergie solaire et émettre de la lumière si les couches imprimées ont des propriétés photovoltaïques. Comme toute technologie, les OLEDs ont des avantages et des inconvénients.

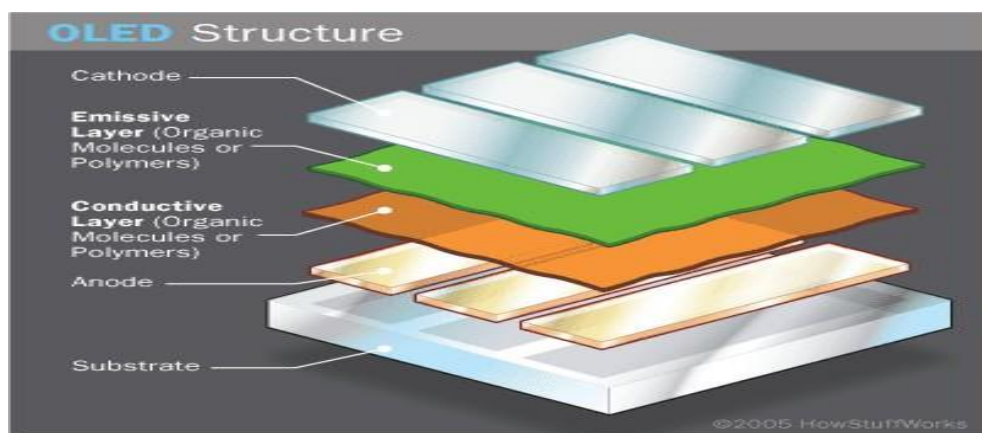


Figure I.3 Structure des diodes électroluminescentes

- **Avantages**

Un affichage OLED n'a pas besoin de rétro-éclairage, ce qui a pour conséquence une économie d'énergie non négligeable ainsi qu'un encombrement réduit et un avantage certain concernant la flexibilité des écrans.

Le processus et le coût de fabrication des écrans OLED apparaissent comme étant plus rentables comparé à d'autres technologies.

Le contraste, le rendu des couleurs, le temps de réponse ainsi que l'angle de vision (lumière diffuse) sont également profitables à la technologie OLED.

- **Inconvénients**

Le principal désavantage des écrans OLED réside dans leur durée de vie assez limitée (jusqu'à présent).

D'autre part la grande sensibilité des semi-conducteurs organiques à l'humidité est un frein supplémentaire à la commercialisation en masse de cette technologie.

### I.3.4. Etiquette intelligente

L'étiquette RFID ou l'étiquette intelligente, étiquette à puce ou tag est un support d'identification électronique qui n'a pas besoin d'être vu pour être lu. Son utilisation est de ce fait, très attractive pour répondre aux exigences en matière de traçabilité.

Il existe plusieurs fréquences radio utilisées par la RFID, plusieurs types d'étiquette ayant différents types de mode de communication et d'alimentation.

Pour transmettre des informations à l'interrogateur (ou lecteur), une étiquette RFID est généralement munie d'une puce électronique associée à une antenne. Cet ensemble forme le tag/label ou encore transpondeur.

Les informations contenues dans la puce électronique d'un tag RFID peuvent être uniques. Une fois écrit dans le circuit électronique, cet identifiant ne peut plus être modifié mais uniquement lu. Certaines puces électroniques disposent d'une autre zone mémoire dans laquelle l'utilisateur peut écrire, modifier, effacer ses propres données. La taille de ces mémoires varie de quelques bits à quelques dizaines de kilobits. L'étiquette est activée par un signal radio émis par le lecteur RFID lui-même équipé d'une carte RFID et d'une antenne, les étiquettes transmettent les données qu'elles contiennent en retour.

La différence entre technologie RFID et la technologie NFC est la suivante :

La RFID est un processus par lequel des données sont récupérées par le biais d'ondes radio alors que la NFC est un sous-ensemble de la RFID, elle est conçue pour être une forme sécurisée d'échange de données.



Figure I.4 Etiquette intelligente

### I.4. Composantes utilisé dans un bâtiment

Parmi tous les besoins des bâtiments intelligents, seulement quelques-uns sont réalisables par l'électronique imprimée et malgré la grande flexibilité des procédés d'impression, il existe certaines contraintes du bâtiment et de ses usages qui limitent l'entrée de l'électronique imprimée.

- **Avantages de l'électronique imprimée dans un bâtiment**
  - Imprimabilité sur supports divers (verre, polymères, tissus, peintures murales...).
  - Développement durable : diminution de consommation d'énergie.
  - Faciliter interactions bâtiment/personne.
  - Aspects visuels (transparence du verre photovoltaïque par exemple).
  - Augmentation de la production.
  - Respect de la législation.

Les composés utilisés dans le bâtiment intelligent ont une variété importante de supports, du verre aux peintures murales en passant par le verre par exemple. Il est donc fondamental que l'impression de ces composants soit possible sur une large gamme de substrats. De plus il est extrêmement important que les composants formant le dispositif intelligent aient une bonne durée de vie, c'est-à-dire de l'ordre des années. Il serait assez contraignant de devoir changer tous les ans les applications de l'électronique imprimée au sein du bâtiment [7].

### **I.4.1. Applications de l'électronique imprimée dans le bâtiment intelligent disponible sur le marché.**

L'électronique imprimée dans un bâtiment intelligent est divisées en trois catégories : l'énergie, la domotique et la gestion des ondes.

Par exemple, il existe plusieurs générations de cellules photovoltaïques qui ont des avantages et des inconvénients différents. Les cellules de deuxième génération (cellules en couches minces) peuvent être par exemple imprimées grâce au procédé sérigraphique ou jet d'encre.

## **I.5. Energie solaire**

L'énergie solaire photovoltaïque transforme le rayonnement solaire en électricité à l'aide d'une cellule photovoltaïque.

### **I.5.1. Installations photovoltaïques existantes**

#### **A. Installation sur site isolé**

Ces systèmes photovoltaïques sont installés pour assurer un fonctionnement autonome sans recours à d'autres sources d'énergie. Généralement, ces systèmes sont utilisés dans les régions isolées et éloignées du réseau. Les différents types de systèmes photovoltaïques autonomes sont décrits sur la figure I.4 qui traduit les différentes possibilités offertes : couplage direct à une charge adaptée ou couplage avec adaptateur d'impédance MPPT fonctionnement au fil du soleil ou avec stockage d'énergie électrique.

#### **B. Installation raccordée au réseau de distribution public**

- **Avec injection totale**

Toute l'énergie électrique produite par les panneaux photovoltaïques est envoyée pour être revendue sur le réseau de distribution.

Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en deux points :

- le raccordement du consommateur qui reste identique avec son compteur de consommation (on ne peut pas utiliser sa propre production).
- Le nouveau branchement permettant d'injecter l'intégralité de la production dans le réseau, dispose de deux compteurs :
  - L'un pour la production.
  - L'autre pour la non- consommation (permet de vérifier qu'aucun soutirage frauduleux n'est réalisé).

- **Avec injection de surplus**

Cette méthode est réalisée avec le raccordement au réseau public en un point : l'utilisateur consomme l'énergie qu'il produit avec le système solaire et l'excédent est injecté dans le réseau.

Quand l'énergie produite par l'installation photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'énergie nécessaire.

Un seul compteur supplémentaire est ajouté au compteur existant.



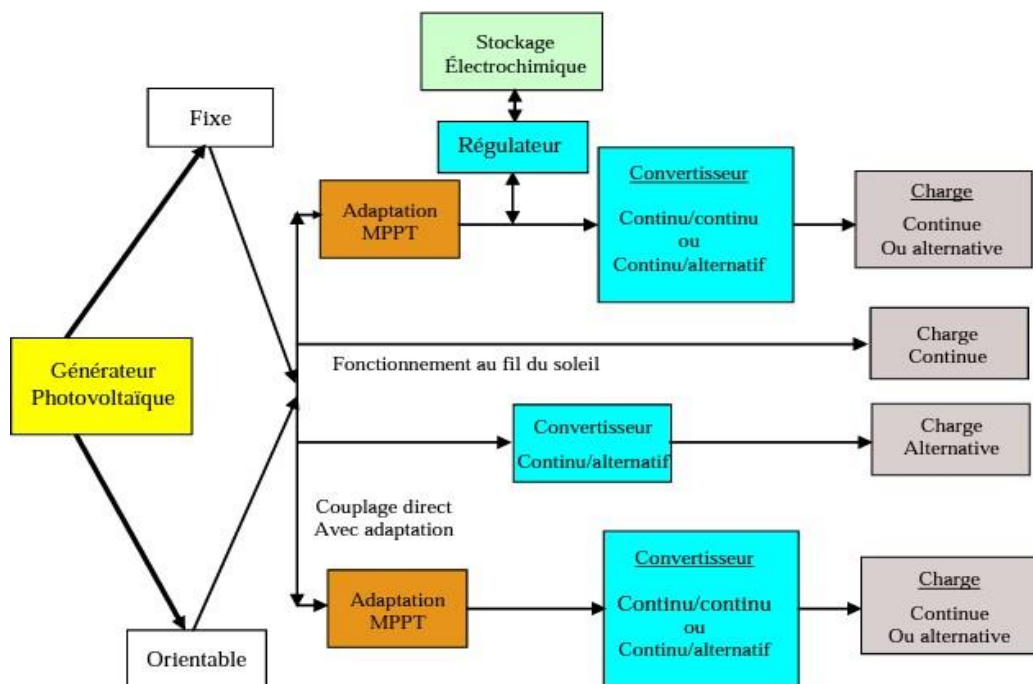


Figure I.5 différents types de systèmes photovoltaïques autonomes

## I.5.2. Technologies

### A. Cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment la lumière solaire en électricité, elles sont réalisées à l'aide des matériaux semi-conducteurs.

L'énergie photovoltaïque fait appel généralement à une des technologies suivantes:

- ❖ Le premier type des cellules photovoltaïques sont les cellules de silicium monocristallin ou Poly cristallin ont la meilleure efficacité, qui varie généralement de 13 à 18 %. leur durée de vie est habituellement de plus de 25 à 30 ans et pour le monocristallin l'efficacité est de 12 à 15 %.

- ❖ La deuxième type c'est les cellules de silicium amorphe se composent de couches de silicium très minces appliquées sur un support en verre, en plastique souple ou en métal. A l'origine, leur rendement était plus faible (6 à 10%), mais la technologie évolue rapidement, ils fonctionnent avec un éclairage faible ou diffus. Leur durée de vie est généralement inférieure à 20 ans.

- ❖ le troisième type est les cellules Poly cristallines sont fabriquées à partir d'un bloc de silicium cristallisé sous forme de cristaux multiples. Leur rendement moyen est de 11% à 13%, et leur coût de production est un peu moins élevé que celui des cellules monocristallines.

Les cellules photovoltaïques constituent l'élément de base de panneau solaire photovoltaïque. Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0.5 à 0.6 Volts [8].



Figure I.6 Exemple d'une cellule PV

### A. Module photovoltaïque

Un module photovoltaïque est constitué de plusieurs cellules photovoltaïques reliées entre elles électriquement par un fin ruban métallique. Et ces cellules sont reliées en parallèle et en série :

- **Association des cellules en série**

Dans un groupement en série les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par addition des tensions à courant donné :

$$V_{ccns} = N_s \times V_{cc} \quad (\text{I.1})$$

$$I_{ccns} = I_{cc}$$

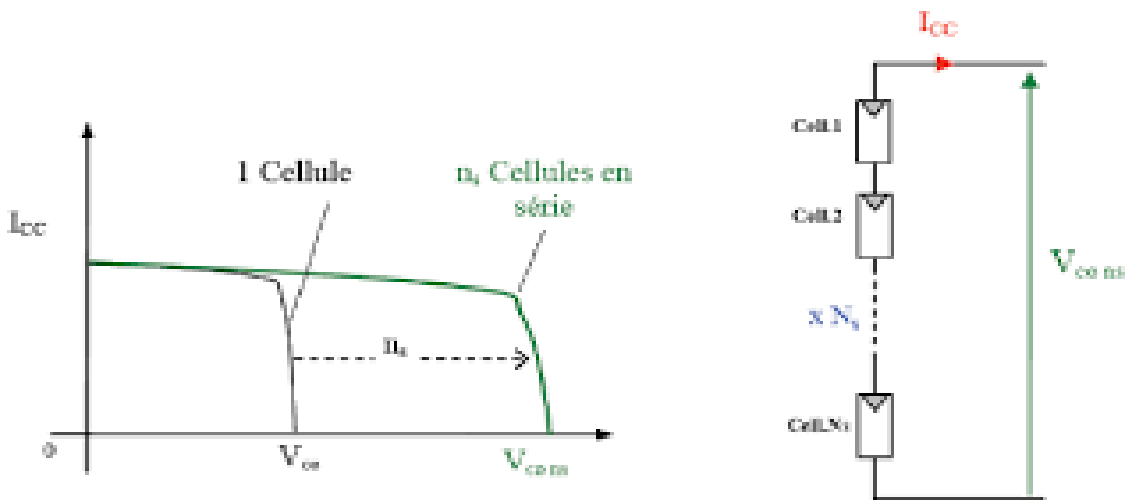


Figure I.7 Regroupement des cellules en série

- **Association en parallèle**

Les propriétés du groupement en parallèle sont dues aux mêmes cellules du groupement en série. Ainsi, dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants à tension donnée.

$$I_{cc} \cdot N_p = N_p \times I_{cc} \quad (\text{I.2})$$

$$V_{co}N_p = V_{co}$$

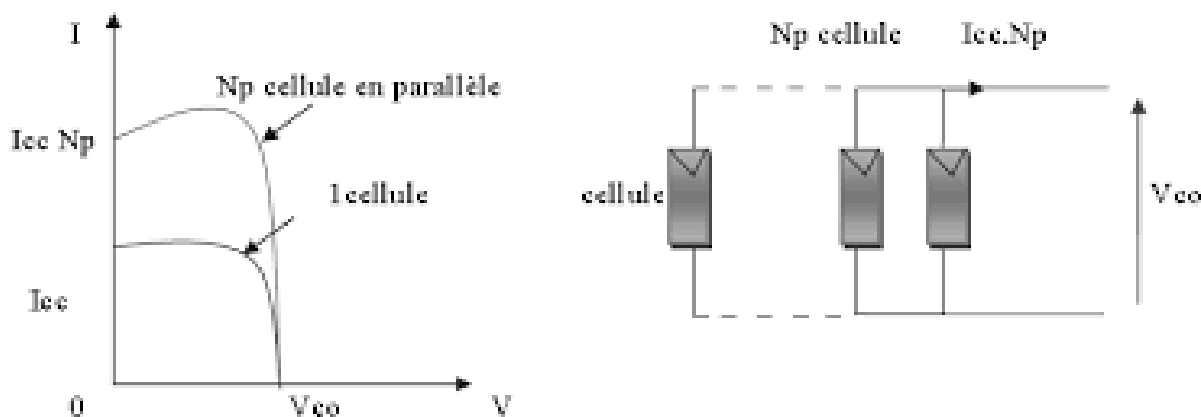


Figure 1.8 Regroupement des cellules en parallèle.

## I.6. Différents Systèmes de stockage

Le stockage d'énergie consiste à placer une quantité d'énergie en un lieu donné pour l'utiliser ultérieurement. Il existe plusieurs types de stockage d'énergie, par exemple :

- ❖ stockage de combustible
- ❖ stockage gravitationnel :
  1. Énergie hydroélectrique
  2. Pompage turbinage
  3. Système de transfert d'énergie par LEST maritime
- ❖ Stockage d'énergie sous forme d'air comprimé
- ❖ Stockage électrochimique :
  1. Accumulateur électrochimique
  2. Batterie redox
- ❖ Stockage sous forme d'énergie thermique :
  - ❖ Stockage sous forme de chaleur latente
  - ❖ Stockage sous forme de chaleur sensible
  - ❖ Stockage d'électricité couplé avec un stockage de gaz naturel
  - ❖ Stockage sous forme d'énergie cinétique
  - ❖ Stockage chimique
  - ❖ Stockage sous forme d'énergie électromagnétique [9]

Pour notre système on s'intéresse au stockage électrochimique plus exactement à la batterie.

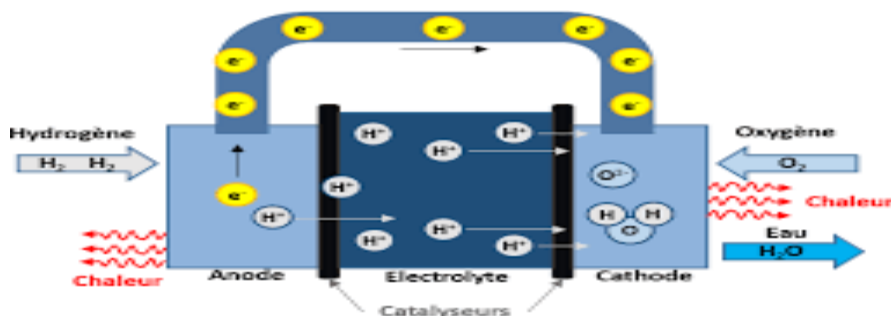
### I.6.1. Batterie

Dans un système photovoltaïque, la ressource solaire ne pouvant pas être disponible à tout moment, donc il est indispensable de stocker de manière journalière l'énergie électrique produite par les panneaux photovoltaïques.

Pour cela on utilise les batteries. Les batteries les plus utilisées sont de type plomb-acide à plaque plane pour les installations à faible puissance, et on trouve aussi les batteries de type nickel-cadmium qui sont chères et qui posent des problèmes de régulation de tension. Les batteries sont constituées essentiellement des deux électrodes une positive et l'autre négative et une solution électrolytique : solution d'acide sulfurique de viscosité variable et elles sont connectées au régulateur électronique car elles sont chargées à travers le régulateur et alimentent les charges par biais du même régulateur. Nous pouvons associer plusieurs batteries en série pour

obtenir une tension adaptée à l'utilisation et on les associe en parallèle pour avoir la capacité et la puissance nécessaire à l'autonomie et on les associe en parallèle pour avoir la capacité et la puissance nécessaire à l'autonomie désirée.

Les tensions des batteries seront déterminées par rapport à celle aux récepteurs à courant continu et la tension des modules. Le nombre des batteries sera déterminé à partir de l'autonomie désiré



I.9 Figure pile à combustible

### I.6.2. Convertisseurs

La tension produite par les modules photovoltaïques est continue et celle fournie par les batteries pour alimenter les charges est aussi de nature continue par contre les charges ont besoin d'une tension alternative et pour cela l'utilisation des convertisseurs DC/AC est obligatoire, et pour cela on utilise des onduleurs :

- **Convertisseur DC/AC**

Un onduleur est un dispositif d'électrique de puissance permettant de tensions et des courants alternatifs à partir d'énergie électrique de tension ou de fréquence différente. C'est la fonction inverse d'un redresseur.

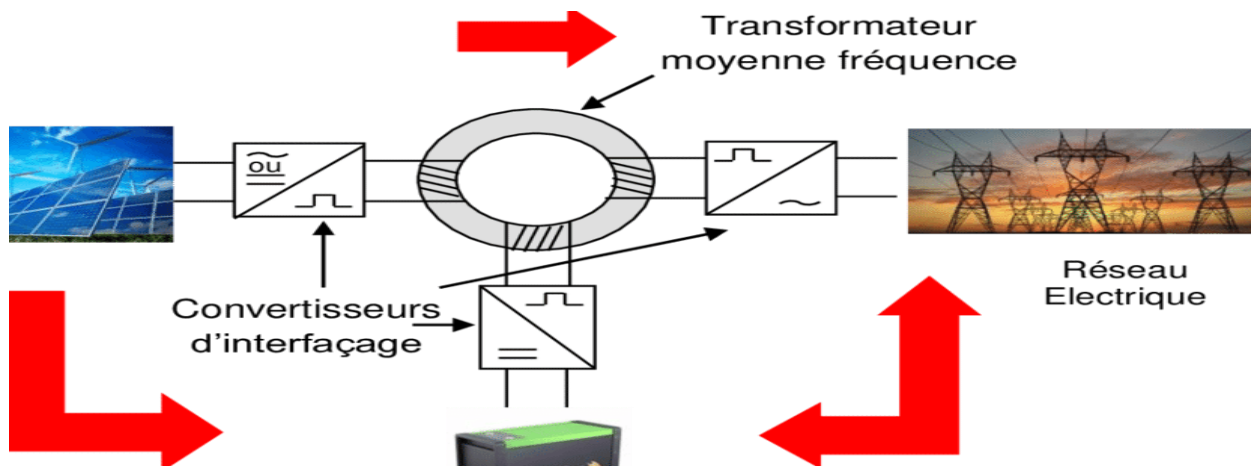


Figure I.10 Structure générale du convertisseur DC/AC développé

- **Convertisseur DC/DC**

Un convertisseur DC/DC a pour vocation d'assurer la fluence d'énergie entre une source de tension continue

Dans un système, la tension de sortie du champ ou de la batterie soit inférieure ou supérieure à celle de l'utilisation, qui doit être alimenté en continu. Il est donc nécessaire pour ces systèmes, un convertisseur DC-DC transforme une tension continue de son entrée en une tension de sortie continue inférieure ou supérieure à celle de l'entrée selon qu'il soit abaisseur ou

élévateur. Il permet de contrôler le signal d'alimentation de la charge et le stabilise. Les câbles relient électriquement tous les composants du système PV. Le câblage est un point critique de toute installation PV. Il est très important de bien dimensionner les conducteurs afin d'éviter la circulation d'un courant très fort dans les câbles même pour de petites puissances dans le cas d'utilisation de faibles tensions. Le choix des câbles dont l'enveloppe est adaptée aux conditions d'utilisation est nécessaire [11].

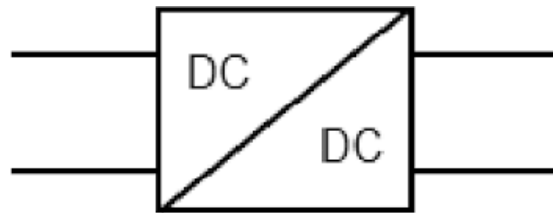


Figure I.11 Convertisseur DC/DC

### I.6.3. Commande MPPT

La commande MPPT (commande de maximisation de puissance), permet à un système photovoltaïque de rechercher le point de puissance maximal (PPM) que peut fournir un ou plusieurs modules photovoltaïques. Cette commande est une partie essentielle dans les systèmes photovoltaïques, son rôle est l'ajustement des convertisseurs DC/DC afin de récupérer le maximum d'énergie produite par le photo-générateur et de minimiser les pertes d'énergie. La caractéristique courant-tension est non linéaire, la température et l'ensoleillement varient aléatoirement ce qui nous produit un problème d'optimisation non linéaire.

Il existe plusieurs méthodes pour faire fonctionner les modules photovoltaïques en régime optimal, on cite :

- La méthode d'ajustement de courbe
- La méthode de circuit ouvert de générateur
- La méthode de court-circuit
- La méthode perturbation et observation
- La méthode par incrémentation de conductance
- Les méthodes avancées comme la logique floue, réseaux de neurones
- La méthode look-up-table [12].

### I.6.4. Recepteur de charge

Les récepteurs font partie du système photovoltaïque. Leurs tensions d'usage et leurs puissances déterminent les caractéristiques des éléments du système. Les récepteurs doivent être choisis avec soin. Il faut choisir les récepteurs de grand rendement. Après le choix des charges à alimenter par notre centrale PV, nous relèverons leur caractéristiques qui permettent de déterminer la puissance à installer.

## I.7. Compteur intelligent

« Smart meter » est un compteur d'électricité dont la technologie permet de mesurer et d'enregistrer la consommation et/ou la production d'énergie. Ils permettent de mesurer la consommation d'énergie et ainsi déterminer quels appareils et quelles actions sont les plus énergivores, un moyen concret de faire des économies d'énergie, mais aussi financier.



Figure I.12 Compteur intelligent

### **I.7.1. Fonctionnes d'un compteur intelligent**

- Le compteur intelligent permet de mesurer et enregistrer l'énergie que vous avez consommée.
- Si on utilise une installation des énergies renouvelables, il suit la procédure de production d'énergie et il l'injecte dans le réseau.
- Connecté à une application de domotique.
- Contrôlé à distance par un gestionnaire de réseau pour effectuer des travaux de maintenance.

### **I.7.2. Fonctionnement un compteur intelligent**

Enregistre dans sa mémoire la puissance et la quantité consommées dans les différents moments de la journée. Apres il transmettre ces données au gestionnaires de réseau. Il envoie des alarmes au gestionnaire en cas des pannes ou bien ouverture de capot. Ces compteurs peuvent être contrôlés par un gestionnaire de réseaux [13].

## **I.8. Conclusion**

Dans ce chapitre on a vu les différents matériels à utiliser pour réaliser une installation relier au réseau, et on a présenté brièvement les différents composants de l'installation, les bâtiments intelligents et tous les produits disponibles sur le marché mais d'une façon générale car ces composants sont en voix de développements. Et dans le chapitre deux on va voir le rôle de ces composantes et la relation entre un bâtiment intelligent et l'optimisation de l'énergie.

*La relation  
entre le  
bâtiment  
intelligent et la  
gestion de  
consommation  
énergétique*

II.1. Introduction.....	16
II.2. Ambiance intelligente .....	16
II.3. Bâtiment Intelligent .....	16
II.4. Bâtiment et la qualité d’usage.....	17
II.5. Consommation énergétique dans le bâtiment .....	18
II.6. Habitat intelligent par les objets intelligents.....	18
II.6.1. Objets fonctionnels de l’habitat .....	18
II.6.2 Objets intelligents dans l’habitat.....	19
II.6.3 Qu’est-ce qu’un objet intelligent ?.....	19
II.7. Définition de l’énergie .....	20
II.8. Électricité.....	20
II.8.1. Importance d’électricité .....	20
II.9. Economie d’énergie .....	21
II.10. Optimisation de la consommation d’énergie .....	22
II.11. Méthodes générales de gestion de charge.....	22
II.12. Gestion Énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi charge .....	22
II.13. Conclusion .....	22



## **II.1. Introduction**

Pendant ces dernières décennies la consommation ainsi que la production de l'électricité augmente de 2.5% par an dans le monde. Et pour cela de nombreux travaux de recherche ont été lancés pour l'objectif de la maîtrise de la gestion énergétique et ça dans tous les domaines. Pour mieux contrôler les besoins énergétiques soit dans le monde ou dans chaque pays.

C'est plus qu'ailleurs encore le cas dans le secteur du bâtiment, qui joue un rôle très important dans la gestion énergétique et environnementale. La gestion énergétique est une nécessité au niveau économique qu'éthique. La recherche de la diminution des consommations énergétiques est un sujet qui préoccupe les gestionnaires de parcs du bâtiment. En effet la démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, pour une meilleure gestion d'énergie, doit être pensée globalement portée à la fois sur la bâtisse, sur les équipements et les systèmes qui les composent. Dans ce chapitre nous allons voir la relation entre un bâtiment intelligent et l'optimisation d'énergie.

## **II.2. Ambiance intelligence**

L'intelligence ambiante est issue de la révolution imaginée par Mark Weiser, avec plus de quinze ans aux Etats-Unis. Contraster l'informatique traditionnelle, dont l'ordinateur de bureau est le prototype, dont la nouveauté réside dans la portabilité et l'intégration des systèmes numériques dans un environnement physique jusqu'à la confusion, et ce de manière à ce que le soit spontané, à de nombreuses échelles, depuis les micros, voire les nano-objets. Cette mobilité et cette consolidation sont rendues possibles par la miniaturisation et la puissance des composants électroniques, par l'exhaustivité du réseau sans fil et par la chute des coûts de production, ce qui permet à son tour d'entrevoir des opportunités de composants d'appareils et de services de tous types sur une infrastructure à granularité et une géométrie, dotée de capacités de capture, d'action, de traitement, de communication et d'interaction [14].

Le but de "l'intelligence ambiante" est d'améliorer, voire d'augmenter le monde réel pour fournir un ensemble adaptatif en toutes circonstances pour les humains. Autrement dit, c'est la création de services et d'objets intelligents capables de répondre aux besoins individuels, collectifs et sociétaux. Contrairement aux ordinateurs conventionnels, il ne s'agit plus seulement de développer des artefacts technologiques qui améliorent l'efficacité humaine au travail, mais d'améliorer le bien-être individuel et sociétal, et de là, de soutenir notre planète sécurisée. Parce qu'elle affectera, par essence, tous les aspects de notre quotidien, l'intelligence ambiante est appelée à devenir un pilier décisif de l'économie. Cette ambition donne aux Technologies de l'Information et de la Communication un nouveau statut, celui du service de l'humanité, bien au-delà du simple rôle de calculateur auquel on attribue [13].

## **II.3. Bâtiment Intelligent**

Un bâtiment intelligent se définit comme un bâtiment économe en énergie qui intègre les équipements électriques, les équipements de production et tout équipement de stockage dans la gestion intelligente du bâtiment. Il s'agit de mettre « de l'intelligence » sur le réseau électrique privé d'un bâtiment (maison, habitation ou bureau) pour faciliter et améliorer la gestion de l'énergie et des appareils sur le réseau [14].

Les technologies numériques, qui ont été progressivement mises en place sur les réseaux publics de distribution, seront introduites dans les réseaux privés et seront donc un outil important pour améliorer la gestion. De plus, trois évolutions majeures du réseau auront un impact majeur sur la gestion de l'énergie dans les bâtiments :

- Production d'électricité décentralisée à partir d'énergies renouvelables (éolien, photovoltaïque) ;
- Développement de véhicules électriques pouvant servir de stockage ;
- Les compteurs communicants, interface entre le réseau public et le réseau privé du bâtiment, sont à l'origine d'innovations majeures en aval du compteur.

### **II.4. Bâtiment et la qualité d'usage :**

Pour relever les défis du réchauffement climatique et de la gestion de l'énergie, la plupart des pays du monde cherchent à modifier la législation et la réglementation et/ou à expérimenter de nouveaux bâtiments efficaces. Or, afin d'optimiser l'efficacité énergétique d'une ingénierie et d'équipements de qualité, ils doivent désormais être connectés entre eux, que ce soit au niveau régional ou municipal, ou à une échelle régionale plus large. Dans cette optique, les technologies de l'information et de la communication sont essentiellement développées au service des bâtiments intelligents et communicants (smart building/homes) et des réseaux (smart grids) [15].

Le développement de solutions de gestion active et automatisée (domotique, GTB GTC, ATM, etc.) apporte des solutions concrètes, contribuant à répondre à cette optimisation énergétique en termes de consommation, de gestion active et de production d'énergie (locale et décentralisée), notamment d'origine renouvelable. Ils peuvent également répondre à d'autres besoins spécifiques, tels que l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite, le maintien à domicile, la sécurité des biens et des personnes, etc.

Mais la généralisation des bâtiments à faible impact et l'essor du « High-Tech » entraînent-ils automatiquement la satisfaction des utilisateurs ? Ainsi, même si la faisabilité technique des ouvrages écologiques est aujourd'hui réunie, encore faut-il désormais pouvoir donner du sens à ce progrès. En effet, face à ces nouveaux modèles, il est nécessaire de réinterroger l'intelligence de l'action constructive, de la conception à l'exploitation, en tenant compte de la qualité d'usage et de l'utilisateur. La recherche de constructions plus durables n'implique-t-elle pas une technologie au service des usagers et non l'inverse ? Quels sont les impacts du degré d'automatisation sur l'utilisation du bâtiment par ses utilisateurs ?

De ce fait, le développement de l'intelligence technologique dans le secteur de la construction pousse finalement les acteurs professionnels à se poser davantage de questions sur les finalités principales de leurs opérations, l'usage et l'exploitation de leurs futurs bâtiments et enfin les besoins réels des usagers. La question est donc de réfléchir à la manière d'intégrer en amont les attentes et les significations des futurs occupants dans la vie active de l'immeuble, notamment avec un programme partenarial et plus évolué. De même, le choix des solutions technologiques stockées doit être évalué en fonction du contexte d'exploitation, du type d'exploitation, du type de bâtiment, du comportement futur des utilisateurs et de l'anticipation des conditions d'entretien du bâtiment [15]

## II.5. Consommation énergétique dans le bâtiment

Le bâtiment est considéré comme un des secteurs les plus consommateurs d'énergie car sa consommation comprend l'énergie utilisée tout au long du cycle de vie d'une construction et cela comme suit :

- Consommation d'énergie pour la fabrication des matériaux et leur transport ;
- Consommation d'énergie pendant le chantier ;
- Consommation d'énergie pendant la phase d'exploitation, pour le chauffage, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire l'éclairage et l'alimentation des équipements ;
- Consommation d'énergie pour la démolition et l'élimination des déchets.

Le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) est responsable de 45,7% de la consommation énergétique en Algérie, et il représente un taux de croissance annuel estimé à 7.1%.

En Algérie, la branche résidentielle des logements individuels sont les plus consommateurs de l'énergie par 94 %, ou le type de l'énergie le plus consommé c'est l'électricité par 65% [16].

## II.6. Habitat intelligent par les objets intelligents

Un habitat s'équipe et se personnalise en intégrant des objets. Ces objets sont de natures différentes mais participent tous à la détermination de l'environnement domestique dans lequel s'épanouissent les habitants. Parmi tous les objets de l'habitat, un sous-ensemble comprend ceux qui ont une activité spécifique : l'objet actif. Ces objets affectent le cadre de vie et les activités des occupants, que ce soit pour les tâches ménagères (comme les machines à laver), le confort ou les loisirs. Nous décrivons par la suite dans ce chapitre les différents objets et leurs spécificités à prendre en compte pour l'aménagement et la gestion des habitats.

C'est aussi à travers les objets que les ordinateurs communs se sont infiltrés dans la maison. L'informatique ambiante évolue grâce à la miniaturisation et à la mise en réseau des appareils informatiques. Ces appareils informatiques s'intègrent progressivement aux objets du quotidien et ainsi de plus en plus d'objets qui nous entourent deviennent de plus en plus intelligents, changeant notre mode de vie, y compris dans nos maisons.

En bénéficiant des travaux réalisés dans le champ intelligent environnant, un cadre de vie intelligent s'intègre aux fonctions qui contribuent à l'activité des habitants. Les fonctions sont accessibles via des objets dits intelligents. L'intelligence de ces sujets réside dans leur capacité à communiquer et à s'adapter à l'autre. On retrouve ainsi les problématiques de réseaux de capteurs, d'interfaces homme-machine et d'intelligence artificielle, qui constituent l'intelligence ambiante, décrites dans le chapitre précédent [17].

### II.6.1. Objets fonctionnels de l'habitat

L'habitat lui-même n'est qu'un bâtiment, un bâtiment généralement composé de quatre murs et d'un toit. Celui-ci a une dimension particulière grâce aux objets qui le composent : c'est le mot planification. La mise en page est principalement due aux objets. L'équipement d'une cuisine en est un exemple. La cuisine est une pièce, un espace délimité par des cloisons, des sols et des plafonds. Cette pièce ne peut être qualifiée de cuisine qu'en fonction de son agencement, qui dans ce cas est lourd : électroménager, réseaux de gaz, électricité, eau,

etc. L'agencement est un domaine à part entière, principalement traité en architecture d'intérieur. Il contribue grandement à la prise de conscience des populations sur le cadre de vie.

Les objets qui composent l'habitat diffèrent par leur nature, leur conception, leurs contraintes, leur cycle de vie, etc. Par exemple, la durée de vie d'un vrai bâtiment en brique est estimée entre 75 et 100 ans, alors que l'espérance de vie des appareils électroménagers standards d'aujourd'hui est de 5 ans. Ces différences entre objets ont poussé les acteurs du domaine d'habitat à adopter des classifications.

Il existe généralement trois types d'objets présents dans les habitats : les objets équilibrés, les objets bruns et les objets gris. A cette classification, on peut ajouter des objets de construction qui sont liés à la gestion technique du bâtiment, indépendamment de l'aménagement.

Cette diversité de sujets permet une variété de compétences à mettre en œuvre pour élaborer la structure d'une maison, impliquant de nombreux acteurs : les habitants, bien sûr, mais l'architecte, l'artisan, etc [18].

### II.6.2 Objets intelligents dans l'habitat

L'une des caractéristiques de l'intelligence ambiante comprend la création d'objets de communication, conduisant à un calcul universel. La mise en réseau de ces objets intelligents permet alors de réaliser des applications en charge de l'environnement proche, conduisant ainsi à des applications contextuelles. Nous avons vu dans la section précédente que les objets de l'habitat sont très divers, imposant ainsi des limites quant à leur application, leur innovation technologique et leur utilisation [18].

### II.6.3 Qu'est-ce qu'un objet intelligent ?

L'objet intelligent est un concept couramment utilisé en intelligence ambiante. Une définition donnée selon Cisco. On parle aussi d'objets de communication. Ces objets mettent en œuvre des réseaux de communication, condition reconnue selon leur intelligence

Il s'agit d'un objet capable de s'identifier (par opposition à un objet passif) et/ou qui peut effectuer des tâches plus sophistiquées, comme un capteur ou un actuateur. Un capteur peut obtenir des informations telles que la température, les vibrations, le bruit, la lumière, le son ou encore la pollution, tandis qu'un actuateur est un élément responsable d'une action, comme, par exemple, faire tourner un miroir ou modifier l'état d'un agent actif comme un thermostat.

*Définition d'un objet intelligent selon Cisco [19]*

Les objets que nous avons classés dans la section précédente sont qualifiés d'objets fonctionnels (actif) : ils intègrent un processus « machine », par opposition au mobilier. Rendre ces objets intelligents est une étape essentielle dans la création d'une maison intelligente [20].

## **II.7. Définition de l'énergie :**

L'énergie est un concept plus ancien qui vient du latin, du grec *energygia*, signifiant « force en action ». Selon le dictionnaire universel : "l'énergie est la capacité d'un système à modifier un état, en créant un travail qui entraîne du mouvement, de la lumière ou de la chaleur ». L'énergie peut également être définie comme une grandeur physique qui caractérise l'état d'un système globalement conservé dans divers processus de transformation.

En outre, l'énergie peut également être éligible en fonction de la source et des moyens de transmission de l'énergie. On distingue donc les énergies dites renouvelables des autres énergies non renouvelables [21].

## **II.8. Électricité**

L'électricité est l'interaction de particules chargées sous l'action d'une force électromagnétique. Ce phénomène physique apparaît dans de nombreux contextes :

L'électricité forme à la fois l'influx nerveux d'un organisme et la foudre d'un orage. Quant à l'électricité, elle se définit de plusieurs façons. Selon Wikipédia, l'électricité est l'effet du déplacement de porteurs de charge à l'intérieur d'un conducteur sous l'action d'une différence de potentiel de aux extrémités de ce conducteur, ce phénomène physique se produit dans de nombreux contextes, il constitue un consommable indispensable pour le bien-être. En raison de son importance pour sa population et pour le développement économique, il est important pour un pays d'assurer l'accès à cette denrée et d'assurer la continuité de l'approvisionnement. Il n'y a pas d'électricité, pas de maison intelligente, donc compter uniquement sur le réseau électrique externe ne garantit pas un approvisionnement fiable [22].

### **➤ Solutions possibles**

Solutions existantes, confrontées à des coupures de courant, capables de dépanner et d'être autonomes pendant un certain temps en fonction des choix technologiques.

- Des panneaux solaires photovoltaïques ;
- Un ou des (micro-)onduleur(s) ;
- Un système de gestion de l'équilibre entre la production et la consommation
- Un système de stockage d'électricité

Cette solution permet une alimentation électrique pendant une durée variable selon le mode de stockage. Si une longue autonomie est requise et qu'une puissance supérieure à celle qui est nécessaire, un autre appareil adapté peut être utilisé.

### **II.8.1 Importance d'électricité**

L'électricité est une forme d'énergie secondaire qui résulte de toutes les transformations humaines de l'énergie primaire (gaz naturel, charbon, etc.). Il joue un rôle important dans la

croissance et le développement de divers secteurs économiques et permet la modernisation de toutes les tâches considérées comme un indicateur du degré d'influence d'une société. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une source d'énergie, mais d'un vecteur d'énergie, qui permet également de transmettre l'énergie des générateurs, à de nombreux utilisateurs, via des lignes électriques. Il se présente comme un flux continu facile à transporter et à subdiviser.

Actuellement, l'électricité est un élément moteur dans l'amélioration des conditions de vie des populations car elle est largement utilisée dans les sociétés développées pour transporter de grandes quantités d'énergie facile à utiliser. De plus, il constitue une forte influence sur le système économique d'un pays car toute réduction de l'approvisionnement en énergie électrique signifie généralement non seulement un déclin de l'appareil économique d'un pays mais avec anxiété et crise.

D'un point de vue économique, l'électricité est l'épine dorsale du réseau énergétique, elle alimente notre économie et est essentielle à nos maisons, nos bureaux et notre mode de vie.

Il s'agit d'un indicateur de la croissance économique de la fabrication, des mines, de l'énergie ainsi que des industries à travers le pays. L'énergie électrique présente aujourd'hui un grand intérêt pour tous les pays du monde, car elle est indispensable à la réalisation de tout processus de production et donc au développement économique et social.

L'énergie rend de nombreux services à l'homme, contribuant à la satisfaction des besoins de base (tels que l'éclairage, la cuisine, le chauffage, la climatisation, elle peut être utilisée comme bien de consommation finale ou comme facteur de production ou comme bien de consommation intermédiaire [22].

L'é réseau d'électricité est, à la fois complexe et faible, a attiré des investissements et permis aux industries d'avoir un avantage concurrentiel en fournissant une alimentation électrique propre et abordable.

### **II.9. Economie d'énergie**

Pour réduire la consommation d'énergie dans la maison, le problème est de réduire la demande et la consommation, en appliquant des techniques à haut rendement pour l'efficacité énergétique dans le bâtiment :

- Isolation;
- Ventilation ;
- Inertie thermique (capacité à stocker la chaleur dans les murs, les sols, etc. ;
- Dispositifs d'économie d'énergie pour l'éclairage naturel.

Il s'agit également pour tous les citoyens d'adopter à long terme des comportements d'économie d'énergie et d'automatisation :

- Eteindre les lumières
- Utiliser des ampoules basses consommation
- Ne pas laisser les appareils électriques en veille
- Baisser le chauffage
- Limiter la climatisation
- Acheter des appareils électriques peu gourmands en énergie.

Adopter toutes les techniques de gestion et d'optimisation qui permettront de réduire la facture énergétique.

### **II.10. Optimisation de la consommation d'énergie**

L'optimisation de la consommation d'énergie vise à réduire les déchets et les consommations inutiles. C'est donc aussi un élément important de la performance environnementale. Dans certains cas, les économies d'énergie peuvent même améliorer la qualité du service.

L'optimisation de la consommation d'énergie vise également à réduire les coûts écologiques, économiques et sociaux (directs et indirects) engendrés par la production, le transport et la consommation d'énergie. Il contribue à une réduction de l'empreinte écologique (en réduisant l'empreinte énergétique et parfois les émissions de carbone). Elle renforce la sécurité énergétique, s'adapte au changement climatique et lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, la transition écologique et encore plus la transition énergétique. C'est l'un des cinq piliers de la révolution industrielle proposée par Jeremy Rifkin [23].

### **II.11. Méthodes générales de gestion de charge**

L'objectif général des méthodes de gestion de charge est de :

- ✓ Réduire la consommation
- ✓ Réduire les pointes de consommation
- ✓ Déplacer des consommations de la période tarif plus cher vers celle de tarif plus basse

### **II.12. Gestion Énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi-charge**

Le bâtiment est un nœud énergétique important et un support idéal pour développer et analyser les effets d'un système de gestion énergétique optimisé. Cependant, pour que ces objectifs soient atteints, plusieurs verrous doivent être levés. Les problèmes liés à la mise en place d'un outil de gestion décentralisée et à sa validation sont centraux. Ce travail s'inscrit directement dans cette perspective. Ils portent notamment sur le développement de modèles énergétiques, de stratégies de gestion de l'énergie dans une configuration multi-sources et multi-charge [24].

### **II.13. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons décrit la relation entre un bâtiment intelligents et la gestion de la consommation énergétique du domaine, puis en a définit l'habitat intelligent et l'énergie et ça consommation et optimisation.

Dans le chapitre suivant nous procéderont à la simulation des éléments d'un système énergétique d'un bâtiment intelligent.

*Modélisation  
et simulation  
des  
composants de  
mon système*



III.1. Introduction .....	23
III.2. le bâtiment a étudié.....	23
III.3. Modélisation et simulation d'une batterie .....	23
III.3.1. Modélisation de la capacité Cbat.....	24
III.3.2. Equations de la tension de décharge.....	24
III.3.3. Equations de la tension de charge .....	25
III.3.4. Discuter les résultats.....	25
III.4. Modélisation et simulation d'un panneau photovoltaïque .....	26
III.4.1. Equations des panneaux photovoltaïques.....	26
III.4.2. Facteur de forme FF .....	27
III.5. Réseaux de neurones .....	29
III.6. Le programme de gestion de tout le système .....	34
III.6.1. la stratégie de gestion de mon système .....	34
III.6.2. Grafctet de coupure .....	36
III.9.Conclustion.....	38



### III.1. Introduction

Après avoir cité les différents composants de notre système dans le premier chapitre et étudié la relation entre un bâtiment intelligent et l'optimisation d'énergie, dans ce troisième chapitre nous procéderont à la modélisation des éléments de ce système, ce qui nécessite de connaître les équations qui caractérisent chaque élément de système.

### III.2. le bâtiment a étudié

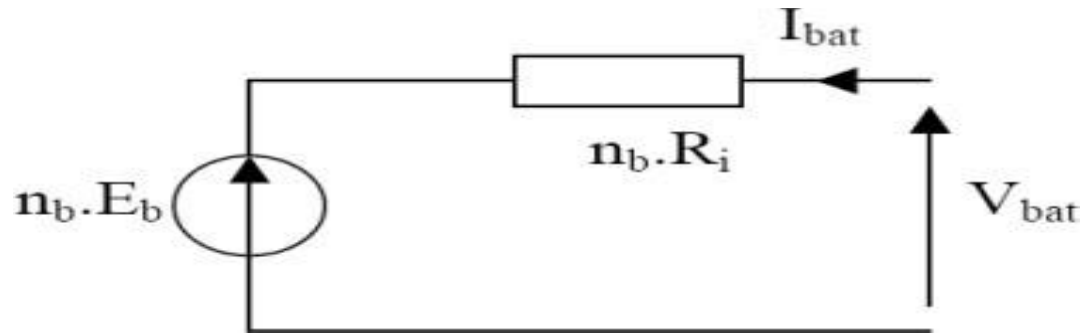
Le bâtiment sur le quelle on va effectuer nos études il est situé à la caserne d'Akbou, il contient 5 étages chaque étage est constitué de 3 appartements de f3 et dans ce bloc réside 49 personnes. Ce bâtiment a un toit de 184 m<sup>2</sup> de superficie. Ces habitants consomment environ de 10 199kwh pendant le troisième trimestre (la période d'été) et dans le tableau suivants on présente la consommation moyenne journalière et trimestrielle de chaque foyer.

Tableau III.1 Consommation moyenne de l'énergie électrique

foyer	Consommation par jour (kwh)	Consommation par trimestre (kwh)
1	15.5	1410
2	8.5	775
3	15.6	1420
4	3.04	277
5	10.63	968
6	11.25	1023
7	2.9	264
8	18.05	1643
9	5.8	527
10	4.92	448
11	3.75	342
12	3.55	323
13	0.92	84
14	7.7	701
15	0	0
total	112.11	10 199

### III.3. Modélisation et simulation d'une batterie

Le stockage de l'énergie électrique est nécessaire dans les différentes stratégies d'optimisation énergétique. Pour notre système on a choisi d'utiliser des batteries. Nous avons choisi une batterie qui a une puissance de 500 Watts. Le stockage de l'énergie électrique est nécessaire pour l'optimisation d'énergie. Pour notre système on a choisi d'utiliser des batteries plomb acide. Ce modèle, pour  $n_b$  cellules en série la tension aux bornes de la batterie est donnée par :


 Figure III.1 schéma équivalente de  $n_b$  de la batterie

$$V_{bat} = n_b E_b + n_b R_b I_{bat} \quad (\text{III.1})$$

- $V_{bat}$  : Tension de la batterie.
- $I_{bat}$  : Courant de la batterie.
- $E_b$  : F.e.m. (force électromotrice) d'une cellule de la batterie.
- $R_{bat}$  : sa résistance interne.

### III.3.1. Modélisation de la capacité $C_{bat}$

La capacité  $C_{bat}$  donne la quantité d'énergie que peut rendre la batterie en fonction du courant moyen de décharge  $I_{batmoy}$ . La capacité est donnée par l'équation suivante :

$$C_{bat} = (1.67 * C_{10}) / (1 + 0.67 * (I_{batmoy}/I_{10})^{0.9}) * (1 + 0.005\Delta T) \quad (\text{III.2})$$

Avec:

- $I_{10}$ : Courant nominal de la batterie donner par le constructeur, ( $I_{10}=10A$ )
- $I_{bat,moy}=5A$
- $C_{10}$ : Capacité nominale de la batterie en régime de décharge de décharge à courant constant.
- $\Delta T$ : Echauffement de la batterie par rapport à la température ambiante de  $25^\circ C$ .
- $\Delta T = (T - T_a)$  et  $T=50^\circ C$ .
- $Q_m = I_{bat} * t$  (III.3)
- $t$  : Durée de fonctionnement de la batterie avec un courant  $I_{bat}$ .

L'équation de l'état de charge de la batterie :

$$EDC = 1 - (Q_m / C_{bat}) \quad (\text{III.4})$$

### III.3.2. Equations de la tension de décharge

En régime de décharge on a :

$$E_{b\_dech} = 1.965 + 0.12EDC \quad (\text{III.5})$$

$$R_{b\_dech} = R_{bat} = (1/C_{10}) * ((4/(1 + I_{bat}^{0.3})) + (0.27/EDC^{1.5})) \quad (\text{III.6})$$

Donc on trouve l'expression de la tension pour ce régime de décharge :

$$V_{bat-dech} = n_b(1.965 + 0.12EDC) - n_b(I_{bat}/C_{10}) * ((4/(1 + I_{bat}^{0.3})) + (0.27/EDC^{1.5})) * (1 - 0.007 * \Delta T) \quad (\text{III.7})$$

### III.3.3. Equations de la tension de charge

En régime de charge on a :

$$E_{b\_char} = 2 + 0.16EDC \tag{III.8}$$

$$R_{b\_char} = R_{bat} = (1/C_{10})(6/(1 + I_{bat}^{0.86}) + (0.48/(1 - EDC)^{1.2}) + 0.036)(1 - 0.025 * \Delta T) \tag{III.9}$$

D'où l'expression de la tension de la batterie avant la surcharge :

$$V_{bat\_char} = (2 + 0.16EDC) - n_b(I_{bat}/C_{10}) * ((6/(1 + I_{bat}^{0.86}) + (0.48/(1 - EDC)^{1.2} + 0.036)) * (1 - 0.025 * \Delta T) \tag{III.10}$$

Tel que  $n_b=6$ .

### III.3.4. Discuter les résultats

Après avoir modélisé la batterie et obtenir toute les équations qui caractérise la batterie on passe à l'étude de son comportement.

**Le profil de courant utilisé :**

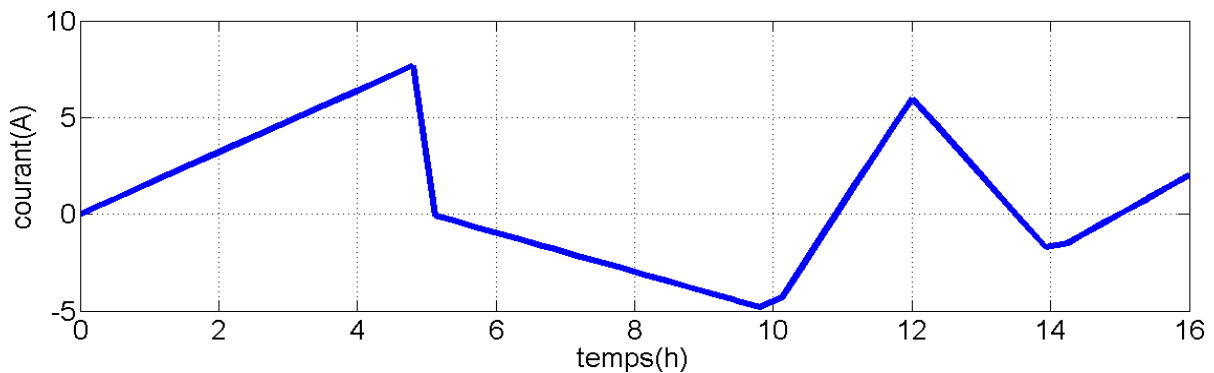


Figure III.2 Profil de courant utilisé

La figure nous représente le profil des courants appliqués sur la batterie, qui doivent variés entre 10A et -10A pour un meilleur fonctionnement.

### Etat de charge de la batterie

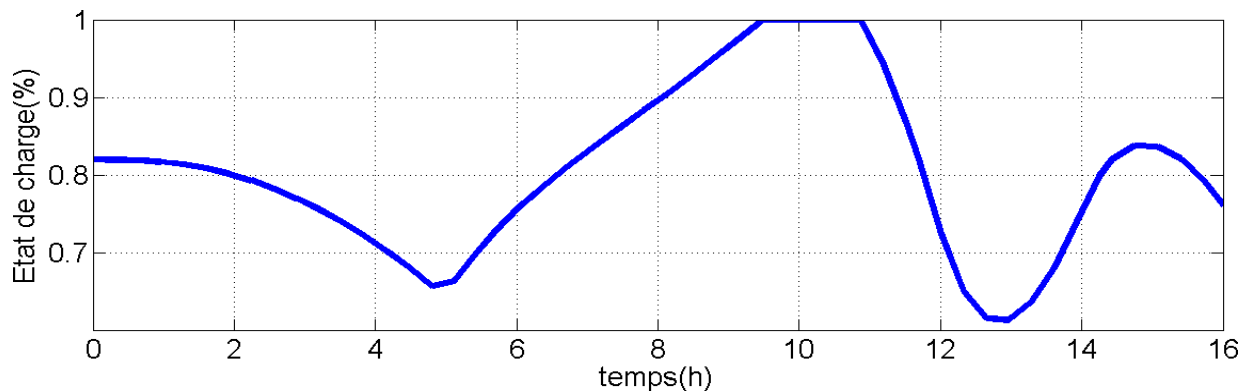


Figure III.3 Courbe état de charge de la batterie

Cette figure représente la variation d'état de charge de batterie, on remarque que l'état de charge suite les variations du courant (excepté le cas de la saturation soc=1), tel que :

- De t=0h à 5h on remarque que le courant demandé augmente et les batteries se déchargent.
- De 5h jusqu'à 9h10 les batteries se chargent et en fonction du courant absorbé (courant négatif) et après c'est la saturation (soc=1).
- De 11 à 13 l'état de charge diminue et d'une façon rapide puisque le courant fourni augmente (d'une valeur négative à une valeur positive)
- Et c'est la même chose pour la suite, l'état de charge varie en fonction des sens du courant.

### III.4. Modélisation et simulation d'un panneau photovoltaïque

Pour construire un générateur photovoltaïque considérable on associe plusieurs panneaux en série et en parallèle. L'association des panneaux en série, addition des tensions des panneaux ce qui augmente la tension général de générateur. L'association en parallèle addition des courant ce qui augmente le courant général.

#### III.4.1. Equations des panneaux photovoltaïques

- **Cellule idéal**

$$I = I_s(e^{qV/KT} - 1) \quad (III.11)$$

$$I = I_{ph} - I_s(e^{qV/KT} - 1) \quad (III.12)$$

$$V = \frac{KT}{q} \log \left( \frac{I_{ph} + I_s}{I_s} - 1 \right) \quad (III.13)$$

- **Cellule solaire réelle**

$$I(V) = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (III.14)$$

$$I(V) = I_{ph} - I_s(e^{q(V+R_s I)/KT} - 1) - (V + R_s I)/R_{sh} \quad (III.15)$$

- **I** : Courant délivré par la cellule(A).
- **I<sub>ph</sub>** : Photo courant(A).
- **I<sub>d</sub>** : Courant de diode(A).
- **I<sub>sh</sub>** : Courant de la résistance shunt(A).
- **R<sub>sh</sub>** : Résistance shunt( $\Omega$ )

#### Tension de circuit ouvert V<sub>co</sub>

$$V_{co} = \frac{KTc}{q} \log \left( \frac{I_{ph}}{I_s} + 1 \right) \quad (III.16)$$

Presque :

$$V_{co} = \frac{KTc}{q} \log \left( \frac{I_{ph}}{I_s} \right) \quad (III.17)$$

➤ **Puissance maximale Pm**

$$P_m = I_m \cdot V_m \tag{III.18}$$

**III.4.2. Facteur de forme FF**

$$FF = \frac{P_m}{I_{sc} V_{co}} \tag{III.19}$$

➤ **Rendement de conversion  $\eta$**

$$\eta = \frac{P_m}{P_i} \tag{III.20}$$

Avec :

- **Pi** : Puissance incidente du rayonnement solaire au sol.

➤ **Résultats de simulation de panneau photovoltaïque**

Nous avons fait une simulation de panneau photovoltaïque pour un profil d'ensoleillement constant et une température qui varie.

Profil de l'ensoleillement :

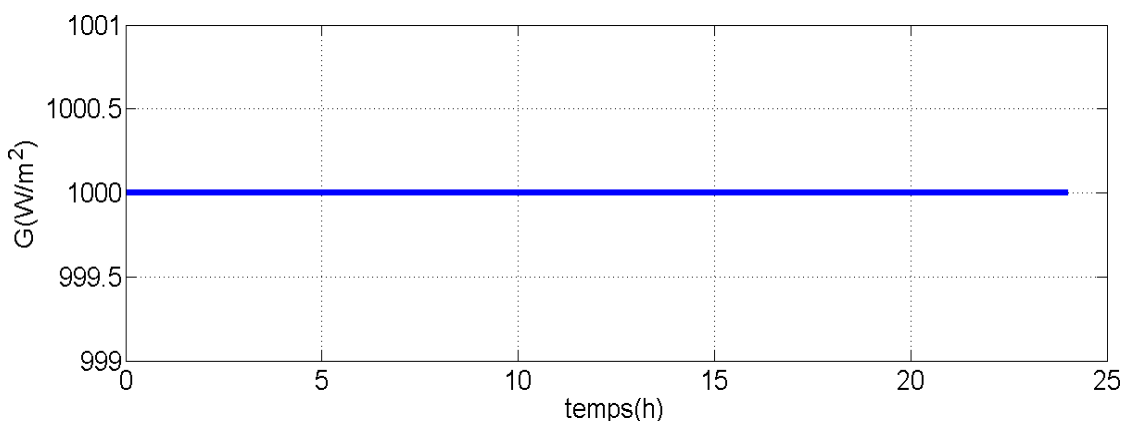


Figure III.4 Profil de l'ensoleillement

Cette figure représente le profil de l'ensoleillement pendant 24h, le profil est constant

Profil de température :

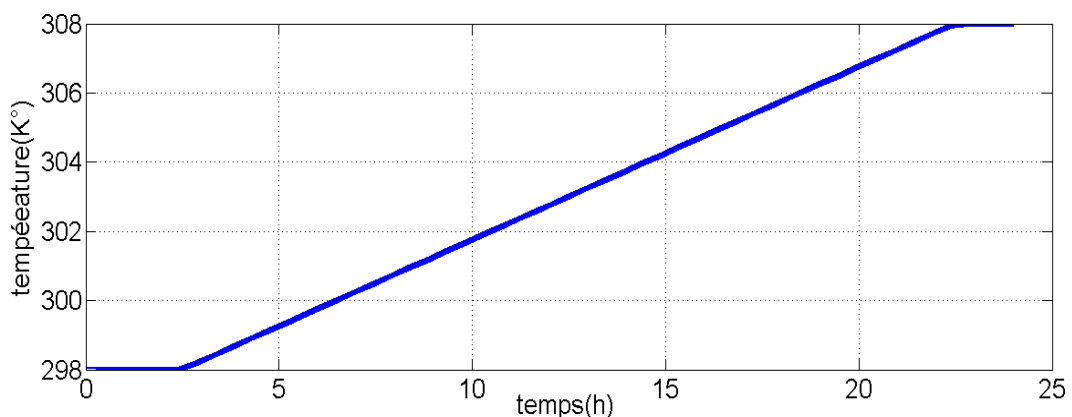


Figure III.5 Profil de température

La figure III.5 représente le profil de la température durant 24h et qui se divise en 3 parties :

- De minuit à 3h, la température est constante 25°C.
- De 3h à 21h, la température augmente de 25°C jusqu'à 35°C
- De 21h à 00h, la température se stabilise à 35°C.

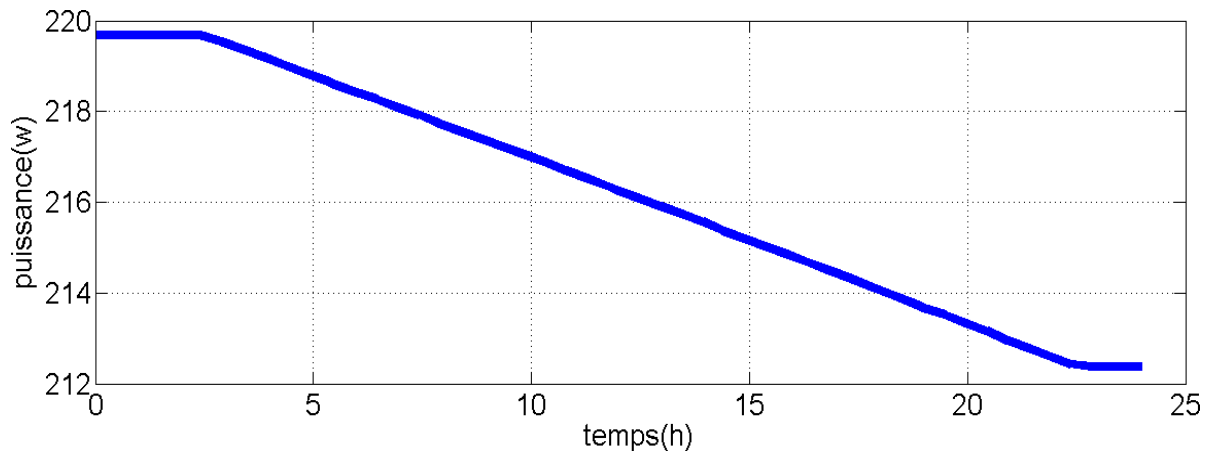


Figure III.6 Courbe de puissance produite par un panneau photovoltaïque

La figure III.6 représente la courbe de la puissance électrique produite par un seul panneau photovoltaïque en fonction de temps.

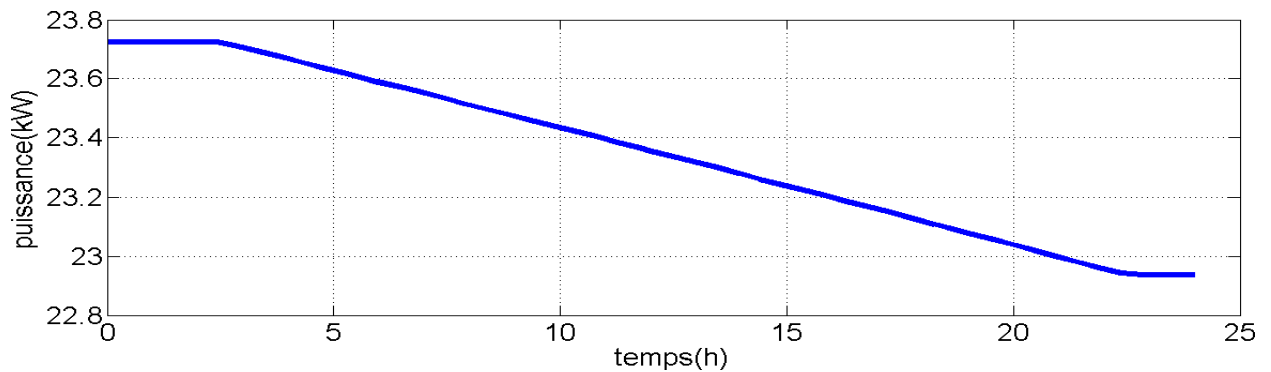


Figure III.7 Courbe de puissance produite par tous les panneaux photovoltaïques

D'après les figures III.6 et III.7 qui représentent respectivement la puissance produite par un seul panneau la puissance produite par l'ensemble des panneaux. On remarque que :

- Quand la température est constante à 25°C la puissance est constante à une valeur maximale 23.65kw.
- Puis lorsque notre température augmente la puissance produite diminue.
- Et lorsque la température se stabilise à une valeur maximale de 35°C notre puissance reste constante à une minimale 22.9kw.



### ➤ La variation de panneaux en fonction de tension

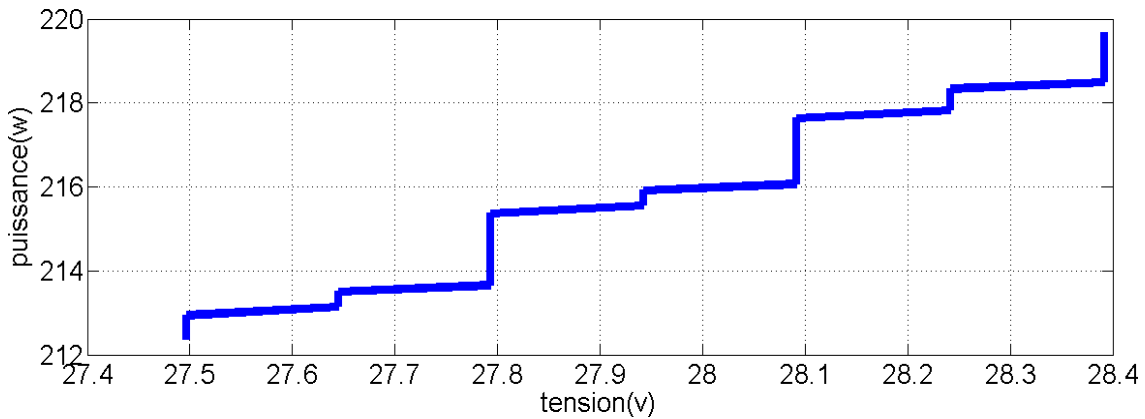


Figure III.8 Courbe de variation puissance en fonction de la tension

La figure III.8 représente la variation de la puissance en fonction de la tension, on remarque que la puissance augmente avec l'augmentation de la tension.

### III.5. Réseaux de neurones

Un réseau de neurones est l'association en un graphe plus au moins complexe, d'objets élémentaires, les neurones formels. Les principaux réseaux se distinguent par l'organisation du graphe (en couches, complets) c'est-à-dire leur architecture, son niveau de complexité (le nombre de neurones, présence ou non de boucles de rétroaction dans le réseau), par le type des neurones (leurs fonction de transition ou d'activation) et enfin par l'objectif visé : apprentissage supervisé ou non, système dynamique...

- Les réseaux de neurones artificiels sont des programmes informatiques fondés sur un modèle simplifié du cerveau.
- Il tente de reproduire son comportement logique en mettant en œuvre un ensemble d'entités inspirées des neurones biologiques.
- Un réseau de neurone est un exemple de <<modèle connexionniste >> .
- Un réseau de neurones peut être <<entraîné>> et apprendre à résoudre un problème donné.

La première étape de la modélisation d'un processus consiste à connaître des connaissances sur son comportement (d'après des expériences et d'une analyse théorique des phénomènes physiques mis en jeu), conduisant à faire plusieurs hypothèses sur la structure du modèle capable de décrire ce comportement. Ces structures de modèles sont appelées modèles hypothèse, ils sont caractérisés par le nombre et la nature de leurs variables d'entrée (entrées de commandes ou perturbatrices), d'état et de sortie, et éventuellement par les relations entre ces variables. Par exemple, si nous avons des connaissances spécifiques à un processus, nous choisissons un modèle de connaissance. Sinon, on est conduit à choisir des modèles de type « boîte noire », les deux approches peuvent également être combinées dans le même modèle.

La deuxième étape de la modélisation, également connue sous le nom d'identification, consiste à estimer les paramètres du modèle. Pour cela, nous implémentons un système d'apprentissage composé d'un modèle de prédiction du modèle-hypothèse et d'un algorithme d'apprentissage. L'estimation des paramètres du modèle se fait en minimisant une fonction de coût qui est déterminée à partir de la différence entre les sorties mesurées du processus

(séquence d'apprentissage) et les valeurs prédites. La qualité de cette estimation dépend du modèle hypothétique choisi, de la richesse des séquences d'apprentissage et de l'efficacité de l'algorithme utilisé. Enfin, on choisit le modèle neuronal qui donne les meilleures performances pour l'usage visé (prédiction, simulation, contrôle).

On a les valeurs de la consommation de l'année passe et on a utilisé le réseau de neurone pour que la consommation ne dépasse pas celle de l'année dernière, en dessous on trouver les étapes et la fonction qu'on a utilisé pour crée un réseau de neurone sous Matlab.

**Etapes 1:** pour crée n'importe quelle programme il faut déjà connaitre les fonctions dont on a besoins :

Premièrement on déclare les entrées et les sorties :

- Pour nous les entrées : le temps (24h).
- Pour les sorties : la puissance journalière.

Deuxièmes création du réseau avec précision de nombre de couche cachée et le nombre de neurone, pour cela on utilise la fonction suivante :

```
>>net1=newff (x, y, [e z])
```

Pour la visualisation du réseau :

```
>>View (net1)
```

Pour importer des modifications sur le nombre de couche cachée ou le nombre de neurone :

```
>> net1=newff(x,y,[n m])  
>>view (net1)
```

Pour modifier les fonctions d'activation pour les couches cachées et la couche de sortie :

```
>>net1=newff(x,y,[n m],[String ('logsig')string('tansig')string('logsig')]  
>>view (net1)
```

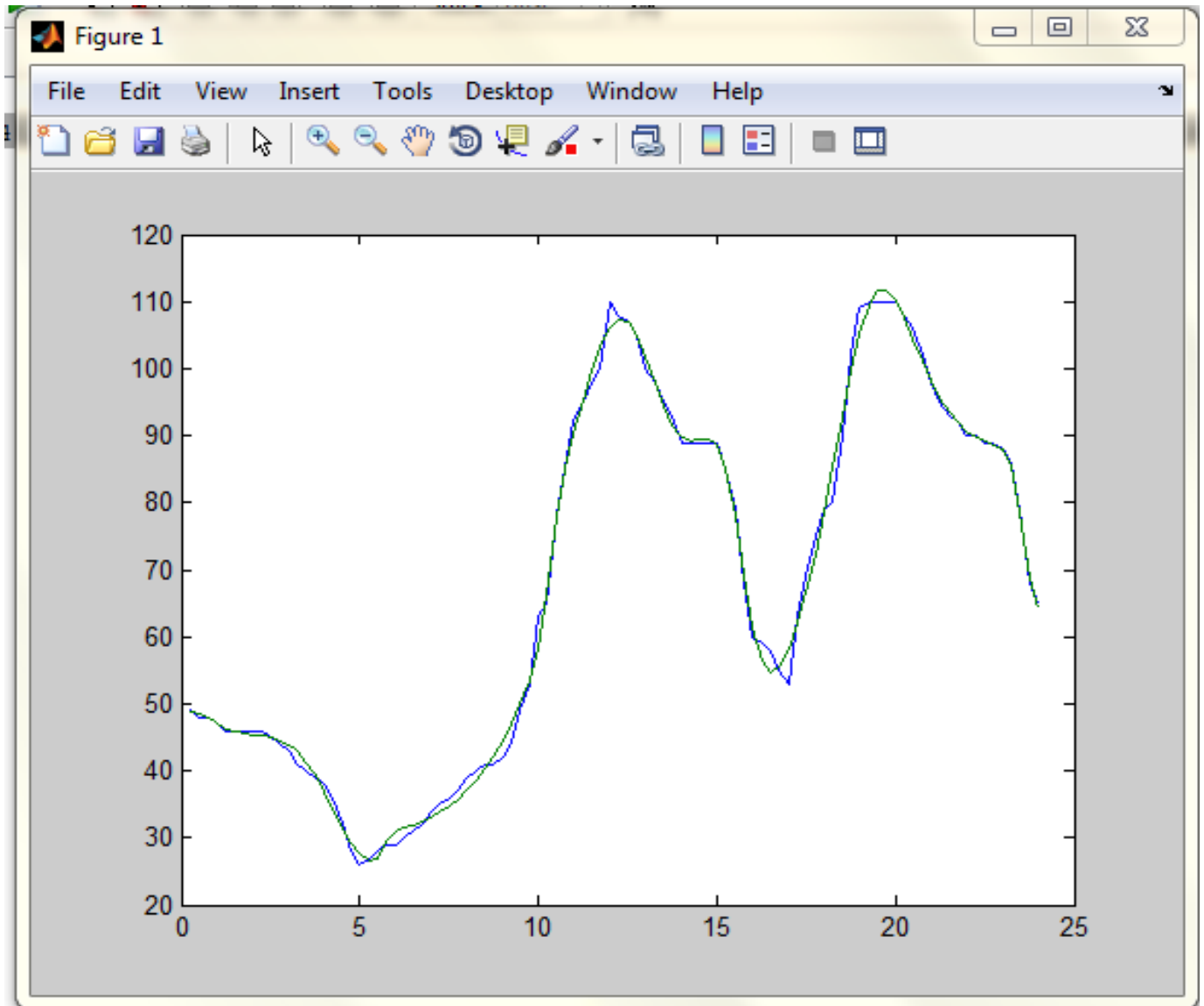
Pour faire l'apprentissage

```
>>net1train (net1, x, y)
```

Pour visualiser l'entraînement, la validation et le test en appuyant sur régression.

Pour faire le test la performance de notre apprentissage :

>> net1 ([0 ; 0])



*FigureIII.9 Graphe des puissances journalier réelle et prédictive par le RNAs*

A partir de la figure on remarque que les puissances réelles et les puissances prédictives sont presque les mêmes parce que les réseaux de neurones diminuent l'erreur. Et entraînent notre système pour que les valeurs prédictives soient proches des valeurs réelles.

Pour les résultats de la phase d'apprentissage :

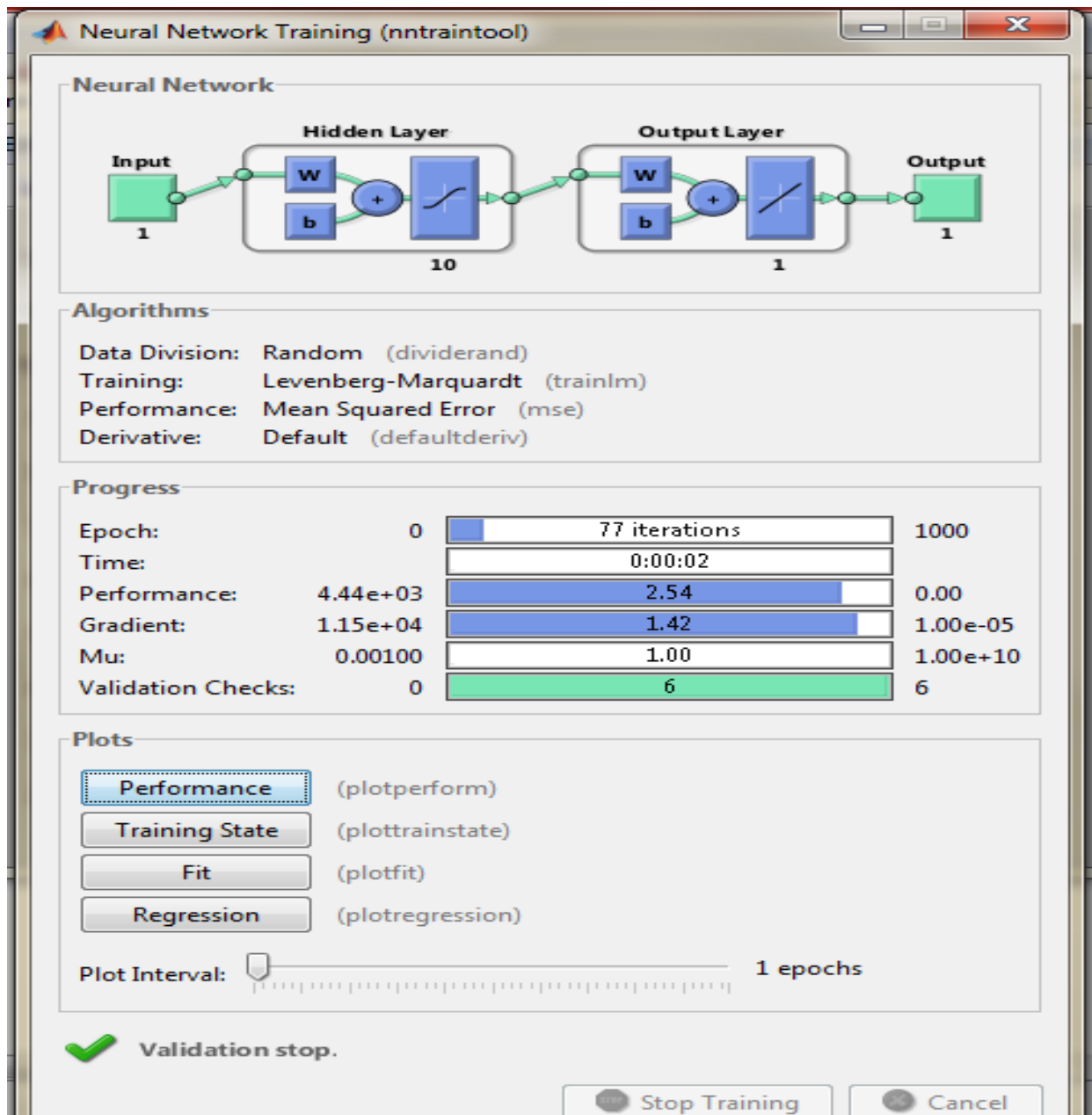


Figure III.10 Apprentissage

L'apprentissage diminue l'erreur, et comme il est appaître sur la figure l'erreur est très petite d'ordre de  $(10^{-5})$ .

Pour visualiser les résultats de l'entraînement, la validation et le test en appuyant sur l'icône **Régression** :

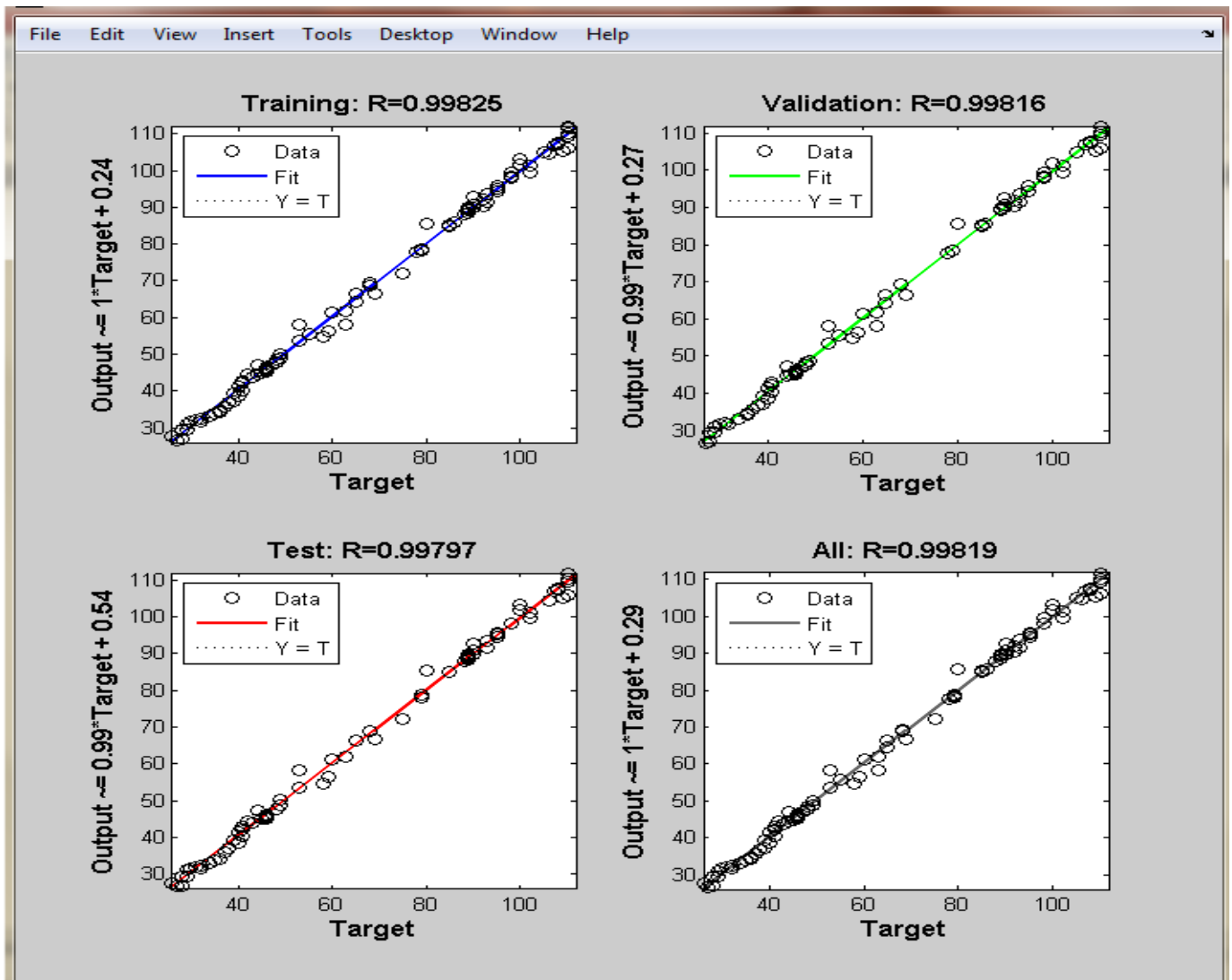


Figure III.11 Visualisation de l'entraînement, la validation et le test.

Cette figure regroupe les résultats de visualisation, test, entraînement validation et comme il est appaître sur la figure on remarque que dans les quatre graphes toutes les puissances sont sur la ligne ce qui signifie que mon système est bon y a pas une grande erreur.

Pour envoyer un programme de m-file vers Simulink on utilise la fonction suivante :

**>>gensin (net.-1)**

On obtient le modèle neuronal suivant :

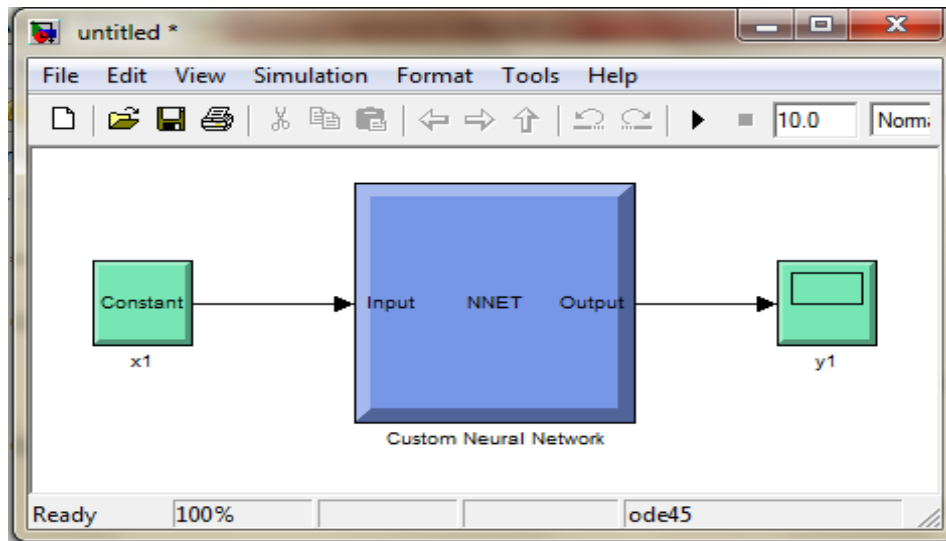


Figure III.12 Modèle neuronal sous Simulink

Et pour modifier ce bloc workspace on utilise les fonctions :

```
>>input =1 :100 ;
>>time=linspace (0, 10,100) ;
```

## III.6. Le programme de gestion de tout le système

### III.6.1. la stratégie de gestion de mon système

Dans notre cas notre système contient plusieurs sources énergétique: l'énergie photovoltaïque, l'énergie stockée dans les batteries et celle fournie par le réseau. Et pour gérer tout ça il nous faut une stratégie ou un plan sur lequel fonction les sources d'énergie, notre stratégie et basée sur les axes suivants:

En prenant l'échelle du temps pendant une journée comme base de stratégie :

- De 5 :30h de matin jusqu'à midi, on produite l'énergie photovoltaïque, et ce dernier charge les batteries qu'on a installé dans notre toit du bâtiment (s'ils sont décharge ( $soc < 0, 3$ )), en parallèle de chargement de ces batteries notre bâtiment consomme l'énergie produit par PV. Si on a la puissance demandé est supérieure à la puissance PV, on va l'associer par le réseau.
- De 12h jusqu'à 16h (le premier pic), on utilise l'énergie produite par les panneaux photovoltaïque pour alimente notre bâtiment. Si  $dP1$  (la déférence entre la puissance demande et la puissance de PV) dépasse notre puissance de référencer on coupe l'électricité pour les différents éléments (la machine à laver, la vaisselle, les lampes, fer a repasse...). Et si  $dP1$  ne dépasse pas la puissance de référence, on Utilise l'énergie PV.
- De 16 à 19, on consomme l'énergie produit par les panneaux photovoltaïque, Si la puissance demandé supérieure à la puissance PV ou les batteries déchargé, on l'associe par la puissance de réseaux. Si  $soc \leq 1$  (les batteries sont charge), la puissance de batteries égale à la différence entre la puissance demandé et la puissance des panneaux.

- De 19h à 22h (le deuxième pic), on utilise l'énergie stocké dans les batteries ( $\text{soc} > 0,3$ ), si la puissance maximale de la batterie est supérieure à la puissance demandé notre puissance de la batterie égale à la puissance demandé, si  $\text{dP2}$  (la différence entre la puissance demande et la puissance maximale des batteries) supérieure à la puissance de référence on coupe l'électricité pour les différents éléments (la machine à laver, la vaisselle, les climatiseurs, fer a repasse...). Et si  $\text{dP2}$  ne dépasse pas la puissance de références on va l'associer avec le réseau. Si  $\text{soc} < 0,3$  (la batterie se décharge) la puissance demande est supérieure à la puissance de référence on coupe aussi cette fois (la machine à laver, la vaisselle, les climatiseurs, fer a repasse...). Et si la puissance demandé est inférieure à la puissance de référence, on l'associé par le réseau
- De 22h à 5 :30h, on utilise l'énergie des batteries ( $\text{soc} > 0,3$ ), si la puissance demande est supérieur à la puissance maximal des batteries on l'associer par le réseau tel que (la puissance de réseaux égale la différence entre la puissance demande et la puissance maximal des batteries), et si la puissance demande est inférieure à la puissance maximal des batteries on consomme directement du la batterie. Si  $\text{soc} < 0,3$  (les batteries dont déchargé) on utilise directement la puissance de réseau

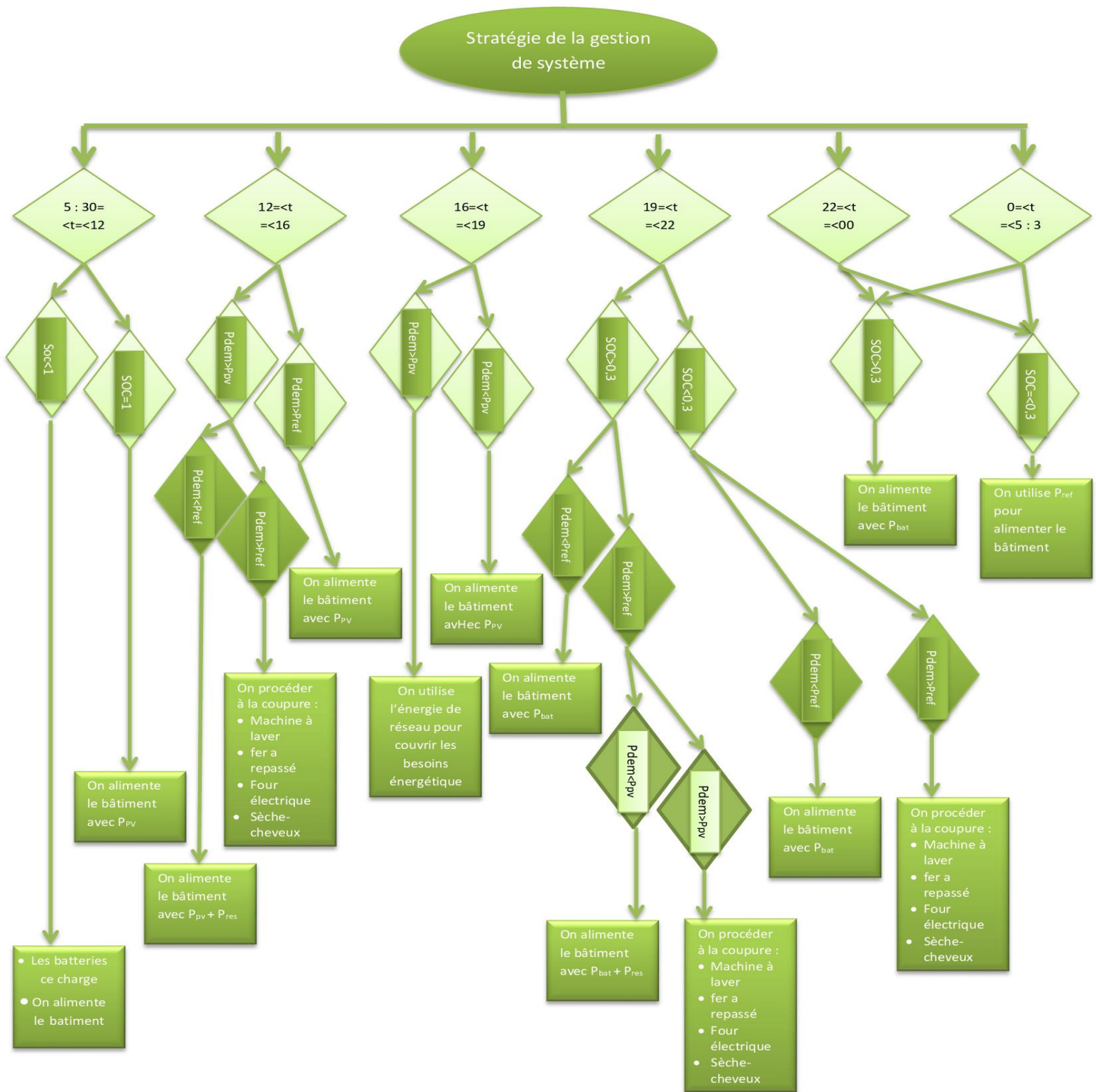


Figure III.13 Organigramme de la stratégie général de gestion de notre système



### III.6.2. Grafcet de coupure

Dans notre système on a utilisé l'automate pour gérer les coupeurs électrique pendant les heures de pointe. On a deux pic dans la journée, le premier de 12h à 16h et l'autre de 19h à 22h, la gestion énergétique globale est effectuée par l'algorithme global de la figure III.13, et pour gérer le pouvoir de coupure lors des pic nous avons besoin d'un système automatisé à travers un grafcet, dans ce sens en proposant le cahier de charge suivant :

- Pour le premier pic
  - si  $dP1$  (la différence entre la puissance demander et la puissance photovoltaïque) dépasse la puissance de référence on coupe la machine à laver  $KM1=1$ , si la puissance demande reste toujours supérieure à la puissance de référence on coupe les autres éléments de l'électroménager (fer à repassé, four électrique, lampes,...)  $KM2=1$
- Pour le deuxième pic :
  - Si les batteries sont déchargées et la puissance demandée dépasse la puissance de référence on coupe la machine à laver  $KM1=1$ , si la puissance demandé reste toujours supérieure à la puissance de référence on coupe les autres éléments de l'électroménager (fer à repassé, four électrique)  $KM2=1$ .
  - Si les batteries sont chargées et  $dP2$  (la différence entre la puissance demandée et la puissance maximale des batteries) dépasse la puissance de référence on coupe la machine à laver  $KM1=1$ , si la puissance demandé reste toujours supérieure à la puissance de référence on coupe les autres éléments de l'électroménager (fer à repassé, four électrique)  $KM2=1$

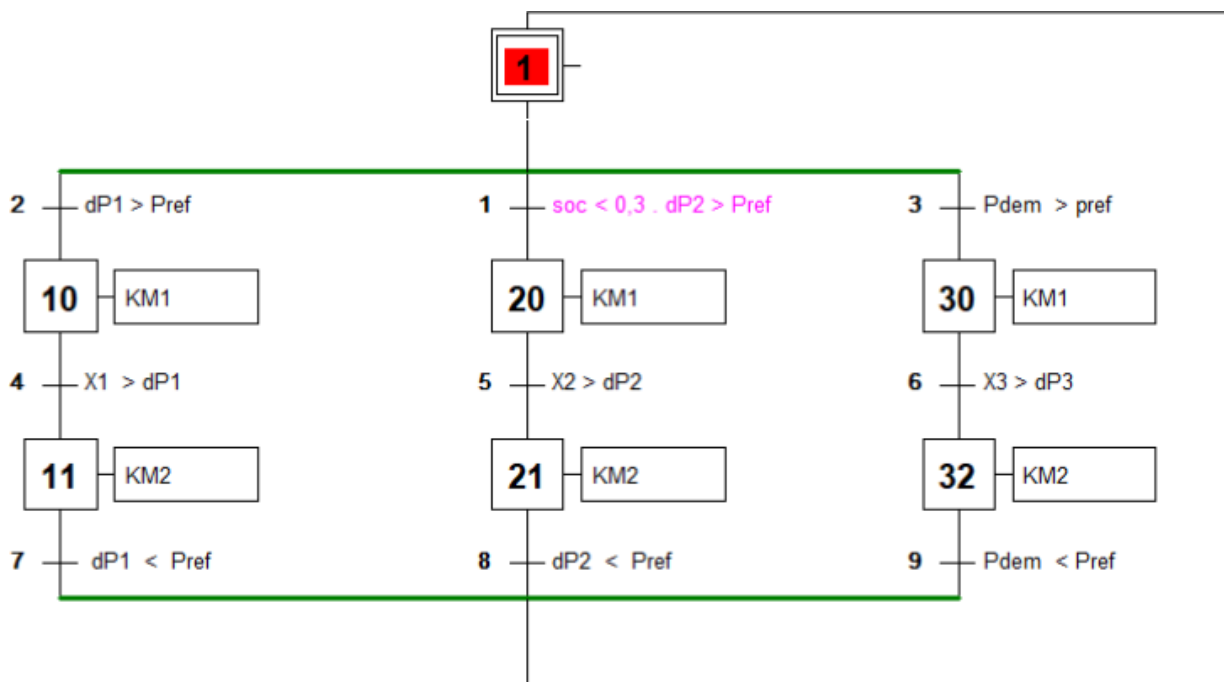


Figure III.15 Grafcet exécuté la différente action

- $dP_1 = P_{dem} - P_{pv}$
- $dP_2 = P_{dem} - P_{bat}$
- $dP_3 = P_{dem} - P_{ref}$
- Soc = l'état de charge de la batterie
- $X1 = P_{dem} - P_{pv} - P_{ma}$                       avec      $P_{ma}$  = Puissance de la machine à laver
- $X2 = P_{dem} - P_{bat} - P_{ma}$
- $X3 = P_{dem} - P_{ref} - P_{ma}$
- KM1 = Coupe la machine à lave
- KM2 = Coupeur de différentes élément (la vaisselle, ferra a repasse, les climatiseurs...)

### **III.7. Conclusion**

On a consacré le chapitre trois pour la modélisation du notre système et nous avons aussi montré la simulation de notre batterie dans les différents états (charge et décharge) et la simulation des panneaux photovoltaïque, on a donné quelques notions sur les réseaux de neurones et le programme de prédiction.

Et dans le chapitre suivant, nous aborderons la simulation de notre système globale.

*Simulation de  
système  
globale*

IV.1. Introduction.....	39
IV.2 Panneaux photovoltaïque .....	39
IV.3. Batteries.....	40
IV.4. système global.....	41
IV.5. Conclusion .....	46

## IV.1. Introduction

Dans le troisième chapitre, nous avons modélisé puis simulé les composants de notre système (les batteries et les panneaux photovoltaïques). Nous introduirons dans le chapitre quatre la simulation de notre système global de gestion d'énergie qui combine une source d'énergie renouvelable (photovoltaïque), un système de stockage (des batteries) et une charge. Et ce système est géré par un algorithme de gestion.

## IV.2 Panneaux photovoltaïque

Les panneaux photovoltaïques utilisés dans notre application sont des panneaux de 219 Watts crête. Le dimensionnement de l'installation photovoltaïque sera effectué selon la surface de toit du bâtiment estimé par  $184 \text{ m}^2$ , et pour un panneau  $1,7 \text{ m}^2$  de superficie, comme suit:

$$N_{pv} = \frac{S_{\text{toit}}}{S_{\text{panneaux}}} \quad (\text{IV.1})$$

- $N_{pv}$  : Nombre de panneaux

$$N_{pv} = \frac{184}{1,7}$$

$$N_{pv} = 108 \quad \text{Panneaux}$$

La puissance totale des panneaux photovoltaïques :

$$P_{pvt} = N_{pv} \times P_{pv} \quad (\text{IV.2})$$

- $P_{pvt}$  : Puissance total des panneaux
- $P_{pv}$  : Puissance d'un panneau

$$P_{pvt} = 219 \times 108$$

$$P_{pvt} = 23,65 \text{ KW}$$

Le nombre de panneau en série :

$$N_s = \frac{V_{\text{bus}}}{V_n} \quad (\text{IV.3})$$

- $V_{\text{bus}}$  : Tension de bus continu
- $V_n$  : Tension nominale du panneau
- $N_s$  : Nombre de panneaux en séries

$$N_s = \frac{120}{20}$$

$$N_s = 6 \text{ Panneaux}$$

Le nombre de branches en parallèles :

$$N_p = \frac{N_{pv}}{N_s} \quad (IV. 4)$$

- $N_p$  : Nombre de branches de panneaux en parallèles

$$N_p = \frac{108}{6}$$

$$N_p = 18 \text{ Branches}$$

### IV.3. Batteries

Après l'étude et simulation faites sur une seule batterie dans le chapitre précédent, notre objectif dans cette partie est de faire un dimensionnement pour un groupe de batterie qui peut assurer l'alimentation d'un bâtiment au moins pour 2h durant les heures de pointes, le dimensionnement des batteries est effectué de la manière suivante:

- Calcul de l'énergie emmagasinée :

$$E_{em} = P_{moy} \cdot N_{hp} \quad (IV.5)$$

- $E_{em}$  : Energie emmagasinée
- $P_{moy}$  : Puissance moyenne
- $N_{hp}$  : Nombre des heures de pointes

$$E_{em} = 107,5 \times 2$$

$$E_{em} = 215 \text{ KW. h}$$

- Calcul de l'énergie totale des batteries à installer

$$E_{batT} = \frac{E_{em}}{DOD} \quad (IV. 6)$$

- $E_{batT}$  : L'énergie des batteries à installer
- $DOD$  : Profondeur de déchargement

$$E_{batT} = \frac{215}{0,7}$$

$$E_{batT} = 307,14 \text{ KW. h}$$

- Calcul du nombre de batteries

$$N_{bat} = \frac{E_{batT}}{E_{bat}} \quad (IV. 7)$$

- $N_{bat}$  : Nombre de batteries
- $E_{bat}$  : Energie d'une batterie

$$N_{bat} = \frac{307,14}{1,2}$$

$$N_{bat} = 256 \text{ batterie}$$

➤ Calcul de la puissance maximale de groupe de batteries

$$P_{\text{bat max}} = \frac{N_{\text{bat}} \times P_{\text{bat}}}{1000} \quad (\text{IV. 8})$$

- $P_{\text{bat max}}$  : Puissance maximale de groupe de batteries

$$P_{\text{bat max}} = \frac{256 \times 500}{1000}$$

$$P_{\text{bat max}} = 128 \text{ KW}$$

### La répartition des batteries

➤ Calcule du nombre de batteries en série

$$N = \frac{V_{\text{bus}}}{V_{\text{bat}}} \quad (\text{IV. 9})$$

- $N_s$  : Nombre de batterie en série
- $V_{\text{bus}}$  : Tension de bus continu
- $V_{\text{bat}}$  : Tension d'une batterie

$$N_s = \frac{120}{12}$$

$$N_s = 10 \text{ Batteries}$$

➤ Calcul du nombre de branches de batteries en parallèle

$$N_p = \frac{N_{\text{bat}}}{N_s} \quad (\text{IV. 10})$$

$$N_p = \frac{256}{10}$$

$$N_p = 25,6 \text{ Branche, soit } 26 \text{ branche et donc } N_{\text{bat}} = 260 \text{ batteries et } P_{\text{bat max}} = 130 \text{ KW}$$

➤ Calcul du courant maximal d'une batterie

$$I_{B_{\text{max}}} = \frac{P_{\text{bat max}}}{V_{\text{bus}} \times N_p} \quad (\text{IV. 11})$$

- $I_{B_{\text{max}}}$ : Courant maximal d'une batterie

$$I_{B_{\text{max}}} = \frac{130 \times 1000}{120 \times 26}$$

$$I_{B_{\text{max}}} = 41.66 \text{ A}$$

### IV.4. système global

Après avoir terminé le dimensionnement des éléments de l'installation, on procède à la simulation de notre système :



Notre système est constitué d'un champ photovoltaïque qui produit une puissance crête de 23.65KW, et cette puissance consommé par le bâtiment et charge les batteries, et aussi contient d'un algorithme de prédiction. Notre système gère par un algorithme de gestion

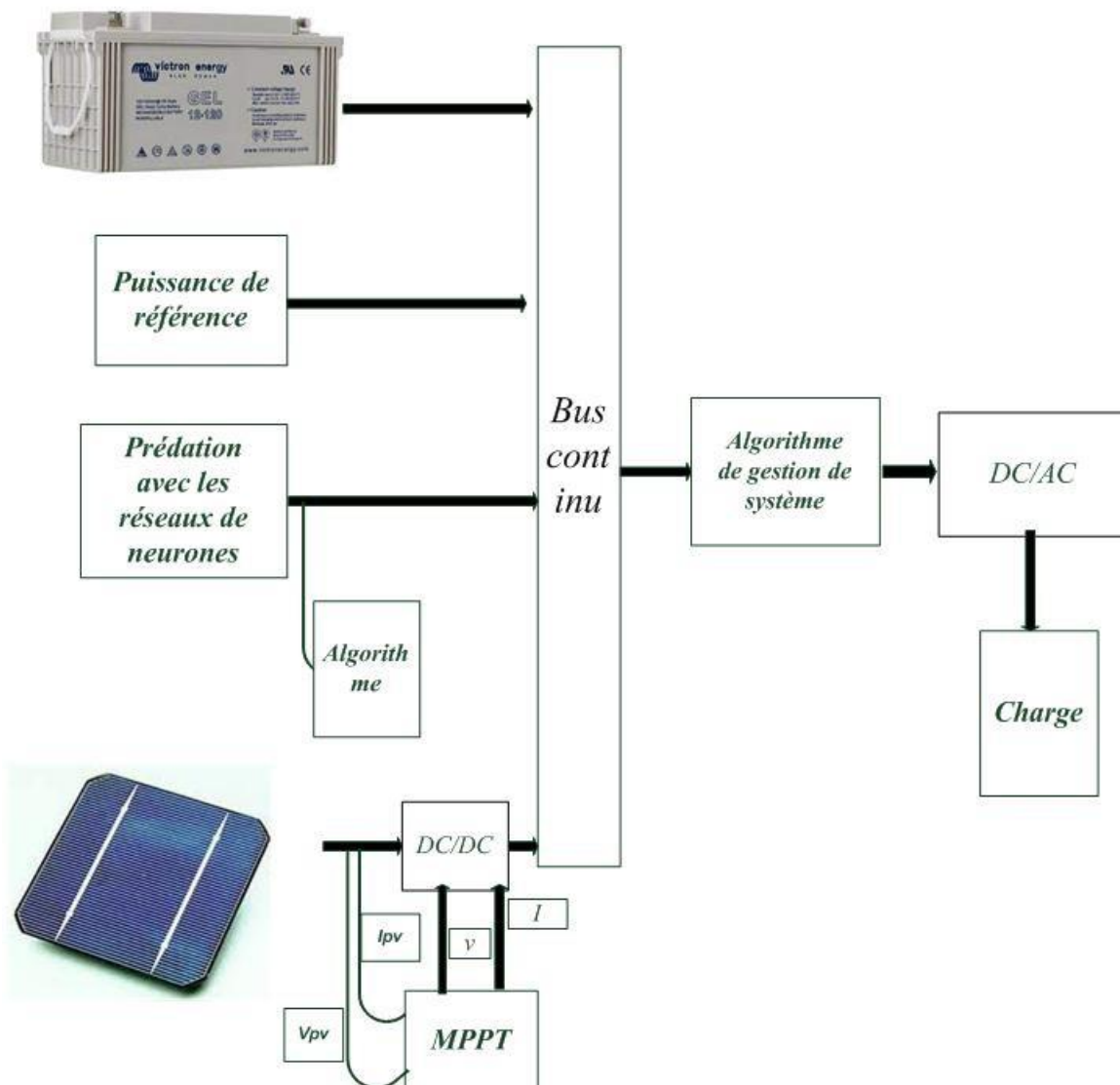


Figure IV.1 Schéma de système

- Pour tester l'efficacité de notre système de gestion, en vas prendre des profils réels pour l'ensoleillement et la température d'une journée d'été.

- Le profil de l'ensoleillement pendant 24h

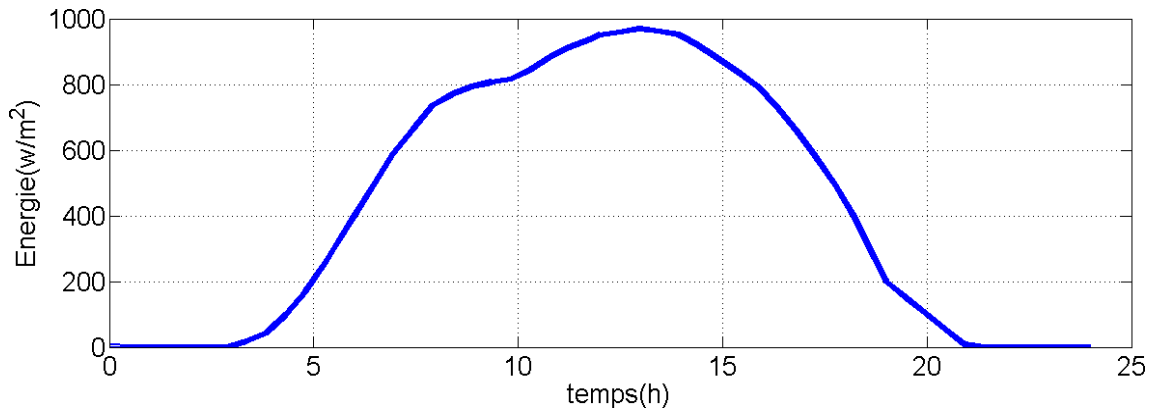


Figure IV.2 Courbe de l'ensoleillement

A partir de la figure IV.2, on remarque que l'ensoleillement varie selon les heures de la journée, tel que :

- de 21h à 4h30 l'énergie est indisponible puisque n'y a pas de rayonnement de soleil.
- De 4h30 à 14h elle augmente jusqu'à atteindre une valeur maximal (presque 1000w/m<sup>2</sup>).
- De 14h à 21h elle se diminue jusqu'à l'annulation.

- Le profil de la température pendant 24h :

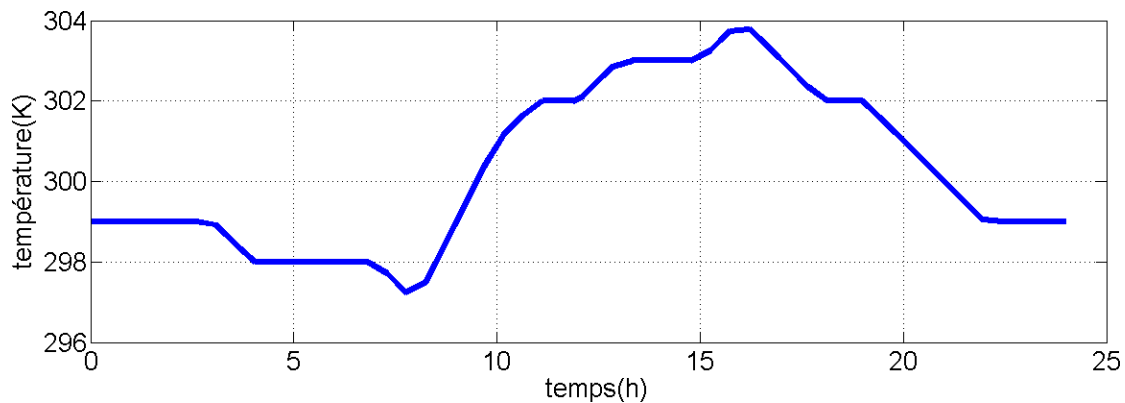


Figure IV.3 Courbe de variation de température

Cette courbe représente la variation de la température pendant une journée, d'après cette figure on remarque que la température ne peut pas être constante durant toute la journée.

Les résultats de simulation obtenus sont illustrés dans les figures suivantes:

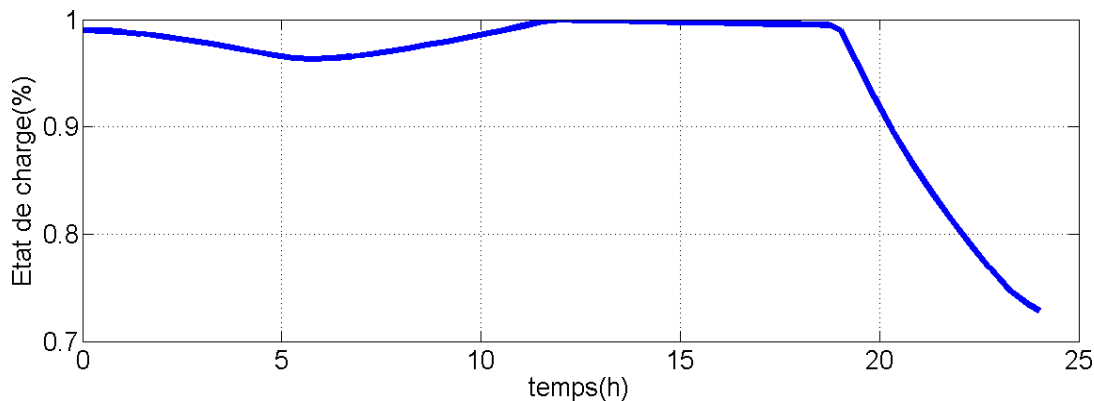


Figure IV.4 Courbe d'état de charge des batteries

Cette figure représente la variation d'état de charge des batteries durant 24h, tel que :

- De minuit à 5h de matin on remarque que les batteries se déchargent.
- De 5h jusqu'à midi les batteries se chargent.
- De 12h à 19h l'état de charge des batteries reste presque constant.
- de 19h à 22h l'état de charge diminue d'une façon rapide puisque on a un appel important du courant et donc une consommation importante d'énergie des batteries.
  - Les différentes puissances agissantes dans l'installation sont illustrées dans la figure IV.5 suivante :

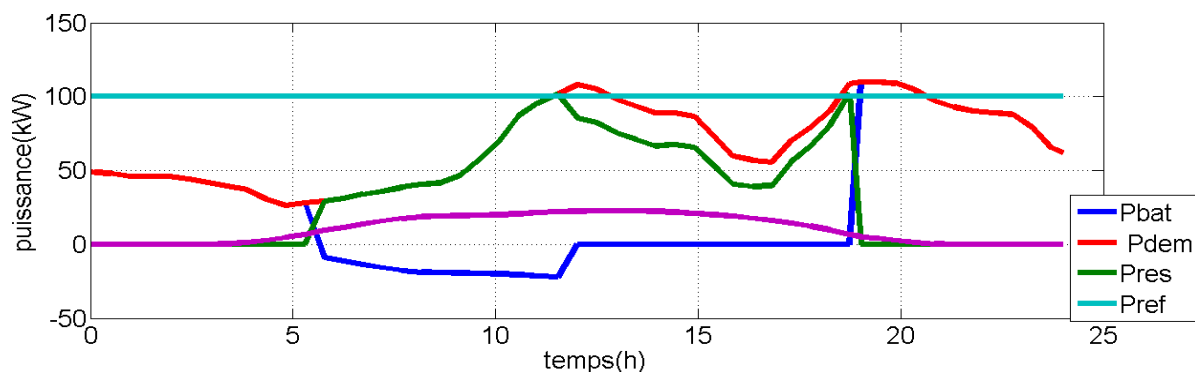


Figure IV.5 Différentes puissances agissantes dans le système

La figure IV.5 regroupe les différentes puissances de notre système (la puissance des batteries, réseau, demande, référence et PV) dans les conditions réelles. On remarque :

- De 0 à 5:30h : Les besoins énergétiques du bâtiment sont assurés par les batteries et la puissance appelée via le réseau est nul, la puissance PV est nul et à partir de 4:30h commence à augmenter;
- De 5:30 à 12 : la puissance de référence est toujours constante, la puissance de réseau et la puissance demande augmente et même la puissance de PV augmente par contre la puissance de batterie diminue ;
- De 12 à 16 : La puissance de référence imposée est constante (100 kW), la puissance demande dépasse la puissance de référence (1<sup>er</sup> Pic) après elle va diminuer jusqu'à 50 kW, dans ce cas les besoins énergétiques sont assurés par le

réseau (Sa puissance atteint un maximum de 107 kW après diminue jusqu'à 40 kW) et les panneaux photovoltaïques. La puissance des batteries est nulle ;

- De 16 à 22 : la puissance de référence est stable (100 KW), la puissance demande augmente et dépasse les 100kW (2<sup>ème</sup> pic) après va diminuer, la puissance appelée via les batteries est nul et à partir de 19h augmente et atteindre son maximum après diminuer progressivement. Au début la puissance de réseau consommée augmente jusqu'à 100KW et à partir de 19h commence a diminué et à 20h la puissance de réseau s'annule. La puissance des PVs suivent l'ensoleillement et diminue jusqu'à l'annulation ;
- De 22 à 24 : La puissance demande diminue et elle est assuré par totalement par les batteries (les puissances des PV et de réseau sont nulles).

Donc d'après la figure ont conclu que :

- ✓ La puissance PV dépend de la température et l'ensoleillement.
- ✓ La puissance des batteries dépend de la puissance PV (on utilise la puissance des batteries en cas d'absence de la puissance PV).
- ✓ La puissance réseau intervenue dans le cas où la puissance demande est supérieure à la puissance de référence.

➤ Pouvoir de coupure :

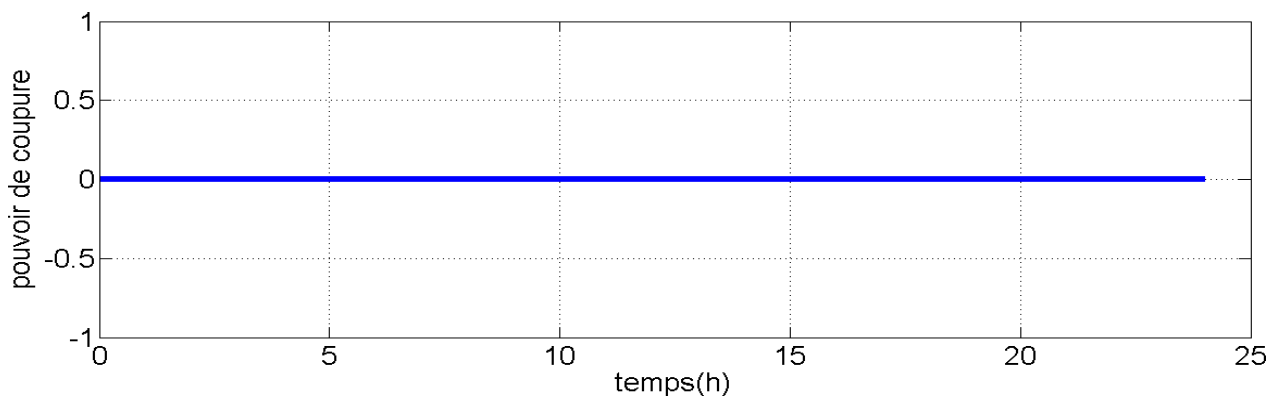


Figure IV.6 Pouvoir de coupure

D'après la figure IV.6 qui représente le pouvoir de coupure ( $d_a$ ), on remarque que  $d_a=0$  durant toute la journée, ce qui signifie que notre algorithme de gestion énergétique est très performant puisque y a pas d'isolation d'aucun élément de l'installation (machine à lave, la vaisselle, ferra a repasse, les climatiseurs...), de faite que la puissance demandé via le réseau n'a jamais dépasser la puissance de référence qu'en supposée tolérable par le fournisseur d'énergie électrique et surtout durant les heures de pointe ce qui est très important.

➤ L'algorithme d'apprentissage

Dans notre système on a utilisé un algorithme de prédiction, le rôle de ce dernier est amélioration de comportement énergétique du bâtiment pour avoir une récompensations maximale par obtention des valeurs prédictives tellement proches aux valeurs réelles. Nous

avons entraîné notre système de ne dépasse les valeurs de puissance journalière de l'été passé. D'après l'étude que nous avons fait on a obtenu les résultats souhaités sans aucune coupure ( $d_a=0$  durant toutes la journée) et sans délestage (les valeurs de la puissance consommé ne dépasse pas 100 kW).

#### **IV.5. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons simulé notre système global et présenter les résultats obtenus. La simulation nous a permis d'évaluer le comportement général des composants de notre système. Et à partir les résultats obtenus on peut confirmer l'efficacité de la stratégie de gestion choisie et son utilité dans la limitation de nombre de coupure de délestage.

# *Conclusion générale*

### **Conclusion générale**

Dans notre travail présenté dans ce mémoire on a étudié l'applicabilité de la gestion énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi charges en Algérie.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les différents composants de notre système (les systèmes photovoltaïques, les batteries, les bâtiments intelligents, l'électronique imprimée). Et le principe de fonctionnement des systèmes photovoltaïques, les batteries. Ainsi la commande MPPT et les composants utilisent dans un bâtiment intelligent et les convertisseurs. Ainsi que les composants nécessaires pour notre installation.

On a consacré le deuxième chapitre pour déterminer la relation entre un bâtiment intelligent et l'optimisation d'énergie. On a montré les avantages des bâtiments intelligents, l'économie d'énergie et la gestion des charges puis gestion énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi charges.

Dans le troisième chapitre, nous avons modélisé les batteries et les panneaux photovoltaïques, après on a simulé ces deux systèmes, et on a créé un système d'apprentissage composé d'un modèle de prédiction du modèle-hypothèse et d'un algorithme d'apprentissage avec les réseaux de neurones, et à la fin de ce chapitre on a regroupé tout ce qui précède dans un algorithme de gestion global. Ainsi un grafctet gère les coupeurs électriques.

Pour le dernier chapitre, nous avons fait le dimensionnement du système PV et des batteries, et cela pour calculer le nombre de panneaux et le nombre de batteries qui sont nécessaires pour satisfaire les besoins énergétiques de la charge, puis on a procédé à la simulation du notre système global. Et nous avons discuté les résultats.

Nous concluons que les résultats de simulation concordent avec la gestion proposée. et l'utilisation des programme d'apprentissage nous ont permis d'entériner notre système et optimiser de l'énergies.

Nous souhaitons étudier d'autre méthodes d'optimisation d'énergies, et de voir d'autre énergie renouvelables et d'utiliser une autre méthode MPPT comme la logique floue par exemple.

Nous souhaitons aussi de réaliser cette étude que nous avons fait au quotidien.

## Bibliographie

- [1] **FUSSEL, H.MARTIN**, futura-sciences, site web, <https://www.futura-sciences.com> visiter le 11/05/2022
- [2] **B. MISSAOUI**, Gestion Énergétique optimisée pour un bâtiment intelligent multi-sources multi-charges : différents principes de validations, Thèse de doctorat,, France, 2012
- [3] **Anon.** Commission de régulation de l'énergie, site web, <https://www.cre.fr>, visiter le 23/05/2022
- [4] **M.BELLAS, M.QUEMIN.** Construction de bâtiment intelligent, apport de l'électronique imprimée,
- [5] **GHIBAUDO.T, He.RUOXUE** Impression 3D & électronique imprimée associées, Mai 2016.
- [6] **CHANSIN, GUILLAUME.** Printed and Flexible Sensors 2017-2027: Technologies, Players, Forecasts. IDTechEx, Novembre 2016
- [7] Comment fonctionnent les Switchs et routeurs article <https://zestedesavoir.com>, 2019
- [8] **D. KAWAHARA, J.GUSTAFSSON**, all-printed organic electrochemical transistors, 2013.
- [9] l'énergie solaire photovoltaïque, cour, <https://ww2.ac-poitiers.fr/>, lycée des métiers, 2010
- [10] **K.DJERMOUNI** stockage de l'énergie, cour, Algérie, **2019**
- [11] **N. ACHAIBOU**, Introduction à l'Etude du Système de Stockage dans un Système Photovoltaïque, 1999
- [12] **H.YOTTO**, Etude et conception d'un mini central PV, mémoire fin d'études Master 2 IE Bénin ,2011
- [13] **M. BOUDOUCHE, M.OUNEROUGH**, gestion d'un système photovoltaïque avec stockage, mémoire fin d'étude, 2016
- [14] Compteur intelligents, <https://www.romande-energie.ch>, visité le 29/05/2022
- [15] Définition ambiante intelligence, Actualité Informatique, site web, <https://actualiteinformatique.fr>, 2020
- [16] Bâtiment intelligent-Définition, site Web, <https://www.xpair.com>, visité le 05/06/2022.
- [17] **A.MADELINE, P. MOULINIÉ et L. BOITEUX**, bourrage bâtiment durable, <https://www.pole-energie-franche-comte.fr>, 2013



- [18] **MARESCA, BRUNO**, la consommation d'énergie dans l'habitat entre recherche de confort et impératif écologique, Thèse de doctorat, France, 2009
- [19] **H. SUBREMON**, Anthropologie des usages de l'énergie dans l'habitat, livre, France
- [20] **M. GALLISOT**, Modéliser le concept de confort dans un habitat intelligent: du multi sensoriel au comportement, thèse de doctorat, France, 2006
- [21] Communiqué de presse disponible à l'URL suivante : <http://www.asprom.com/presse>, visiter le 25/05/2022.
- [22] Energie : les notions fondamentales, Association SOLAGRO, article, France, 2009
- [23] Électricité, site web [http://www.etr\)-electricite.fr](http://www.etr)-electricite.fr), visiter le 15/06/2022
- [24] **N. GUICHI**, management et optimisation d'énergie dans les smart homes, Mémoire de master2, Algérie, 2019