



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique



MÉMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme
De master académique

MASTER EN ÉLECTROTECHNIQUE

Option : ÉLECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE

Par

BENDELLA Abdennour

BOUKRALFA Ilyas

Intitulé Du Sujet

Dimensionnement et gestion d'énergie des systèmes d'entraînements d'un ascenseur alimenté par un système d'énergie renouvelables hybride

Application : Sidi Bel Abbès

Soutenu le 30/06/2025 devant le jury composé de :

Président :	BOUKORTT Abdelkader	Pr	Université de Mostaganem
Examineur :	MISSOUM Ibrahim	MCB	Université de Mostaganem
Encadreur :	. BEKKOUCHE Benaïssa	Pr	Université de Mostaganem
Co-encadreur :	BOUTLILS Fatima	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



REMERCIEMENT

Au terme de ce travail on tient avant tout à remercier le miséricordieux tout puissant, grâce à son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aura pu être possible.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A tous, nous dédions le fruit d'un dur labeur. Nos pensées vont à des personnes qui ont galéré précisément nos chers parents d'une manière ou d'une autre, de notre gratitude pendant toute cette période de stress et de pression, que nous avons plus au moins su gérer grâce à leur soutien moral.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant, le professeur **B. BEKKOUCHE**, et à notre co-encadrante, le **Pr F. BOUTLILIS** pour avoir accepté de diriger ce travail, pour leurs précieux conseils et surtout pour leur soutien et leurs orientations.

Nous tenons également à adresser nos sincères remerciements aux membres du jury, le professeur **A. BOUKORTT** et le **Dr Ib. MISSOUM** qui ont accepté de juger ce modeste travail.

Par la même volonté et la même chaleur, nous voudrions remercier également toutes les directions qui ont accepté de nous aider, toutes les personnes qui nous ont offert de leur temps, pour leur gentillesse, leur accueil et leur soutien. Nous exprimons aussi notre profonde gratitude à nos amis, pour leur présence, leur écoute, leurs encouragements constants et les moments de partage qui ont allégé les périodes difficiles

Abdennour et Ilyas



*Je dédie ce travail à :
Ceux qui m'ont aidé et m'ont offert cette
occasion :*

- ❖ A la grande famille BENDELLA*
- ❖ A mon ami et frère BOUKRALFA ILYAS*
- ❖ A mes frères, mes fidèles amies et mes camarades de l'école*



DEDICACE

Mr. BOUKRALFA ILYAS

Je dédie ce travail à :
Ceux qui m'ont aidé et m'ont offert cette
occasion :

- ❖ *A la grande famille BOUKRALFA*
- ❖ *A mon ami et frère BENDELLA ABDENNOUR*
- ❖ *A mes frères, mes fidèles amies et mes camarades de l'école*

Résumé

Ce travail apporte une petite contribution au dimensionnement et à la gestion énergétique d'un groupe d'ascenseurs résidentiels alimentés par un système hybride d'énergie renouvelable. L'objectif principal est d'assurer un fonctionnement fiable et économique des ascenseurs de la ville grâce à l'énergie solaire, principalement grâce à des panneaux photovoltaïques, combinée à un système de stockage par batterie et à un réseau de secours. Cela permet également de soulager le réseau de distribution et de réduire les perturbations électriques.

Le dimensionnement a été effectué selon le profil de charge spécifique de l'ascenseur. Ainsi, chaque composant du système industriel (système d'entraînement, modules photovoltaïques, batteries, onduleur et réseau) a été conçu pour répondre aux exigences spécifiques de l'ascenseur. L'ensemble du système a ensuite été simulé dans l'environnement HOMER Pro pour déterminer la configuration optimale et évaluer ses performances techniques et économiques.

Enfin, une stratégie de gestion énergétique a été établie pour prioriser l'usage de l'énergie renouvelable, tout en minimisant le recours au réseau. Cette stratégie permet d'optimiser la consommation d'énergie renouvelable et d'améliorer l'efficacité globale du système.

Abstract

This work provides a small contribution to the sizing and energy management of a group of residential elevators powered by a hybrid renewable energy system. The main objective is to ensure reliable and economical operation of the city's elevators using solar energy, primarily from photovoltaic panels, combined with a battery storage system and a backup grid. This also relieves the distribution grid and reduces electrical disturbances.

The sizing was carried out according to the elevator's specific load profile. Each component of the industrial system (drive system, photovoltaic modules, batteries, inverter, and grid) was designed to meet the elevator's specific requirements. The entire system was then simulated in the HOMER Pro environment to determine the optimal configuration and evaluate its technical and economic performance.

Finally, an energy management strategy was established to prioritize the use of renewable energy while minimizing grid usage. This strategy helps to optimize the consumption of renewable energy and improve the overall efficiency of the system.

ملخص

يقدم هذا العمل مساهمة صغيرة في تحديد حجم وإدارة الطاقة لمجموعة من المصاعد السكنية التي تعمل بنظام طاقة متجددة هجين. الهدف الرئيسي هو ضمان تشغيل موثوق واقتصادي لمصاعد المدينة باستخدام الطاقة الشمسية، وخاصة من الألواح الكهروضوئية، إلى جانب نظام تخزين بطاريات وشبكة احتياطية. هذا أيضاً يخفف الضغط على شبكة التوزيع ويقلل من الاضطرابات الكهربائية.

تم تحديد الحجم وفقاً لملف الحمل المحدد للمصعد. تم تصميم كل مكون من مكونات النظام الصناعي (نظام التشغيل، الوحدات الكهروضوئية، البطاريات، العاكس، والشبكة) لتلبية المتطلبات المحددة للمصعد. بعد ذلك، تمت محاكاة النظام بأكمله في بيئة HOMER Pro لتحديد التكوين الأمثل وتقييم أدائه الفني والاقتصادي.

وأخيراً، تم وضع استراتيجية لإدارة الطاقة لإعطاء الأولوية لاستخدام الطاقة المتجددة مع تقليل استخدام الشبكة. تساعد هذه الاستراتيجية على تحسين استهلاك الطاقة المتجددة وتحسين الكفاءة العامة للنظام.

LISTE DES FIGURES

LES FIGURES	PAGES
Figure I - 1 : Les Treuils	2
Figure I - 2 : Monte-charge	4
Figure I - 3 : réducteurs	5
Figure I - 4 : a- Ascenseur à moteur-treuil ; b- Ascenseur à moteur à Attaque directe	6
Figure I - 5 : Suspension de cabine	7
Figure I - 6 : Cuvette d'ascenseur	8
Figure I - 7 : Fin de course ou sectionneur	8
Figure I - 8 : Treuil d'ascenseur	9
Figure I - 9 : Machine de traction sans boîte de vitesse (Gearless)	10
Figure I - 10 : Electrofrein	10
Figure I - 11 : Moto-génératrice	11
Figure I - 12 : Appareillage de puissance (Drive)	11
Figure I - 13 : Coffret de force motrice	12
Figure I - 14 : Câble de limiteur	12
Figure I - 15 : La configuration série d'un système hybride éolien- photovoltaïque Avec Stockage Et un générateur diésel	14
Figure I - 16 : La configuration d'un système hybride AC	14
Figure I - 17 : La configuration parallèle d'un système hybride	15
Figure I - 18 : Convertisseur DC- DC	15
Figure I - 19 : Convertisseur AC- DC	16
Figure I - 20 : Convertisseur DC – AC	16
Figure I - 21 : Les différentes procédures de stockage de d'énergie électrique	17
Figure I - 22 : a- Modélisation d'un élément de batterie Li-ion b- : Modélisation d'un banc de nb batteries au Li-ion	18
Figure I - 23 : Structure d'un condensateur plan.	19
Figure I - 24 : Modélisation d'un super condensateur à partir des circuits RC.	21
Figure I - 25 : Structure générale d'un système électrique hybride	22
Figure I - 26 : Schéma bloc du système ascenseur proposé	22
Figure II - 1 : Principe de fonctionnement d'un ascenseur à traction	26
Figure II - 1 : schémas synoptiques des forces agissant sur le système Projection sur l'axe Y	27
Figure II - 3 : Schéma bloc du système (SHER) Del 'ascenseur	30
Figure II - 4 : l'emplacement du site (la tour)	31
Figure II - 5 : Angle d'inclinaison des modules photovoltaïques.	31
Figure II - 6 : Carte du d'Ensoleillement reçu à l'angle optimal	33
Figure II - 7 : Convertisseur associé aux panneaux photovoltaïque	34
Figure II - 8 : Caractéristique d'un module photovoltaïque	35
Figure II - 9 : Modules photovoltaïques	35
Figure II - 10 : Onduleur de la machine synchrone à aimants permanents	36
Figure II - 11 : Câble DC principale d'une section mm ²	39
Figure II - 12 : Câble de transmission DC central box vers l'onduleur	40
Figure II - 13 : Ensoleillement	40
Figure III - 1 : Stratégie de gestion d'énergie centralisée	45
Figure III - 2 : Stratégie de gestion d'énergie distribuée.	45
Figure III - 3 : Stratégie de gestion d'énergie hybride centralisée et distribuée	46
Figure III - 4 : Organigramme de la stratégie de gestion	48
Figure III - 5 : Position géographique du site	50
Figure III - 6 : l'évolution de la température de la zone	50
Figure III - 7 : Profile de charge du système sur année (capture écran Homer)	51
Figure III - 8 : Profile de charge du système par mois	51
Figure III - 9 : Profile de charge pour trois jours	52
Figure III - 10 : Le profil de radiation et l'indice sur année	53

Figure III -11 : Les variations d'ensoleillement globales annuelles	53
Figure III - 12 : L'ensoleillement au mois de juillet(kWh/m ²)	53
Figure III – 13 : Zoom sur l'ensoleillement du mois de juillet (kWh/m ²)	54
Figure III - 14 : L'ensoleillement au mois de décembre (kWh/m ²)	54
Figure III - 15 :Zoom sur l'ensoleillement du mois de décembre (kWh/m ²)	55
Figure III - 16 : Architecture d'un système hybride avec réseau	55
Figure III - 17 : La configuration optimale donnée par Homer	56
Figure III -18 : Puissance moyenne mensuelle produite par PV	56
Figure III - 19 : DMAP de production du GPv	58
Figure III - 20 : Zoom de la production par le GPv	59
FigureIII- 21 : Production des panneaux photovoltaïque de mois juillet	60
Figure III - 22 : Zoom sur la production des panneaux photovoltaïques au mois de juillet	60
Figure III - 23 : Production des panneaux photovoltaïque de mois décembre	60
FigureIII-24 : Zoom sur la production des panneaux photovoltaïques au mois de décembre	61
Figure III - 25 : DMAP de charge et décharge moyenne mensuelle	61
Figure III – 26 : DMAP de niveau de charge des batteries par jour	62
Figure III – 27 : La charge et la décharge instantané des batteries de mois juillet	62
Figure III - 28 : La charge et la décharge instantanée des batteries de mois décembre	62
Figure III - 29 : Puissance d'entre de convertisseur	63
Figure III - 30 : Zoom sur la puissance d'entrée du convertisseur	63
Figure III - 31 : La variation de puissance de trois sources avec réseau	64
Figure III - 32 : La variation de puissance de trois jours de mois décembre de chaque source mn Avec réseau électrique	64
Figure III - 33 : La variation de puissance des sources avec réseau électrique	65
Figure III.34 : Architecture d'un système hybride son réseau	66
Figure III.35 : La variation de puissance de chaque source sans réseau électrique (Capture écran Homer)	66
Figure III.36 : La variation de puissance de chaque source sans réseau	67
Figure III.37 : La variation de puissance de trois jours de chaque source sans réseau électrique	67
Figure III.38 : Les émissions de carbone	68
Figure III.39 : Récapitulatif des coûts	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II 1 : Donnés catalogue du système ascenseur	26
Tableau II.2 : Caractéristiques de la machine synchrone à aimants permanents	28
Tableau II.3 : Vitesse et accélération de l'ascenseur	28
Tableau II.4 : Coordonnées géographique et astronomique de la zone du projet	31
Tableau II.5 : caractéristiques du panneaux choisi	32
Tableau II.6 : L'irradiation globale mensuelle et le nombre d'heures équivalents de Dhaya	33
Tableau II.7 : Coefficients de pertes dans un système énergétique	34
Tableau II.8 : Récapitulatifs des calculs	37
Tableau II.9 : Câbles de section 6 mm^2 reliant deux chaînes solaires	39
Tableau II.10 : Référence de Câble	40
Tableau III.1 : Le taux de production annuelle par chaque source	57
Tableau III.2 : Energie annuelle alternative produite par le system	57
Tableau III.3 : Critères techniques de fiabilité du système par ans	57
Tableau III.4 : Le taux de pénétration des énergies renouvelables	58
Tableau III.5 : les paramètres de fonctionnement du GPv	59

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I Généralités sur les motorisations électriques	
I.1 INTRODUCTION	2
I.2. Les Treuils	2
I.2. 1 Définition :	2
I.2. 2 Principe de Fonctionnement	3
I.2.3 types de treuils.....	3
I.2.4 Propriétés de treuil	3
I.2.5 domaines d'utilisation de treuil.....	3
I.3. Les monte-charges	3
I.3.1 Définition :	3
I.3.2 Types de Monte-Charges.....	4
I.3. 3 Utilisation de Monte-Charges	4
I. 3. 4 Les règles de sécurité des monte-charges.....	4
I. 4. Les réducteurs	4
I. 4.2 Types de réducteurs.....	5
I. 4.3 Principe de base	5
I.4.4 Rapport de transmission	5
I.5. Les ascenseurs	5
I.5.1 Généralités sur les ascenseurs.....	5
I.5.2 Aperçus historique	6
I.5.3 Types d'ascenseurs.....	6
I.5.4 Les ascenseurs à traction à câble.....	6
I.5.5 Différentes parties d'un ascenseur à traction.....	7
I.6 Motorisation électrique	11
I.6.1 Moteurs	11
I.6.2 Les critères de choix d'un ascenseur	13
I.7. Problèmes d'Alimentation par les sources fossiles.....	13
I.7.1. Système d'alimentation par énergie renouvelable	13
I.8. Systèmes électriques hybrides.....	14
I.8.1. Structure générale.....	14
I.8.2. La configuration en série.....	14
I.8.3. La configuration AC	14
I.8.4. La configuration en parallèle.....	15
I.9. Les Convertisseurs.....	15
I.9.1. Convertisseur DC- DC	15
I.9.2. Convertisseur AC- DC	16

I.9.3. Convertisseur DC- AC	16
I.10. Stockage de l'énergie électrique	16
I.10.1.Définition.....	16
I.11.Dimensionnement d'une batterie.....	18
I.11.1 Étude de dimensionnement.....	18
I.12. Condensateur.....	19
I.12.1 Principe de fonctionnement.....	19
I.14. Dimensionnement des super condensateurs.....	20
I.14.1 Étude de dimensionnement.....	20
I.15. La configuration du système hybride proposée pour notre cas.....	21
I.16.Conclusion.....	23

Chapitre II Dimensionnement et choix des éléments des Systèmes industriels

II.1Introduction.....	24
II.2 Dimensionnement du Système industriel de l'ascenseur.....	24
II.2.1 Descriptions du dispositif.....	24
II.2.2. Type d'ascenseur Pour Passagers.....	24
II.2.3. Les Fonctions Humanisées Et Polyvalentes d'ascenseurs.....	25
II.2.4 Principe de fonctionnement d'un ascenseur à traction.....	26
II.2.5 Analyse Dynamique d'un Système de Poulie.....	27
II.3. Moteur synchrone et onduleur associé.....	28
II.4. Dimensionnement du Système hybride d'alimentation.....	29
II.4.1 Introduction.....	29
II.4.2 Importance de l'hybridation.....	29
II.4.3 L'hybridation apporte donc au système.....	29
II.4.4 Le système proposé.....	30
II.4.5 Description du système proposé.....	30
II.5. Dimensionnement d'un système photovoltaïque.....	30
II.6. Les étapes de dimensionnement d'un système photovoltaïque.....	30
II.7 Onduleur réseau.....	36
II.8. Puissance nominale.....	36
II.9.Batteries et convertisseur associé.....	40
II.9.1Dimensionnement du banc debatteries.....	40
II.10. Conclusion.....	43

Chapitre III La simulation du système hybride d'alimentation

III.1 Introduction.....	44
III.2. La stratégie de gestion du système hybride photovoltaïque, batterie et réseau.....	44
III.2.1 Intérêt de la stratégie de gestion.....	44
III.3 Le contrôle des systèmes énergétiques hybrides.....	45
III.3.1 Contrôle centralisé.....	45
III.3.2 Contrôle distribué.....	45
III.3.3 Contrôle hybride centralisé et distribué.....	46
III.4 Algorithme de la Stratégies de gestion d'un système hybride d'énergie.....	46
III.4.1 Stratégies de gestion du système hybride conçu.....	47
III.5 Présentation du logiciel HOMER.....	48
III.5.1 Les étapes de fonctionnement du logiciel HOMER.....	49
III.6. Détermination du site géographique.....	49
III.7.l'évolution de la température du site.....	50
III.8 Le profil de charge.....	50
III.9. Le profil de radiation et l'indice de clarté.....	52
III.10. Construction de système hybride de génération d'énergie.....	54
III.10.1Système hybride raccordé au réseau électrique.....	54
III.11. Simulation et interprétation.....	55
III.11.1 La configuration faisable et optimale.....	55
II.11.2 Le générateur photovoltaïque.....	58
III.11.3. Le système de stockage.....	61
III.11.4 Convertisseur.....	62
III.12 Analyse du système hybride isolé.....	65
III.13. Le gain en émissions de gaz polluants.....	67
III.14. Les indices économiques.....	68
III.15. Conclusion.....	69
Conclusion générale.....	70

Introduction Générale

Introduction générale :

Dans le contexte de la transition énergétique mondiale et face aux défis environnementaux actuels, la nécessité d'intégrer les énergies renouvelables dans les systèmes industriels est devenue de plus en plus nécessaire. L'urbanisation croissante, notamment dans les pays en voie de développement comme l'Algérie, s'accompagne d'un besoin accru en infrastructures modernes, sûres et efficaces, telles que les ascenseurs dans les bâtiments à étages multiples. Ces équipements, bien que devenus indispensables au confort et à l'accessibilité des usagers, représentent une consommation énergétique non négligeable, traditionnellement assurée par le réseau électrique national, fortement dépendant des énergies fossiles. L'utilisation des ascenseurs se développe rapidement, entraînant une augmentation significative de la consommation d'électricité, une surcharge du réseau de distribution et une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, néfastes pour l'environnement et la santé publique. À l'avenir, cela constituera un grave problème environnemental et perturbera le réseau électrique à cause de développement de leurs commandes.

Dans ce cadre, ce mémoire propose une approche innovante et durable visant à alimenter un système d'ascenseur à l'aide d'un système hybride à énergies renouvelables, combinant principalement l'énergie solaire photovoltaïque, un stockage par batteries, et un éventuel secours via le réseau électrique. Ce choix technologique répond non seulement à des préoccupations environnementales, mais aussi à des objectifs d'indépendance énergétique et de continuité de service, notamment dans les régions où l'alimentation électrique est instable.

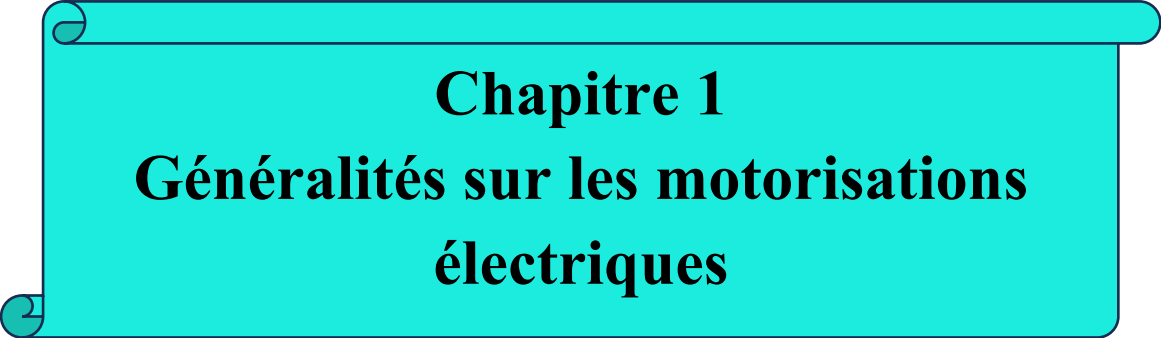
Le travail sera structuré en trois chapitres complémentaires et progressifs :

Le chapitre I présentera les généralités sur les motorisations électriques utilisées dans les dispositifs de levage tels que les treuils, les monte-charges et les ascenseurs. Il retracera également l'évolution technologique de ces systèmes et met en lumière les avantages des moteurs électriques, notamment en termes de rendement, de compacité, et d'entretien. Ce chapitre introduira aussi les différentes configurations possibles d'un système hybride intégrant des énergies renouvelables, posant ainsi les bases techniques de l'étude.

Le chapitre II sera consacré au dimensionnement et au choix des éléments du système. Il s'agit ici d'adapter la conception d'un ascenseur pour passagers dans un immeuble résidentiel, en définissant les besoins énergétiques, les caractéristiques du moteur, et les composants du système hybride : panneaux photovoltaïques, batteries, convertisseurs, etc. Une étude technique et économique a été réalisée pour choisir les éléments appropriés en tenant compte des contraintes d'ensoleillement du site, du profil de charge, et des normes de sécurité.

Le chapitre III sera réservé à une proposition de gestion des différentes sources et à la simulation du système hybride à l'aide du logiciel HOMER Pro. Cette phase permet d'évaluer la faisabilité, la fiabilité et la rentabilité du système proposé, en testant plusieurs scénarios (mode connecté au réseau ou mode isolé). L'analyse inclut des indicateurs essentiels tels que le coût total net, le coût de l'énergie produite, la couverture de la charge, ainsi que les émissions de gaz à effet de serre évitées.

En résumé, ce travail s'inscrit dans une démarche pluridisciplinaire mêlant électrotechnique, énergies renouvelables, simulation numérique et gestion énergétique, avec pour finalité de proposer une solution durable, fiable et adaptée au contexte algérien pour l'alimentation des ascenseurs dans les bâtiments modernes.



Chapitre 1
Généralités sur les motorisations
électriques

I.1 Introduction :

Depuis l'Antiquité, les humains utilisent des poulies et des cordes pour soulever des poids. L'homme utilisait la force de ses bras pour y parvenir, ou utilisait des animaux pour soulever des poids à des hauteurs plus élevées. Il utilisait également des échelles et des marches pour déplacer ces objets d'un étage à l'autre et pour monter et descendre des profondeurs. Pour plus de commodité et pour économiser du temps et de l'énergie, les humains ont développé ces outils de levage en créant des grues, des tracteurs, des ponts roulants, des palans, des monte-charges, des ascenseurs et des escaliers mécaniques pour remplacer les escaliers. À mesure que la technologie a évolué, une variété de types de ces appareils ont été produits, du plus petit de quelques newtons au plus grand de plus d'un méga newton. Afin d'améliorer les performances et de réduire le bruit causé par ces machines, les humains modernes ont commencé à remplacer les moteurs thermiques de ces machines par des moteurs électriques, qui sont plus silencieux, plus simples à installer, plus légers, plus propres et plus faciles à remplacer. En revanche, le contrôle électronique du comportement de ces moteurs électriques présente de meilleures caractéristiques. Aujourd'hui, grâce à ces avantages, les moteurs électriques remplacent à grande échelle les moteurs manuels, thermiques, pneumatiques et hydrauliques dans tous les secteurs industriels. Cependant, malgré ces avantages, l'alimentation de ces moteurs à partir du réseau électrique central est désormais devenue une source de gaz nocifs accrus qui ont un impact sur l'environnement. Parce que la production d'électricité dépend des centrales à combustibles fossiles.

Ainsi, travailler à faire fonctionner ces moteurs avec des sources d'énergie renouvelables permettra de réduire ces émissions et de développer leurs usages tout en préservant l'environnement.

Parmi les outils les plus utilisés et les plus développés par les industriels figurent les treuils électriques, les monte charges électriques et les ascenseurs résidentiels. Dans ce chapitre, nous fournirons d'abord des informations générales sur les différents ascenseurs et leurs systèmes de fonctionnement. Deuxièmement, nous expliquerons certains des systèmes d'énergie renouvelable que nous aimerions utiliser pour alimenter ces moteurs.

I.2. Les Treuils

I.2.1 Définition : Un treuil est un appareil de levage. C'est un dispositif mécanique permettant de commander l'enroulement et le déroulement d'un câble, d'une chaîne ou de tout autre type de filin destiné à porter ou à tracter une charge. [1]

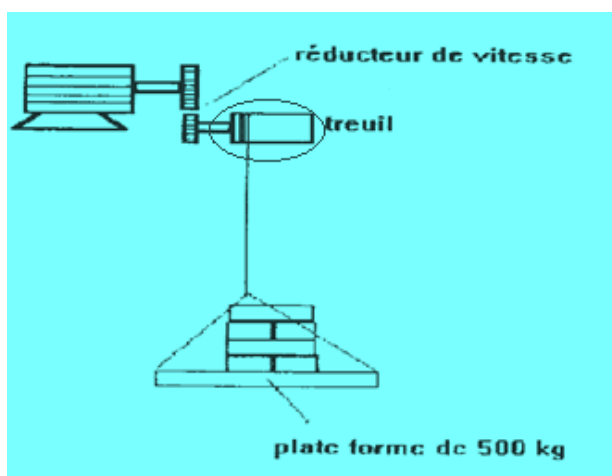


Figure I-1 : Les Treuils

I.2.2 Principe de Fonctionnement

Le treuil fonctionne en enroulant un câble sur un tambour, actionné manuellement ou par un moteur. Il simplifie les opérations de levage et de traction en réduisant l'effort requis pour déplacer des charges Lourdes. Ce type d'outil s'utilise sur des engins, machines, bâtiments ou navires. Un treuil classique comprend un châssis, une manivelle, un système de fixation et un tambour. Il s'adapte à de nombreux domaines comme le transport, la construction, l'exploitation minière et les travaux publics.

I.2.3 types de treuils

Il existe quatre types de treuil, chacun ayant leur capacité de levage, leurs contraintes et leurs atouts. Parmi ces dispositifs on peut citer le Treuil manuel qui s'appuie sur la force des bras pour lever les petites charges.

En deuxième catégorie on trouve les Treuil pneumatique, un modèle robuste basé sur l'air comprimé mais il est coûteux. Le troisième type est le Treuil hydraulique basé sur la force de l'huile accompagne les opérations de levage. La dernière catégorie présente le treuil électrique il est basé sur la force des moteurs électrique l'outil le plus utilisé dans le levage. Il est possible de connecter un treuil électrique à une prise secteur (220V) voire à une batterie de voiture avec une tension de 12 ou 24V. Ce type de treuil permet de soulever des charges plus lourdes que le modèle manuel. Le treuil électrique est un accessoire fragile : il est conseillé de faire des pauses entre chaque utilisation et d'utiliser un treuil aux capacités de levage largement supérieures aux besoins réels afin d'éviter de l'endommager.[2]

I.2.4 Propriétés de treuil

- Système modulaire compact pour diverses positions de montage
- Système d'étanchéité haute efficacité
- Ventilateur acier
- Protection de surface efficace
- Large choix de longueurs de lanterne [2]

I.2.5 domaines d'utilisation de treuil

- Les grues
- Les excavateurs à godets
- Les chariots élévateurs
- Les systèmes d'arrimage
- Les autres infrastructures immergées [2]

I.3. Les monte-charges

I.3.1 Définition : Le monte-charge est tout simplement un appareil qui sert à monter de grosses charges de marchandises vers un étage. Il s'agit d'une cabine ou mini-ascenseur, transportant une cargaison volumineuse et effectuant un mouvement vertical.

Monter et descendre les escaliers plusieurs fois par jour avec une charge (assiette, colis, document...), ou soulever une charge importante quotidiennement peut mettre en danger la santé d'un salarié. C'est pourquoi les professionnels ont recours à cette machine pour la manutention de palettes trop lourdes Pour les particuliers, les monte-charges sont surtout installés dans les logements ou bâtiments habités par des personnes âgées ou à mobilité réduite. Dans ce cas, l'équipement servira à transiter en toute sécurité tout type de marchandise à l'étage.[3]

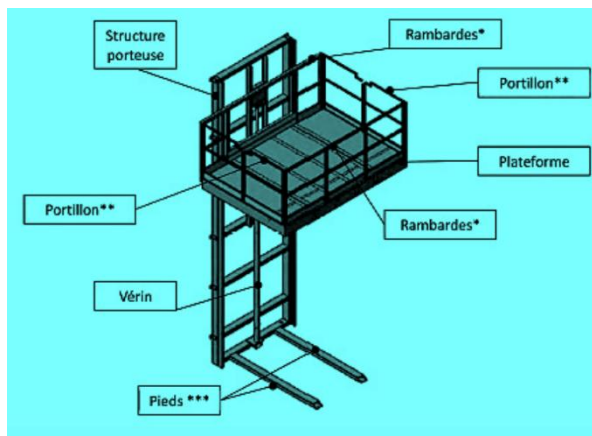


Figure I- 2 : Monte-charge

I.3.2 Types de Monte-Charges

Il existe plusieurs types de monte-charges, chacune adaptée à des besoins spécifiques par exemple le monte-charge standard est utilisé pour des tâches quotidiennes, comme le transport de courses ou de matériaux dans les maisons. Alors que le monte-charge industriel est conçu pour des charges lourdes comme des palettes dans les usines et entrepôts. Ainsi le monte-charge hydraulique est utilisé des vérins hydrauliques pour soulever les charges. Il peut être à colonnes ou à ciseaux [4,5]

I.3.3 Utilisation de Monte-Charges

Généralement, un monte-charge a la capacité de transporter des charges lourdes allant de 20 à 30 000 kg. Sa capacité dépend de l'usage prévu. Pour le particulier, un monte-charge va assurer toutes les tâches quotidiennes dangereuses ou devenues impossibles à réaliser. Ainsi, le monte-charge va par exemple transporter les courses, monter à l'étage les bûches pour la cheminée, etc. Dans le secteur professionnel, ce sont les usines industrielles, sociétés de déménagement, ou restaurateurs qui y ont le plus recours. Appelé également élévateur de charge, le monte-charge professionnel est généralement capable de transiter de gros volumes (plusieurs tonnes). [6]

I.3.4 Les règles de sécurité des monte-charges

Pour garantir la sécurité des utilisateurs, la directive européenne machines 2006/42/CE a été mise en place depuis 2006 et mise à jour en 2013. Cette réglementation exige que chaque appareil en vente sur le territoire européen soit conforme aux exigences établies. Ainsi, que ce soit pour une utilisation personnelle ou professionnelle, et, quel que soit sa taille, un monte-charge doit convenir aux normes exigées pour garantir votre sécurité.

Concernant la maintenance, selon l'article L. 125-2-2 du Code de la construction et de l'habitation, modifié par la loi de l'Urbanisme et de l'habitat n°2003-590, tout comme les ascenseurs, l'entretien périodique de la machine est obligatoire. [6]

I.4. Les réducteurs

I.4.1 Définition : Un réducteur est une transmission mécanique qui relie un moteur à une machine à entraîner. Il va appliquer un taux de réduction (ou rapport de démultiplication) au moteur : il va réduire la vitesse de sortie du moteur tout en augmentant le couple pour s'adapter aux besoins de fonctionnement. $P = C \Omega$ Si P est constante la réduction de la vitesse crée l'augmentation du couple. Pour entraîner une machine ayant besoin d'un couple élevé à faible vitesse, utiliser un gros moteur capable de fournir un couple élevé n'est pas la bonne solution : mieux vaut utiliser un réducteur entre

le moteur et la machine à entraîner. Il est en effet plus efficace et plus économique d'utiliser des petits moteurs avec réducteur de vitesse [7]

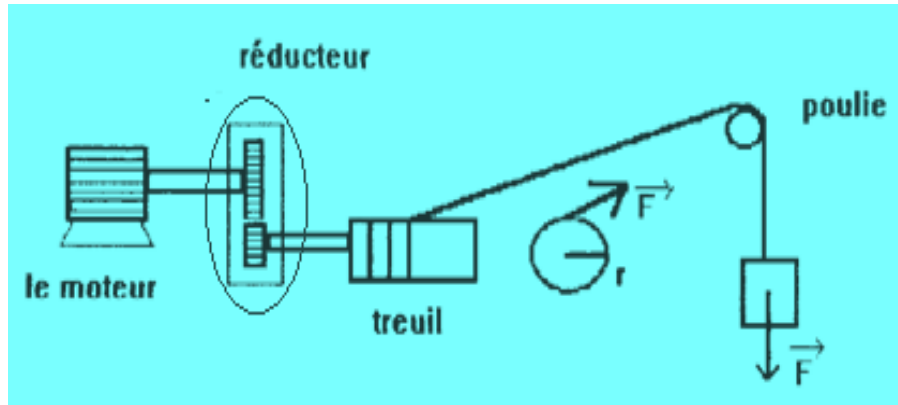


Figure I- 3 : Réducteurs

I. 4.2 Types de réducteurs

Le réducteur mécanique permet de réduire la vitesse de rotation d'un moteur électrique, en augmentant le couple de sortie. Les réducteurs mécaniques sont généralement utilisés sur de nombreuses applications industrielles. Ils peuvent prendre différentes formes selon sa série.

Les plus utilisés étant : les réducteurs roue et vis, les réducteurs coaxiaux, les réducteurs orthogonaux, les réducteurs arbres parallèles, les planétaires et les pendulaires.[8]

I. 4.3 Principe de base

Un réducteur fonctionne en utilisant un ensemble d'engrenages ou d'autres mécanismes pour réduire la vitesse de rotation tout en augmentant le couple. Cela se fait par le biais du rapport de transmission, qui est déterminé par la configuration des engrenages.

I.4.4 Rapport de transmission

Le rapport de transmission est défini comme le rapport entre la vitesse de rotation à l'entrée (moteur) et la vitesse de rotation à la sortie (charge). Il peut être exprimé par :

$$R = \frac{N2}{N1} \tag{I.1}$$

Où :

- N1 est la vitesse d'entrée (en tours par minute, RPM).
- N2 est la vitesse de sortie. Par exemple, si un réducteur a un rapport de 10 :1, cela signifie que pour chaque dix tours du moteur, il y a 1 tour à la sortie.[9]

I.5. Les ascenseurs

I.5.1 Généralités sur les ascenseurs

Un ascenseur est un appareil mobile ou semi-mobile qui déplace des personnes et des objets verticalement vers des niveaux spécifiés d'un bâtiment. L'ascenseur est le plus souvent installé dans une cage d'ascenseur, qui est un entonnoir vertical fermé généralement situé à l'intérieur d'un bâtiment. Il peut également être construit sans cage fermée et être accessible en bordure de chaque dalle de niveau et même en façade depuis l'extérieur avec une cage transparente. Le mouvement des cabines dans les cages d'extrémité peut parfois être observé dans les cages transparentes. Les dimensions, la construction et le contrôle en temps réel pendant l'utilisation des ascenseurs doivent permettre un accès sécurisé des personnes. Des ascenseurs spéciaux pour personnes à mobilité réduite (en fauteuil roulant), dispositif à

course verticale sans véritable cage permettent de parcourir les couloirs comportant des volées de marches sans rampes d'accès, voire d'accéder à un inter-niveau ou un autre niveau desservi par un escalier sans qu'il y ait d'autres ascenseurs disponibles. Un dispositif qui suit une rampe garde-corps d'escalier est un monte-escalier. [10]

I.5.2 Aperçus historique

L'ascenseur, tel que nous le connaissons aujourd'hui, a une histoire riche qui remonte au début du dix-neuvième cycle. Les premières formes de dispositifs de levage ont été développées pour faciliter le transport de charges lourdes. Voici quelques dattes qui ont marqué l'évolution des ascenseurs :

- En 1853 : L'invention d'Elisha Graves Otis a marqué un tournant décisif avec le développement du premier ascenseur moderne équipé d'un système de sécurité automatique contre les ruptures du câble.
- En 1861 : La même entreprise Otis a introduit un ascenseur à vapeur, rendant les étages supérieurs plus accessibles et augmentant la valeur des propriétés immobilières.
- En 1880 : Le premier ascenseur électrique est développé en Allemagne, révolutionnant encore davantage le transport vertical.
- En 1924 : L'apparition d'ascenseurs sans machiniste (liftier) grâce à l'automatisation et aux dispositifs de sécurité avancés.
- Évolution technologique : Avec le temps, les commandes sont devenues électriques puis électroniques, intégrant des systèmes de mémoire pour améliorer l'efficacité et la sécurité.

Aujourd'hui, les ascenseurs peuvent atteindre des vitesses allant jusqu'à 9 mètres par seconde, permettant un transport rapide et confort dans les grands immeubles. Les normes de sécurité ont également été renforcées pour répondre aux exigences modernes. En bref, l'ascenseur est passé d'un simple dispositif de levage à un système complexe intégrant technologie et sécurité, et joue un rôle essentiel dans l'architecture contemporaine et l'accessibilité des bâtiments.[11]

I.5.3 Types d'ascenseurs

On distingue essentiellement deux types d'ascenseur :

- Les ascenseurs à traction à câble,
- Les ascenseurs hydrauliques.

I.5.4 Les ascenseurs à traction à câble

a) Description

Dans ce paragraphe on s'intéresse aux ascenseurs à traction à câbles sont les types d'ascenseurs que l'on rencontre le plus, notamment dans les bâtiments commerciaux les ascenseurs à moteur-treuil et les Ascenseurs à moteur à attaque directe. Ils se différencient entre eux selon le type de motorisation comme il est montré sur La figure (I.4) :

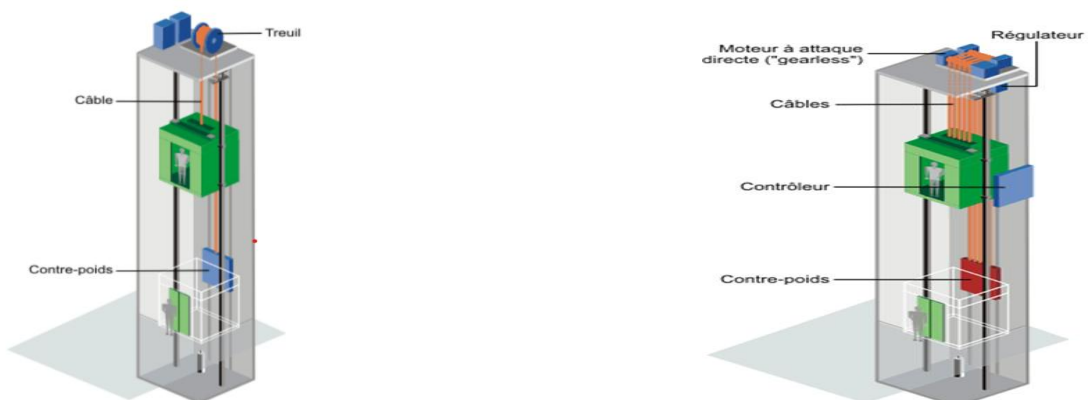


Figure I- 4 : a- Ascenseur à moteur-treuil ; b- Ascenseur à moteur à Attaque directe

I.5.5 Différentes parties d'un ascenseur à traction

On se limite aux composants d'un ascenseur à treuil car il représente la majorité des ascenseurs qui existent sur le marché.

- **Cabine d'ascenseur** : Élément composé d'un plancher, de parois et d'un toit destiné à accueillir les personnes et les marchandises. Cet élément est inséré et fixé dans un cadre appelé suspension cabine.
- **Porte de cabine** : Porte à fermeture généralement automatique destinée à confiner l'utilisateur dans la cabine pendant le déplacement de celle-ci, lui interdisant tout contact avec les parties extérieures à la cabine.
- **Porte palière** : C'est la porte externe de l'ascenseur. Chaque ascenseur est équipé d'autant de porte palière que de nombre d'étage. Elles doivent être équipées d'un dispositif empêchant leurs ouvertures si la cabine n'est pas sur le niveau et bloquant le départ pendant leur ouverture.
- **Boutons d'appels** : On nomme boutons d'appels les boutons installés aux paliers.

On se limite aux composants d'un ascenseur à treuil car il représente la majorité des ascenseurs qui existent sur le marché.

- **Boutons d'envois** : Les boutons d'envois sont installés dans la cabine.
- **Charge utile** : Capacité maximum en Kilogramme qu'une cabine d'ascenseur peut contenir. Au-delà de cette capacité, le système de traction n'est plus en mesure de contrôler le déplacement et l'arrêt correct de la cabine. La charge utile est une indication qui doit obligatoirement figurer dans la cabine.
- **Contrepoids** : Élément destiné à contre balancer le poids de la suspension cabine, augmenté de la moitié de la charge utile. Celui-ci est constitué d'une suspension métallique contenant des gueuzes en fonte destinées à l'alourdir. Lorsque la cabine d'ascenseur monte, le contrepoids descend.
- **Suspension cabine (ou étrier)** : Cadre rigide composé de poutrelles en acier et destiné à accueillir la cabine. Ce cadre est suspendu dans la gaine par les câbles de traction. Des Coulisseaux épousant la forme des guides de cabine et fixés à la suspension assurent le déplacement parfait de la cabine (figure I-5).
- **Gaine d'ascenseur** : Gaine verticale dans laquelle se déplacent l'ascenseur et son contrepoids. Celle-ci est équipée de guides en acier destinés à guider la suspension de cabine et le contrepoids.
- **Guides** : Profilés en acier, généralement en forme de T, destinés à guider la cabine et le contrepoids dans la gaine.
- **Ancrage de guide** : Pièce métallique servant à fixer les guides aux murs de la gaine
- **Coulisseaux** : Éléments fixés à la suspension, garnis d'une fourrure épousant la forme des guides et destinés à guider celle-ci dans la gaine.



Figure I- 5 : Suspension de cabine.

- **Cuvette** : Partie la plus basse de la gaine de l'ascenseur contenant les poulies de renvoi et les amortisseurs (figure I-6).
- **Amortisseurs** : Ressorts puissants placés en cuvette et destinés à ralentir la suspension cabine ou le contrepoids en cas de dépassement des fins de course de sécurité. Dans le cas d'un ascenseur à grande vitesse, on utilise des amortisseurs à huile.



Figure I- 6 : Cuvette d'ascenseur.

- **Fin de course** : Contact de sécurité placé généralement en gaine et destiné à stopper l'ascenseur en cas de dépassement de sa course normale. La fin de course peut aussi se trouver en machinerie. Dans ce cas, il est actionné soit par le tambour de traction soit par le câble du limiteur (figure I-7).



Figure I- 7 : Fin de course ou sectionneur.

- **Câble de sélecteur d'étage** : Généralement, les sélecteurs d'étage mécaniques sont entraînés par le treuil ou le limiteur de vitesse. Cependant, certains sélecteurs d'étage ont leur propre câble d'entraînement. Celui-ci, relié entre la cabine d'ascenseur et le contrepoids entraîne un petit tambour qui actionne le sélecteur d'étage.
- **Machinerie (ou salle des machines)** : Local généralement placé au-dessus de la gaine et destiné à contenir l'appareillage et le système de traction.
- **Appareillage** : Armoire placée en machinerie et contenant les relais, et autres équipements destinés à commander l'ascenseur.
- **Treuil** : Machine composée d'un dispositif de freinage et d'un moteur, il est destiné à actionner les câbles de traction de l'ascenseur. On distingue trois types de treuil : les anciennes machines à tambour de traction. Les machines, équipées d'un réducteur, appelées Geared (avec boîte de vitesse) et les machines à traction directe (sans boîte de vitesse) appelées Gearless. Ces dernières sont les plus modernes et les plus performantes

- **Machine geared** : Treuil d'ascenseur équipé d'un réducteur. Machine actuellement la plus répandue.
- **Moteur de traction** : Moteur équipant le treuil de l'ascenseur et placé dans la machinerie.
- **Réducteur** : C'est une boîte de vitesse composée soit d'une vis et d'une couronne soit d'un réducteur planétaire contenus dans un carter rempli d'huile. Son rôle consiste à démultiplier la vitesse du moteur électrique pour la rendre compatible avec les conditions d'utilisation de l'ascenseur. Pour assurer la lubrification de l'ensemble, la couronne baigne généralement dans l'huile du carter et par sa rotation ramène de l'huile vers les autres organes
- **Tambour de traction** : C'est une pièce cylindrique creuse équipée de deux gorges en forme de pas de vis. Deux câbles de traction sont fixés au tambour et à la suspension cabine, deux autres au tambour et au contrepoids. Lorsque le tambour commandé par le treuil tourne, les câbles du côté de la cabine s'enroulent et font monter celle-ci pendant que les câbles, du côté du contrepoids se déroulent et le font descendre. Le tambour a été remplacé depuis par une poulie de traction.
- **Poulie de traction** : Poulie équipée généralement de gorges taillées en forme de V de manière à agripper les câbles de traction. Cette poulie, solidaire du treuil, fait lors de sa rotation se déplacer l'ensemble cabine- contrepoids.

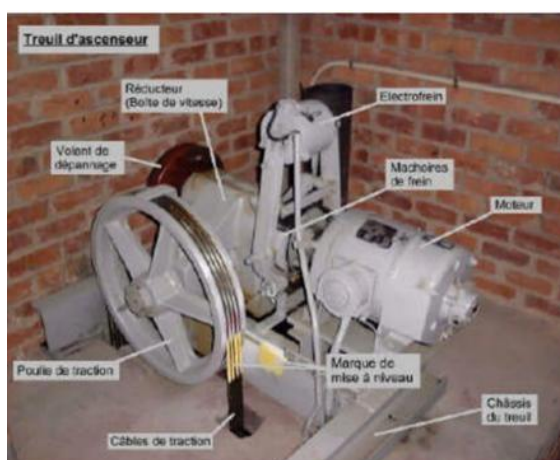


Figure I- 8 : Treuil d'ascenseur.

- **Volant de dépannage** : Dans le but d'assurer le déplacement manuel de l'ascenseur, un volant de dépannage est généralement fixé soit sur l'arbre du moteur de traction soit sur l'axe du treuil. Certaines anciennes installations sont encore équipées d'un volant amovible. Celui-ci doit impérativement être replacé sur son support (s'il existe) qui est en principe équipé d'un contact de sécurité empêchant la remise en service intempestive de l'ascenseur.
- **Marquage des câbles** : Tous les ascenseurs équipés de treuil devraient être équipés d'un marquage sur les câbles de traction matérialisant la mise à niveau de la cabine. Celui-ci est à niveau lorsque la marque des câbles est en face d'une marque de même couleur peinte sur le châssis du treuil. Certains ascenseurs possèdent quant à eux un voyant installé sur l'appareillage qui lorsqu'il est allumé, informe de la mise à niveau de la cabine.
- **Câbles de compensation** : Dans les immeubles de grande hauteur, le poids des câbles de traction devient trop important par rapport à la charge utile de la cabine d'ascenseur. Il existe donc une forte différence selon que la cabine se trouve en haut ou en bas de la gaine. On résout ce problème par l'adjonction de câbles ou de chaîne de compensation. Ceux-ci, d'un poids identique aux câbles de traction sont pendus entre la cabine et le contrepoids et permettent de maintenir l'ensemble en équilibre quelle que soit la position de la cabine.
- **Chaîne** : Sur quelques ascenseurs spéciaux, certains câbles sont remplacés par des Chaînes remplissant les mêmes fonctions.
- **Machine gearless** : La poulie de traction est directement montée sur l'axe du moteur de traction. Ce principe permet d'atteindre de très grande vitesse de déplacement (Jusqu'à 12 m/s) (figure I-9).

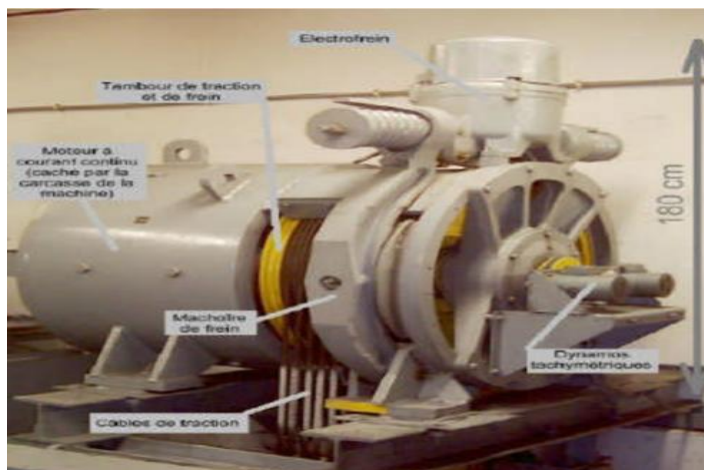


Figure I- 9 : Machine de traction sans boîte de vitesse (Gearless).

- **Servofrein** : Mécanisme composé de pignons et d'un secteur de roue dentée. Celui-ci, commandé par un moteur est destiné à actionner le mécanisme de freinage des mâchoires de frein. Le servofrein a depuis été remplacé par l'électrofrein.
- **Electrofrein** : Electroaimant puissant destiné à assurer le freinage des mâchoires de frein. Dans le but de permettre un freinage manuel, l'électrofrein est généralement équipé d'un levier fixé à demeure. Si celui-ci est amovible, il doit être laissé à disposition dans la machinerie (figure I-10).

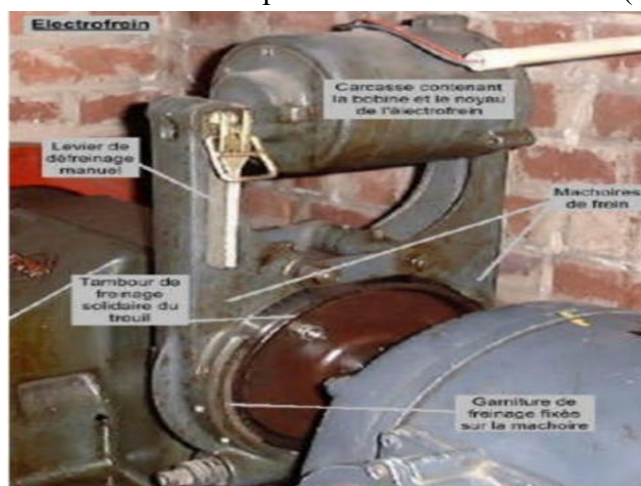


Figure I-10: Electrofrein.

- **Tambour de frein** : Pièce cylindrique fixée solidement sur l'axe de la vis du treuil. Lors de l'arrêt de l'ascenseur, les mâchoires de frein sont appliquées fermement sur celui-ci pour immobiliser l'ascenseur.
- **Garnitures de frein** : Patins de friction en matière spéciale collés ou rivés sur les mâchoires de frein et destinés à bloquer efficacement le tambour de frein. Autrefois, l'amiante entrant dans la composition de ces garnitures, mais actuellement les nouveaux patins en sont dépourvus.
- **Mâchoires de frein** : Pièces métalliques équipées de garnitures de friction et épousant la forme du tambour de frein. Les mâchoires, destinées à immobiliser l'ascenseur sont appliquées fermement contre le tambour par des ressorts. L'ouverture du frein est assurée par un mécanisme de freinage. Celui-ci est actionné par un électroaimant Puissant qu'on appelle électrofrein

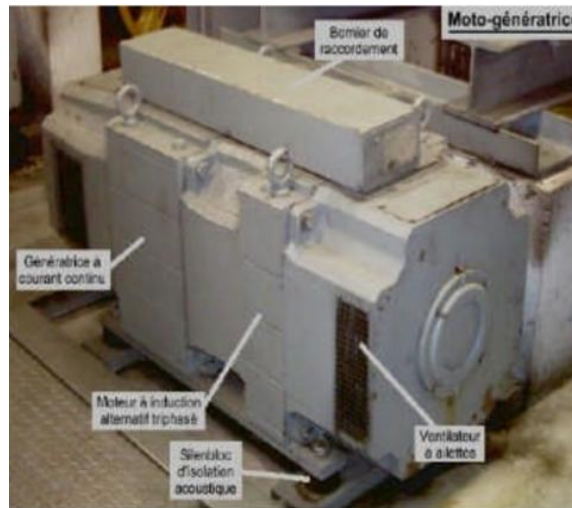


Figure I- 11 : Moto-génératrice.

Figure I- 12 : Appareillage de puissance (Drive).

- **Poulie de renvoi** : Poulie tournant librement et destinée à guider les câbles entre la cabine et les contrepoids.
- **Poulie de mouflage** : Certains ascenseurs à grande capacité sont mouflés. C'est-à-dire qu'une démultiplication est installée à l'aide de poulies de mouflage. Lorsque la cabine Parcours 1 mètre, les câbles au niveau du treuil en parcourent 2 ou 3. Cette méthode permet d'installer des treuils moins puissants mais augmente la longueur des câbles et le coût de leur remplacement.
- **Limiteur de vitesse** : Organe mécanique équipé de masselottes et placé généralement en machinerie. Le limiteur, solidaire de l'ascenseur par un câble de limiteur tourne au déplacement de celui-ci. Si la vitesse dépasse anormalement la vitesse maximale autorisée, les masselottes se lèvent et coupent un contact de sécurité. En descente, la levée des masselottes bloque le limiteur. Ceci a pour effet de provoquer la levée du dispositif de parachute de la suspension de la cabine d'ascenseur.
- **Câble de limiteur** : Câble en acier fixé au parachute de l'ascenseur et se déplaçant avec lui. Lorsqu'en descente, le câble est bloqué par le limiteur de vitesse, il provoque la levée du parachute et le blocage de la cabine.
- **Parachute** : Organe mécanique placé sur la suspension de cabine et commandé par un câble de limiteur. En cas de rupture des câbles de traction ou de survitesse exagérée en descente, le mécanisme du parachute assure un blocage mécanique de la suspension dans les guides évitant la chute libre de la cabine.

I.6 Motorisation électrique

I.6.1 Moteurs

- **Moto génératrice** : Machine destinée à créer une alimentation en courant continu de forte puissance. Cette machine est composée, d'une part, d'un moteur à induction alternatif triphasé et, d'autre part, d'une génératrice à courant continu (figure I-11).
- **Moteur à courant continu** : Les moteurs à courant continu sont composés d'une carcasse portant des inducteurs et d'un rotor portant un induit bobiné. La vitesse du moteur à courant continu est directement proportionnelle à la tension appliquée aux bornes de son enroulement induit. Le couple fourni par le moteur dépend de l'intensité traversant ses inducteurs.
- **Moteur à induction alternatif** : Les moteurs à courant alternatif sont généralement triphasés et utilisent le principe de l'induction électromagnétique. La vitesse de ceux-ci est directement proportionnelle à la fréquence du réseau électrique qui est immuable et inversement

proportionnelle au nombre de bobines contenues dans le stator qui est fixé par le constructeur. Le rotor du moteur est actuellement constitué d'une cage composée de barreaux en aluminium soudés entre eux. (Les premiers moteurs d'ascenseur étaient composés d'un rotor bobiné) Les moteurs à deux vitesses sont composés de deux séries de bobines distinctes. Chaque série de bobines se nomme enroulement.

- **Moteurs synchrones** Un moteur synchrone est une machine électrique dont le rotor tourne à la même vitesse que le champ magnétique du stator. Il fonctionne en synchronisme avec la fréquence du courant alternatif. Ce type de moteur peut agir comme moteur ou générateur, selon l'application. Les moteurs synchrones sont prisés dans les systèmes nécessitant une vitesse constante et précise. Ils sont couramment utilisés dans des applications industrielles et des transports, comme les trains à grande vitesse.[12]
- **Coffret de force motrice :** Coffret principal d'alimentation se trouvant en machinerie. Avant toute intervention en machinerie, il va de la sécurité de l'utilisateur de déclencher le levier de ce coffret pour couper l'alimentation de l'appareil.
- **Commande de rappel :** Dans le cas d'une grosse installation, il existe en machinerie un boîtier de manœuvre de rappel destiné à ramener l'ascenseur au niveau d'un palier pour dégager une personne bloquée dans la cabine. Si ce boîtier existe, il faut tenter de déplacer l'ascenseur à l'aide de celui-ci. Si cela ne donne pas de résultat, il faudra couper le courant avant d'effectuer la manœuvre manuellement.
- **Commande de révision :** La commande de révision est composée d'un boîtier placé sur le toit de la cabine de l'ascenseur. Ce boîtier, équipé de bouton de marche montée et descente ainsi que d'un bouton d'arrêt d'urgence, permet au préposé à l'entretien de manœuvrer, en toute sécurité et à faible allure l'ascenseur pour inspecter et graisser les organes placés en gaine.[10]



Figure I- 13 : Coffret de force motrice.

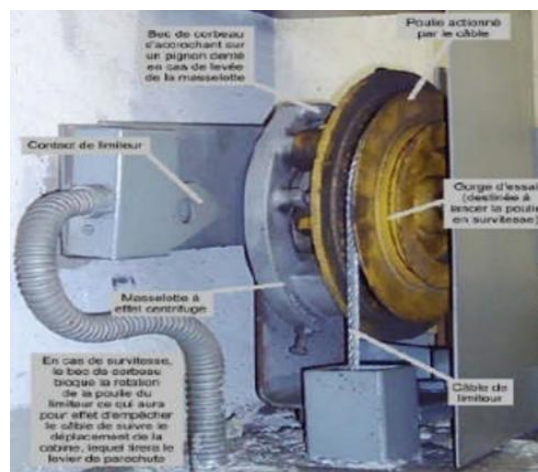


Figure I- 14 : Câble de limiteur.

- **Inverseur d'étage :** Sur les anciens ascenseurs, contact inverseur qui était placé engaine à chaque étage et servait de sélecteur d'étage.
- **Manœuvre :** Les ascenseurs se définissent en nombre d'appareil dans une batterie d'ascenseurs et par le genre de boutons d'appel utilisé pour les faire venir à l'étage. Ces Paramètres déterminent le type de manœuvre Il existe trois grandes familles de manœuvre le manœuvre. La manœuvre à blocage, La manœuvre collective et la manœuvre sélective qui n'est plus fabriquée actuellement.[10]

Avantages et inconvénients [13]

Ci-dessous, on trouvera les principaux avantages et inconvénients des ascenseurs à traction à câbles :

Avantages

- Course verticale pas vraiment limitée ;
- Suivant le type de motorisation précision au niveau de la vitesse et du déplacement ;
- Rapidité de déplacement ;
- Efficacité énergétique importante ;
- Pas de souci de pollution.

Inconvénients

- En version standard, nécessite un cabanon technique en toiture ;
- Exigence très importante sur l'entretien

I.6.2 Les critères de choix d'un ascenseur

En général, les dépenses énergétiques des ascenseurs ne sont pas la priorité gestionnaire de bâtiments tertiaires. En effet, la préoccupation première reste avant tout : emmener un maximum de monde en toute sécurité et avec un maximum de retour des critères de choix

- **Constructifs** : hauteur de bâtiment, espace disponible au niveau des étages, possibilité de placer une salle des machines au sommet de la gaine, stabilité du terrain de sécurité.
- **Organisationnels** : Comme le type de fonction du bâtiment, son occupation et son type de fonctionnement en garantissant une performance de confort et de trafic (rapport vitesse/charge).
- **Energétiques** : Basées essentiellement sur la consommation et les appels de puissance de la motorisation.[10]

I.7. Problèmes d'Alimentation par les sources fossiles

Le développement des bâtiments et la construction d'immeubles résidentiels de grande hauteur pour répondre à la forte croissance démographique nécessitent l'utilisation d'ascenseurs. De nos jours, on peut dire que chaque bâtiment nouvellement construit a besoin d'un ascenseur. Si une zone contient dix bâtiments, elle contient dix moteurs et donc dix sources d'émissions de gaz polluants. Si nous appliquons cette approche aux grandes villes, puis aux pays, nous obtiendrons une énorme quantité de gaz nocifs qui seront libérés dans l'environnement par unité de temps. Nous en concluons que la quantité émise par un seul ascenseur est considérée comme faible, mais une fois combinée, elle devient importante, en plus des perturbations de la qualité de l'énergie causées par un fonctionnement excessif du moteur.

I.7.1. Système d'alimentation par énergie renouvelable

Au cours des dernières décennies, la société a ressenti les conséquences du changement climatique à travers les émissions de gaz qui polluent l'environnement. Il a commencé à réfléchir à de nouvelles façons d'utiliser l'énergie plus efficacement et à recourir à de nouvelles sources d'énergie moins polluantes. L'exploitation des ressources renouvelables connaît un essor majeur dans tous les pays du monde. L'intermittence des énergies renouvelables pose des problèmes d'approvisionnement en particulier pour les sites isolés du réseau de distribution électrique. Dans ce cas, au moins un élément de stockage de l'énergie devient alors obligatoire pour assurer la continuité de la fourniture d'électricité au client. Ces sources d'énergies renouvelables et les éléments de stockage associés constituent ainsi un système hybride. La source d'énergie renouvelable choisie pour notre étude est le photovoltaïque (PV) qui est devenue une source alternative prometteuse. Car elle présente de nombreux avantages tels que l'abondance, l'absence de pollution et le caractère renouvelable. Les éléments de stockage les plus couramment utilisés dans les systèmes électriques hybrides sont les super condensateurs et les batteries, Les super condensateurs étant considérés comme un complément aux batteries plomb-acide. Les super condensateurs ont permis le développement de véhicules hybrides, l'énergie de freinage récupérée par les super condensateurs la restituant à la puissance de pointe nécessaire au démarrage du moteur.

Dans ce contexte, nous nous intéressons à un système électrique hybride permettant à un ascenseur de fonctionner sur plusieurs étages d'un bâtiment. Des panneaux photovoltaïques, des batteries et des

supercondensateurs alimentent le moteur électrique à courant continu de la cage d'ascenseur via des convertisseurs de puissance

I.8. Systèmes électriques hybrides.

I.8.1. Structure générale

La plupart du temps, les systèmes électriques hybrides peuvent être représentés . C'est une structure assez générale sur laquelle on peut ajouter ou enlever les sources et les charges suivant la topologie du système. Le réseau électrique ou la pile à combustible pourraient par exemple constituer la source auxiliaire.[15]

I.8.2. La configuration en série

Tous les générateurs sont connectés au bus en courant continu (DC). Chaque composant doit donc être équipé d'un régulateur de charge individuelle dans le cas des sources alternatif un redresseur est obligatoire. Le courant alternatif fourni à la charge est converti de courant continu en courant alternatif régulé par un onduleur DC/AC.[15]

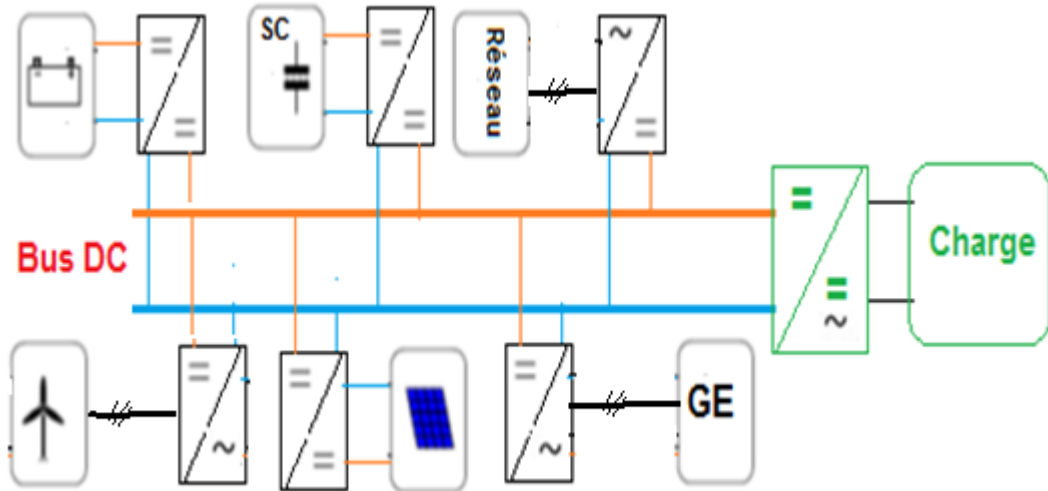


Figure I.15 : La configuration série d'un système hybride éolien- photovoltaïque avec stockage et un générateur diesel.

I.8.3. La configuration AC

Le système couplé au bus AC, illustré à la Figure (I.16), constitue une meilleure solution dans laquelle toutes les sources sont connectées à un bus AC par l'intermédiaire de convertisseurs électroniques de puissance. Même s'il y a un défaut dans un onduleur, les autres sources peuvent continuer à alimenter la totalité ou une partie de la charge. Néanmoins, la nécessité pour la synchronisation et les problèmes de qualité de puissance inhérente, tel que les harmoniques et la puissance réactive, sont les principaux inconvénients de cette structure.[15]

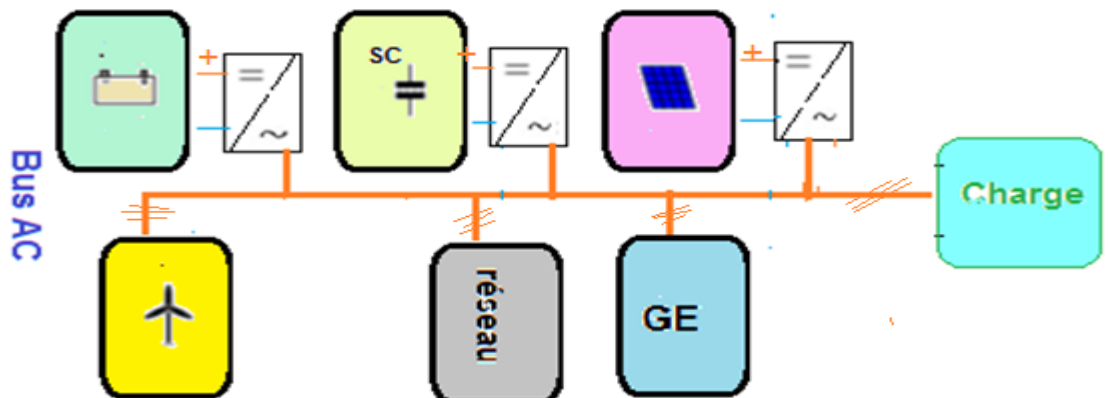


Figure I.16 : La configuration d'un système hybride AC

I.8.4. La configuration en parallèle

Le système hybride parallèle peut être classé à base de leurs couplages DC et AC comme le montre la Figure (I.17). Dans le schéma, un onduleur bidirectionnel est utilisé pour établir le lien et la gestion d'énergie entre les batteries et le bus AC. L'onduleur bidirectionnel peut charger le banc de batteries

(fonctionnement de redresseur) lorsqu'un surplus d'énergie est fourni par le générateur diesel ou par les sources renouvelables, ainsi il agit en tant que convertisseur DC / AC (fonctionnement d'inverseur).[15]

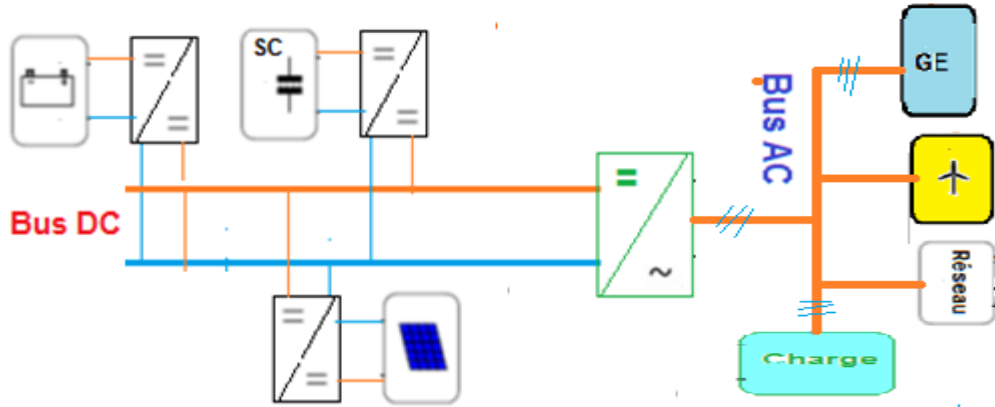


Figure I.17 : La configuration parallèle d'un système hybride.

Parmi ces configurations, la connexion couplée au bus DC, illustrée par la Figure (I.17), est devenue populaire parmi de nombreux chercheurs en raison de la facilité d'intégration et de l'absence de problèmes de qualité d'alimentation, tels que les harmoniques et la puissance réactive. Les coupures d'électricité en cas de défaillance de l'onduleur principal est un inconvénient majeur de cette configuration [21]. Pour résoudre ce problème, plusieurs onduleurs peuvent être connectés en parallèle avec l'onduleur principale du mécanisme d'accommodation des défauts peut être utilisé.

I.9. Les Convertisseurs ;

I.9.1. Convertisseur DC- DC : Un convertisseur DC-DC est un dispositif électronique qui transforme une source de courant continu (DC) d'un niveau de tension à un autre. Il peut abaisser (Buck), élever (Boost) ou ajuster la tension (Buck-Boost) selon les besoins de l'application. Ces convertisseurs sont largement utilisés dans des systèmes électroniques pour alimenter des circuits, charger des batteries, ou adapter des niveaux de tension dans divers dispositifs, y compris les véhicules électriques et les systèmes solaires. Ils peuvent être isolés ou non isolés, offrant ainsi différentes options en fonction des exigences de sécurité et de performance. Les rendements des convertisseurs DC-DC varient généralement entre 80 et 95 % [16]

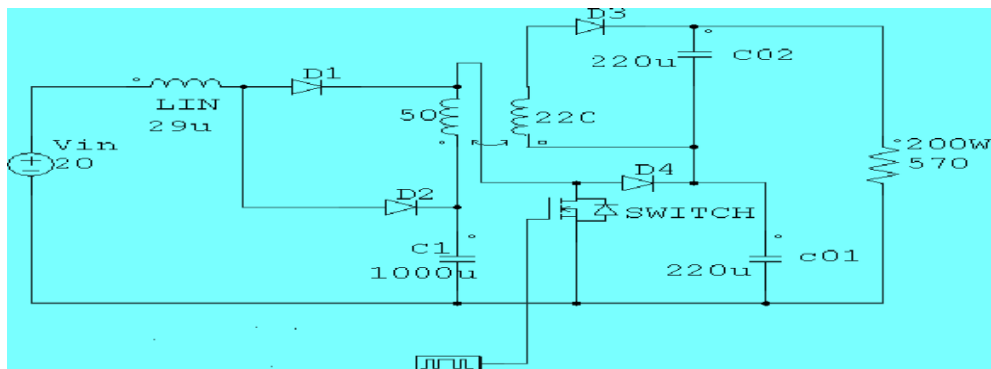


Figure I. 18 : Convertisseur DC- DC

I.9.2. Convertisseur AC- DC : Un convertisseur AC-DC, communément appelé redresseur, est un circuit électronique qui transforme une tension alternative (AC) en une tension continue (DC). Il est largement utilisé dans les alimentations électriques pour convertir la tension AC du réseau électrique en une tension DC utilisable par les appareils électroniques.[17]

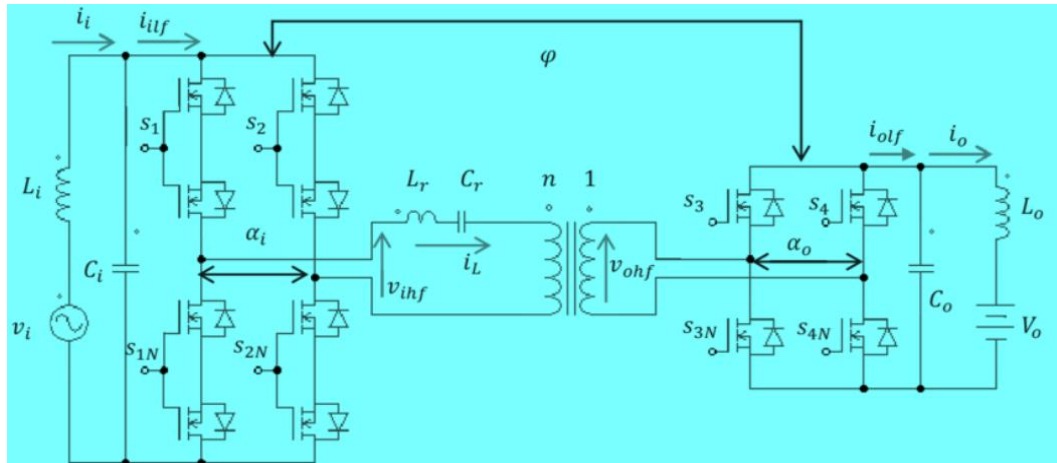


Figure I.19 : Convertisseur AC- DC

I.9.3. Convertisseur DC- AC : Le convertisseur DC AC est un dispositif électronique utilisé pour convertir une source d'énergie électrique continue en une source d'énergie alternée. Cet appareil est souvent utilisé dans les systèmes électriques de voiture, de bateau ou de camping-car pour alimenter des appareils électriques domestiques tels que des ordinateurs, des télévisions ou des réfrigérateurs.

Il existe différents types de convertisseurs DC AC, allant des modèles les plus simples aux plus avancés. Les convertisseurs DC AC peuvent être de petite ou de grande puissance, selon les besoins de l'utilisateur. Certains modèles sont équipés de fonctionnalités supplémentaires telles que des protecteurs contre les surtensions ou des indicateurs de charge.[19]

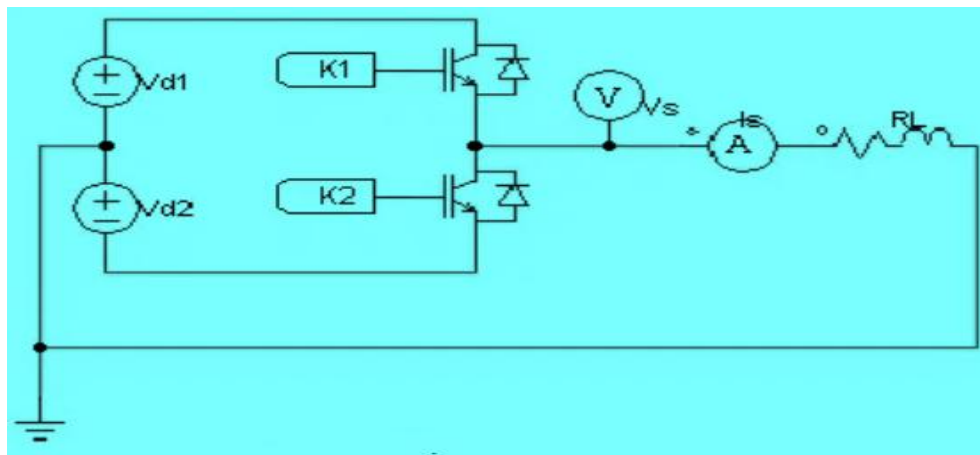


Figure I.20 : Convertisseur DC - AC

I.10. Stockage de l'énergie électrique

I.10.1. Définition :

Le stockage de l'électricité constitue une brique essentielle de la transition énergétique, compte tenu des besoins croissants de flexibilité sur les réseaux, mais demeure limité et coûteux, ce qui pénalise la gestion de l'équilibre entre demande et offre d'électricité sur les réseaux, alors même qu'ils intègrent une part croissante d'unités de production intermittentes. Elle contraint ainsi les réseaux à se dimensionner pour faire face aux pointes de demande et à parfois sous-employer leur appareil productif.[20]

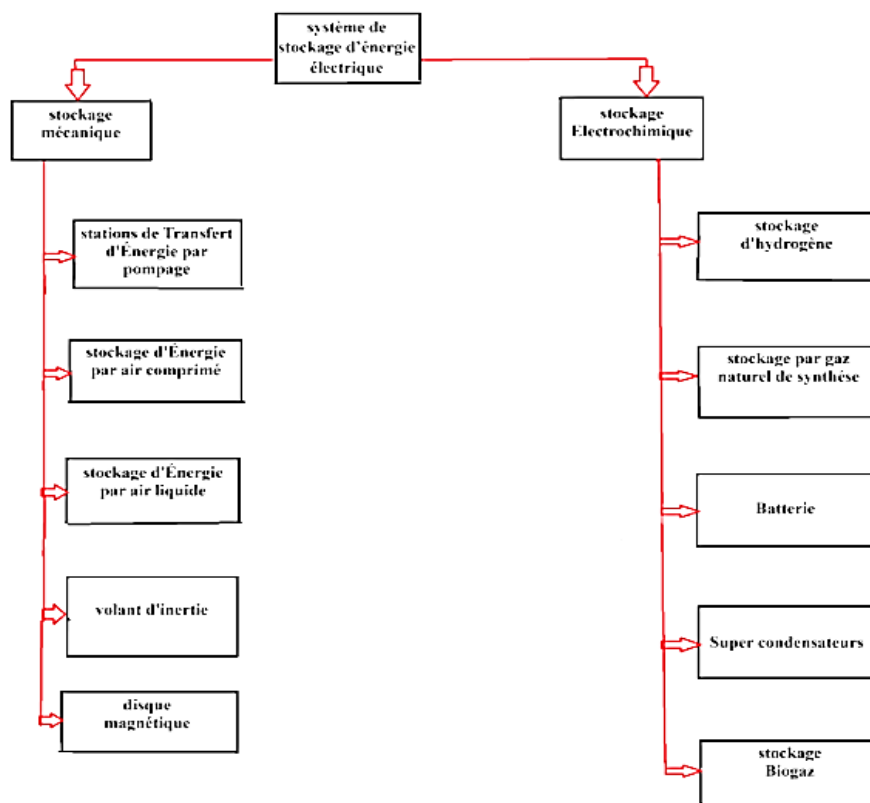


Figure I. 21 : Les différentes procédures de stockage de d'énergie électrique

• Le stockage électrochimique

Malgré les avancées des dernières années, cette technologie (batterie) n'est pas capable de résister avec son compétiteur, le pétrole. Plusieurs laboratoires tentent de perfectionner la chimie des cellules pour en améliorer la puissance, l'énergie et la sécurité. D'autres se concentrent plus à l'intégration de ces cellules dans des

Batteries pour la création de systèmes d'accumulation d'énergie (SAE). Il s'agit d'un combat sur plusieurs fronts pour amener cette technologie à un niveau pouvant dépasser les énergies fossiles.

La conception d'une SAE est un processus d'ingénierie complexe, onéreux et qui nécessite énormément de temps. Il s'agit d'un effort multidisciplinaire pour pouvoir tenir compte de tous les phénomènes concurrents se produisant dans la batterie. De plus, une multitude de paramètres doivent faire partie de l'étude de faisabilité pour obtenir un produit répondant aux besoins du client. Le chemin pour arriver à une batterie optimale est donc très difficile et comporte plusieurs défis. Pour ce genre de problème, les ingénieurs ont de plus en plus recours à l'ingénierie assistée par ordinateur (CAE).[21]

Système d'accumulation d'énergie

On définit un système d'accumulation d'énergie (SAE) comme étant le processus de conversion de l'énergie électrique provenant d'un réseau électrique dans une forme où elle peut être stockée pour être reconvertie lorsque nécessaire [7]. Ces systèmes possèdent plusieurs applications tant dans les appareils portables, dans le transport ainsi que pour les ressources d'énergies renouvelables. [21]

• Accumulateurs électrochimiques

Un accumulateur est destiné à stocker l'énergie électrique et à la restituer ultérieurement. Les batteries sont des accumulateurs électrochimiques, constituées par :

- ✓ Une électrode positive composée d'un corps oxydant, capable d'attirer des électrons.

- ✓ Une électrode négative composée d'un corps réducteur, capable de céder des électrons.

Les deux électrodes baignent dans une réaction « oxydant-réducteur ». C'est la réaction dans une solution électrolytique. La conversion d'énergie est basée solution et les électrodes qui est à l'origine du déplacement des électrons.[21]

I.11. Dimensionnement d'une batterie

I.11.1 Étude de dimensionnement :

Le choix de la technologie permet de fixer les caractéristiques des accumulateurs utilisés ; il faut ensuite les assembler en une batterie, en choisissant le nombre d'élément à mettre en série, et éventuellement en parallèle, selon les besoins du système. Le module de stockage d'un système de puissance raccordé au réseau a pour objectif de prolonger la production d'assurer un certain nombre de jours ja d'autonomie.

Ainsi, connaissant l'énergie moyenne nécessaire par jour E_{dem}/j enWh pour couvrir la consommation, le rendement des accumulateurs η_{batt} , et la tension de batterie V_{batt} engendrée par la connexion des accumulateurs, la capacité de stockage C_{batt} enAh peut être déduite par :

$$C_{batt} = \frac{\left(\frac{E_{dem}}{j} * ja\right)}{\eta_{batt} * V_{batt} * pb} \tag{I.2}$$

En outre, un système de contrôle interne à la batterie est à prévoir. En effet, les accumulateurs ne peuvent se comporter de façon parfaitement identique, ce qui engendre au fil du temps des différences d'état de charge, et des cycles non homogènes, d'un accumulateur à l'autre. [21]

Modélisation des batteries

Un modèle est une représentation mathématique simplifiée d'un phénomène physique. Les modèles permettent de prédire le comportement d'un système et d'observer des phénomènes parfois impossibles à mesurer dans la réalité. Ainsi, des modèles ont été développés pour représenter le comportement macroscopique d'une batterie, qui se décline en trois types : l'électrique, le thermique et le vieillissement. Les deux propriétés principales d'une batterie sont sa tension V_{nom} et sa capacité Q_{cell} en Ah. Le produit de ces deux valeurs est une mesure de la quantité d'énergie contenue dans la batterie. Dans une source de tension idéale, la tension devrait demeurer constante en tout temps, jusqu'à ce que la batterie soit complètement déchargée, et ce peu importe la demande de courant.[21]

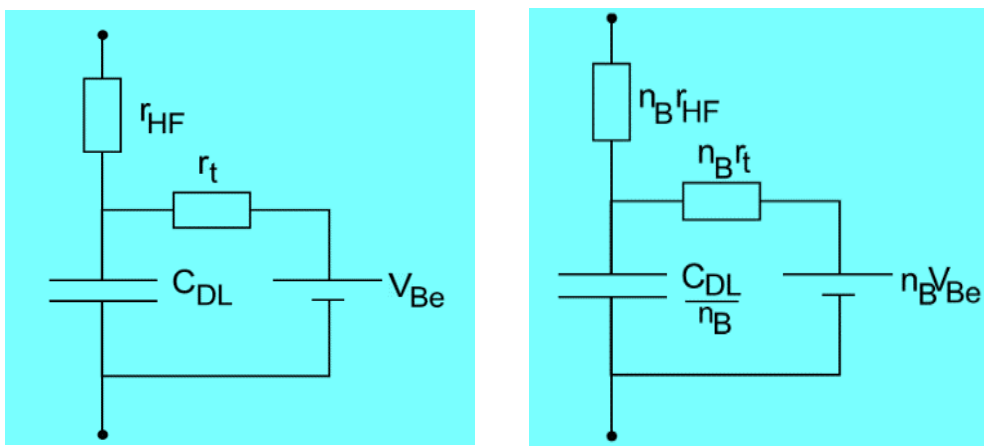


Figure I.22 : a- Modélisation d'un élément de batterie Li-ion

b- : Modélisation d'un banc de nb batteries au Li-ion.

I.12. Condensateurs

Les condensateurs sont des composants de stockage électrostatique, direct, considérés comme une source de puissance dans une certaine mesure, compte tenu de leur grande puissance spécifique et leur densité d'énergie relativement faible. Un condensateur se compose de deux électrodes, d'un isolant diélectrique entre les deux électrodes et de deux éléments de connexion pour permettre la liaison électrique du composant. Un condensateur permet d'emmagasiner transitoirement une charge électrique entre les deux électrodes séparées par un isolant diélectrique [22].

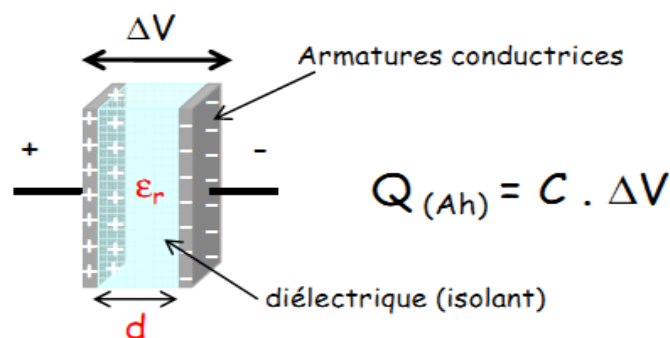


Figure I.23 : Structure d'un condensateur plan.

On distingue plusieurs familles de condensateurs suivant la nature de l'isolant et des électrodes :

- condensateur céramique
- condensateur électrochimique ou électrolytique
- condensateur à film plastique

I.12.1 Principe de fonctionnement

Un super condensateur se compose de deux collecteurs métalliques (généralement en aluminium), deux électrodes carbonées poreuses imprégnées d'électrolyte et d'une membrane poreuse isolante (pour assurer la conduction ionique et séparer électriquement les électrodes).

Le stockage d'énergie dans un super condensateur est fait sous forme de champ électrostatique entre deux électrodes [23], [24]. Il ne s'agit donc pas d'un stockage électrochimique comme pour un accumulateur, mais bien d'un stockage électrostatique, comme pour un condensateur, à ceci près que l'isolant diélectrique est remplacé par un électrolyte conducteur d'ions. Les super condensateurs ne sont pas basés sur le principe de la polarisation diélectrique (condensateur) pour le stockage de l'énergie, mais sur le principe de la double couche électrique [22] : lorsque l'on applique une tension entre deux électrodes immergées dans une solution électrolytique (l'électrolyte étant conducteur ionique et isolant électronique), une double couche électrique se forme à l'interface séparant les deux corps. La dissymétrie moléculaire de l'électrolyte et de l'électrode conduit à l'apparition de charges à l'interface électrolyte / électrode (effet de Helmholtz). Ainsi les charges accumulées à la surface de l'électrode sont équilibrées par celles, de nature ionique, qui s'accumulent dans l'électrolyte. On a alors des charges opposées, séparées par une distance infinitésimale, que l'on appelle double couche électrique. Les deux couches électriques ainsi formées se comportent comme un condensateur dont la capacité dépend de la surface effective de contact.

. Propriétés

Les propriétés d'un supercondensateur sont :

- ✓ Une capacité élevée (de quelques Farad jusqu'à plusieurs milliers de Farad)
- ✓ Une tenue en tension faible limitée par la présence d'un électrolyte ;
- ✓ Une puissance spécifique comprise entre 800 et 2000W.kg-1 [26].

- ✓ Une densité énergétique massique de l'ordre de 5 à 15Wh.kg-1[26] : 15Wh.kg-1 pour les matériaux nobles et autour de 5Wh.kg-1 pour les matériaux carbonés.
- ✓ Une densité énergétique volumique comprise entre 1 et 10Wh.L-1.
- ✓ La décharge d'un super condensateur s'effectue en quelques secondes, voire quelques dizaines de secondes.

Enfin, les super condensateurs sont fabriqués avec des matériaux moins polluants que les batteries, hormis pour l'électrolyte, et ne nécessitent pas de maintenance particulière tel le nettoyage des électrodes des batteries.

Tous ces avantages font que les super condensateurs sont utilisés dans de nombreuses applications aujourd'hui et permettent d'augmenter le rendement des systèmes dans lesquels ils sont intégrés. Mais attention, le stockage par super condensateurs ne se substitue pas aux stockages précédemment décrits. Il les complète et peut s'associer à eux de façon hybride. En particulier il peut s'associer au stockage des batteries électrochimiques. Seule une analyse technico-économique poussée permet d'optimiser la solution à retenir pour une application donnée : par exemple associer super condensateur et batterie pour un système autonome à forte dynamique, ou encore associer pile à combustible et super condensateur (à la place d'une batterie) pour une propulsion de véhicule...

I.14. Dimensionnement des super condensateurs

I.14.1 Étude de dimensionnement

Sachant que NP_{sc} super condensateurs identiques de capacité $C_{scelelem}$ voient leur capacité totale multipliée $C_{sc} = NP_{sc} * C_{scelelem}$ ainsi que leur courant global $I_{sc} = NP_{sc} * I_{scelelem}$, tandis qu'un banc de NS_{sc} super condensateurs divise la capacité $C_{sc} = C_{scelelem} / NS_{sc}$ et multiplie la tension $V_{sc} = N_{Ssc} * V_{scelelem}$. Partant de là, le banc peut être dimensionné à l'aide des deux équations suivantes. La première permet de déterminer la capacité nécessaire selon la puissance spécifique voulue.

En imposant la durée maximale pendant laquelle le super condensateur doit se charger ou décharger entièrement :

$$C_{sc} = \frac{I_{sc} * \Delta t_{charge}}{V_{scnom}} \quad (I.3)$$

Tandis que la seconde en déduit l'énergie maximale emmagasinable selon la capacité et la tension nominale :

$$E_{scmax} = \frac{1}{2} C_{sc} * V_{scnom}^2 \quad (I.4)$$

Le fait de combiner plusieurs super condensateurs identiques permet donc d'ajuster, tension, puissance et énergie stockable aux valeurs souhaitées. Cependant, en pratique des

S_{Cs} de mêmes caractéristiques ont une capacité pouvant varier de plus ou moins 20% d'un élément à l'autre, entraînant par exemple dans un banc en série des tensions différentes et donc une répartition des charges inégales. Un circuit d'équilibrage est alors indispensable pour éviter usure et surcharge du banc

- Modélisation des super condensateurs

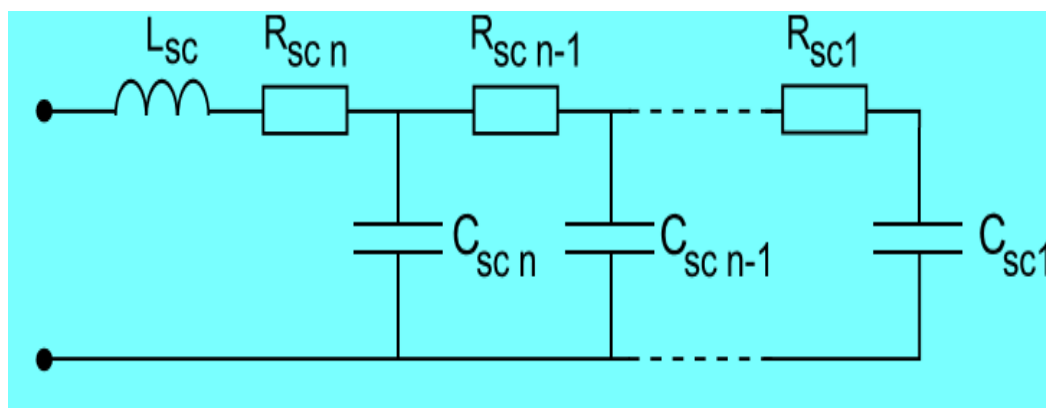


Figure I.24 : Modélisation d'un super condensateur à partir des circuits RC.

La présence d'unités de stockage au sein d'un système de puissance était indispensable pour en assurer deux fonctions vitales : l'autonomie à moyen terme du site pendant les périodes où la production est très faible, et l'équilibre énergétique en stockant ou déstockant la différence entre puissance produite et puissance consommée à chaque instant. Le panel des solutions de stockage, résumé figure 1.25 peut se classer selon leur énergie et puissance spécifiques, qui permettent d'assurer respectivement la première et la seconde fonction. Pour une utilisation en cas de pénurie, nous ne retenons pas les piles à combustible, trop chères, et les volants d'inertie, trop dangereux dans ce contexte.

Hybridation du stockage

Elle consiste à assembler plusieurs sources de stockage dans un même circuit pour plusieurs raisons, telles que la réduction des coûts, la capacité d'énergie stockée et la durée de vie des éléments du système. Les différentes sources peuvent être connectées selon plusieurs configurations soit pour intervenir simultanément selon la variation de la charge soit alternativement selon le temps.

Pour cela et afin de réduire le vieillissement des batteries, qui sont les éléments les plus couramment utilisés pour stocker l'énergie électrique dans les systèmes industriels. Parce qu'elles ont une forte énergie spécifique, c'est-à-dire qu'ils peuvent stocker beaucoup d'énergie. Cependant, elles ont une faible puissance spécifique,

Elles ont donc du mal à suivre des variations de charge très rapides. Ainsi les utilisés pour gérer les impacts de délestages du consommateur ou les fluctuations climatiques peut donc, engendrer un vieillissement

Prématuré des batteries, celles-ci étant déjà de courte durée de vie. D'autres types de stockage existent, tels les supers condensateurs, qui possèdent à l'inverse une faible énergie spécifique et une forte puissance spécifique. Composants destinés à devenir économiquement rentables dans les années à venir, ils possèdent une durée de vie bien plus longue que les batteries de l'ordre de 100.000 cycles de charge et décharge. Donc, ces éléments de forte puissance sont en mesure de soulager les batteries en absorbant ou fournissant les pics très importants de puissance.

I.15. La configuration du système hybride proposée pour notre cas

La figure (I.25) illustre le schéma général du système hybride proposé comme source d'alimentation électrique pour l'ascenseur. Ce système repose principalement sur l'énergie solaire, appuyée par un ensemble de batteries permettant de stocker l'énergie excédentaire afin d'assurer une alimentation continue en l'absence d'ensoleillement. En cas d'insuffisance de la production solaire et de décharge complète des batteries, le réseau électrique national prend le relais en tant que source de secours. Ce choix a été motivé par sa simplicité, sa fiabilité et son faible coût, notamment en termes de nombre

réduit de convertisseurs nécessaires. Ce système s'adapte parfaitement aux conditions climatiques de l'Algérie, caractérisées par un fort ensoleillement tout au long de l'année, ce qui en fait une solution économique, durable et parfaitement adaptée pour l'alimentation des charges critiques telles que les ascenseurs

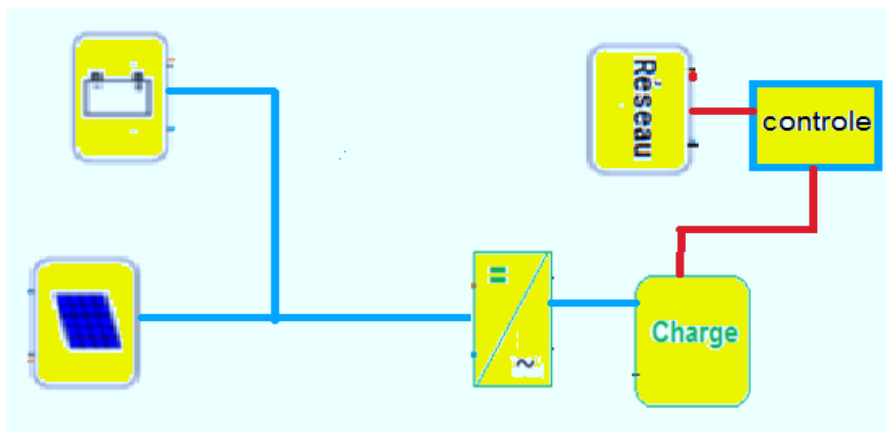


Figure I.25 : Structure générale d'un système électrique hybride

Objective et méthodologie du mémoire

Ce travail présentera une contribution de dimensionnement d'une chaîne de motorisation électrique composée d'un système hybride d'énergie renouvelable pour alimenter un ensemble des ascenseurs d'une citée construite de dix bâtiments situés à sidi Belabes. Après la documentation sur les systèmes technologiques des ascenseurs et la constatation des données géographique et astronomiques de lieu, un dimensionnement du système de l'ascenseur sera défini pour déterminer la puissance et le moteur nécessaires pour l'entraînement. En suite le système d'alimentation hybride d'énergie renouvelable sera conçu. Il doit avoir deux possibilités de fonctionnement, un fonctionnement autonome et fonctionnement en parallèle du réseau. De plus, les performances du système industriel, une comparaison entre les variantes de fonctionnement permettra de mettre en évidence les gains en émission de gaz polluant et l'étude économique. La figure si dessous présentera une approche de la structure du système hybride qui sera dimensionné pour alimenter l'ascenseur.

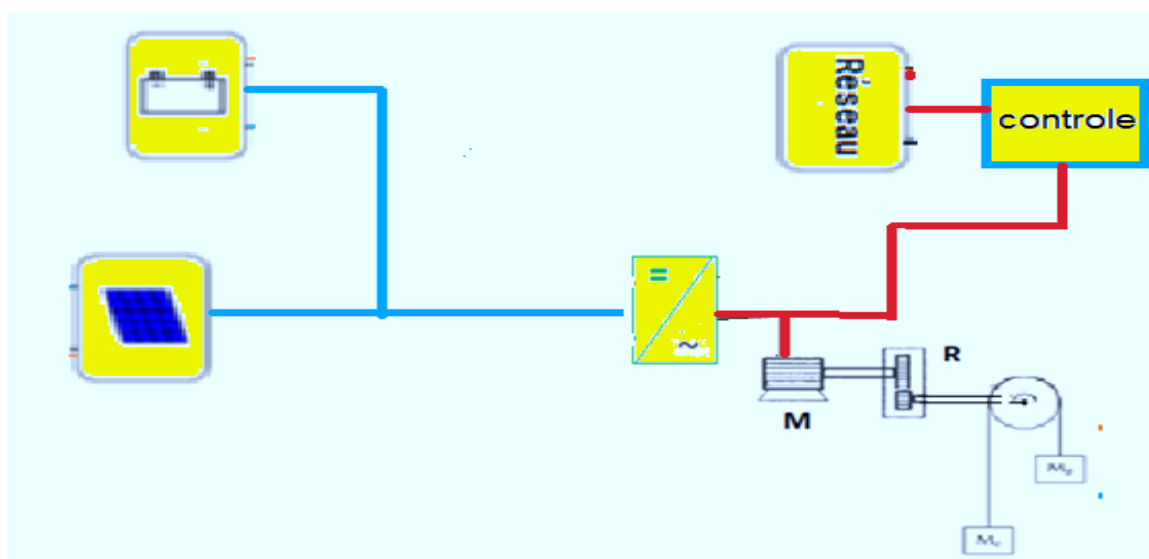


Figure I.26 : Schéma bloc du système ascenseur proposé

I.16. Conclusion

Le premier chapitre a été dédié à la description des entraînements électriques particulièrement à la présentation des différents types d'ascenseurs ainsi que leur fonctionnement et les motorisations possibles pour ce type d'entraînement électrique.

A travers cette étude nous avons appris, qu'il devient indispensable d'apprendre à consommer plus efficacement l'énergie électrique même dans les micro-consommations. Nous avons obtenu des informations sur l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et la sélection de la structure hybride appropriée. Ainsi que des méthodes de stockage d'énergie et une stratégie de gestion de l'énergie appropriée pour répondre aux besoins de charge.

Dans le chapitre suivant, nous proposerons de dimensionner et de sélectionner le moteur de l'ascenseur. D'autre part, nous commencerons la conception du système électrique hybride utiliser pour alimenter le moteur de l'ascenseur.

Chapitre II

Dimensionnement et choix des éléments des Systèmes industriels

II.1 Introduction

L'énergie renouvelable est une bonne alternative aux combustibles fossiles. Cependant, l'intermittence des énergies renouvelables pose des problèmes liés à la continuité de l'approvisionnement en électricité, notamment pour les zones isolées du réseau de distribution électrique. Alors, dans ce cas, au moins un élément de stockage d'énergie devient obligatoire pour assurer la sécurité de l'alimentation électrique des charges.

Les sources raccordées au réseau électrique nécessitent également parfois des moyens de stockage intermédiaires afin d'ajuster, en temps réel, l'offre et la demande d'électricité. Les sources d'énergie renouvelables (photovoltaïque, éolien, biomasse, hydraulique, etc.) et leurs éléments de stockage associés forment des systèmes hybrides (multi-sources) très rentables pour réduire la pollution du climat. L'exploitation efficace et l'utilisation optimale de ces sources intégrées dans un système hybride nécessitent une stratégie de gestion et de contrôle appropriée.

Afin de répondre aux besoins de la société moderne, l'utilisation de moteurs électriques s'est considérablement développée dans tous les domaines de la vie, dans l'industrie, dans les transports, dans le centre commercial, dans le gratte-ciel et les bâtiments où se trouvent des ascenseurs de toutes capacités et de tous types. Cette évolution industrielle tire toute son énergie électrique directement du réseau électrique. Par conséquent, ils contribuent de manière significative à l'augmentation des émissions de gaz nocifs. Ainsi, les systèmes de propulsion électrique représentent également un champ d'application intéressant pour la transition des énergies fossiles vers les énergies renouvelables (ascenseurs, grues, treuils, etc.).

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à alimenter et de faire fonctionner un ascenseur dans un immeuble à plusieurs étages avec un système électrique hybride des énergies renouvelables. Le plan de ce chapitre sera orienté sur trois axes, le premier sera réservé au dimensionnement du système de l'ascenseur. Le deuxième présentera une conception des composants du système électrique hybride des énergies renouvelables, ainsi que la faisabilité du système globale. Enfin, une étude économique comparative sera réalisée pour montrer les avantages et les inconvénients de cette application.

II.2. Dimensionnement du système industriel de l'ascenseur

II.2.1 Descriptions du dispositif

L'ascenseur, en tant qu'élément de la vie moderne, joue un rôle et une influence considérables sur la vie quotidienne des gens et sur le développement social. Son rôle ne se reflète pas seulement dans l'amélioration du confort de vie des gens, mais aussi dans la stimulation de la créativité des gens et la promotion du développement diversifié de la conception architecturale. Ensuite, nous vous présenterons les dix meilleures marques d'ascenseurs qui apportent une grande commodité à votre vie et rendent la vie et le travail plus confortables, efficaces et sûrs.

II.2.2. Type d'ascenseur pour passagers

Avec le développement rapide de l'urbanisation, les immeubles de grande hauteur poussent comme des pousses de bambou, devenant un magnifique paysage dans la ville. Dans ces bâtiments, les ascenseurs jouent un rôle essentiel et offrent un confort aux personnes d'une manière inconnue. Un ascenseur pour passagers, comme son nom l'indique, est un appareil de transport vertical conçu spécifiquement pour le transport de passagers. Ils sont largement utilisés dans une variété de bâtiments commerciaux et résidentiels, améliorant considérablement l'efficacité du transport entre les étages, permettant aux personnes d'atteindre rapidement et facilement leur destination. Il existe différents types d'ascenseurs pour passagers, qui peuvent être divisés en différents types selon différentes méthodes de classification.

II.2.3. Les fonctions humanisées et polyvalentes d'ascenseurs

L'ascenseur est plus qu'un simple moyen de transport vertical, grâce aux progrès de la technologie et à une compréhension approfondie des besoins des utilisateurs, moderne ascenseurs sont équipés d'une variété de fonctionnalités humanisées pour améliorer le confort et la sécurité des passagers. Voici les fonctions humanisées de l'ascenseur :

Invite vocale : fournissez une invite vocale aux personnes malvoyantes pour les aider à utiliser l'ascenseur plus facilement.

Conception accessible : l'intérieur de l'ascenseur comprend des boutons en braille, un panneau de commande inférieur et suffisamment d'espace pour les utilisateurs de fauteuils roulants et les autres personnes à mobilité réduite.

Planification intelligente : grâce au système de planification avancé, réduisez le temps d'attente et optimisez l'efficacité de fonctionnement de l'ascenseur.

Système de sécurité : comprenant un bouton d'appel d'urgence, une surveillance par caméra, une fonction de sauvetage automatique, etc., pour garantir que les passagers puissent obtenir de l'aide en cas d'urgence.

Mode d'économie d'énergie : Pendant les heures creuses, l'ascenseur peut passer en mode d'économie d'énergie pour réduire la consommation d'énergie.

Éclairage : L'intérieur de l'ascenseur est équipé d'un éclairage doux et d'une musique de fond pour créer un environnement de conduite confortable.

Système de ventilation : pour assurer la circulation de l'air interne de l'ascenseur, réduire l'inconfort pouvant être causé par les espaces confinés.

Fonctionnement de l'écran tactile : la technologie de l'écran tactile est utilisée pour simplifier le fonctionnement de l'ascenseur et le rendre plus intuitif et facile à utiliser.

Couverture du signal sans fil : fournissez des signaux de réseau sans fil dans l'ascenseur pour permettre aux passagers d'utiliser des téléphones mobiles ou d'autres appareils.

Surveillance à distance : grâce à la connexion Internet, l'ascenseur peut être surveillé et entretenu à distance pour découvrir et traiter les problèmes potentiels en temps opportun.

Fonction de porte automatique : la porte de l'ascenseur peut être automatiquement ouverte et fermée pour réduire le temps d'attente des passagers.

Conception de protection contre l'incendie : La conception de protection contre l'incendie de l'ascenseur peut bloquer la fumée en cas d'incendie et protéger la sécurité des passagers.

Service prioritaire : offrez un service prioritaire à des passagers ou à des situations spécifiques, telles que des urgences médicales ou des passagers VIP.

Paramètres personnalisés : permettez aux passagers de définir des fonctions spécifiques de l'ascenseur en fonction de leurs besoins individuels, comme l'ajustement des préférences de stationnement à l'étage.

Surveillance du poids et de la capacité : l'ascenseur est équipé d'un système de surveillance du poids et de la capacité pour éviter les surcharges.

Rappel de maintenance : l'ascenseur peut détecter et rappeler automatiquement les travaux de maintenance nécessaires pour garantir la fiabilité du fonctionnement

Choix préliminaire de l'ascenseur

Le modèle de l'ascenseur est inspiré des spécifications d'ascenseurs de constructeurs tels que « **MC Motor Technology** » (Ascenseur pour passagers).

Tableau II 1. Données catalogue du système ascenseur

Techniques générales	
Type	Avec salle des machines
Charge nominale	450
Nombre de passagers	6 personnes
Vitesse nominale	1,6m/s
Nombre d'accès Cabine	1
Nombre de Niveau	R+8 à R+9
Largeur gaine	1600 mm
Profondeur gaine (PG)	2000 mm
Cuvette	1500 mm
Rayon de pignon	25,9 mm

II.2.4 Principe de fonctionnement d'un ascenseur à traction :

Un ascenseur à contrepoids se compose d'une cabine qui se déplace dans un couloir vertical nommé gaine et qui est guidée par des rails afin d'éviter une collision avec le contre poids. Un frein situé dans la machinerie du moteur permet de stopper la cabine à l'étage demandé. Le déplacement en translation de la cabine est permis par un système de transmission de mouvement. Des câbles, actionnés par un treuil permettent de mettre en mouvement la cabine et le contrepoids. Le moteur du treuil permet la mise en mouvement. Le contrepoids est une charge lourde qui sert à équilibrer la charge de la cabine et à diminuer l'énergie à fournir par le moteur. Lorsque la cabine monte, le contrepoids descend. Le système comprend aussi des organes de commande pour enregistrer les appels des usagers et optimiser les déplacements de la cabine afin de répondre le plus rapidement possible aux différents appels.

Enfin, l'ascenseur est équipé d'organes assurant la sécurité des passagers. Des freins d'urgence ou parachutes sont placés de chaque côté de la gaine et se déclenchent en cas de rupture du câble tracteur pour éviter la chute de la cabine. Ils sont déclenchés par un limiteur de vitesse lorsque la vitesse de la cabine est supérieure à la vitesse de déplacement normale (de 2 à 9 km/h selon les ascenseurs). Les parachutes bloquent alors de façon brutale la cabine sur les guides. Le système ascenseur mesure 6 m de hauteur et 1 m de côtés. Il est constitué d'une cage (de masse M_c) et d'un contrepoids (de masse M_p). La transmission s'effectue grâce à une chaîne fixée sur la cage et le contrepoids, la liaison entre l'arbre moteur et la chaîne est réalisée via une roue dentée, comme le montre la figure (II.1).

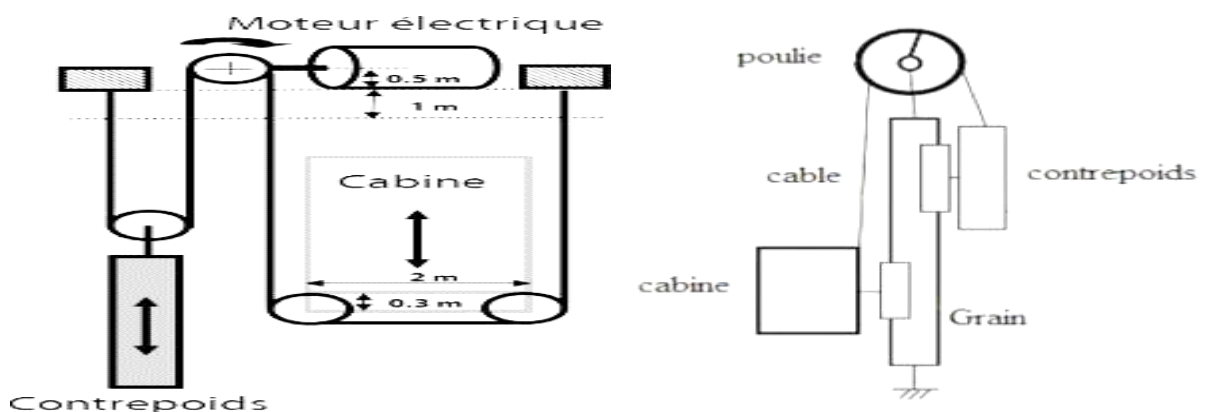


Figure II.1 Principe de fonctionnement d'un ascenseur à traction

L'utilisation d'un contrepoids est utile afin de limiter la force, donc la puissance mécanique (et par conséquent la puissance électrique), pour monter la charge. En effet si aucun contrepoids n'était utilisé, il faudrait lever la masse M_c alors qu'avec un contrepoids, la masse à lever « vue » par le moteur sera $M_c - M_p$ en régime permanent. Il est évident que le cas le plus favorable est pour une masse du contrepoids égale à la moitié de la masse de la charge :

La masse à lever et à descendre sera toujours égale à la moitié de la masse de la charge ce qui divise la puissance par deux en régime permanent.

L'inconvénient est que l'inertie du système augmente.

II.2.5 Analyse Dynamique d'un Système de Poulie

Dans cette analyse, on négligera la masse de la chaîne, les frottements de la transmission ainsi que l'inertie du pignon (cette inertie pourrait, par la suite, être ajoutée à celle du rotor de la machine synchrone). Le figure (II.2) illustre le fonctionnement de l'ascenseur.

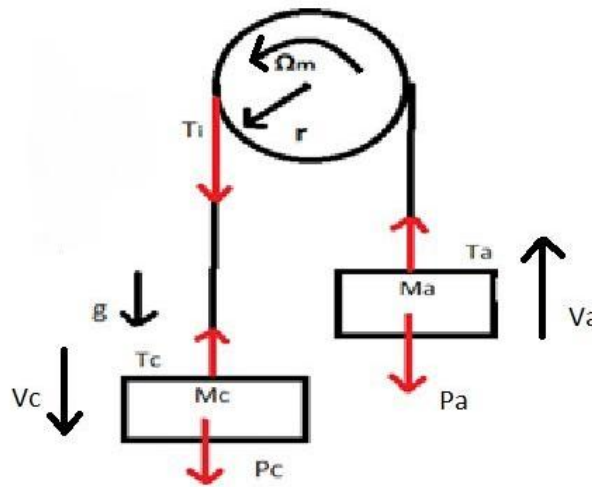


Figure II.2 : schémas synoptiques des forces agissant sur le système Projection sur l'axe Y

Mise en équation du système

Pour la masse M_c :

En appliquant la deuxième loi de Newton :

$$\sum F_y = M_c \cdot a \Rightarrow M_c g - T_c = M_c a \Rightarrow T_c = M_c g - M_c a = M_c (g - a) \quad (II.1)$$

Pour la masse M_a :

$$\sum F_y = M_a \cdot a \Rightarrow T_a - M_a g = M_a \cdot a \Rightarrow T_a = M_a \cdot a + M_a \cdot g = M_a (g + a) \quad (II.2)$$

$$T_a - T_c = M_a (g + a) - M_c (g - a) \quad (II.3)$$

$$T_a - T_c = (M_a - M_c) \cdot g + (M_a + M_c) \cdot a \quad (II.4)$$

$$C_m = [(M_a - M_c) \cdot g + (M_a + M_c) \cdot a] \cdot r + J \cdot \frac{a}{r} \quad (II.5)$$

$$C_m = (M_a - M_c) \cdot g \cdot r + (M_a + M_c) \cdot a \cdot r + \frac{J \cdot a}{r} \quad (II.6)$$

$$\text{L'accélération angulaire : } a = r \cdot \frac{d\Omega_m}{dt} \quad (II.7)$$

$$J = \frac{1}{2} \cdot M_p \cdot r^2 \text{ Cas de cylindrique pleine (disque plein)} \quad (II.8)$$

M_p : Masse de la poulie en Kg

r : rayon de la poulie en m

II.3. Moteur synchrone et onduleur associé

L’entrainement de l’ascenseur s’effectue directement sur l’arbre du moteur au moyen d’une transmission par chaîne et de roues dentées. D’après l’équation (II.9) le couple moteur nécessaire est donné par l’équation (II.10).

$$C_m = (M_a - M_c) \cdot g \cdot r + [(M_a + M_c) \cdot r^2 + J] \cdot \frac{d\Omega_m}{dt} \sim M_c \cdot g \cdot r \tag{II.9}$$

$$C_m = M_c \cdot g \cdot r = 450 \cdot 0,00259 \cdot 9,81 = 114,33 \text{ N.m} \tag{II.10}$$

On se place dans le cas le plus défavorable, c’est-à-dire lorsque la charge est maximale et qu’aucun contrepoids n’est utilisé. De plus, on ne tient pas compte de la dynamique du système compte-tenu de la faible accélération souhaitée.

Le moteur choisi est une machine synchrone à aimants permanents (msap) dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau (II. 2). Le tableau 3 résume les contraintes de vitesse et d’accélération demandées au moteur. La machine a été rembobinée afin de fonctionner avec un bus d’alimentation de 100 V.

L’utilisation intermittente de l’ascenseur permet d’effectuer un choix de machine dont les caractéristiques en régime permanent restent légèrement inférieures aux contraintes sur le système. De plus, le dimensionnement a été effectué en considérant le cas le plus défavorable (masse de la cage maximale sans contrepoids).

$$P_m = C_m \times \Omega = 114,33 \times 61,78 = 7049,2874 \text{ W} = 7 \text{ kW}$$

La puissance de moteur réelle ne doit pas être minimum de cette valeur de 7,7 KW

$$7,7 \text{ KW} \leq P$$

Le tableau (II.2) illustre le catalogue des moteurs de 8 KW – 20 kW qui respect notre condition, nous avons choisi un moteur de 10 kW.

Tableau II.2 Caractéristiques de la machine synchrone à aimants permanents

Techniques générales	
Model	SRPM112H4W8B
IP	IP54/66/67 Optional
Number of Poles	4
Original	China
Puissance	8 KW – 20 kW
Tension	380 – 440 VAC
Plage de vitesse	12000-24000rpm
Poids Net	7 Kg
Vitesse nominal	1,6 m / s

Tableau II.3 Vitesse et accélération de l’ascenseur

	Cage	Moteur
Vitesse	$V_c = 1.6 \text{ m / s}$	$\Omega_m = \frac{61,7 \text{ rad}}{s} = 590 \text{ tr/min}$
Accélération	$a_c = 1 \text{ m / S}^2$	$a_m = 38,6 \text{ rad/S}^2$

$$P_{\text{installée d'un moteur}} = p_{\text{moteur}} \times \text{Extension} \tag{II.11}$$

$$P_{\text{installée d'un moteur}} = 8 \times 1,25$$

$$P_{\text{installée d'un moteur}} = 10 \text{ kW}$$

$$P_{\text{installée totale}} = P_{\text{installée d'un moteur}} \times \text{le nombre des batiments} \quad (\text{II.12})$$

$$P_{\text{installée totale}} = 10 \times 10 = 100 \text{ kW}$$

$$P_{\text{installée totale}} = 100 \text{ KW}$$

La raison pour on a choisi ce type de moteur par ce que c'est un moteur adaptable aux charges et au niveau et il peut également desservir des bâtiments avec 9 à 10 étages R+9 (hauteur varier entre 325m -380 m) offrant une bonne performance et en plus ce moteur assure une stabilité de fonctionnement même sous charge et d'autre coté disponibilité des pièces et facile à maintenables

II.4. Dimensionnement du système hybride d'alimentation

II.4.1 Introduction :

L'Algérie possède un énorme potentiel en énergie renouvelable et principalement l'énergie solaire. Notre pays relève depuis longtemps le défi de concevoir et de construire des centrales d'énergie renouvelable connectées au réseau central capables de concurrencer les technologies traditionnelles, afin de respecter l'environnement ainsi que de fournir à la population une énergie électrique fiable et propre. Actuellement, les énergies renouvelables sont utilisées dans tous les domaines pour développer l'économie nationale, par exemple, les stations des relais de communication, les pompes d'eaux isolés, l'éclairage public et les sources d'alimentations pour résidences. Dans ce contexte ce travail vise principalement à apporter une contribution à la conception et à la gestion d'énergie des systèmes hybrides à énergies renouvelables (SHER) pour développer des applications dans les milieux peuplés d'une part. D'autre part pour augmenter la durée quotidienne de production de l'électricité propre et diminuer les intermittences des énergies renouvelables donc assuré une continuité de l'alimentation des bâtiments résidentiels en énergies électrique. Le système hybride à énergies renouvelables proposé doit s'adapter aux changements du rayonnement solaire. A travers ce travail, nous entendons apporter notre double contribution au Programme Algérien de Transition Energétique 2035 et au Programme Algérien de construction des logements et de développement de l'habitat à travers la conception et la gestion énergétique des systèmes hybrides d'énergies renouvelables composées de (PV-Batterie- super-condensateurs et le réseau.). La politique de réalisation des grandes tours et complexes commerciales en Algérie, le soleil, sont des critères favorables au succès de l'Algérie dans ce domaine. Le système d'énergie renouvelable hybride proposé est illustré à la Figure (II.3).

II.4.2 Importance de l'hybridation

Bien que ces sources d'énergie propre et durable soient favorables à l'environnement contrairement aux sources d'énergie conventionnelles, mais, ils sont intermittents et incertains. Donc leur nature aléatoire a conduit les utilisateurs à se tourner vers l'hybridation.

II.4.3 L'hybridation apporte donc au système :

Une disponibilité accrue et un approvisionnement constant des charges en énergie.

Permet d'optimiser au maximum les systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vue technique qu'économique ;

- Offre un intérêt considérable par leur flexibilité incomparable, leur souplesse de fonctionnement et leur prix de revient attractif ;
- Lisser la puissance délivrée par la source d'énergie ;
- Palier pendant une durée limitée une pénurie partielle ou avarie d'énergie.
- Améliorer l'efficacité, la stabilité et la fiabilité de l'alimentation électrique,

Ces solutions nécessitent cependant un dimensionnement minutieux basé sur une connaissance approfondie de la source d'énergie renouvelable du site et une gestion rigoureuse de l'énergie électrique produite en aval. Cette gestion stricte de l'alimentation s'appuie sur l'intelligence des dispositifs de régulation et de contrôle. L'utilisation croissante des énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire.

III.4.4 Le système proposé :

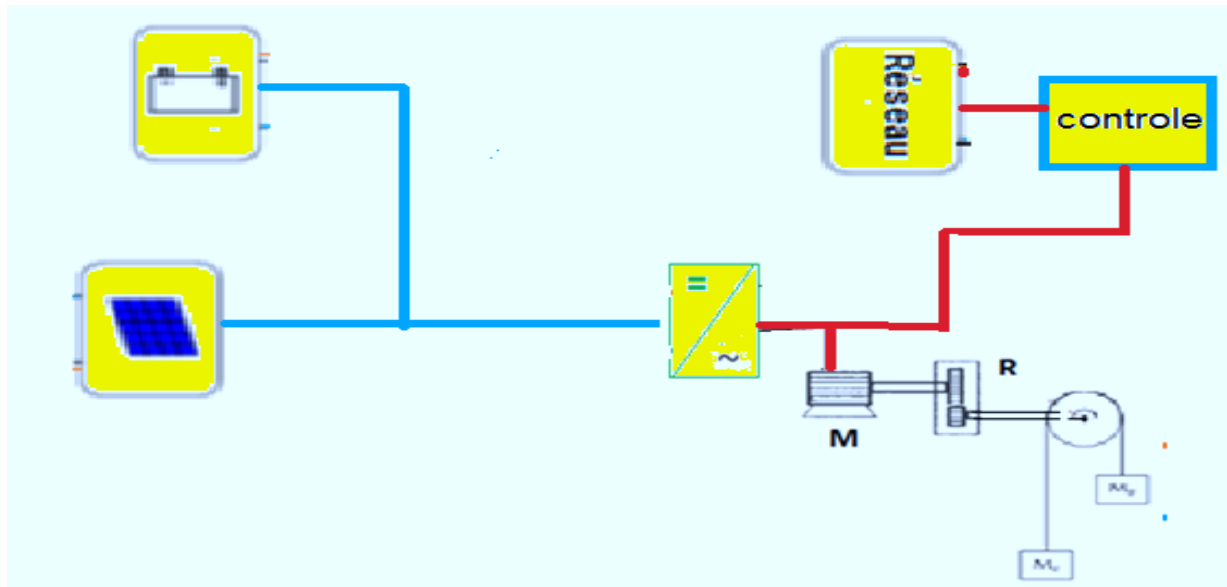


Figure II.3 : Schéma bloc du système (SHER) de l'ascenseur

II.4.5 Description du système proposé

Le schéma illustre un système d'alimentation hybride à bus DC intégrant des panneaux photovoltaïques, des batteries, des supercondensateurs et un réseau triphasé. Chaque source est connectée via un convertisseur pour assurer une gestion dynamique de l'énergie. L'énergie collectée et régulée alimente un moteur asynchrone triphasé (MSAP) utilisé pour entraîner une charge mécanique. Cette configuration permet d'assurer la stabilité du système, d'optimiser l'exploitation des sources renouvelables et de garantir une alimentation fiable en toutes conditions.

II.5. Dimensionnement d'un système photovoltaïque

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque consiste à déterminer la configuration optimale des composants nécessaires pour assurer une alimentation énergétique fiable et continue. Cette démarche commence par l'évaluation précise des besoins énergétiques de la charge à alimenter, exprimés en kilowattheures par jour, puis par l'analyse des conditions d'ensoleillement du site, telles que l'irradiation solaire moyenne, l'orientation et l'inclinaison des panneaux. En fonction de ces données, on calcule la puissance crête requise des modules photovoltaïques en tenant compte des pertes du système (convertisseurs, câblage, température, etc.). Ce dimensionnement inclut également la sélection des convertisseurs adaptés, ainsi que des systèmes de stockage (batteries ou supercondensateurs) permettant de compenser l'intermittence de la ressource solaire. L'objectif final est de garantir que la production solaire couvre durablement la demande énergétique, avec une bonne efficacité et une fiabilité adaptée à l'application visée.

II.6. Les étapes de dimensionnement d'un système photovoltaïque.

La méthodologie de dimensionnement d'un système photovoltaïque dépend des étapes suivantes :

- Étape 1 : Présentation et détermination des coordonnées géographiques et du site.
- Étape 2 : Détermination des besoins de l'utilisateur : tension, puissance des appareils et durées d'utilisation.
- Étape 3 : Définition des modules photovoltaïque : technologie, tension, courant et puissance.
- Étape 4 : Adaptation de DC/DC : technologie, tension, courant et puissance.
- Étape 5: Adaptation de l'onduleur : technologie, tension, courant et puissance.

- Étape 6 : Schéma de câblage : détermination des accessoires de câblage et des sections de câbles.
- Étape 7 : Détermination de la capacité de stockage et calcul des batteries
- Étape 8 : choisir la capacité des super-condensateurs à utiliser

La puissance de La station est limitée à la puissance du moteur plus une extension pour répondre à la consommation de la commande de l'ascenseur et l'éclairage de cage d'escalier. Afin d'améliorer la qualité de service et la continuité nous avons prévu de connecter le système au réseau central de distribution d'énergie électrique.

Étape 1 : Présentation et détermination des coordonnées géographiques et astronomique du site.
 Une recherche documentaire nous a permis de déterminer les coordonnées géographiques et astronomiques de notre emplacement comme le montrent la figure (II.4) et le Tableau (II.4).



Figure II.4 : l'emplacement du site (la tour)

Tableau II.4 : Coordonnées géographiques et astronomiques de la zone du projet

Coordonnées astronomiques			
Longitude	Latitude	Altitude	L'albédo
Longitude 0.6340° 0	35.2020° N	470 m	0.20

❖ **Orientation et inclinaison des modules.**

Afin de maximiser la production d'électricité d'une installation photovoltaïque, il convient d'orienter les modules de façon optimale pour capter un maximum du rayonnement solaire. Idéalement, pour produire un maximum de ses capacités, un panneau photovoltaïque doit avoir le plan du capteur perpendiculaire aux rayons solaires [28]. Comme nous montre la (figure II.5).

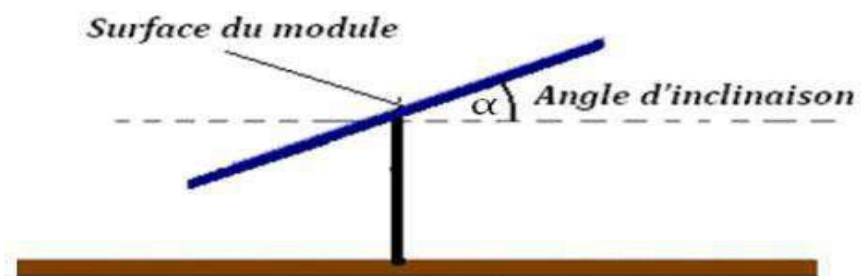


Figure II.5 : Angle d'inclinaison des modules photovoltaïques.

- ❖ Dans le cas de notre projet l'installation choisie et de type fixe incliné de 15° plein sud ce choix est basé sur les considérations suivantes [20] :

- ❖ L'inclinaison de 15 ° aura une production quasiment optimale pendant la période d'été car c'est en été que l'ensoleillement est maximal.
- ❖ Les installations fixes nécessitent une faible maintenance en raison de l'absence de moteurs et de dispositifs pivotants ;
- ❖ Les éléments de fixation des modules et leur propre structure sont montés de façon à ne pas créer des zones d'ombrage sur les modules.

Étape 2 : Détermination des besoins de l'utilisateur : Le choix et la puissance du moteur est représenté par le tableau (II.2) des caractéristiques de la machine synchrone à aimants permanents conçu pour l'entraînement de l'ascenseur.

Étape 3 : Définition des modules photovoltaïque.

Le Tableau (II .5) montre les détails des caractéristiques des panneaux choisis

Model	SF400M (9BB) (BF)
La Puissance maximal	400 W
La tension maximal	38 V
Le courant maximal	10,53 A
Le courant de court-circuit	11,16 A

❖ **Production électrique d'un module en une journée.**

Un module photovoltaïque se caractérise avant tout par sa puissance crête P_c (W), puissance dans les conditions STC (1000 W/m² à 25 °C). Si le module est exposé dans ces conditions STC, il va produire à un instant donné une puissance électrique égale à cette puissance crête, et si cela dure N heures, il aura produit pendant ce temps une énergie électrique E_{prod} égale au produit de la puissance crête par le temps écoulé :

$$E_{prod} = N \times P_c \quad (II.13)$$

- E_{prod} : Énergie électrique produite (Wh)
- N : Nombre d'heure d'exposition à la condition STC
- P_c : Puissance crête (W)

Cette loi n'est pas strictement applicable, compte tenu d'un rayonnement qui varie tout au long de la journée. On définit le nombre d'heures équivalentes correspondants à la réception d'un éclairage de 1000 W/m² pendant un certain nombre d'heures. Ce nombre correspondra à l'énergie produite par un module photovoltaïque pendant une journée d'ensoleillement qui présente un certain profil énergétique [10].

Grâce à la valeur du rayonnement de référence (1000W/m²), le nombre d'heures équivalentes se trouve numériquement égale à l'énergie solaire intégrée que l'on exprime en kWh/m²/j.

$$E_{sol} = N_e \times 1000 \quad (II.14)$$

- E_{sol} : Énergie solaire journalière par unité de surface (Wh/m²/j)
- N_e : Nombre d'heure équivalentes (h/j)
- 1000 W/m² : puissance dans les conditions STC

La carte géographique de la figure II-6, nous renseigne sur l'ensoleillement reçu à l'angle optimal pendant le mois le moins favorable de l'année qui est le mois de décembre comme le montre le tableau (II-6), [24].

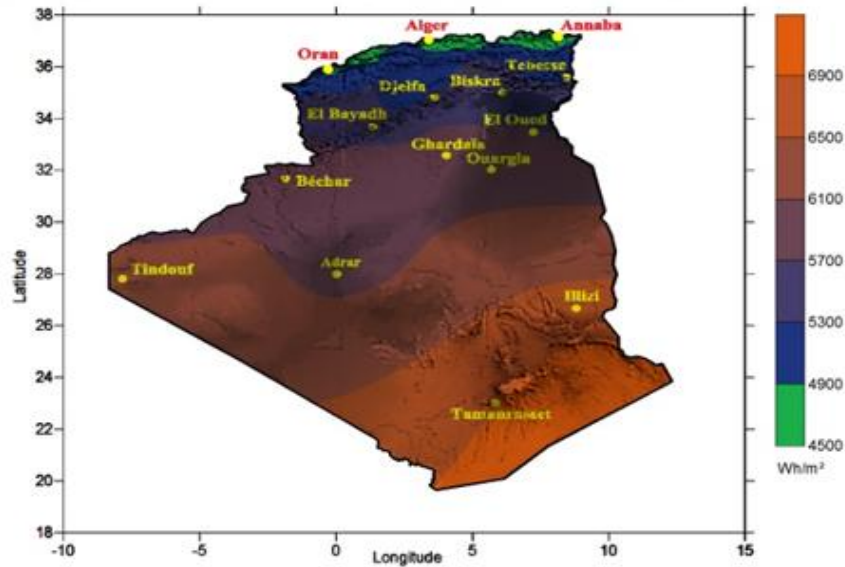


Figure II.6 : Carte du d'Ensoleillement reçu à l'angle optimal.

Tableau II.6 : L'irradiation globale mensuelle et le nombre d'heures équivalents de Dhaya [31].

	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	oct.	nov.	déc.
Hh (Wh/m²/jr)	2100	3740	5410	6200	7210	7390	7200	6390	5510	4120	2780	1545
Ne	2.10	3.74	5.41	6.20	7.21	7.39	7.20	6.39	5.51	4.12	2.78	1.545

Avec :

- Hh: Irradiation sur un plan horizontal (Wh/m2/jour).
- Ne : Nombre d'heure équivalentes (h/j).

❖ **Pertes électriques.**

Le système photovoltaïque contient plusieurs pertes, le concepteur doit les identifier cas par cas pour pouvoir les chiffrer. Alors on doit prendre toutes les sources de perte du système et tenir compte dans le calcul des modules car ceux-ci doivent fournir toute l'énergie consommée, même celle qui est perdue.

❖ **Types de pertes.**

- Pertes par salissure du panneau ou par un vitrage placé devant, qui modifient son courant de charge, la tension n'étant pas affectée ;
- Pertes par chute de tension aux bornes des diodes série ;
- Pertes par chute de tension aux bornes des câbles selon leur longueur, leur section et l'ampérage transporté ;
- Une autre perte affecte directement la tension du panneau, il s'agit de la baisse de la tension lorsque la température s'élève, la puissance crête étant, elle, donnée à 25 °C ;
- D'autre part, il peut exister un écart entre la réalité et le calcul car il suppose que la puissance du panneau photovoltaïque est proportionnelle à l'éclairement et c'est en fait le courant qui l'est, il faut donc parfois considérer la perte des débuts et fin de journée quand l'éclairement est faible ;
- Pour finir, il existe une perte liée à la puissance réelle du panneau qui peut être inférieure à celle annoncée dans la documentation du constructeur. Nous ne considérons pas cette « perte » dans nos calculs, car c'est loin d'être le cas général, mais il faut savoir que cela arrive [10].

❖ **Évaluation du coefficient des pertes Cp.**

Généralement le taux des pertes est mentionné avec les caractéristiques techniques de chaque appareil pour les installations photovoltaïques ces pertes sont chiffrées comme suit :

Tableau II.7 Coefficients de pertes dans un système énergétique

désignation	% des pertes	Rendement %
Pertes onduleurs 10%	10%	90 %
Pertes température 10%	10%	90%
Pertes câbles et connexion 3%	3%	97%
Pertes Pour les « salissures » 10%	10%	90%
Pertes faible éclairement 4%	4 %	96%
Pertes due à la qualité de module 3%	3 %	97%

Alors le coefficient de perte en courant est :

$$C_p = 0.9 \times 0.9 \times 0.97 \times 0.90 \times 0.96 \times 0.97 = 0.65 = 65\% \text{ soit } 100\% - 65\% = 35\% \text{ de pertes totales.}$$

Composition du champ photovoltaïque.

La taille d'un champ photovoltaïque dépend principalement de sa puissance crête le branchement des modules en série est limité par la tension d'entrée de l'onduleur par contre leurs connexions en parallèle dépend du courant de l'onduleur.

❖ **Le calcul des Nombre totale des panneaux :**

La puissance crête est supposer égale à la puissance a installée pour le moteur de l'ascenseur :

$$P_{csc} = P_{installée} = 100000W \tag{II.15}$$

Ce qui implique que le nombre de modules total de notre station est : 100000W est :

$$N_{tp} = \frac{100000}{400} = 250 \text{ panneaux.} \tag{II.16}$$

- $P_{crête}$: La puissance crête ;
- N_{tp} : Nombre totale de module pour la station

➤ **Étape 4 : Adaptation de DC/DC : technologie, tension, courant et puissance.**

Le schéma électrique de la figure (II.7) représente le convertisseur de puissance associé aux panneaux photovoltaïques permettant de faire travailler les panneaux photovoltaïques à leur puissance maximale (contrôle effectué avec un algorithme mppt) [29]

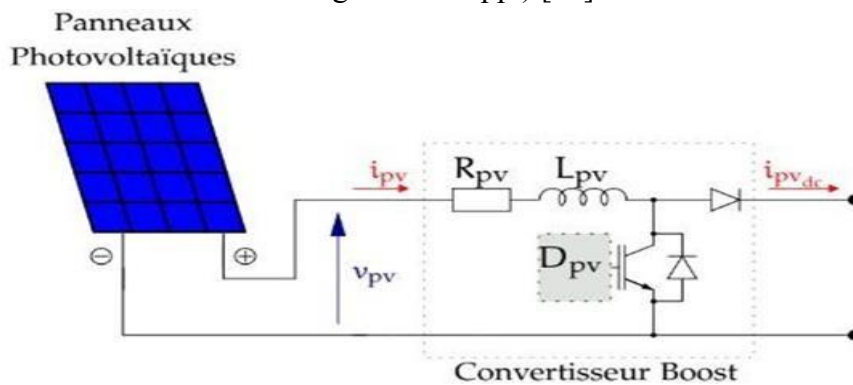


Figure II.7: Convertisseur associé aux panneaux photovoltaïque

Le courbe électrique de la figure Figure (II.9) Caractéristique d'un module photovoltaïque représenté les caractéristiques d'un module photovoltaïque de panneau solaire et met en évidence son point de puissance maximale [29]

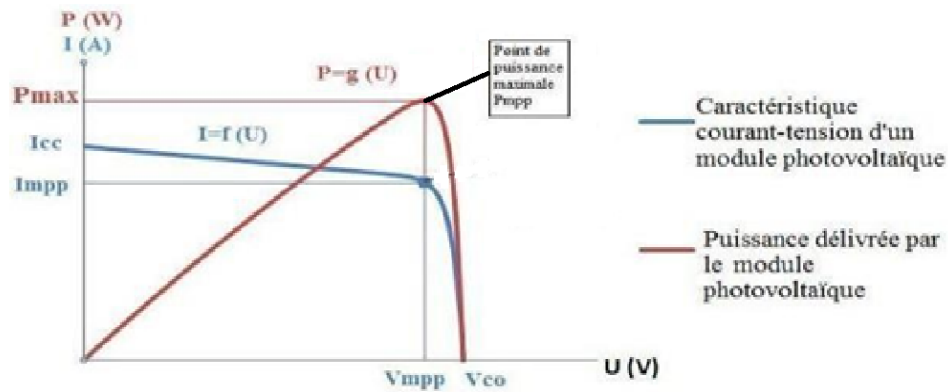


Figure II.8 : Caractéristique d'un module photovoltaïque



Figure II.9 : Modules photovoltaïques

Étape 4 : Adaptation de l'onduleur :

Pour une installation reliée au réseau, le dimensionnement de l'onduleur s'effectue suivant les caractéristiques des modules et du réseau électrique. Les caractéristiques de la tension de sortie de l'onduleur doivent être synchronisées à celle du réseau électrique. Les onduleurs sont caractérisés par une plage de tension d'entrée limitée. Cette dernière doit être compatible avec la tension des modules en séries, quel que soit la température, le nombre des modules en série et la technologie. Son dimensionnement consiste à veiller à ce que la gamme de tension du générateur photovoltaïque reste incluse dans la plage de tension d'entrée de l'onduleur et peu importe la température des modules puisque, par temps froids (-10°C) et en présence d'un nombre de modules trop élevé, la tension du champ peut dépasser la limite supérieure de la plage d'entrée de l'onduleur et provoquer la destruction de celui-ci. En plus par temps chaud et en présence de modules peu nombreux, la tension peut devenir trop basse et réduire considérablement le rendement jusqu'à l'arrêt du système.

II.7 Onduleur réseau

L'onduleur réseau joue un rôle crucial dans les systèmes d'énergie renouvelable, notamment ceux utilisant des panneaux photovoltaïques. En raison de la faible tension du bus DC (courant continu) et du comportement élévateur d'un onduleur, la tension du réseau électrique est souvent abaissée à l'aide [29]

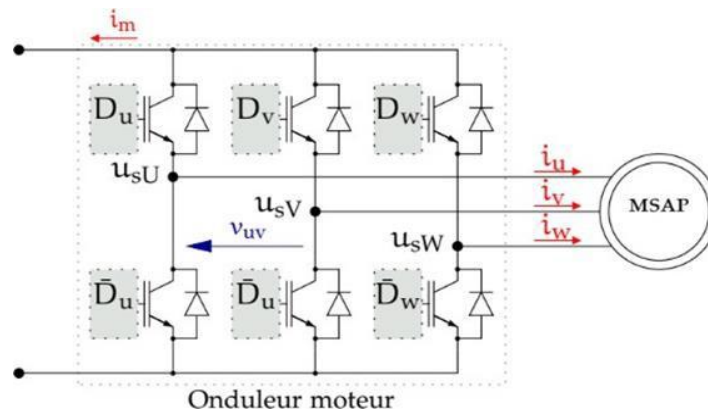


Figure II.10 Onduleur de la machine synchrone à aimants permanents

II.8. Puissance nominale :

L'onduleur délivre presque la même puissance que celle du générateur photovoltaïque avec un écart, dû soit à la technologie des panneaux, soit à l'effet de la température ou au rendement de l'onduleur. La détermination de la configuration « champ photovoltaïque/onduleur » permet de proposer pour chaque puissance considérée, une installation qui valorise au mieux sa production énergétique. Il est en effet important de respecter la relation admettant le fait que la puissance d'onduleur soit comprise entre 0.8 fois et 1.2 fois la puissance crête du champ. De ce fait, une étude de la Deutsch Gesell a montré que le ratio entre la puissance de l'onduleur P0 et la puissance du champ photovoltaïque Pc doit être compris entre. Cependant, le choix s'est porté sur l'onduleur de type FRAME 2-FS-0040, T avec des caractéristiques présentes dans la fiche technique de (ANNEXE C). Une vérification de la condition précédente confirme notre choix comme est montré si dessous :

$$\frac{P_{ondu\ max}}{P_{installé}} \frac{100}{100} = 1 \qquad 0.8 \leq 1 \leq 1.2 \qquad (II.17)$$

Avec :

- $P_{ondu\ max}$: Puissance maximale de l'onduleur
- $P_{Installé}$: La puissance installée

❖ **Le nombre maximal de module en série :**

$$N_{mms} = \frac{U_{ondu\ max}}{U_{c\o\ pv}} = \frac{825}{45,7} = 18,05 = 18 \text{ modules en série.} \qquad (II.18)$$

$$UDC\ branche = 18 \times 45,7 = 822,6\ v < U_{ond\ max} ; \qquad (II.19)$$

$$UDC\ branche = 822,6\ v < U_{ond\ max}.$$

Cela ne dépasse la tension max de l'onduleur donc il faut réduire le nombre de panneaux en série a 18 modules, ou bien 17 modules.

$$UDC\ branche = 17 \times 45,7 = 776,9\ v < U_{ond\ max} ; \qquad (II.20)$$

Donc le nombre final des modules série par branche est $N_{mms} = 17$ modules.

$$UDC\ branche = 16 \times 45,7 = 731,2\ v < U_{ond\ max} ; \qquad (II.21)$$

Donc le nombre final des modules série par branche est $N_{mms} = 16$ modules.

$$UDC\ branche = 13 \times 45,7 = 594,1\ v < U_{ond\ max} ; \qquad (II.22)$$

Donc le nombre final des modules série par branche est $N_{mms} = 13$ modules.

❖ **Nombre de module en parallèle (chaînes) :**

$$N_{psc} = \frac{N_{tp}}{N_{mms}} = \frac{250}{18} = 13,88 \sim 14 \text{ Chaines de PV en parallèles.} \quad (II.23)$$

Donc :

$I_{max} = (N_{psc} \times I_{ccpv}) = 14 \times 11,16 \rightarrow I_{max} = 156,24 \text{ A}$. Elle ne dépasse pas le courant max de l'onduleur 245 A.

$$N_{psc} = \frac{N_{tp}}{N_{mms}} = \frac{250}{17} = 14,7 \sim 15 \text{ Chaines de PV en parallèles.} \quad (II.24)$$

Donc : ($I_{max} = (N_{psc} \times I_{ccpv}) = 15 \times 11,16 \rightarrow I_{max} = 167,04 \text{ A}$. Elle dépasse le courant max de l'onduleur 245 A mais, la valeur s'approche du courant max d'onduleur. Donc ce nombre fait fonctionner l'onduleur dans son intervalle.

$$N_{psc} = \frac{N_{tp}}{N_{mms}} = \frac{250}{16} = 15,62 \sim 16 \text{ Chaines de PV en parallèles.} \quad (II.25)$$

Donc :

$I_{max} = (N_{psc} \times I_{ccpv}) = 16 \times 11,16 \rightarrow I_{max} = 178,56 \text{ A}$. Elle dépasse le courant max de l'onduleur

$$N_{psc} = \frac{N_{tp}}{N_{mms}} = \frac{250}{13} = 19,23 \sim 19 \text{ Chaines de PV en parallèles.} \quad (II.26)$$

Donc :

$I_{max} = (N_{psc} \times I_{ccpv}) = 19 \times 11,16 \rightarrow I_{max} = 212,04 \text{ A}$. Elle ne dépasse pas le courant max de l'onduleur 245 A.

Tableau II.8 : Récapitulatifs des calculs

Nbre de module en série	U max onduleur	Nbre de branches	I max	NPT l	P(w)
18	822,6 v	14	156,24 A	252	100800
17	776,9 v	15	167,04 A	255	102000
16	731,2 v	16	178,56 A	256	102400
13	594,1 v	19	212,04 A	247	98800

Le tableau (II.8) montre que si on prend le nombre de module en série 13, donc la valeur de la tension de l'onduleur sera 594,1 v ce qui s'approche à la tension maximale de notre onduleur $U = 825 \text{ v}$. Le même pour le courant des 19 branches, ($I = 212,04 \text{ A}$) s'approche à la valeur maximale de courant de notre onduleur à plaque signalétique qui est 245 A. Concernant la puissance totale produite ces valeurs donnent une puissance plus proche au besoin de l'ascenseur, donc ce choix fait fonctionner l'onduleur dans une plage optimale.

Étape 5 : Le câblage.

Les câbles sont considérés comme l'âme d'une installation électrique, en outre un surdimensionnement engendre des surcoûts dans la réalisation du projet, par contre un sous dimensionnement peut engendrer des échauffements et causer un dysfonctionnement de l'installation électrique, d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal pour cela la détermination des sections des câbles permettra de minimiser les pertes lors du transport de l'électricité. Pour faire ce dimensionnement, nous avons besoin de connaître l'intensité du courant qui circule dans ces câbles dont le courant d'emploi et le courant admissible.

a) Le courant d'emploi.

Le courant d'emploi IB est le courant correspondant à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal., Il est déterminé à partir du courant absorbé et corrigé selon plusieurs facteurs.

b) le courant admissible.

Le courant admissible I_z d'un conducteur est le courant susceptible de passer dans les conditions normales sans préjudice de disfonctionnement ou dégradation du câble. En pratique I_z est calculé à partir du courant I_B en tenant compte des contraintes du milieu ou sont posées les canalisations. Le courant d'emploi (I_B) est lié au courant admissible par la relation :

$$I_z > \frac{I_B}{K1 \cdot K2 \cdot K3} \tag{II.27}$$

Avec :

- Le facteur de correction $K1$ prend en compte le mode de pose ;
- Le facteur de correction $K2$ prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte ;
- Le facteur de correction $K3$ prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

❖ **Câble DC de chaîne solaire (appelé combineur en T).**

C'est le câble qui relie les deux chaînes solaires, chaque chaîne constituée de 26 modules avec les caractéristiques suivants : $I_{opt} = 10.53 \text{ A}$, $I_{cc} = 11.16 \text{ A}$.

Ce qui implique que le courant circulant dans une chaîne est :

$$I_{b_chaîne} = 11.16 \times 1.25 = 13.95 \text{ A.} \tag{II.28}$$

Le coefficient 1.25 contre la surcharge côté continu provient de la norme 712.433 voir annexe.

Nombre de chaîne = 2.

➤ **Courant d'emploi I_B .**

$$I_B = 11.16 \times 1.25 \times 2 = 27.9 \text{ A.} \tag{II.29}$$

➤ **Courant admissible I_z**

$$I_z > \frac{I_B}{K1 \cdot K2 \cdot K3} \tag{II.30}$$

D'après les tableaux (annexe 09) les valeurs de $K1$, $K2$ et $K3$ sont :

$$K1 \times K2 \times K3 = 0,8$$

Donc :

$$\rightarrow I_z > \frac{27.9}{0.8} = 34,275 \text{ A.} \tag{II.31}$$

Pour trouver la section du câble qui correspond à notre courant qui est de 34,275 A, en se réfère au Tableau (II.8) qui présente un tableau de référence entre le courant admissible et la section du câble en fonction de la pose, Vu que la valeur de notre courant qui ne se trouve pas sur le tableau En choisie la valeur supérieure la plus proche qui égale 48 A, pour des câbles posés sur une surface sans de contact entre eux on obtient une section de 25 mm².

Tableau II.9 : Câbles de section 6 mm² reliant deux chaînes solaires

Température ambiante 30°C /86°F		Note actuelle 120°/248°F		
Construction	Exposé	Sur surface sans contact opposé	Sur surface avec contact opposé	Dans le conduit Enveloppe canal
mm ²	A	A	A	A
25	51	48	34	27
4	68	65	45	36
6	88	84	59	47
10	121	115	80	64

❖ **Câble DC Principal.**

Les câbles principaux DC de 25 mm² sont regroupés dans des centrales boxe illustrer sur la figure (II.12). Selon leur polarité, les câbles DC principaux sont répartis sur des boites centrales (central Box). On a deux boites centrales Négatives regroupant les câbles DC Négatives et les deux autres positives regroupant les câbles DC positives dans chaque Skid. Les caractéristiques techniques des boites centrales

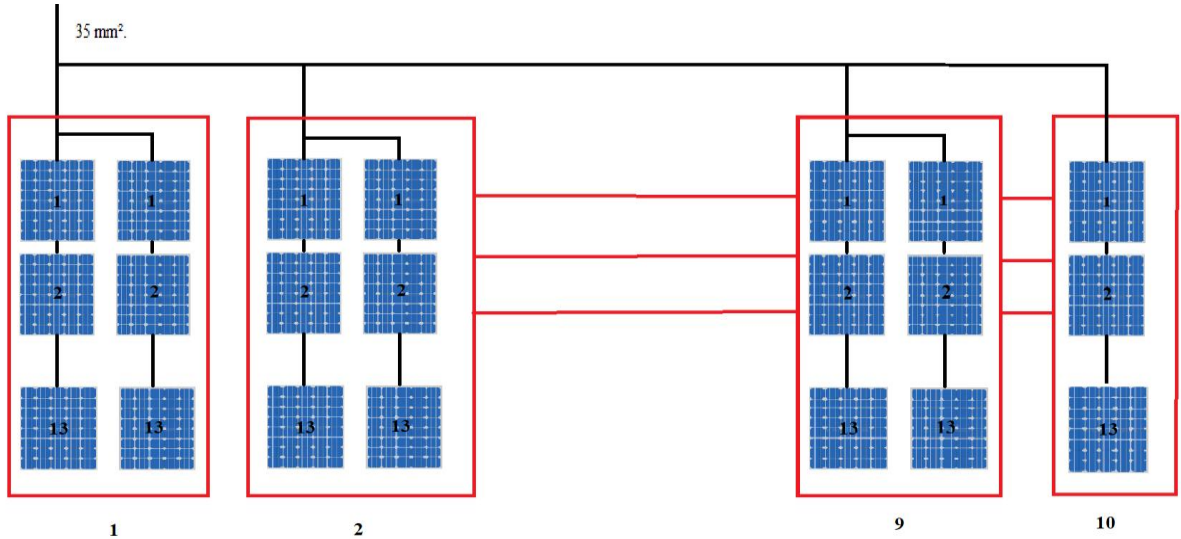


Figure II.11 : Câble DC Principal d'une section de 25mm².

❖ **Câble de transmission DC central box vers l'onduleur.**

La puissance à la sortie du jeu de bar du central box est transportée vers l'onduleur avec des câbles qui sont présentés dans la figure (II.12).

a) **Courant d'emplois IB :**

$$IB = N_{psc} \times 1.25 \times I_{ccpv} \rightarrow 19 \times 1.25 \times 11.16 = 275,5 \text{ A.} \quad (II.32)$$

Avec :

I_{ccpv} : Courant de court-circuit du panneau photovoltaïque ;

N_{psc} : Nombre réel de module en parallèle dans sous centrale ;

1.25 : Le coefficient 1.25 contre la surcharge côté continu provient de la norme 712.433 voir annexe.

b) **Courant admissible Iz :**

On utilise les mêmes tableaux (annexe 09) pour déduire les valeurs de K1, K2 et K3 :

$$K1 \times K2 \times K3 = 0,8$$

Donc :

$$\rightarrow Iz > \frac{IB}{K1 \times K2 \times K3} = \frac{275,5}{0,8} = 344,375 \text{ A.} \quad (II.33)$$

Pour trouver la section du câble qui correspond à notre courant qui est de 344,375 A en se référant à la figure II.10, Alors on a choisi la valeur supérieure du courant admissible de 344,375 A et on obtient une section de 35 mm².

Tableau II.10 : Référence de Câble

mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	A	KA	KJ/m
SIENPYR (120) (N) HXSGAFHXOE EN502246-3-1 1800...FM ohne Schrim/without screen													
1,5	5DB7	501	1,5	-	5,5	6,4	23	58	46	48	0,189	624	
2,5	5DB7	502	2,0	-	6,0	6,9	25	63	50	61	0,315	700	
4	5DB7	503	2,4	-	6,4	7,3	27	67	54	78	0,504	777	
6	5DB7	504	2,9	-	6,9	7,8	29	72	58	00	0,756	862	
10	5DB7	505	3,9	-	8,3	9,2	34	86	69	150	1,26	1165	
16	5DB7	506	5,6	-	10,3	11,5	43	107	86	227	2,02	1647	
25	5DB7	507	6,7	-	12,4	13,6	64	128	102	342	3,15	2357	
35	5DB7	508	7,9	-	13,6	14,8	70	140	112	442	4,41	2647	
50	5DB7	509	9,4	-	15,0	16,5	78	155	124	587	6,30	3009	
70	5DB7	510	10,9	-	16,5	18,0	85	170	136	774	8,82	3371	
95	5DB7	511	12,6	-	19,0	20,5	98	195	156	1039	12,0	4384	
120	5DB7	512	14,3	-	20,7	22,2	106	212	170	1273	15,1	4848	
150	5DB7	513	16,2	-	23,0	24,5	118	235	188	1573	18,9	5740	
185	5DB7	514	17,6	-	24,5	36,9	127	253	202	1909	23,3	6540	
240	5DB7	515	20,8	-	27,7	30,1	143	285	228	2421	30,2	7515	
300	5DB7	516	23,1	-	30,0	32,4	154	308	246	2959	37,8	8216	
400	5DB7	517	26,8	-	34,1	37,7	177	353	282	3917	50,4	10453	

Le de transmission DC central box vers l'onduleur. mm²

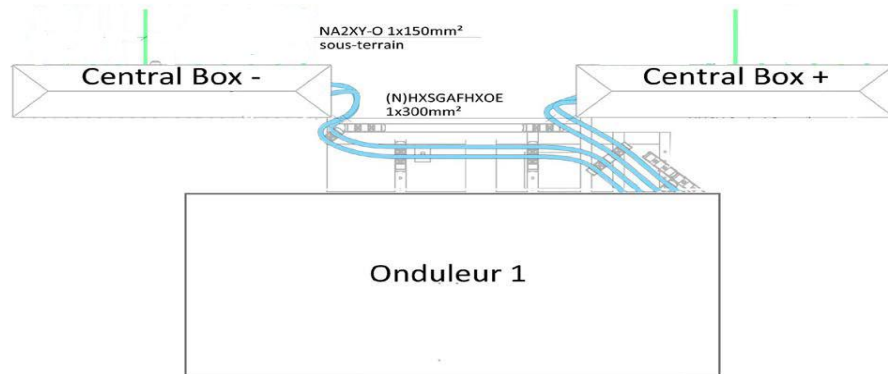


Figure II.12 Câble de transmission DC central box vers l'onduleur

II.9. Batteries et convertisseur associé

Des batteries au plomb ont été retenues compte-tenu de leur faible coût par rapport aux autres technologies. Notre application étant stationnaire, leur masse importante ne pose pas de problème.[29]

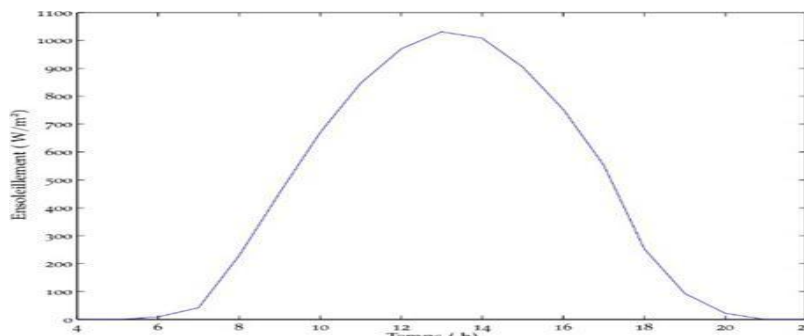


Figure II.13 : Ensoleillement

II.9.1 Dimensionnement du banc de batteries :

Le dimensionnement a pour but de déterminer la capacité du banc de batteries à partir des besoins Électriques de l'installation, ce qui peut être obtenu à l'aide de l'équation (II.33).

$$C_{bb} = \frac{Be \times N}{T_{na} \times T_{dm} \times \rho} \quad (\text{II.34}).$$

E : le besoin énergétique de l'utilisateur journalière Wh/jour pendant 8h par jour :

$$\diamond E = p \cdot t = 98,8 \text{ KW} \cdot 8\text{h} = 790,4 \text{ KWh} = 790400 \text{ Wh/jour}$$

C_{bb} : Capacité du banc de batteries

T_{na} : la tension nominale des accumulateurs Dans cette étude, cette tension est de 51,2 volts.

T_{dm} : la tension de décharge max pour la batterie de lithium recommandée 80 % ou plus

ρ : le rendement des accumulateurs on utilise une valeur moyenne de rendement pour la batterie De lithium-ion (LiFePO4) 90%

$$C_{bb} = \frac{Be \times N}{T_{na} \times T_{dm} \times \rho}$$

$$\diamond C_{bb} = \frac{Be \times N}{T_{na} \times T_{dm} \times \rho} = \frac{790400}{51,2 \times 0,80 \times 0,90} = 21437,8 \text{ Ah}$$

Le nombre des batteries en série :

T_{ns} = puissance maximale de panneaux photovoltaïque

T_{nb} : Tension nominal de batterie

N_{bs} : Nombre de batterie en série

$$\diamond N_{bs} = \frac{T_{ns}}{T_{nb}} = \frac{400}{51,2} \approx 7,8125 = 8 \text{ batteries}$$

Le nombre des batteries en parallèle :

C_{bb} : La capacité du banc de batteries

C_b : capacité de batterie

N_{bp} = nombre de batterie

$$\diamond N_{bp} = \frac{C_{bb}}{c_b} = \frac{21437,8}{200} \approx 47,74 = 107,189 \text{ batteries}$$

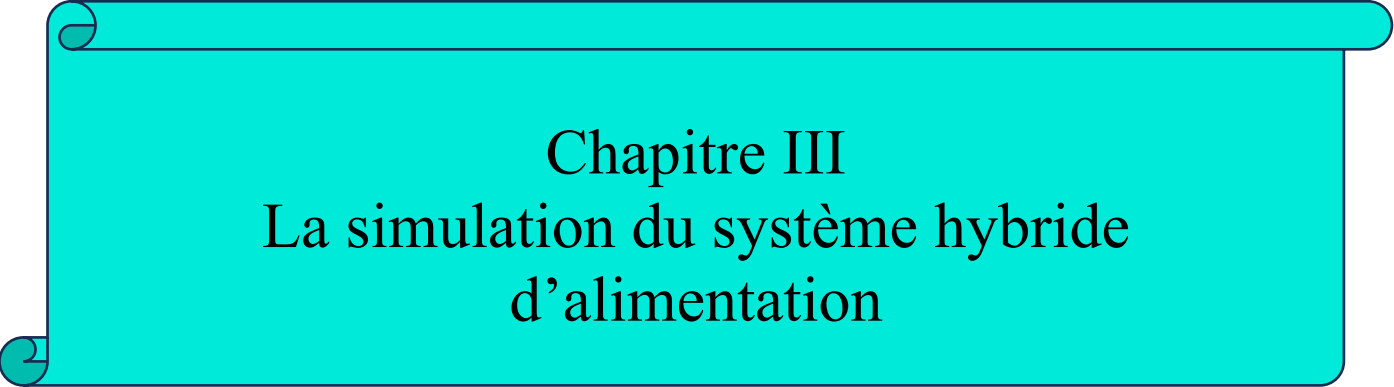
Nombre des batteries totales :

$N_{bt} = N_{bp} \cdot N_{bs}$

$$\diamond N_{bt} = 107,189 \times 8 = 857,512 \text{ batteries}$$

II.10. Conclusion

Ce chapitre pose les bases techniques nécessaires à la mise en œuvre d'un système hybride d'alimentation en électricité propre des ascenseurs d'un quartier résidentiel. Suivant une approche systématique, nous avons d'abord déterminé les caractéristiques de l'ascenseur nécessaires à son fonctionnement, en tenant compte de la charge, de la vitesse et des exigences de sécurité. Le choix d'un moteur synchrone à aimants permanents s'est avéré la solution optimale pour garantir un fonctionnement stable, efficace et économe en énergie. Par la suite, nous avons dimensionné les différents composants du système hybride, en exploitant les ressources solaires disponibles et en intégrant des batteries, des convertisseurs, ainsi qu'une connexion au réseau pour garantir la continuité de service. Ce travail de conception vise non seulement à garantir l'indépendance énergétique du système, mais aussi à optimiser l'utilisation des énergies renouvelables pour atteindre l'efficacité et la durabilité. Il constitue également une contribution précieuse au programme de transition énergétique de l'État algérien. Les résultats obtenus ouvrent la voie à la simulation et à l'analyse des performances du système, qui seront abordées dans le chapitre suivant.



Chapitre III
La simulation du système hybride
d'alimentation

III.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons abordé le dimensionnement d'un système hybride composé d'un générateur photovoltaïque et d'un dispositif de stockage connecté au réseau électrique pour alimenter un groupe d'ascenseurs dans un quartier architectural de la ville de Sidi Bel Abbes. Ce quartier comprend dix immeubles résidentiels de dix étages chacun. Le nombre de panneaux et de batteries nécessaires à l'installation a ensuite été sélectionné et calculé.

En effet, une fois le système multi-sources est bien dimensionné et le modèle de chacun de ses sous-systèmes est établi, il est nécessaire de concevoir une stratégie de gestion optimale qui gère les flux de puissance échangés entre les différents modules du système multi sources tout en tenant à assurer l'autonomie de la charge.

En suite pour étudier la faisabilité et le fonctionnement du système conçu, des simulations des différents sous-systèmes de l'installation sont nécessaires. Pour optimiser ces simulations, nous avons sélectionné le logiciel HOMER (Hybrid Optimization Model for Renewable Electricity). Les résultats d'HOMER nous fournissent généralement une orientation générale pour la décision d'installation du système hybride que nous proposons.

Ce dernier chapitre présentera un organigramme de gestion du système hybride dimensionné et des simulations du fonctionnement du système en mode connecté et isolé du réseau. L'objectif est de comparer les deux modèles en termes de fonctionnement et de fiabilité technique. Quoique pour le mode raccordé au réseau nous voulons uniquement rassurer que le réseau soit utilisé comme une source de secours. Ce dernier chapitre présentera des simulations du fonctionnement du système en mode connecté et isolé du réseau. L'objectif est de comparer les deux modèles en termes de fonctionnement et de fiabilité technique.

Lors de la mise en œuvre d'un système, le point le plus important à prendre en compte est l'obtention d'informations sur le coût actuel net total (NPC) du système hybride, le coût d'exploitation annuel et le coût des ventes d'énergie (COE) pour les deux procédés, ce dernier représentant un obstacle majeur aux systèmes d'énergie renouvelable.

Les périodes de remboursement simple (PRS) et les périodes de remboursement à taux réduit (PRA) sont des valeurs clés pour améliorer la performance économique. Le taux de pénétration de la production d'énergie renouvelable, ainsi que la quantité d'émissions de gaz à effet de serre (kg/an), sont également des indicateurs clés pour améliorer la performance économique et environnementale.

III.2. La stratégie de gestion du système hybride photovoltaïque, batterie et réseau

II.2.1 Intérêt de la stratégie de gestion

La stratégie de gestion est indispensable dans un système hybride d'énergie, car :

- ✓ Elle permet au système hybride de s'adapter aux variations météorologiques.
- ✓ Elle détermine et affecte la répartition de la puissance de sortie de chaque source d'énergie tout en maintenant sa tension et sa fréquence de sortie au niveau souhaité de la demande de charge électrique.
- ✓ Elle qui décide quelles charges sont connectées et comment utiliser le stockage si disponible ;
- ✓ Elle vise à assurer la continuité de l'approvisionnement de consommateurs dans toutes les conditions, à garantir l'utilisation maximale des sources renouvelables pour réduire l'utilisation des sources conventionnelles,
- ✓ Elle protège les composants d'être endommagé en raison d'une surcharge et d'augmenter la stabilité du système d'alimentation

III.3 Le contrôle des systèmes énergétiques hybrides

Le contrôle adéquat des systèmes énergétiques hybrides multi-sources avec stockage est aussi nécessaire pour atteindre la fiabilité et l'efficacité du fonctionnement. Ils existent trois configurations standards de contrôle et de supervision de ces systèmes multi sources, une brève comme suite :

III.3.1 Contrôle centralisé

Dans une commande centralisée, les signaux de mesure de toutes les parties du système (production et charge) sont connectés à un contrôleur centralisé, comme il est illustré dans la figure (III.1) ,il prend des décisions sur les actions sur la base de tous les signaux mesurés et d'un ensemble de contraintes et d'objectifs prédéterminés.

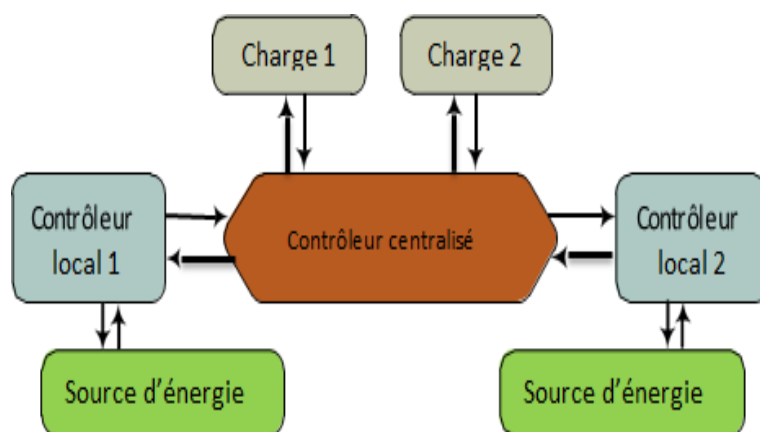


Figure III.1 : Stratégie de gestion d'énergie centralisée

III.3.2 Contrôle distribué

Dans un schéma de contrôle entièrement distribué, les signaux de mesure de sources d'énergie du système hybride sont envoyés à leur contrôleur local correspondant, comme il est indiqué dans la Figure (III.2) Les contrôleurs locaux communiquent entre eux pour prendre des décisions de fonctionnement du système. Ce schéma est très adapté aux algorithmes intelligents, tel que la logique floue et les réseaux de neurones, [27]

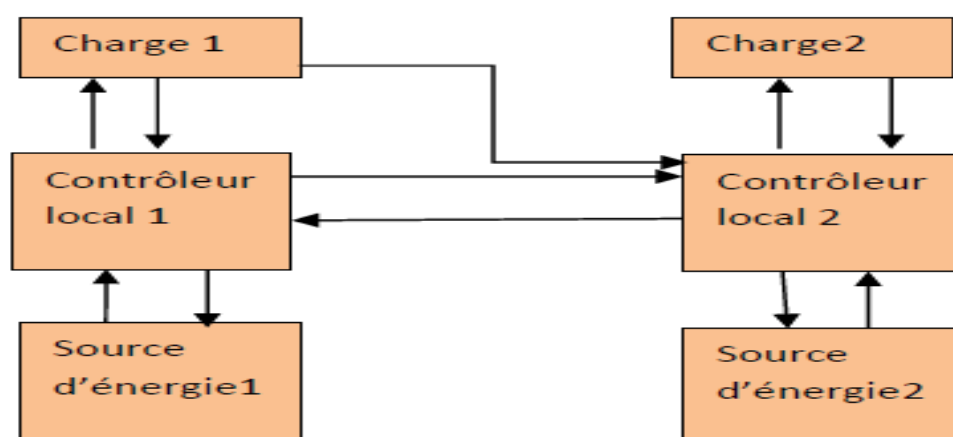


Figure III.2 : Stratégie de gestion d'énergie distribuée.

III.3.3 Contrôle hybride centralisé et distribué

Un schéma plus pratique est le contrôle hybride qui combine les schémas de contrôle centralisé et distribué, comme l'indique la Figure (III.3) Les sources d'énergie sont regroupées dans un micro- réseau ; le contrôle centralisé est utilisé au sein de chaque groupe, tandis que le contrôle distribué est appliqué à un ensemble de groupes.

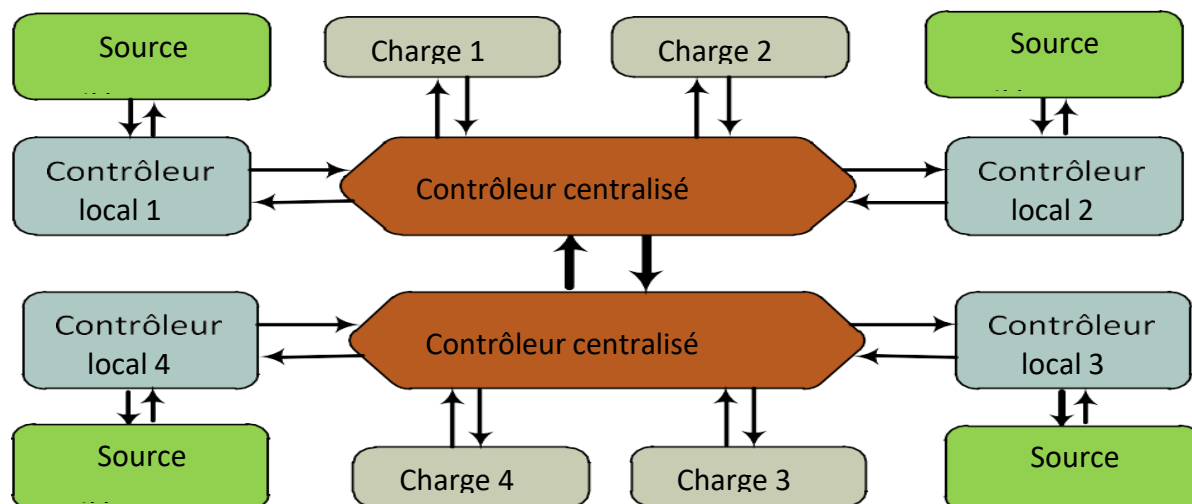


Figure III.3 : Stratégie de gestion d'énergie hybride centralisée et distribuée

III.4 Algorithme de la Stratégies de gestion d'un système hybride d'énergie

La méthodologie de la stratégie de fonctionnement est une opération automatique d'intuition qui doit prendre en considération des impératifs techniques, normatifs, économiques, contractuels. Elle est traduite par un algorithme suivi par un organigramme qui permet au système la supervision d'un SHE de décider combien et quels générateurs il faut mettre en marche, quelles charges sont connectées et comment utiliser le stockage, si disponible [27] Généralement le fonctionnement d'un système hybride d'énergie dépend des paramètres suivants :

- ✓ Le profil de charge : les variations journalières, les variations saisonnières, les pics et les creux, etc ;
- ✓ Les caractéristiques des ressources renouvelables : les valeurs moyennes, la fréquence des événements, les valeurs extrêmes, les variations diurnes et saisonnières, etc ;
- ✓ La configuration du système : le nombre et les types de composants ;
- ✓ Les normes de qualité de l'énergie : les exigences en ce qui concerne les variations de la fréquence et de la tension.
- ✓ Le choix de la stratégie du stockage à savoir un dispositif de de stockage qui permet de compenser les fluctuations des énergies renouvelables où bien un stockage utilisé comme une source pour alimenter la charge en cas d'insuffisance de la source primaire.
- ✓ Le choix de la gestion de la charge suivant la nature de du profil de consommation, et l'ordre prioritaire suivant la vocation des utilisateurs.

Il existe d'autres stratégies de gestion à savoir : la réserve tournante, le temps de fonctionnement minimal et l'hystérésis. Mais dans les systèmes hybrides avec un système de stockage constitué uniquement d'accumulateur électrochimique, la stratégie de gestion est très simple : l'énergie excédentaire provenant des sources renouvelables est stockée dans les batteries (les batteries se chargent), les batteries se déchargent s'il y a déficit d'énergie dans le système

III.4.1 Stratégies de gestion du système hybride conçu

Le système hybride conçu est constitué de 250 panneaux photovoltaïques de 400 W et de 384 Batteries de lithium ion de 58,4 v et le Réseau électrique. Au début l'organigramme compare la puissance générer par chaque source avec la puissance consommée par la charge.

❖ **Etat 01 :**

Condition principale :

$E_{pv} > E_{CH}$ (l'énergie photovoltaïque est supérieure à celle consommée par la charge)

- 1- Vérification du niveau de charge de la batterie (SOC) :
 - Si la batterie est en dessous du niveau minimum, le système active le mode batterie pour compenser et alimenter la charge.
- 2- Si la batterie n'est pas sous le seuil minimum :
 - La charge est alors alimentée par les panneaux solaires et par la batterie en parallèle si nécessaire.
 - Si un excédent d'énergie solaire est disponible, celui-ci est utilisé pour recharger les batteries tout en continuant à alimenter la charge.

❖ **Etat 02**

Condition principale :

$E_{pv} < E_{CH}$ (l'énergie photovoltaïque est inférieure à celle requise par la charge)

- 1- Vérification de l'état de la batterie (SOC) :
 - Si la batterie se trouve dans la zone de fonctionnement normale (niveau moyen), le système vérifie alors la disponibilité du réseau.
- 2- Vérification de la disponibilité du réseau :
 - Si le réseau peut alimenter la charge, le système active le mode réseau pour l'alimentation.
- 3- Si le réseau est indisponible, on distingue deux cas :
 - Si la batterie est encore dans la plage de fonctionnement moyenne, on active le mode batterie pour alimenter la charge.
 - Si la batterie est en dessous du seuil critique, et qu'aucune source ne peut répondre à la demande, une pénurie est déclarée et le système s'arrête automatiquement pour protéger les équipements.

Interprétation des modes :

On capte l'ensoleillement afin de déterminer l'irradiation solaire. À partir de cette donnée, on calcule ensuite la puissance photovoltaïque, ce qui permet d'estimer l'énergie photovoltaïque. Cette énergie est ensuite comparée à l'énergie de la charge. Ainsi, deux modes de fonctionnement peuvent être identifiés en fonction de cette comparaison.

Mode 1 : Source active – Panneaux photovoltaïques uniquement

- Lorsque l'énergie solaire est suffisante ça veut dire $E_{PV} > E_{ch}$, donc on vérifie l'état de batterie si elle est chargée on active le mode batterie pour alimenter la charge mais si la batterie n'est pas chargée on passe au mode solaire et charge la batterie en même temps

Mode 2 : Source de secours – Réseau électrique :

Lorsque l'énergie solaire n'est pas suffisante ça veut dire $E_{(PV)} < E_{ch}$ n'est pas vérifié on passe à la mode 2 première étape on teste l'état de batterie si la batterie est chargée si oui on active le mode batterie si elle est déchargée on teste l'énergie de réseau si elle est suffisante on alimente la charge par le réseau si elle n'est pas suffisante on déclare une pénurie et on arrête le système

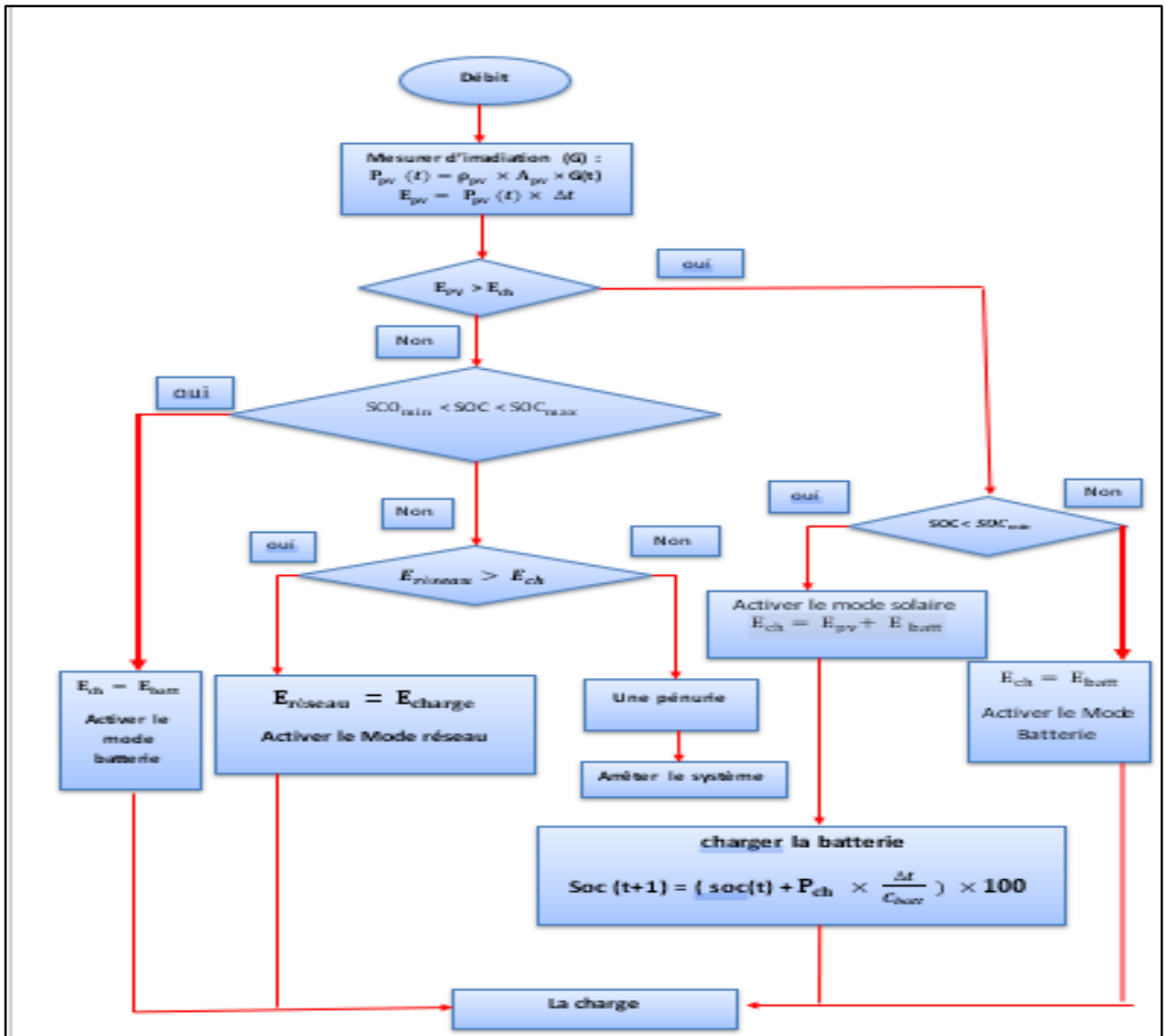


Figure III.4 : Organigramme de la stratégie de gestion

En fin La stratégie de gestion du système hybride photovoltaïque-batterie relié au réseau est très simple parce que nous avons uniquement trois sources à gérer. Donc, l'organigramme de la figure (III.4) peut traduire dans un programme pour gérer un contrôleur. Dans le paragraphe suivant, une étude de simulation sera réalisée pour déterminer la configuration optimale du système et estimer le coût d'installation.

III.5 Présentation du logiciel HOMER

Le logiciel HOMER (Hybrid Optimisation Model for Electric Renewables), développé par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) aux États-Unis, est un outil de simulation et d'optimisation de systèmes de production d'énergie, qu'ils soient connectés au réseau électrique ou isolés. Il est largement utilisé pour analyser, concevoir et évaluer la faisabilité technique et économique des systèmes hybrides d'énergie renouvelable, dans un large éventail d'applications.

HOMER permet de combiner différentes sources d'énergie — comme les panneaux photovoltaïques, les batteries, les groupes électrogènes, ou encore les convertisseurs — afin de déterminer la configuration optimale du système, capable de couvrir les besoins énergétiques du site étudié tout en minimisant le coût global et en assurant la fiabilité de l'alimentation.

Dans le cadre de notre projet, HOMER est utilisé pour simuler un système hybride destiné à alimenter un ascenseur industriel, combinant l'énergie solaire, le stockage par batteries et, si nécessaire, une connexion au réseau électrique. Le logiciel permet d'entrer tous les composants du système, soit en

utilisant la bibliothèque par défaut (panneaux solaires, batteries, convertisseurs, etc.), soit en ajoutant manuellement des composants personnalisés, avec leurs caractéristiques techniques et économiques.

HOMER fonctionne en simulant le bilan énergétique heure par heure, pour chacune des 8760 heures d'une année. Il évalue les performances de centaines de combinaisons possibles, en fonction des données saisies, afin de :

- Identifier les technologies les plus rentables.
- Dimensionner correctement chaque composant (taille des panneaux, capacité des batteries...).
- Évaluer les impacts économiques d'une variation des coûts, de la demande en énergie, ou de la ressource solaire.
- Déterminer si une solution basée sur les énergies renouvelables peut assurer à elle seule l'alimentation du système.

HOMER fournit aussi des analyses de sensibilité, utiles pour comprendre comment les performances du système évoluent face à différents scénarios. Grâce à cet outil, nous pouvons concevoir un système électrique fiable, économique et durable pour l'alimentation de l'ascenseur étudié.[28]

III.5.1 Les étapes de fonctionnement du logiciel HOMER

Étape 1 : Positionnement géographique du site

Cette étape est primordiale car elle permet au logiciel HOMER d'accéder aux bases de données climatiques et d'irradiation solaire spécifiques à la localisation du projet. Le positionnement géographique permet de déterminer le potentiel énergétique solaire disponible, ce qui est essentiel pour évaluer la faisabilité d'un système hybride basé sur les panneaux photovoltaïques.

Étape 2 : Définition des ressources énergétiques disponibles

Dans le cadre de cette simulation, la source principale d'énergie renouvelable est le solaire photovoltaïque. Il est donc nécessaire d'entrer les données relatives aux panneaux solaires (capacité, rendement, coût, etc.) ainsi que les caractéristiques des batteries de stockage qui assureront l'alimentation continue de l'ascenseur en cas d'absence de soleil. Si une connexion au réseau est prévue, ses paramètres doivent aussi être définis.

Étape 3 : Définition du profil de charge électrique journalière

Le profil de charge représente la consommation énergétique quotidienne du système à simuler — ici, un ascenseur industriel. Ce profil est établi selon les besoins en énergie pour le fonctionnement de l'ascenseur (nombre de trajets par jour, durée moyenne d'utilisation, puissance du moteur, etc.). Ces données permettent à HOMER de dimensionner correctement les composants du système hybride.

Étape 4 : Paramétrage technique et économique

On renseigne les coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance des différents composants (panneaux photovoltaïques, batteries, onduleur, etc.), ainsi que les paramètres économiques du projet (durée de vie, taux d'actualisation, prix du kWh si réseau). Ces informations permettent à HOMER d'effectuer une analyse technico-économique complète.

Étape 5 : Simulation et optimisation

Une fois toutes les données saisies, HOMER procède à la simulation de différentes combinaisons technologiques. Il identifie les configurations optimales selon plusieurs critères : coût total du système (NPC), coût de l'énergie (COE), autonomie, part d'énergie renouvelable, retour sur investissement, etc.

III.6. Détermination du site géographique

L'objectif de cette étude est de choisir un site industriel situé dans la région de Sidi Bel Abbès, en Algérie, afin d'évaluer la faisabilité d'un système hybride combinant des panneaux photovoltaïques et des batteries, destiné à alimenter un ascenseur. Le site sélectionné se trouve à l'adresse géographique 59G4+XRW Sidi Bel Abbès, avec des coordonnées approximatives de 35.189° de latitude nord et 0.6340° de longitude ouest. Pour permettre une modélisation précise dans le logiciel HOMER, toutes les données climatiques et énergétiques relatives à cet emplacement doivent être intégrées dans le processus de simulation.

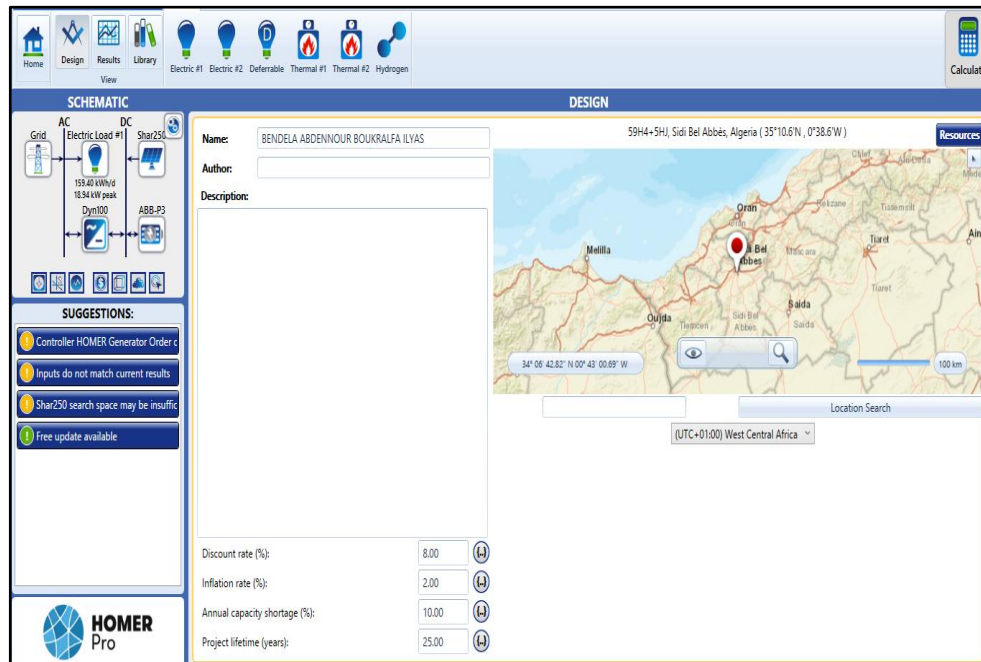


Figure III.5 : position géographique du site

III.7. L'évolution de la température du site :

La figure (III.2) illustre les variations mensuelles de la température de notre site la température minimale 10.960 C°, Température maximale 27.470C° avec une température annuelle moyenne 18.77 C°. Donc l'impact de la température sur les composants du système est faible.

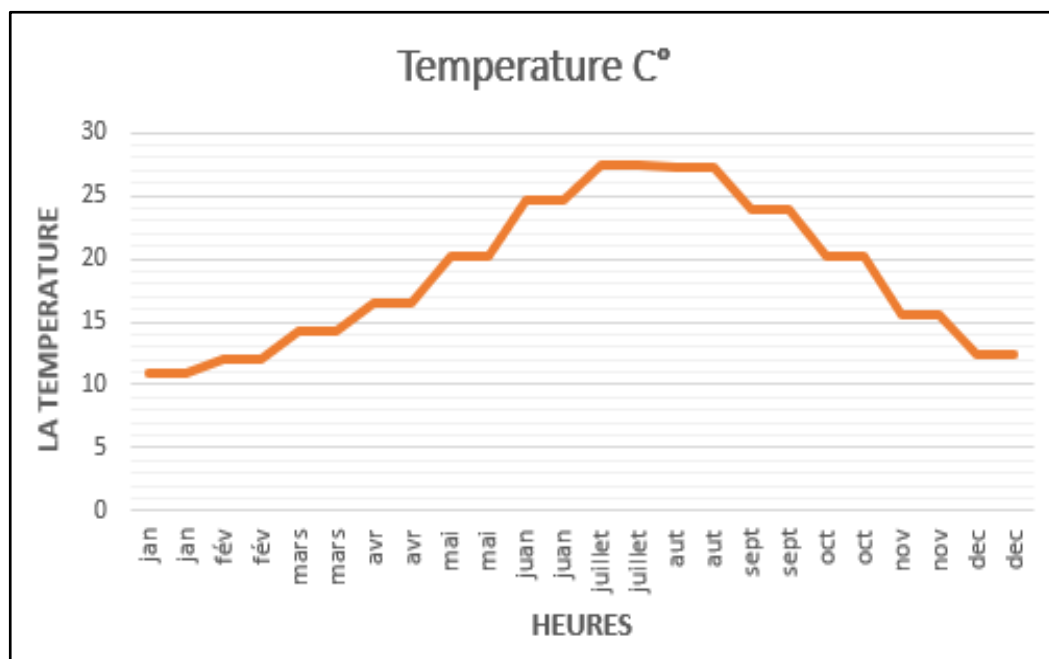


Figure III.6 : l'évolution de la température de la zone

III.8 Le profil de charge

D'après les traductions de notre société, le mouvement de l'ascenseur moyennement commence depuis 6H jusqu'à 23 H, il diffère pour quelque région pendant l'hiver à cause du froid ou bien pendant l'été à cause de la chaleur particulièrement pour les régions sud.

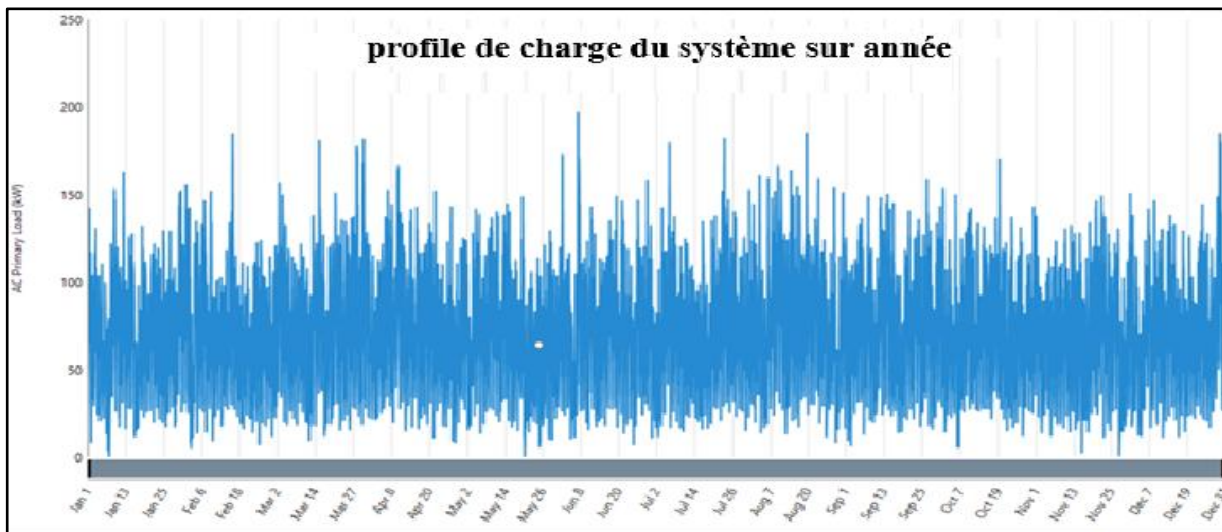


Figure III.7 : profile de charge du système sur année (capture écran Homer)

Les figures (III.8) et (III.9) montrent le profil de charge du système d'entraînement de l'ascenseur pour une période représentative, notamment durant le mois de juillet. La consommation est importante entre 6h et 23h30, ce qui correspond aux périodes d'utilisation fréquente de l'ascenseur dans les bâtiments. La deuxième période de 00h à 6h on considère que l'utilisation de l'ascenseur est minimum.

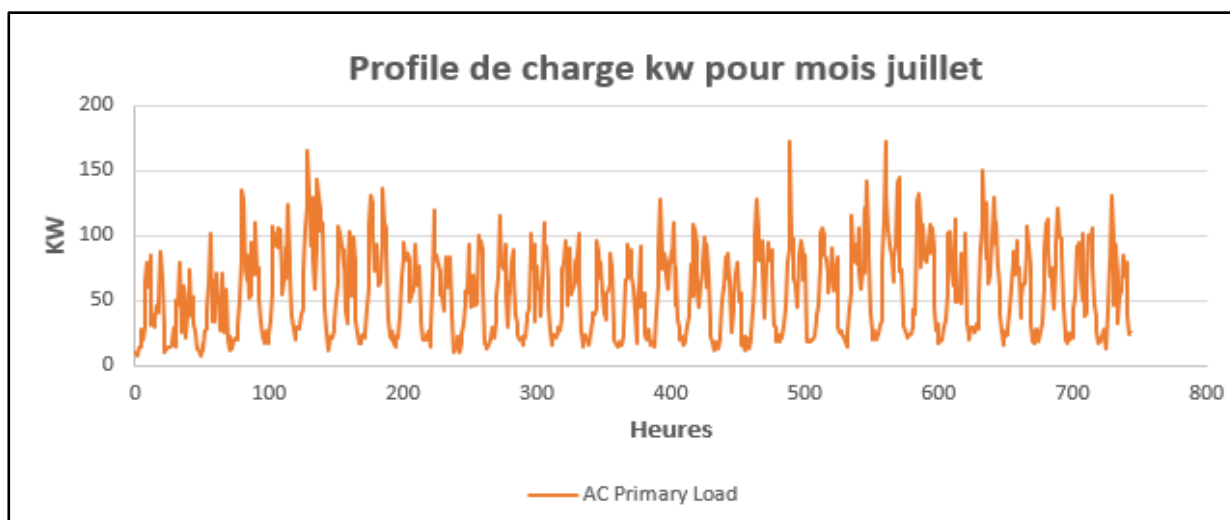


Figure III.8 : profile de charge du système par mois

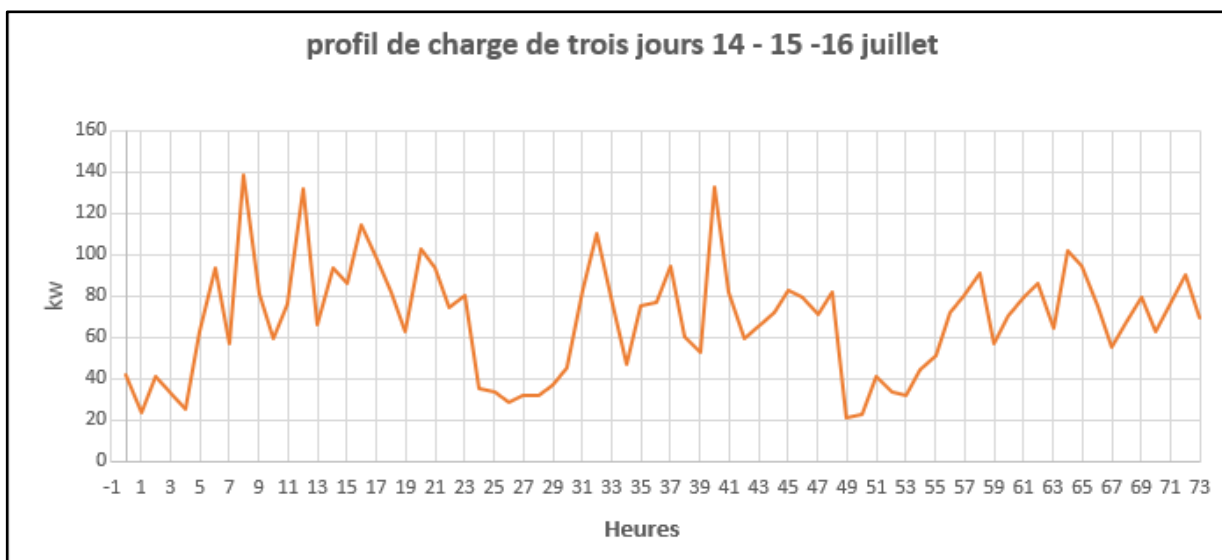


Figure III.9 : Profile de charge pour trois jours

Le processus de simulation du système hybride choisi a été analysé pour vérifier si l'alimentation électrique de l'ascenseur pouvait être assurée sans coupure. Il est important de noter que, bien que la consommation ait été optimisée, l'alimentation n'est jamais interrompue afin de garantir la sécurité des usagers.

La charge journalière atteint 1375 kWh, tandis que la puissance maximale enregistrée est de 187,20 kW. Le système modélisé sous HOMER simule l'alimentation complète du système d'ascenseur, prouvant que le fonctionnement continu est possible grâce à une configuration hybride adaptée (panneaux solaires, batteries, et générateur de secours).

III.9. Le profil de radiation et l'indice de clarté

La figure (III.10) montre la courbe de distribution du rayonnement reflète généralement l'ensoleillement dans les zones de haut plateau, la moyenne mensuelle montrant que janvier et décembre sont les mois les plus froids, tandis que juin et juillet sont les plus chauds. Tandis que l'indice de clarté de latitude du site sélectionné est très stable donc moins de brouillard et vent de sable.

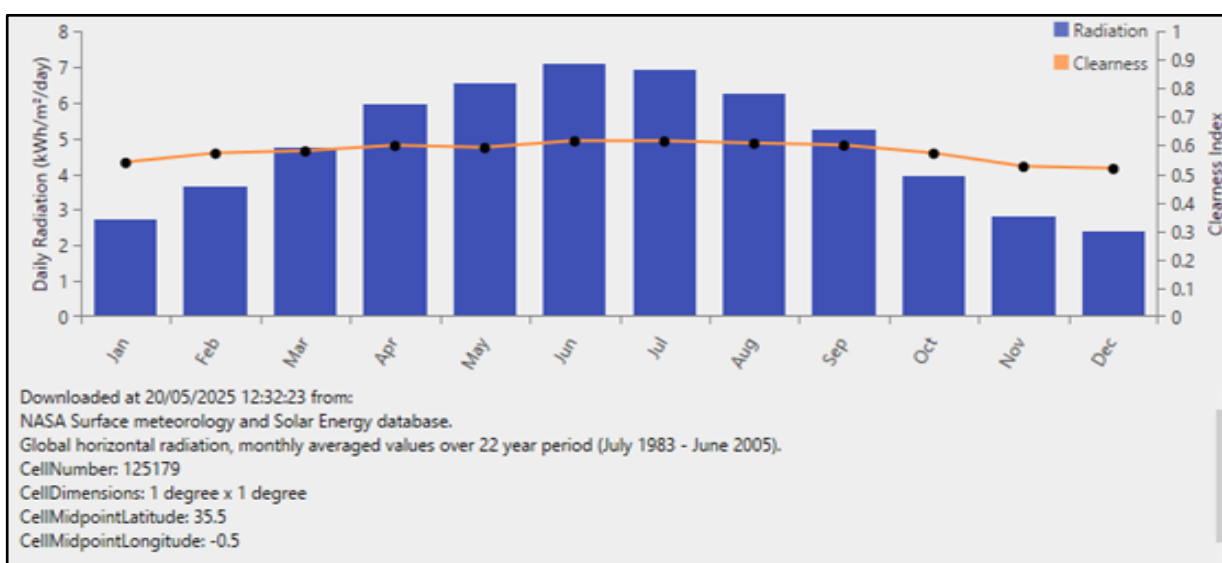


Figure III.10 : Le profil de radiation et l'indice sur année (capture écran Homer)

La figure (III.11), illustre les variations d'ensoleillement globales annuelles par heures calculé par le logiciel Homer pour 8762 heures de la première heure de janvier à la dernière heure de décembre.

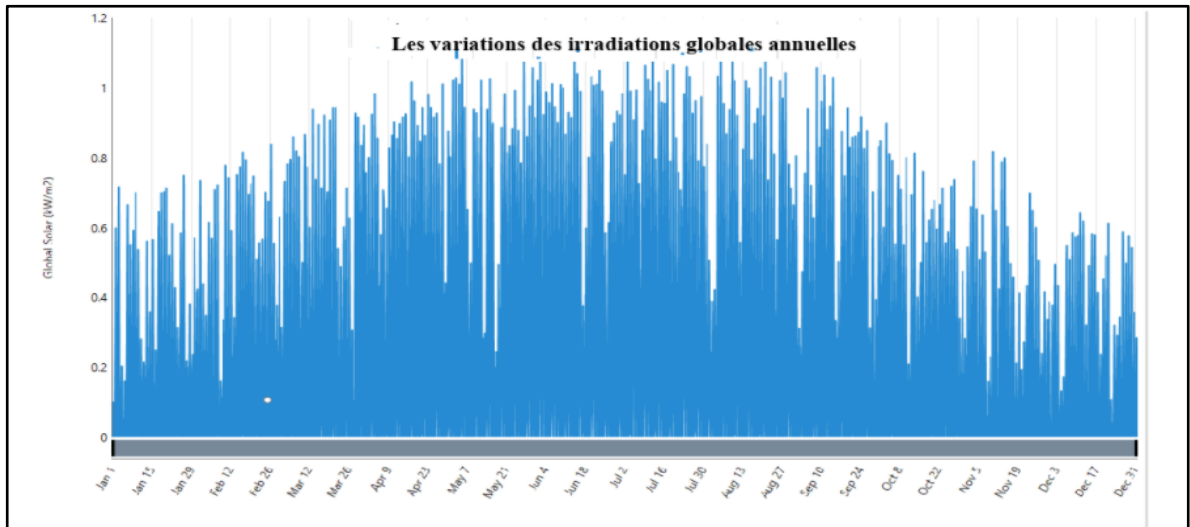


Figure III.11 : Les variations d'ensoleillement globales annuelles (capture écran Homer)

Comme le montre la figure(III.12), juillet est un mois très ensoleillé et pour cette raison nous sommes intéressés à étudier le comportement de notre système pour ce mois favorable ainsi que pour le mois défavorable de décembre.

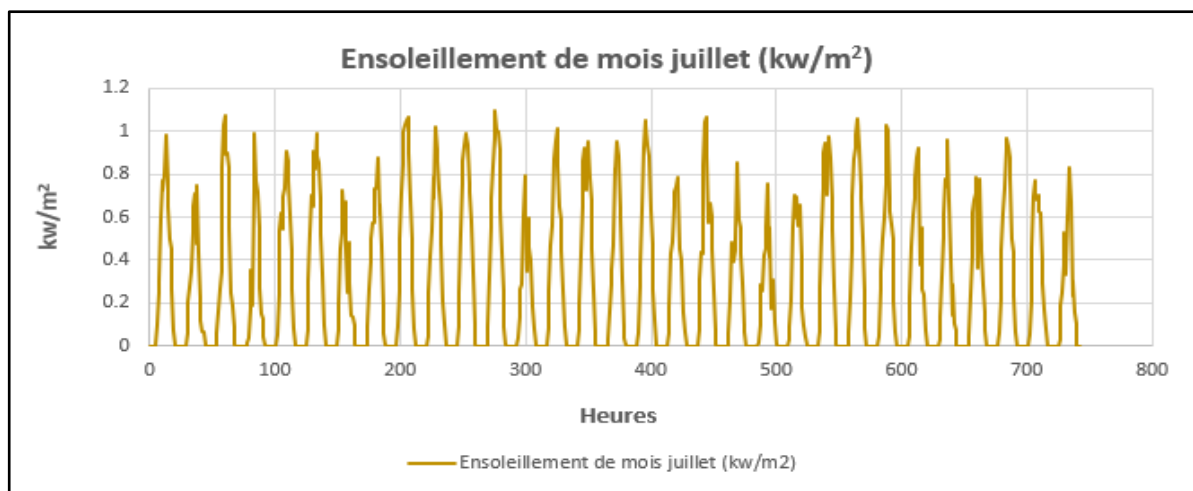


Figure III.12 : L'ensoleillement au mois de juillet(kWh/m²)

La figure (III.13) présente les données typiques de l'ensoleillement pour trois jours consécutifs à la mi-juillet. Il ressort clairement du graphique que le mois de juillet se caractérise par un ensoleillement très élevé, avec des valeurs de pointe quotidiennes atteignant environ 0.9 à 1.0 kW/m².

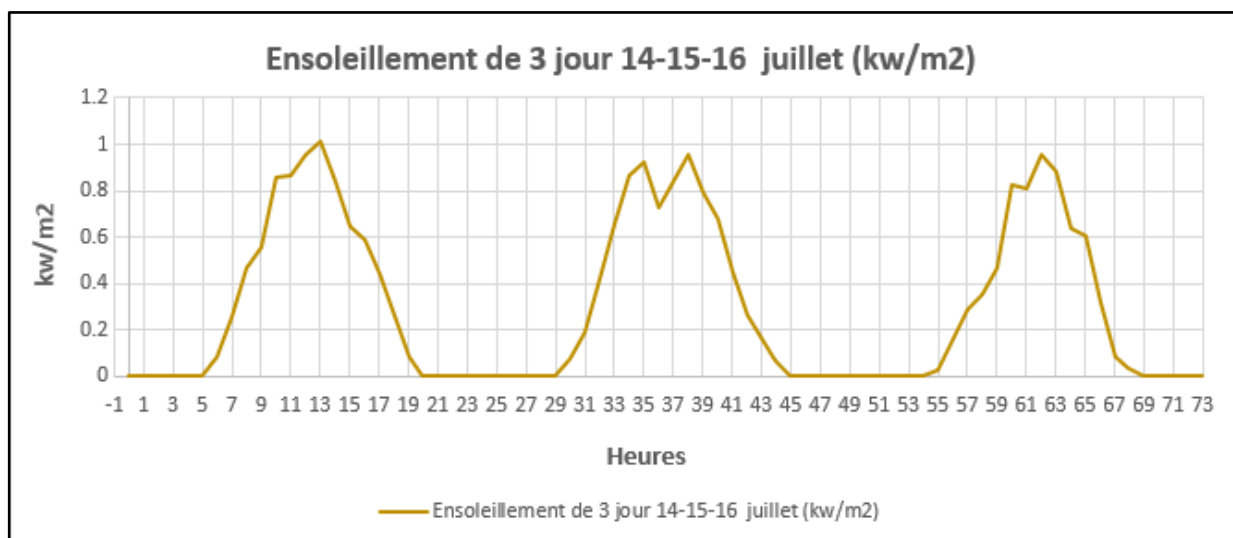


Figure III.13 : Zoom sur l'enseillement du mois de juillet (kWh/m²)

Cette forte intensité d'enseillement reflète la nature de la saison estivale, où le soleil est à son zénith et les heures de clarté sont très longues. Les courbes montrent une forme de cloche large et régulière, indiquant un début précoce et une persistance de l'enseillement pendant de longues heures chaque jour, avec un pic atteint vers le milieu de la journée pour chaque jour. Ce niveau élevé et stable d'enseillement en juillet est idéal pour la production d'énergie solaire, offrant une productivité maximale des panneaux solaires et réduisant le besoin d'un stockage important d'énergie pendant cette période.

La figure (III.14) montre l'enseillement en (kW m²) du mois de décembre le mois le plus défavorable de la région. Le niveau des radiations les plus faibles dans ce mois peut atteindre 0,15 kW/m² et plus fort est 0,65 kW/m².

Alors si le système conçu fonctionne pour ce mois il fonctionne sans fuete pour les autres mois de l'année.

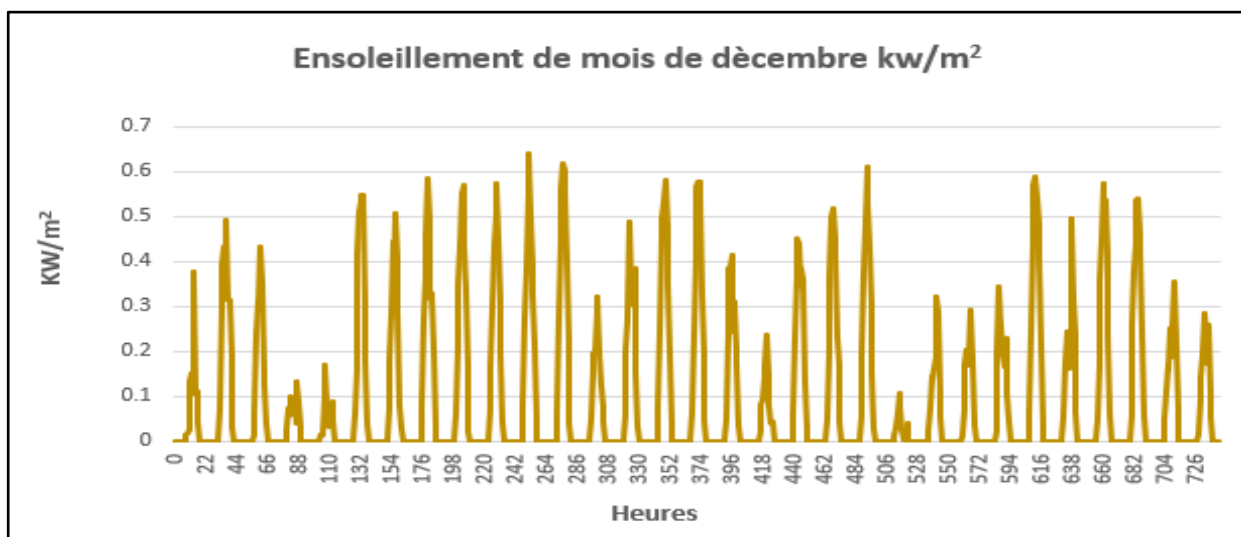


Figure III.14 : L'enseillement au mois de décembre (kWh/m²)

La figure (III.15) montre l'enseillement pour trois jours consécutifs à la mi-décembre. Contrairement à juillet, décembre connaît une diminution significative des valeurs d'enseillement. Le pic d'enseillement quotidien en décembre n'atteint qu'environ 0,5 à 0,6 kW/m², ce qui est nettement inférieur aux valeurs de juillet.

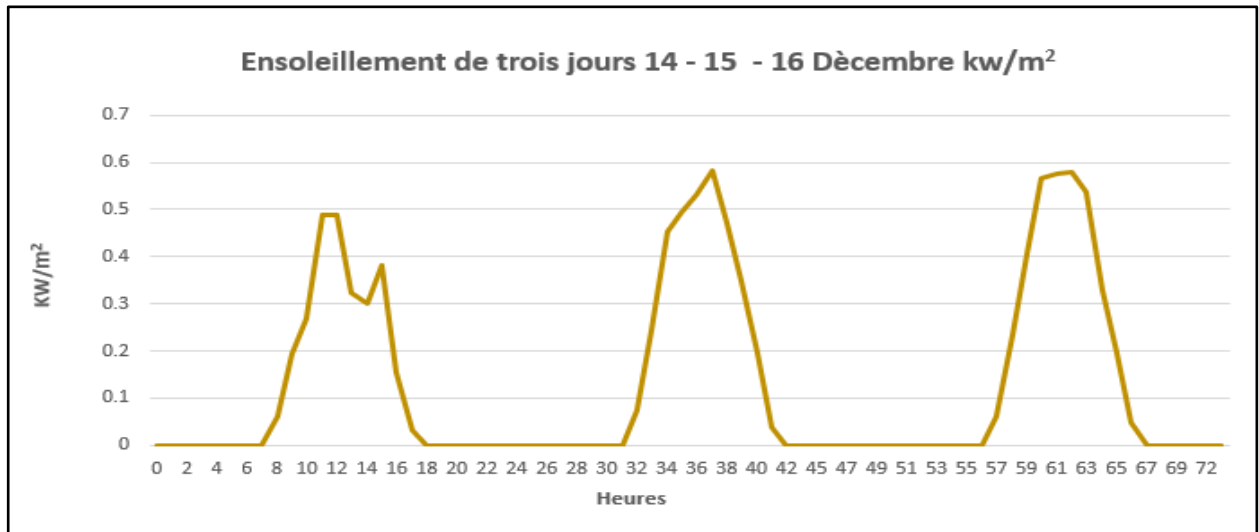


Figure III.15 : Zoom sur l'ensoleillement du mois de décembre (kWh/m²)

Cette baisse est due à plusieurs facteurs liés à la saison hivernale, tels que l'angle plus bas du soleil dans le ciel et le raccourcissement notable des heures de clarté. Les courbes de ce graphique sont plus étroites et moins élevées, indiquant une période plus courte d'ensoleillement efficace chaque jour. Cela signifie que les panneaux solaires produiront beaucoup moins d'énergie en décembre qu'en juillet, nécessitant une planification minutieuse du système de stockage d'énergie (batteries) pour compenser la baisse de production et assurer la continuité de l'alimentation électrique, en particulier pour les applications vitales comme l'ascenseur.

III.10. Construction de système hybride de génération d'énergie

III.10.1 Système hybride raccordé au réseau électrique

Sur l'environnement HOMER, nous avons défini chaque élément de notre installation en se basant sur toutes les caractéristiques et les données fournies dans le paragraphe précédent. Le schéma d'un système hybride de génération d'énergie qu'on va simuler par HOMER est présenté par la figure. (III.16)

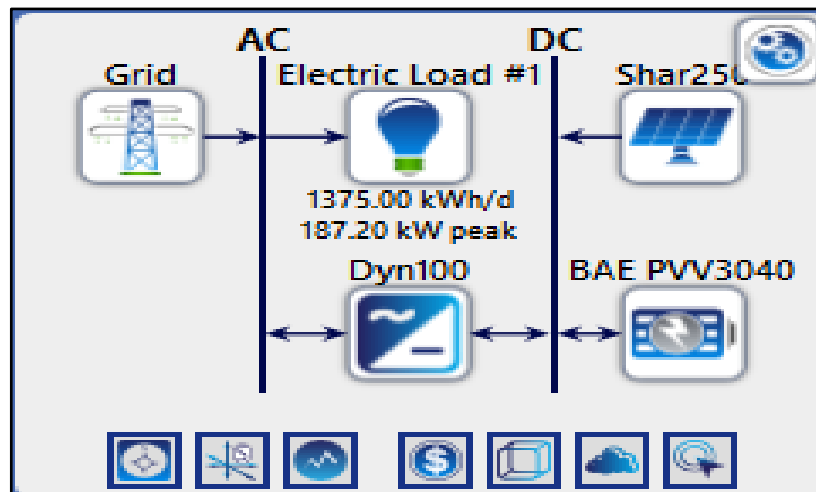


Figure III.16 : Architecture d'un système hybride avec réseau

Le modèle de système hybride présenté par HOMER peut être simulé par l'introduction de nombreux facteurs telle que le coût des composants, la disponibilité des ressources. Un autre facteur majeur au niveau de cette implantation numérique est l'évaluation de long de vie du projet qui est estimé pour 25ans. Les calculs présentés par le logiciel prennent en compte des valeurs tels que le capital de l'intérêt,

l'amortissement, le frais de fonctionnement, le coût du carburant... Toutes ses estimations rentrent dans le bon fonctionnement du système étudié.

III.11. Simulation et interprétation

La simulation du système hybride par HOMER repose sur la combinaison optimale des composants qui constituent le système. Elle est exprimée selon une valeur actuelle nette (NPC) et prend en compte différentes contraintes définies lors de la conception du système. Le cas traité ici concerne une simulation d'un système hybride de production d'énergie électrique comprenant une source photovoltaïque, une batterie de stockage, un onduleur et une connexion au réseau électrique. Ce type de configuration permet de maximiser l'utilisation de l'énergie solaire tout en assurant la continuité de l'alimentation grâce au réseau en cas d'insuffisance de la production ou du stockage. Le logiciel HOMER présente les résultats de simulation en fonction des paramètres d'entrées et les données stockées dans sa bibliothèque.

III.11.1 La configuration faisable et optimale

Après simulation le logiciel HOMER calcul toutes les configurations faisables des systèmes hybrides capables de fonctionner parfaitement dans le site choisi avec une production de l'énergie électrique suffisante au profil de charge proposée comme il est montré sur la figure (III.17)

RESULTS															
Architecture		Cost				System		Shar250		BAE PVV3040					
Shar250 (kW)	BAE PVV3040	Grid (kW)	Dyn100 (kW)	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (€)	Production (kWh/yr)	Autonomy (hr)	Annual Throughput (kWh/yr)	Nomina (k	
372	800	999,999	150	€174,859	€0.0251	€8,215	€68,653	100	0	37,153	604,999	56.6	275,901	4,720	

Figure III.17 : La configuration optimale donnée par Homer

L'énergie produite du système optimal est montrée dans la (figure III.18) ou il est illustré le taux de participation de chaque source individuellement. Les deux sources d'énergie renouvelable participent dans la production d'électricité par des proportions qui dépend du potentiel des gisements du site et de la quantité et la qualité du matériel choisi

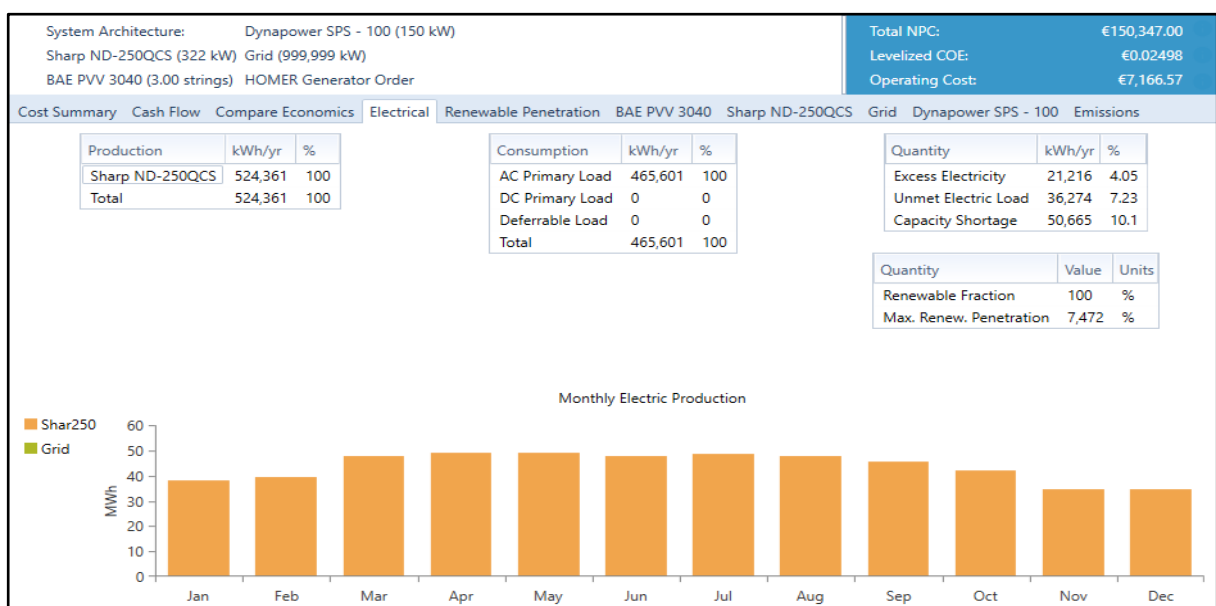


Figure III.18 : Puissance moyenne mensuelle produite par PV

Tableau III.1 : Le taux de production annuelle par chaque source.

Production	KWh/an	%
PV	524361	18,6
Batterie	286845	81,4
Réseau	0	0
Total	811206	100

Le tableau (III.1) résume la production annuelle d'énergie électrique pour le système d'alimentation d'un ascenseur, avec une production totale de 811 206 kWh. Le système repose exclusivement sur des Sources d'énergie renouvelables, à savoir l'énergie photovoltaïque (PV) fournissant 524 361 kWh (soit 64,6 %), et la batterie délivrant 286 845 kWh (soit 35,4 %), sans aucune contribution du réseau électrique.

Ce fonctionnement démontre une conception axée sur l'autosuffisance énergétique complète de l'ascenseur, grâce à l'utilisation de l'énergie solaire comme principale source. La batterie joue un rôle stratégique en stockant l'excédent de production solaire et en assurant une alimentation continue, notamment pendant les périodes d'absence d'ensoleillement (nuit ou temps couvert).

Ainsi, cette approche met en valeur l'importance du photovoltaïque comme source d'énergie principale, et de la batterie comme élément clé de la fiabilité du système. Ce choix permet de réduire les coûts d'exploitation tout en répondant aux objectifs de durabilité pour l'ascenseur situé à Sidi Bel Abbés

Tableau III.2 : Energie annuelle alternative produite par le système.

Consommation	KWh/an	%
Charge principale AC	465601	100
Totale	465601	100

Ce résultat met en évidence que le système d'entraînement de l'ascenseur consomme uniquement 465 601 kWh/an, soit 100 % de la charge principale en courant alternatif (AC), sans aucune utilisation du courant continu (DC). Cela démontre l'efficacité du dimensionnement de notre système hybride d'énergie renouvelable, qui couvre entièrement les besoins de l'ascenseur. De plus, une marge significative de capacité énergétique reste disponible pour de futures extensions ou pour d'autres usages dans le bâtiment, ce qui offre une flexibilité notable en termes de gestion énergétique locale.

Tableau III.3 : Critères techniques de fiabilité du système par ans

Quantité	KWh /an	%
Electricité excédentaire	21216	4,05
Charge électrique non satisfaite	36274	7.23
Pénurie de capacité	50665	10.1

Le tableau (III.3) présente une analyse technique des critères de fiabilité du système hybride destiné à L'alimentation d'un système d'entraînement d'ascenseur. On constate que l'électricité excédentaire Atteint 21216 kWh/an, soit 4,05 % de la production annuelle, ce qui représente une opportunité D'exploitation pour d'autres usages, tels que l'alimentation d'équipements auxiliaires ou le stockage D'énergie. En revanche, le taux de charge électrique non satisfaite (PPA) s'élève à 7,23 %, ce qui indique que le système n'a pas pu répondre à une partie significative de la demande énergétique annuelle, notamment durant les périodes de forte sollicitation. Ce constat est renforcé par la pénurie de

capacité, exprimée par le taux de perte de puissance d'alimentation (PPPA), qui atteint 10,1 %. Ce taux reflète l'écart entre la demande énergétique totale et la capacité réelle de production sur l'année. Ces résultats montrent que, bien que le système hybride produise un excédent énergétique intéressant, il demeure insuffisant pour assurer une alimentation continue et fiable dans toutes les situations. Des améliorations sont donc nécessaires, notamment au niveau du stockage d'énergie ou du surdimensionnement de certaines composantes, afin d'augmenter la fiabilité du système et de garantir une meilleure continuité de service, particulièrement dans le cadre d'une application critique comme celle d'un ascenseur.

Tableau III.4 : Le taux de pénétration des énergies renouvelables

Quantité	Valeur
Facteur renouvelable	100
La pénétration maximale des énergies renouvelables	7472

Ce dernier tableau précise le taux de pénétration des énergies renouvelables et le taux maximal exprimé en fonction de la charge.

III.11.2 Le générateur photovoltaïque

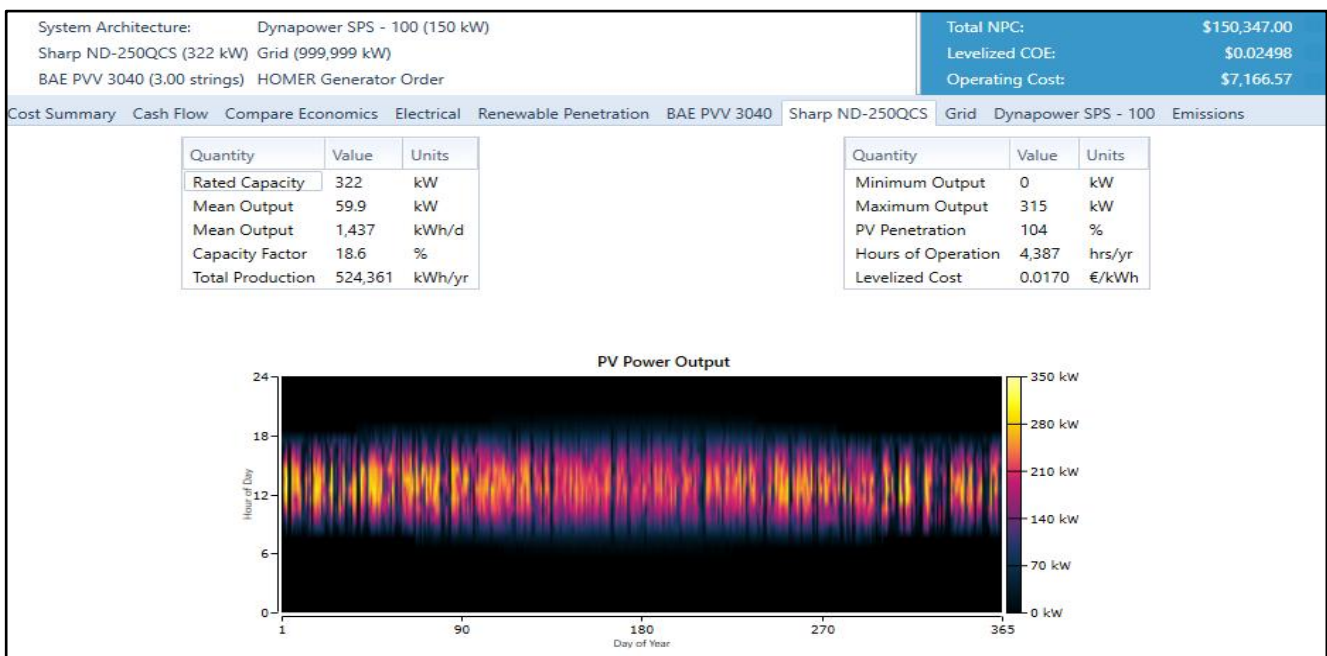


Figure III.19 : DMAP de production du GPv

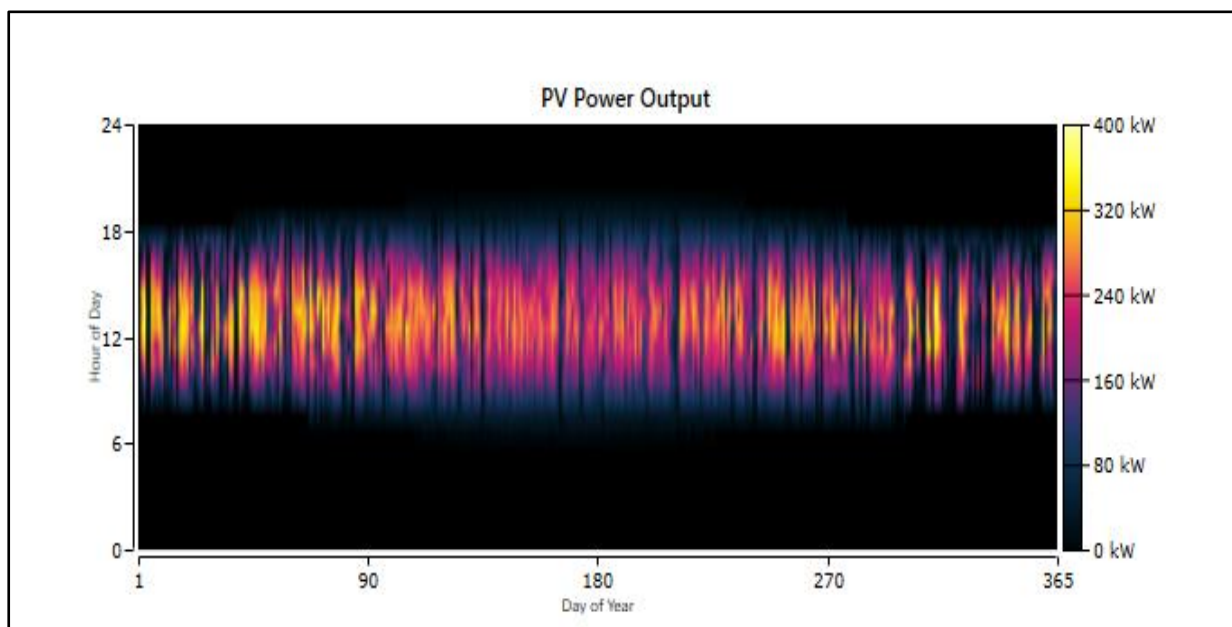


Figure III.20 : Zoom de la production par le GPv

Selon les résultats obtenus via le DMAP, le générateur photovoltaïque (GPV) fonctionne environ 4387 heures par an, ce qui correspond à une moyenne journalière d'environ 12 heures de fonctionnement effectif. Il s'agit d'une moyenne annuelle, qui varie en fonction des saisons, de la latitude et de la déclinaison solaire. En **hiver**, la durée d'ensoleillement peut chuter à environ 8 heures par jour, avec une durée de fonctionnement effective du GPV d'environ 7 heures, grâce à une meilleure orientation solaire et à des températures plus favorables à la performance des panneaux. En été, l'ensoleillement peut atteindre jusqu'à 15 heures par jour dans certaines régions, permettant au système de fonctionner jusqu'à 14 heures par jour, avec une production énergétique plus importante, comme l'illustre le tableau (III.5).

Tableau III.5 : les paramètres de fonctionnement du GPv

Production	Quantité	Production	Quantité
Puissance utile	322 kW	Puissance moyenne	59.9kW
Production moyenne	1437 kWh/j	Facteur de capacité	186 %
Production totale	524361 KWh/an	Puissance minimale	00 kW
Puissance maximale	315 kW	Pénétration PV	104 %
Heure de fonctionnement	4387 heures/an	Coût actualisé	0,0170 da/kWh

La figure (III. 21) illustre l'évolution de la production des panneaux photovoltaïques durant le mois de juillet. On observe un profil de production journalier typique, caractérisé par une montée progressive de la puissance en journée et une absence totale de production pendant la nuit. La puissance générée varie généralement entre 0 et environ 250 kW, avec des fluctuations attribuables aux conditions Météorologiques (nuages, poussière, etc.). Cette représentation temporelle est essentielle pour estimer l'énergie solaire disponible mensuellement, ce qui constitue une base cruciale pour le dimensionnement d'un système hybride capable d'assurer l'alimentation continue d'un ascenseur, notamment pendant les périodes de forte demande.

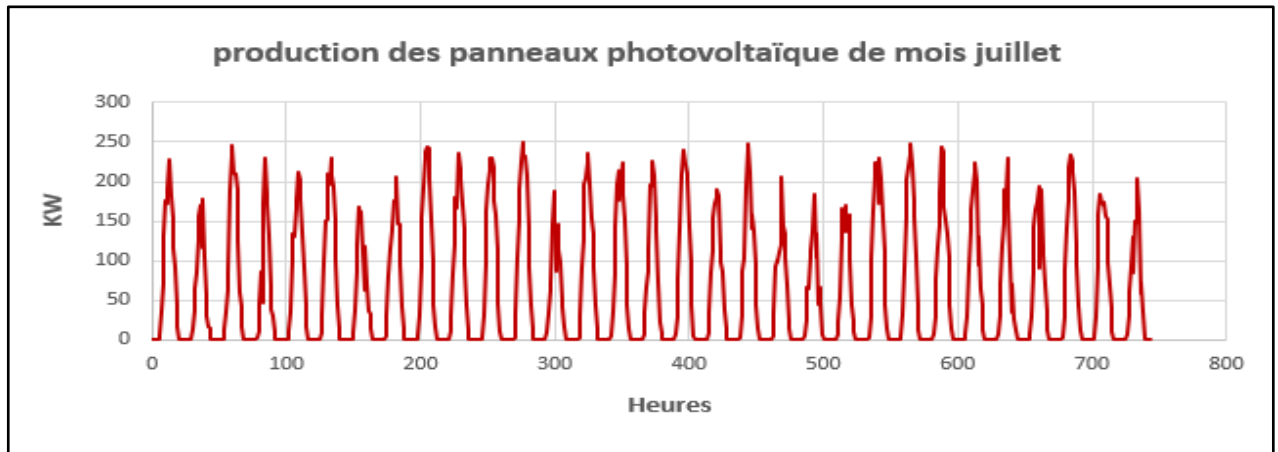


Figure III.21 : Production des panneaux photovoltaïque de mois juillet

La figure III.22, quant à elle, présente la production photovoltaïque détaillée sur trois jours (14, 15 et 16 juillet). On y distingue nettement les pics de production autour de midi, reflétant les heures de fort ensoleillement. Cette régularité permet d’optimiser la stratégie de gestion de l’énergie, en particulier le stockage via batteries, afin de garantir un fonctionnement stable de l’ascenseur, même en l’absence d’ensoleillement ou durant les pics de consommation.

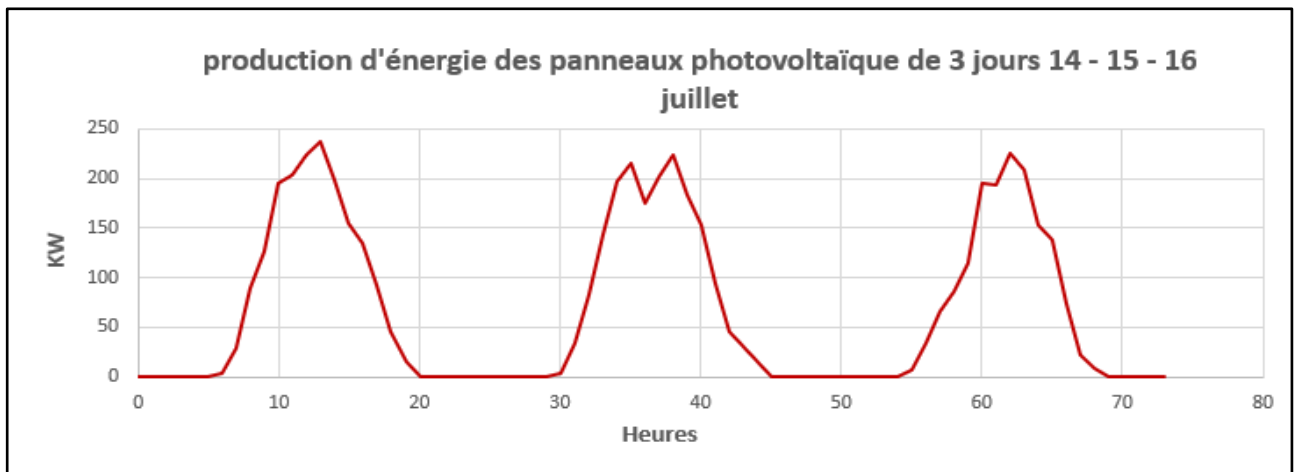


Figure III.22 : Zoom sur la production des panneaux photovoltaïques au mois de juillet

La figure (III.23) illustre la production d’énergie des panneaux photovoltaïques durant le mois de décembre. On remarque une variation significative de la puissance générée au fil des jours, avec des pics atteignant environ 300 kW. Cette fluctuation est principalement due aux conditions météorologiques hivernales et à la courte durée d’ensoleillement

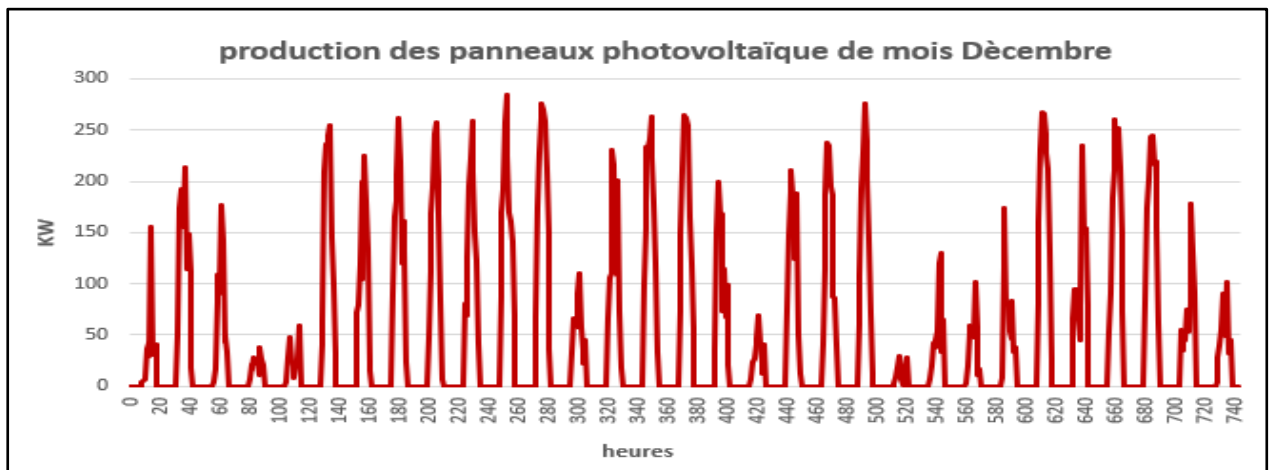


Figure III.23 : Production des panneaux photovoltaïque de mois décembre

La figure (III.24) présente un zoom sur la production durant trois jours consécutifs (14, 15 et 16 décembre), révélant un profil de production journalier typique : la puissance augmente progressivement après le lever du soleil, atteint un maximum aux alentours de midi, puis diminue jusqu'à s'annuler totalement la nuit. Ce comportement met en évidence la dépendance directe à l'ensoleillement et souligne l'importance de prévoir un système de stockage ou une source d'énergie complémentaire pour garantir une alimentation continue du système d'entraînement de l'ascenseur, dans le cadre d'un système hybride basé sur les énergies renouvelables.

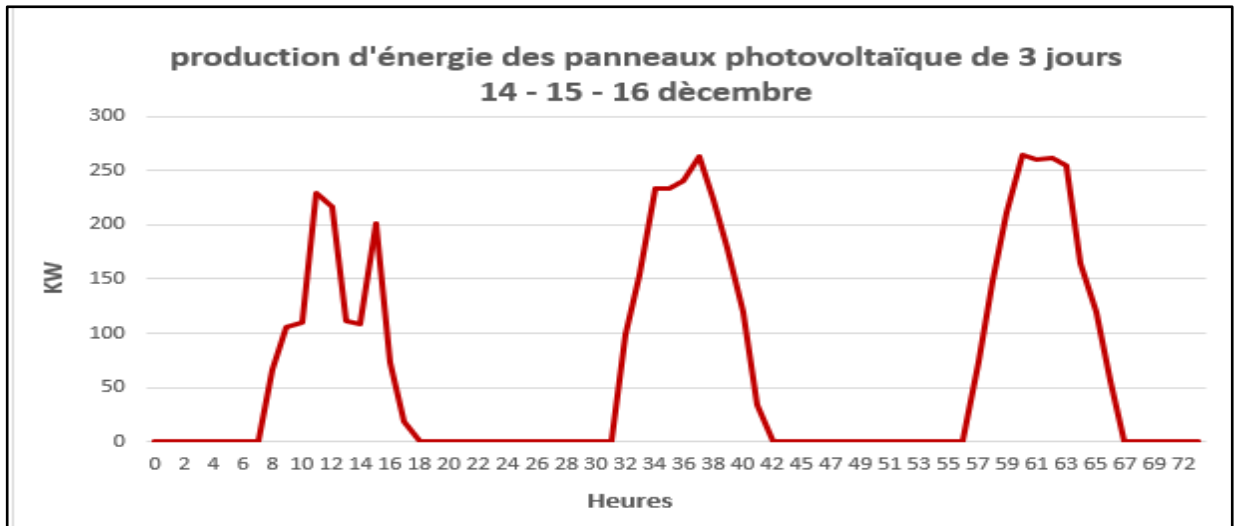


Figure III.24 : Zoom sur la production des panneaux photovoltaïques au mois de décembre

III.11.3. Le système de stockage

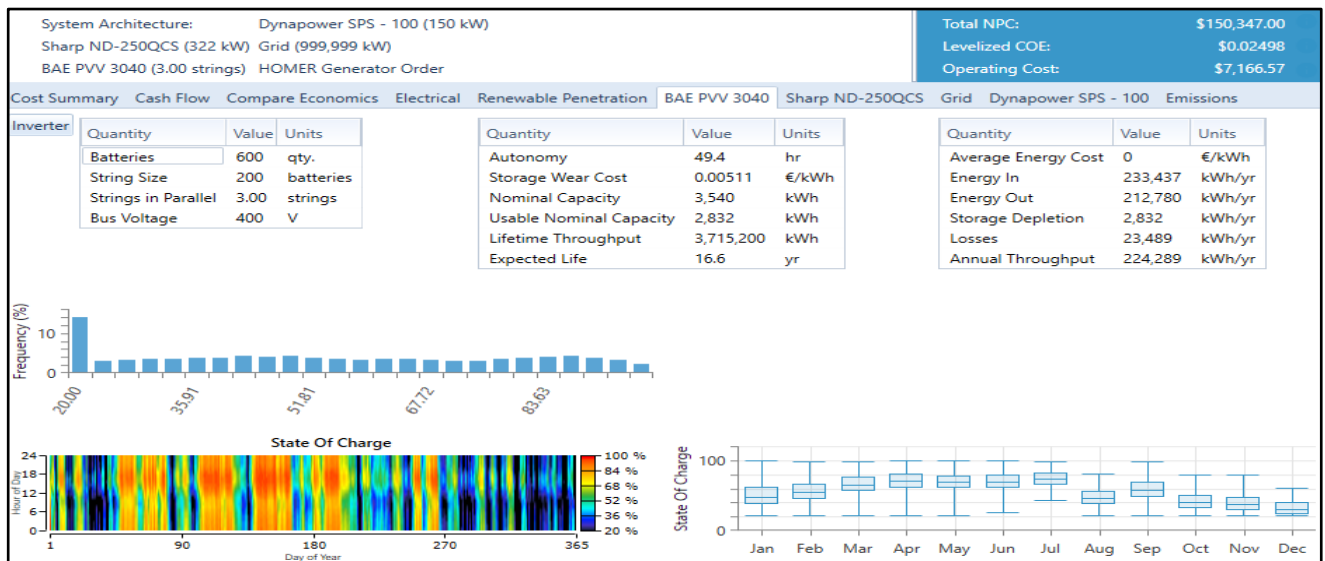


Figure III.25 : DMAP de charge et décharge moyenne mensuelle des batteries

Le comportement du système de stockage est illustré par les figures (III.25) et (III.26) :

Le DMAP montre la charge des batterie est très faible elle ne dépasse pas un taux de 52% pendant le dernier mois de l'année par contre pour la majorité des jours de l'année le niveau de charge atteint les 100%.

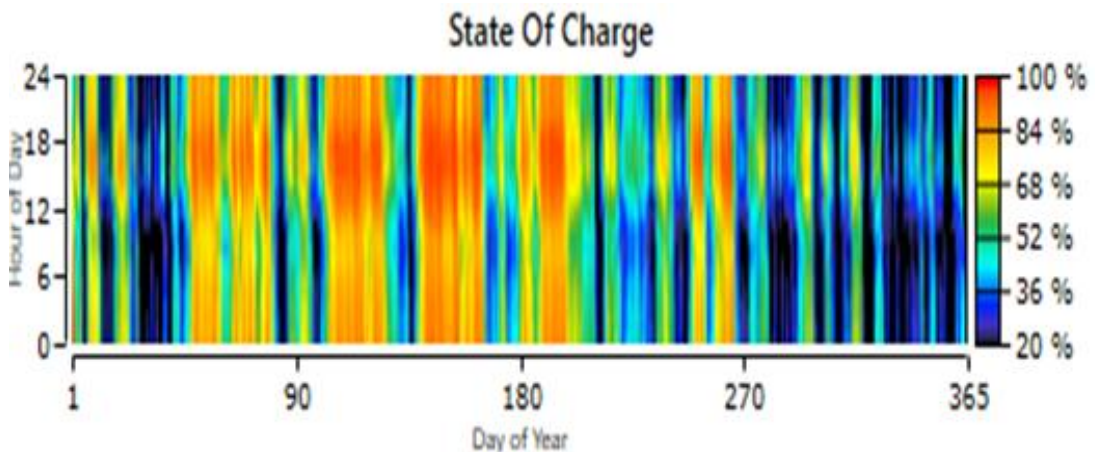


Figure III.26: DMAP de niveau de charge des batteries par jour

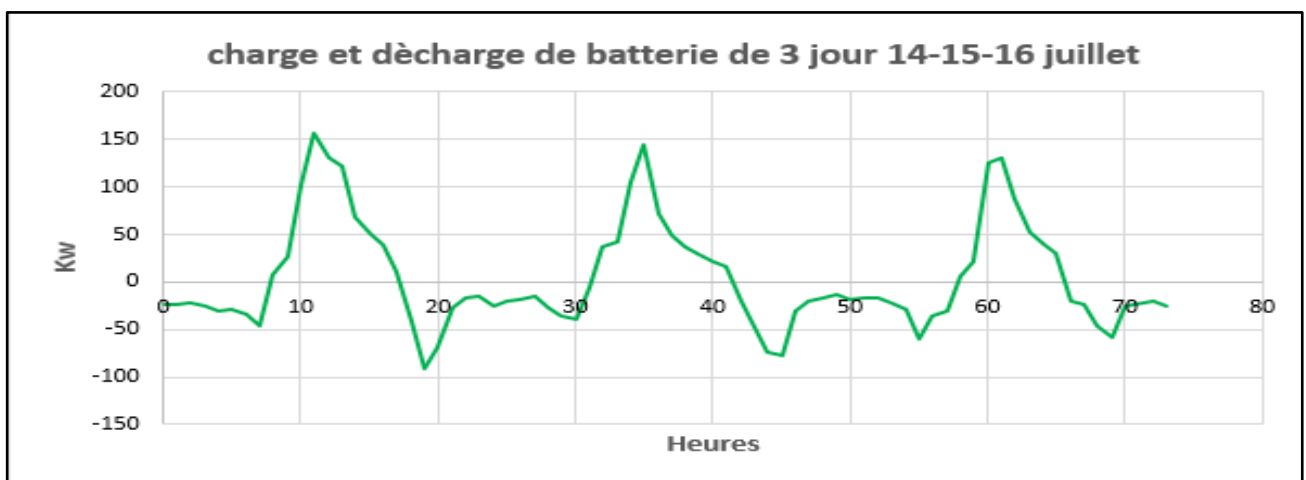


Figure III.27 : La charge et la décharge instantané des batteries de mois juillet

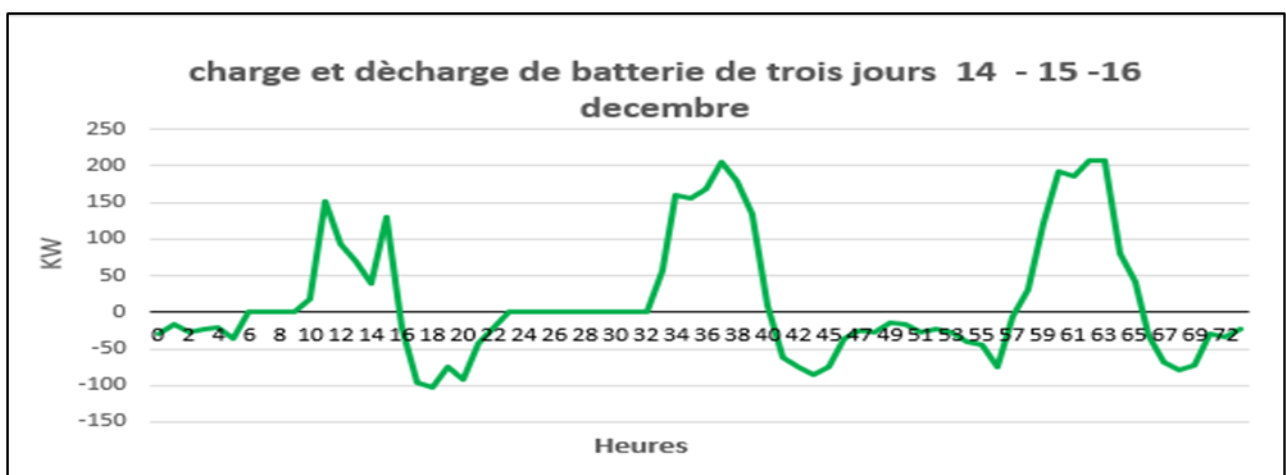


Figure III.28 : La charge et la décharge instantanée des batteries de mois décembre

L'analyse des profils de charge/décharge montre des différences saisonnières marquées. En juillet, l'ensoleillement abondant limite le rôle de la batterie à des décharges nocturnes modérées (-150 kW). En décembre, la production solaire réduite (+90 kW vers midi) et les nuits longues entraînent une forte sollicitation de la batterie, avec des décharges prolongées (-90 kW sur 12h), créant un déficit énergétique lorsque la batterie s'épuise. Pour corriger ce déséquilibre, trois solutions s'imposent : augmenter la capacité de stockage (300 kWh

minimum), intégrer un générateur biogaz d'appoint, et optimiser la gestion énergétique en limitant la puissance de décharge nocturne (-50 kW). Ces mesures permettraient de garantir une alimentation continue même en hiver, tout en maintenant l'efficacité du système.

III.11.4 Convertisseur

Les Figures III.29 et III.30 illustrent conjointement les dynamiques variables de la puissance d'entrée du convertisseur. La Figure III.29 offre un aperçu global de cette puissance sur l'ensemble du mois de juillet, révélant un motif quotidien récurrent de fortes fluctuations qui reflètent la nature intermittente (souvent solaire) de la source alimentant le convertisseur.

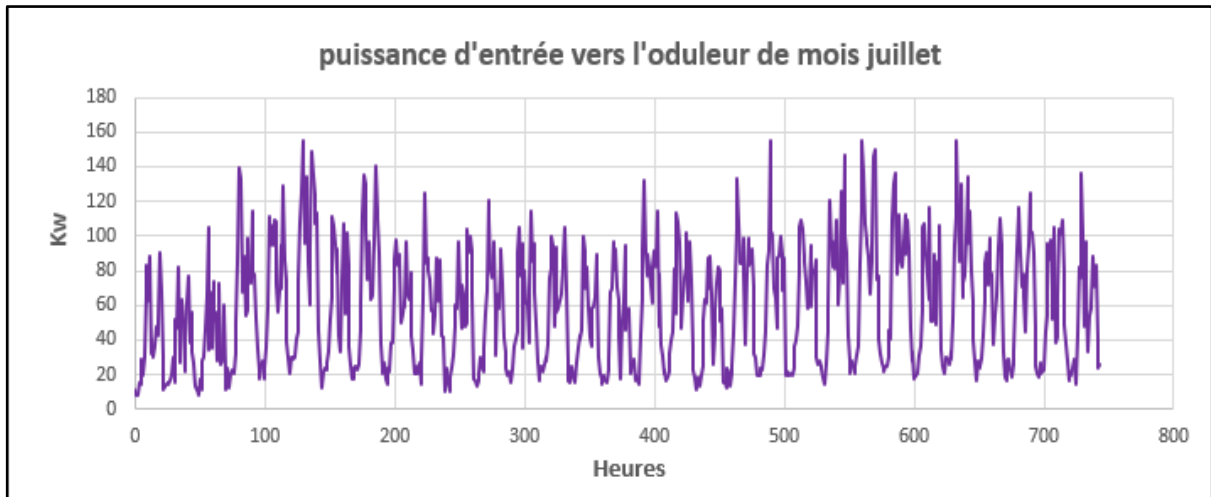


Figure III.29 : Puissance d'entre de convertisseur

La figure (III.30) expose l'évolution sur trois jours spécifiques (14-15-16 juillet) de la puissance d'entre de convertisseur, mettant en lumière les détails précis des variations horaires quotidiennes et des pics de puissance, confirmant le comportement cyclique évident de cette énergie. Les deux figures soulignent ensemble la nécessité cruciale de comprendre ces motifs intermittents pour une gestion efficace de l'énergie et la garantie de la continuité du système

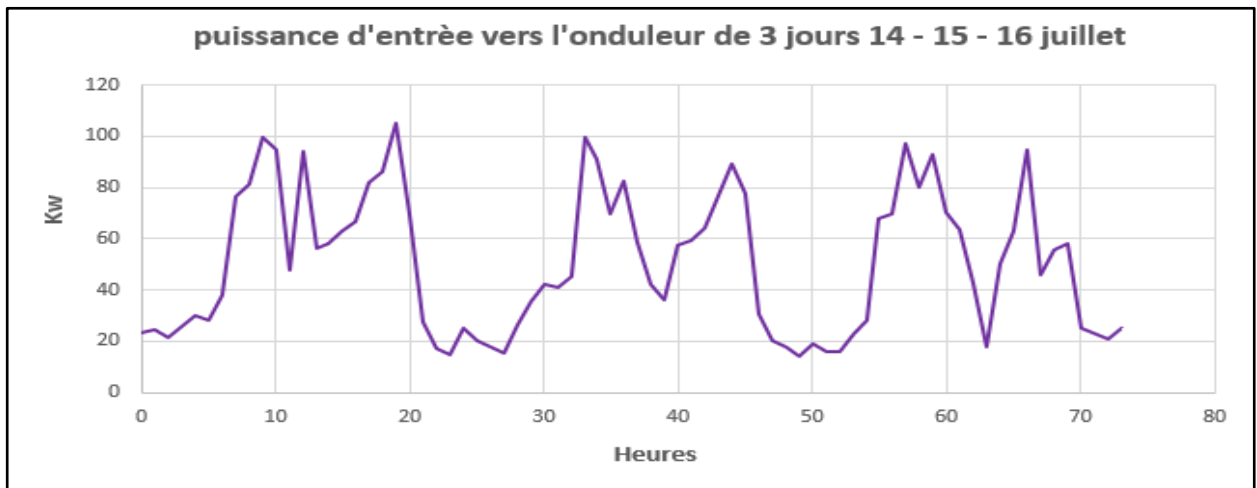


Figure III.30 : Zoom sur la puissance d'entrée du convertisseur

Après l'analyse de la production de chaque source individuelle nous avons exposé la variation instantanée de la puissance des différentes sources du système hybride pendant deux jours. La figure (III.31) présente une capture d'écran du logiciel HOMER.

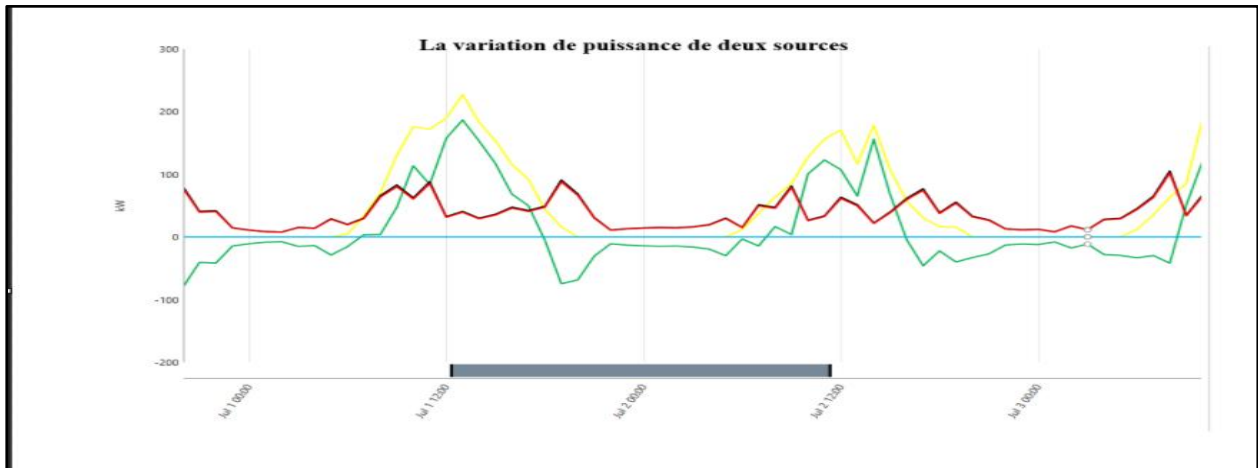


Figure III.31 : La variation de puissance de trois sources avec réseau (capture écran Homer)

- La courbe **rouge** présente la profile de charge
- La courbe **jaune** présente la variation de l'énergie des panneaux photovoltaïque
- La courbe **verte** présente la charge et décharge de batterie
- La courbe **bleue** présente l'énergie de réseau électrique
- La courbe **noire** la profile de charge

Figure (III.31) illustre la variation instantanée de la puissance des différentes composantes du système hybride pendant trois jours du mois de juillet (14-15-16). Les courbes montrent que la demande énergétique (courbe rouge) varie tout au long de la journée en fonction des heures de pointe, ce qui correspond au mode de fonctionnement d'un ascenseur. La production photovoltaïque (courbe jaune) atteint son pic vers midi, démontrant une bonne concordance temporelle entre la production et la consommation. Par ailleurs, la batterie joue un rôle essentiel dans l'équilibre énergétique : elle se charge en cas d'excès de production et se décharge lorsque la génération est insuffisante, comme illustré par la courbe verte.

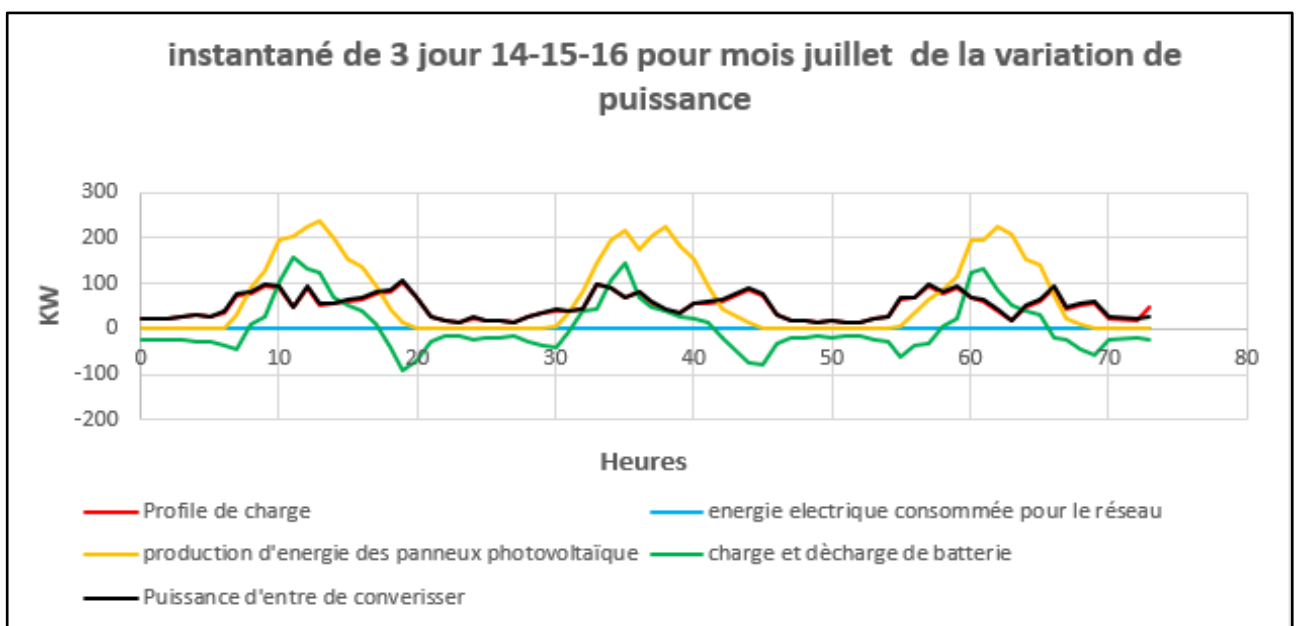


Figure III.32 : La variation de puissance de trois jours de mois décembre de chaque source avec réseau électrique

La courbe du convertisseur (noire) montre une réponse dynamique aux besoins de charge, ce qui traduit une efficacité du système de contrôle, elle est superposée sur la courbe de la charge. Enfin, la courbe bleue indique que la consommation d'énergie depuis le réseau est quasiment nulle, soulignant ainsi l'autonomie et l'efficacité du système hybride, la courbe parfaitement adaptée aux sites isolés. Ces résultats confirment la réussite du dimensionnement et de la gestion énergétique pour alimenter l'ascenseur de manière stable et efficace.

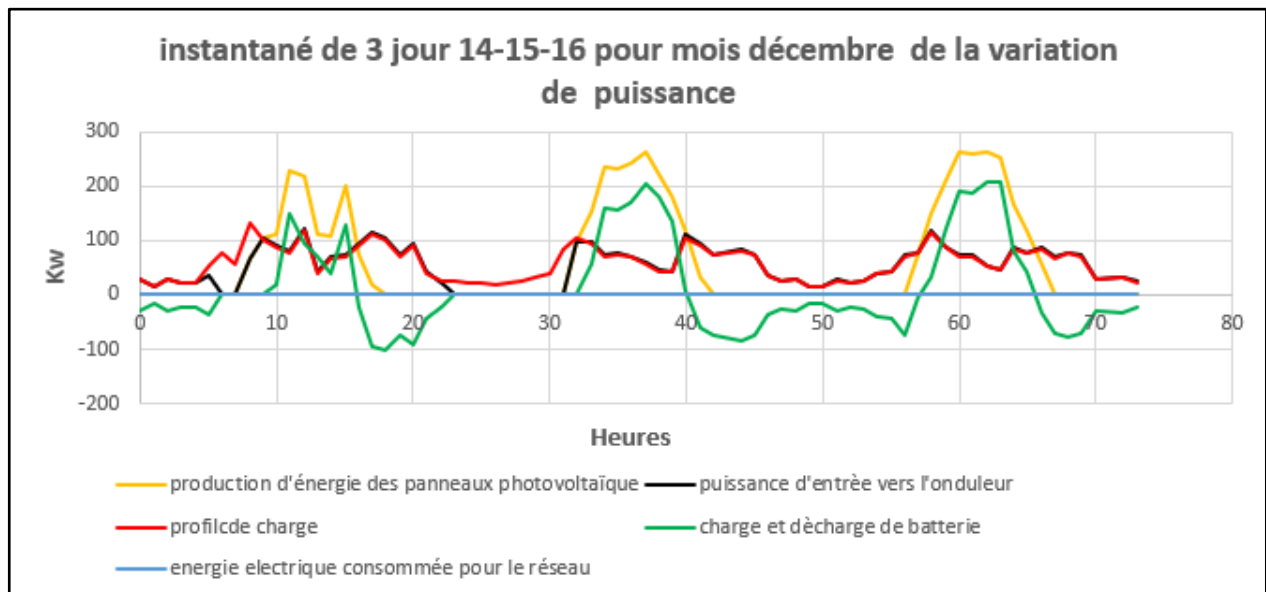


Figure III.33 : La variation de puissance des sources avec réseau électrique

Le graphique correspondant au mois de décembre (14-15-16) montre une baisse significative de la production photovoltaïque (courbe jaune), en raison de la faible irradiation solaire typique de la saison hivernale. Malgré cette diminution, le système parvient à fonctionner de manière autonome sans recours au réseau électrique, comme l'indique la courbe bleu clair, qui reste proche de zéro tout au long des journées observées.

La batterie (courbe verte) joue un rôle essentiel en compensant le déficit énergétique grâce à des phases de décharge marquées, notamment pendant les périodes de forte demande. La courbe rouge, représentant la charge (la demande), montre un profil de consommation stable avec quelques pics durant la journée, reflétant une utilisation normale de l'ascenseur.

Enfin, la courbe violette, qui représente la puissance du convertisseur, confirme la bonne gestion du flux d'énergie entre les sources (panneaux et batterie) et la charge. Cette performance souligne l'efficacité du système hybride, capable d'assurer un fonctionnement stable et indépendant même en hiver, sans apport externe du réseau.

III.12 Analyse du système hybride isolé :

Sur l'environnement HOMER, nous avons défini chaque élément de notre installation en nous basant sur toutes les caractéristiques et les données fournies dans le paragraphe précédent. Le schéma d'un système hybride de génération d'énergie que nous allons simuler par HOMER, et qui n'inclut pas le réseau électrique, est présenté par la figure. (III.34)

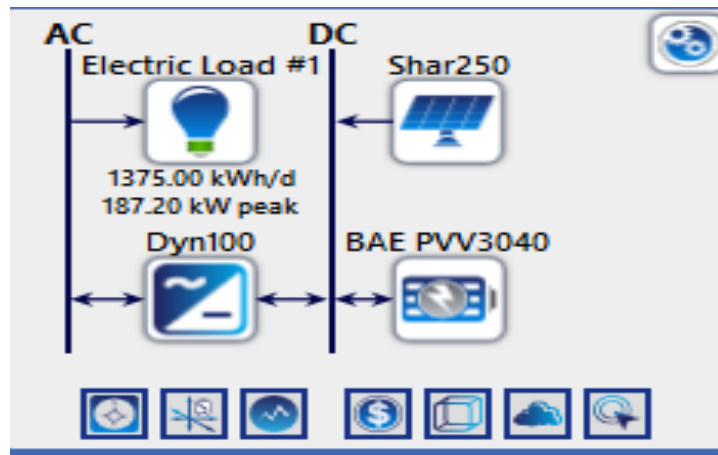


Figure III.34 : Architecture d'un système hybride son réseau

Après simulation par le logiciel Homer du système autonome, nous avons relevé les puissances de chaque source sans réseau électrique en capture écran comme il est montré sur la figure (III.35)

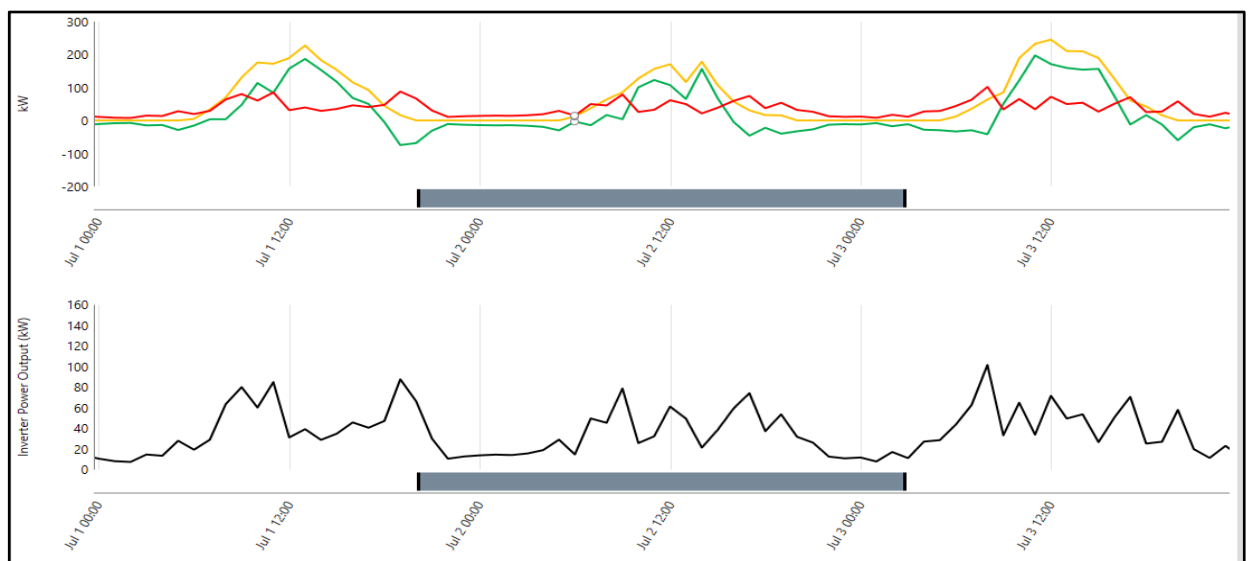


Figure III.35 : La variation de puissance de chaque source sans réseau électrique (capture écran Homer)

- La courbe **rouge** présente la profile de charge
- La courbe **jaune** présente la variation de l'énergie des panneaux photovoltaïque
- La courbe **verte** présente la charge et décharge de batterie
- La courbe **noire** présente la puissance d'entrée vers l'onduleur

La figure (III.35) illustre la variation instantanée de la puissance des différentes composantes du système hybride pendant trois jours du mois de juillet (14-15-16). Les courbes montrent que la Demande énergétique (courbe **rouge**) varie tout au long de la journée en fonction des heures de pointe, ce qui correspond au mode de fonctionnement d'un ascenseur. La production photovoltaïque (courbe **jaune**) atteint son pic vers midi, démontrant une bonne concordance temporelle entre la production et la consommation. Par ailleurs, la batterie joue un rôle essentiel dans l'équilibre énergétique : elle se charge en cas d'excès de production et se décharge lorsque la génération est insuffisante, comme illustré par la courbe verte.

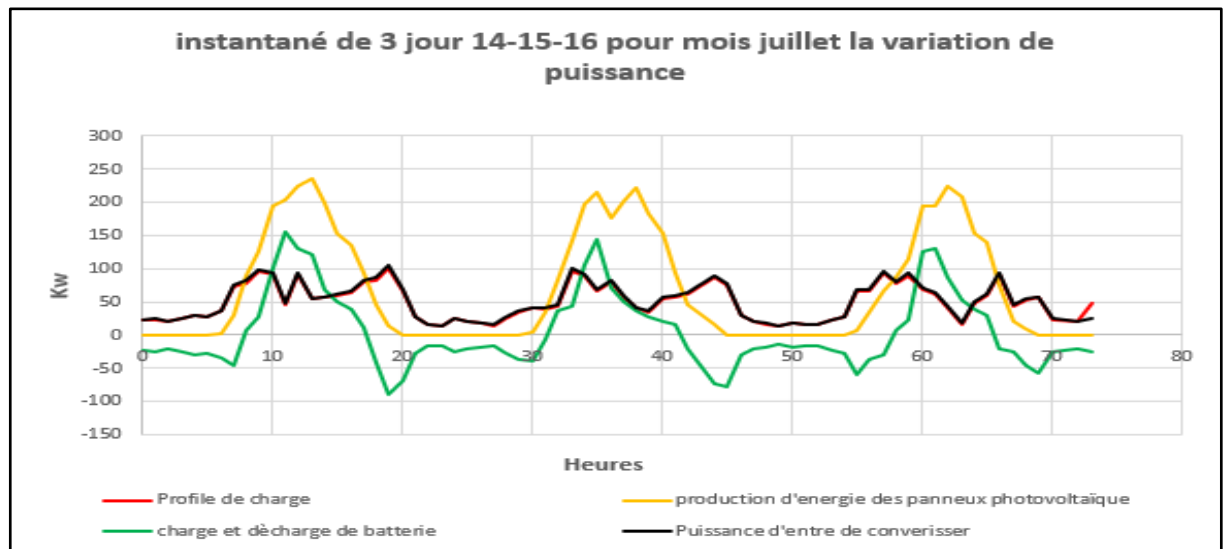


Figure III.36 : La variation de puissance de chaque source sans réseau électrique

La courbe du convertisseur (noire) montre une réponse dynamique aux besoins de charge, ce qui traduit une efficacité du système de contrôle. Enfin, en l'absence du réseau électrique, ces résultats confirment la réussite du dimensionnement et de la gestion énergétique pour alimenter l'ascenseur de manière stable et efficace, soulignant ainsi l'autonomie et l'efficacité du système hybride, parfaitement adapté aux sites isolés.

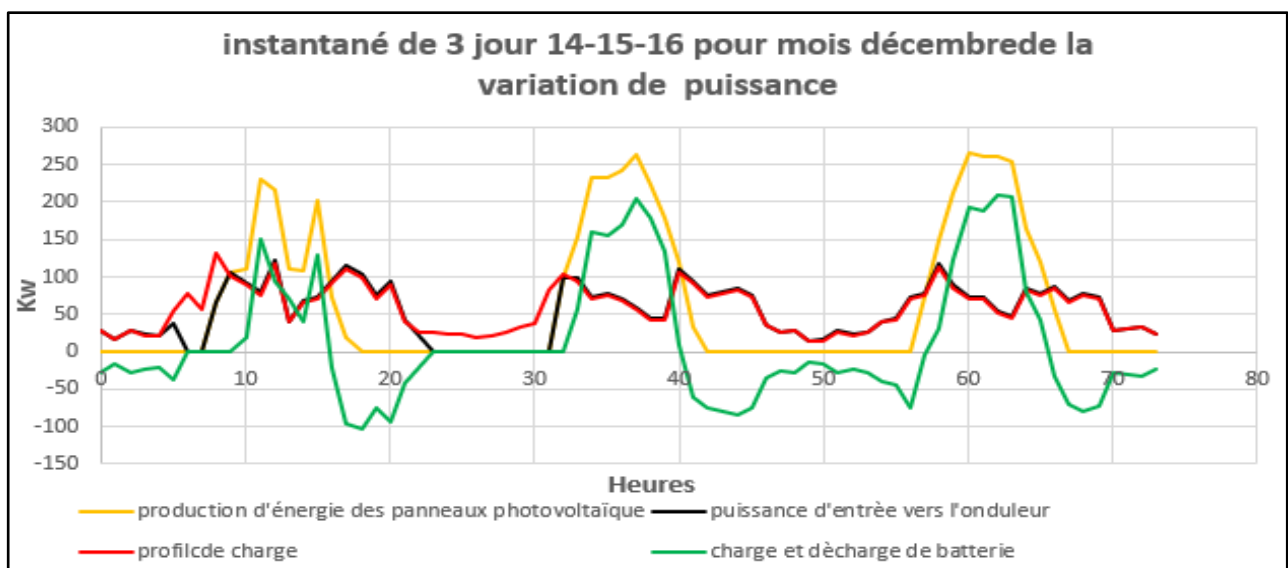


Figure III.37 : La variation de puissance de trois jours de chaque source sans réseau électrique

La Figure III.36 révèle les dynamiques instantanées complexes de la puissance des composants clés du système hybride sur trois jours spécifiques du mois de décembre. Bien que la production d'énergie photovoltaïque (courbe rouge) présente des pics moins élevés, reflétant les fluctuations saisonnières des heures d'ensoleillement hivernales, le système de batterie (courbe verte) s'impose comme un élément crucial, gérant efficacement les opérations de charge et de décharge pour assurer un équilibre continu entre la production intermittente et la demande de charge (courbe orange) variable.

De plus, la puissance d'entrée du convertisseur (courbe violette) démontre une excellente réponse dynamique, confirmant l'efficacité du système de contrôle à satisfaire les besoins énergétiques immédiats. En l'absence de réseau électrique conventionnel, ces résultats mettent en lumière la performance robuste et la haute fiabilité du système hybride pour garantir la continuité de l'approvisionnement en énergie, même dans des conditions de production solaire limitée durant les mois d'hiver

III.13. Le gain en émissions de gaz polluants

Dans le cadre de cette étude, nous avons cherché à évaluer la viabilité environnementale d'un système hybride pour l'alimentation électrique des ascenseurs dans un quartier résidentiel. Pour cela, une simulation a été réalisée à l'aide du logiciel HOMER Pro, dans le but de concevoir une architecture énergétique optimisée, intégrant des sources renouvelables et minimisant les impacts environnementaux.

Le système simulé est constitué de modules photovoltaïques (Sharp ND-250QCS), d'un banc de batteries stationnaires (BAE PVV 3040), d'un onduleur (Dynamower SPS-100), et d'un accès au réseau électrique en appoint.

Les résultats obtenus montrent que ce système permet de satisfaire entièrement la demande énergétique des ascenseurs sans recours à un générateur thermique, ce qui se traduit par zéro émission de gaz polluants : dioxyde de carbone (CO₂), monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO_x), particules fines, dioxyde de soufre, hydrocarbures imbrûlés — tous évalués à 0 kg/an.

Ce résultat confirme que le choix d'une architecture hybride solaire-réseau, bien dimensionnée, permet non seulement une alimentation fiable mais aussi une solution 100 % propre, sans émission polluante. Cela valide donc l'hypothèse de départ selon laquelle il est techniquement possible d'alimenter les ascenseurs dans les zones urbaines tout en respectant les objectifs de transition énergétique.

Cette simulation renforce la pertinence de notre approche et démontre que l'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes critiques comme les ascenseurs n'est pas seulement une alternative, mais une solution efficace et durable à généraliser à l'échelle nationale

System Architecture:		Total NPC:	\$150,347.00
Dynamower SPS - 100 (150 kW)		Levelized COE:	\$0.02498
Sharp ND-250QCS (322 kW) Grid (999,999 kW)		Operating Cost:	\$7,166.57
BAE PVV 3040 (3.00 strings) HOMER Generator Order			

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	0	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

Figure III.38 : Les émissions de carbone

III.14. Les indices économiques

L'efficacité économique représente un critère fondamental dans l'évaluation des projets de systèmes hybrides d'énergie renouvelable. Car la faible rentabilité est souvent citée parmi les principales critiques adressées à ce type de systèmes par rapport aux solutions conventionnelles telles que le réseau électrique ou les générateurs thermiques généralement moins coûteux à l'investissement initial. Cela justifie la nécessité de mener une étude financière approfondie permettant de vérifier si le système hybride peut répondre à la demande énergétique avec un coût acceptable sur le long terme. Pour atteindre cet objectif, on s'appuie sur des indicateurs économiques essentiels tels que le coût total actualisé (NPC), qui regroupe toutes les dépenses liées au projet durant toute sa durée de vie, y compris l'investissement de départ, la maintenance, le remplacement et le démantèlement. Ainsi, que le coût actualisé de l'énergie (COE), qui mesure le coût de production d'un kilowattheure d'énergie tout au long de la durée du système, sans oublier les coûts d'exploitation et de maintenance (O&M), qui traduisent les charges régulières nécessaires pour garantir le bon fonctionnement du système. Cependant, selon les résultats de la simulation du système étudié illustré sur la figure (III.39), le NPC s'élève à 150 346,96 €, tandis que le COE affiche une valeur très basse de 0,02498 €/kWh, ce qui traduit une bonne performance économique globale. Bien que les coûts d'exploitation et de maintenance atteignent 85 195,00 €, soit une part importante du coût total, ce qui souligne la nécessité de les réduire

dans les futures versions du système. En analysant les composants de manière détaillée, il ressort que le panneau solaire Sharp ND-250QCS est le plus coûteux avec une dépense totale de 115 457,01 €, dont 83 255,95 € consacrés uniquement à la maintenance. Alors cela représente une faiblesse économique à corriger, tandis que le convertisseur Dynapower SPS-100, bien qu'ayant généré une perte à la revente de -598,89 €, reste raisonnable avec un coût global de 10 470,98 €. La batterie BAE PVV 3040 présente un bon rendement économique, avec un coût total de 24 418,96 € pour un investissement initial de 18 000 €, ce qui démontre une rentabilité satisfaisante. Ainsi, on peut conclure que le système étudié est économiquement viable grâce à un coût d'énergie particulièrement bas, mais qu'il conviendrait d'optimiser davantage la structure des coûts, en particulier les charges de maintenance, afin d'assurer une meilleure rentabilité et une durabilité économique renforcée.

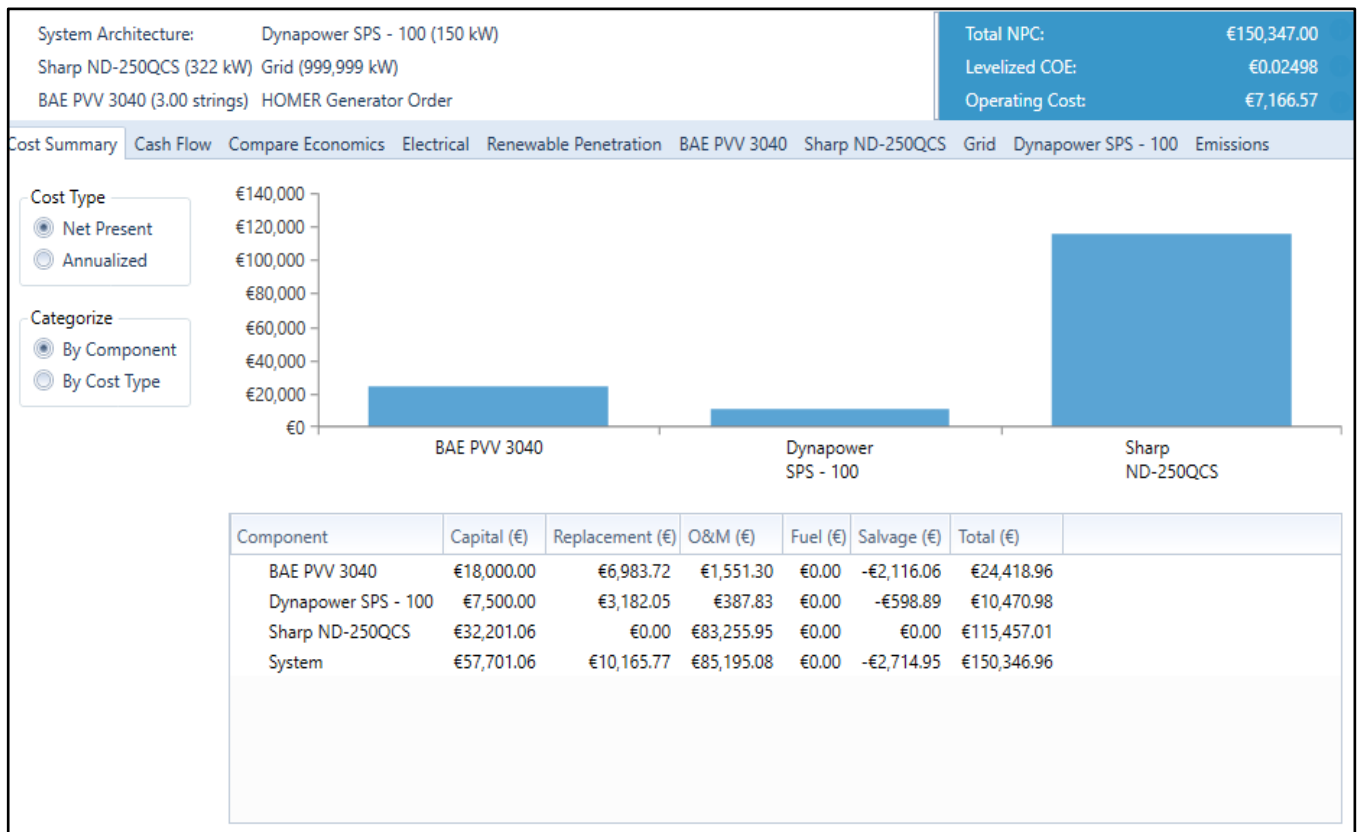


Figure III.39 : Récapitulatif des coûts

III.15. Conclusion

Ce chapitre a permis d'explorer en détail les performances d'un système hybride d'alimentation, combinant énergie photovoltaïque, batteries de stockage, et éventuellement le réseau électrique, à travers un organigramme de gestion qui synchronise les actions des sources et des simulations précises réalisées avec le logiciel HOMER. Deux scénarios ont été modélisés : l'un connecté au réseau et l'autre totalement autonome, afin d'en évaluer la faisabilité technique, la fiabilité énergétique et la viabilité économique.

Les résultats montrent que le système proposé est capable d'assurer l'alimentation continue d'un ascenseur industriel, en exploitant principalement l'énergie solaire. La batterie assure une stabilité énergétique même lors des périodes d'ensoleillement faible, notamment en hiver. Le système connecté au réseau offre une sécurité énergétique accrue, tandis que la version autonome démontre une autonomie complète, idéale pour les sites isolés.

Sur le plan économique, le coût actualisé de l'énergie (COE) et le coût net total (NPC) restent dans des marges acceptables, renforçant l'intérêt d'un tel investissement. En outre, l'absence d'émissions de gaz polluants confirme la pertinence environnementale de la solution envisagée, en ligne avec les objectifs de transition énergétique.

En somme, cette simulation valide la capacité du système hybride à répondre aux exigences d'un fonctionnement fiable, économique et durable, faisant de cette solution une alternative prometteuse pour les infrastructures en quête d'indépendance énergétique et de réduction de leur impact environnemental.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'installation d'ascenseurs dans les grands immeubles est indispensable pour assurer le confort et moderniser le secteur de l'habitat en Algérie. Compte tenu de la consommation énergétique de ces appareils en ville, la quantité d'énergie consommée et les émissions de gaz polluants qu'ils rejettent dans l'environnement sont considérables. Dans un avenir proche, ces ascenseurs représenteront un fardeau économique et environnemental pour le pays. Dans ce contexte, nous avons conçu un système hybride combinant l'énergie solaire et l'énergie du réseau pour alimenter les ascenseurs. Cette contribution constitue ainsi un projet concret au développement durable et à la modernisation des infrastructures en Algérie, tout en soulignant l'intérêt croissant pour l'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes industriels critiques comme les ascenseurs. Il ouvre aussi la voie à de futures études sur l'optimisation intelligente et le pilotage en temps réel de ces systèmes pour un meilleur rendement global. Notre cas d'étude présente un quartier, situé dans la province de Sidi-Bel-Abbès, comprend dix immeubles résidentiels de neuf étages.

Les ascenseurs électriques sont alimentés par l'énergie solaire, une énergie propre, moderne et économique comparée à celle du réseau électrique. Le système de stockage l'énergie solaire est conçu d'un banc de batteries utilisé, en cas où les panneaux solaires ne fournissent pas l'énergie nécessaire à l'alimentation de l'ascenseur. En cas d'extrême, notre dernier recours est d'utiliser l'énergie du réseau électrique, bien que notre objectif principal étant de réduire la consommation de l'énergie fossile. L'étude menée à travers le deuxième chapitre a permis dimensionner le système de motorisation de l'ascenseur, le choix du moteur électrique et de démontrer la faisabilité technique, économique et écologique du système hybride à énergie renouvelable.

Cependant pour confirmer la faisabilité et le fonctionnement du système industriel (ascenseur & SHER), nous avons déterminé le profil charge et tracer un organigramme de gestion et de synchronisation des différentes sources. Ainsi pour la simulation nous avons utilisé le logiciel HOMER. Les résultats issus de la simulation ont mis en évidence la capacité du système à couvrir l'ensemble des besoins énergétiques de l'ascenseur, avec un taux de pénétration des énergies renouvelables élevé. Toutefois, certaines limites subsistent, notamment en période de faible ensoleillement, ce qui invite à renforcer les capacités de stockage ou à ajuster les configurations du système.

Les calculs économiques permettent de sélectionner la configuration optimale, en tenant compte de l'ensemble des coûts d'installation, d'exploitation, de maintenance, de remplacement et de démantèlement, par rapport à l'énergie produite. Ces indicateurs laissent entrevoir une voie prometteuse pour le développement des énergies renouvelables en Algérie, et leur utilisation comme principale source de production d'électricité dans les zones à fort ensoleillement.

Ce système représente une solution environnementale exemplaire pour l'Algérie, en phase avec ses objectifs de transition énergétique. Son efficacité zéro émission en fait un modèle de durabilité, contribuant à la réduction de l'empreinte carbone et soutenant le développement social et économique du pays

Enfin, l'objectif ultime de notre projet est de servir de base et d'inspiration aux générations futures d'ingénieurs et de chercheurs, pour poursuivre l'amélioration de ce système, en intégrant l'intelligence artificielle, des algorithmes de gestion énergétique plus performants, et des matériaux plus durables. Nous espérons ainsi poser la première pierre d'une nouvelle ère de solutions vertes et intelligentes pour les infrastructures urbaines en Algérie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Treuil>
- [2] : <https://www.imhofsew.ch/solutions/applications/enroulementderoulement/treuil/treuil.html>
- [3] : <https://travaux.mondevis.com/monte-charges/>
- [4] : <https://www.aci-elevation.com/presentation-monte-charge.html>
- [5] : <https://www.kone.fr/outils-normes-documentation/faq/choisir-monte-charge.aspx>
- [6] : <https://travaux.mondevis.com/monte-charges/>
- [7] : <https://www.motac.fr/blog/2022/01/19/les-reducteurs-de-vitesse-pour-moteur-electrique>
- [8] : <https://www.dymatec-industries.com/content/148-types-reducteurs-mecaniques>
- [9]:https://turgotlimoges.scenaricomunity.org/STI2D/Ressources%20STI2D/Fiches%20connaissances/321c_ReducteursMeca/co/Reducteurs.html
- [10] BENREJDAL Sofiane. Contribution par le calcul des cycles et paramètres au fonctionnement d'un ascenseur. UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU. Année2012
- [11] <https://www.aube-electronique.com/diagnostic-electronique-comment-detecter-un-composant-electronique-defectueux/>
- [12] https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_synchrone
- [13] : <https://www.aube-electronique.com/diagnostic-electronique-comment-detecter-un-composant-electronique-defectueux/>
- [14] : <https://knowhow.distrelec.com/fr/stem-et-education/5-astuces-pour-reparer-votre-circuit-electronique/>
- [15] Gorine Dehiba-Guiassa Zohra. Etude d'un projet d'un système autonome hybride photovoltaïque éolien et biomasse pour application agricoles. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. Année Universitaire 2022/2023
- [16] : <https://www.solaris-store.com/content/48-principe-de-fonctionnement-d-un-convertisseur-dc-dc>
- [17] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur_AC-AC
- [18] : <https://fr.zendure.com/blogs/news/ac-vs-dc>
- [19] : <https://www.abltransfo.com/cat/convertisseurs/convertisseur-dc-ac/>
- [20] : <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/peut-stocker-lelectricite>
- [21] BOCOUM Oumou. Stratégie de gestion de la centrale PV de EL Abiodh Sid Cheick avec un stockage hybride batteries/supercondensateurs. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. Année 2020/2021
- [22] étude d'impact sur l'environnement de la centrale photovoltaïque d'el abiodh sidi cheikh document technique de centre national des technologie plus propre (CNTPP)

[23] C. BERNARD, C. SEBRAO, O. Bernard LAVAL, C. VAUDOUEUR 'Gestion énergétique des panneaux photovoltaïques' université de sfax école nationale d'ingénieurs de sfax, 2008-2009.

[24] : <https://www.google.fr/maps/@32.9443279,0.5521126,1309m/data=!3m1!1e3>

[25] S. ABADA ' Etude et optimisation d'un générateur photovoltaïque pour la recharge d'une batterie avec un convertisseur sepic', Mémoire Maître en Sciences, Université Laval, 2011

[26] Nathalie Devillers. « Caractérisation et modélisation de composants de Stockage électrochimique et électrostatique » Autre. Université de Franche-Comté, 2012.

[27] GUEZGOUZ Mohammed « Perfectionnement et expertise des systèmes énergétiques complexes incorporant des sources renouvelables : Application au système hybride éolien-PV avec batteries sur un site national. » thèse de doctorat Soutenue le 02/07/2020 à l'université de Mostaganem

[28] http://www.ecreee.org/sites/default/files/event-att/01_general_intro_fr_5.pdf


[29] file:///C:/Users/DELL/Downloads/Documents/Paire_Damien_These_UTBM_3.pdf

[30] <https://fr.ensolar.com/pv/inverter-datasheet/189>

Annexe

Annexe A

Catalogue des panneaux photovoltaïques

MONO • 66 CELLS	
PEIMAR	
MODEL	SF400M (9BB) (BF)
Rated Maximum Power (Pm)	400 W
Power Tolerance	0 / +5 W
Voltage at Pmax (Vmp)	38.00 V
Current at Pmax (Imp)	10.53 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.60 V
Short Circuit Current (Isc)	11.16 A
Maximum System Voltage	1500 V DC
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Safety Class	II
Weight	22 kg - 48.5 lbs
Dimension	1900x1048x40 mm 74.80x41.25x1.57"
<i>All technical data at standard test condition: AM = 1.5 E = 1000W/m² TC = 25 °C</i> <i>Pmax, Voc, Isc measurement tolerance: ±3%</i>	
	
WARNING Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light. One module on its own is below the safety extra low volt level, but multiple modules connected in series (summing the voltage) represent a danger. Refer to installation manual on website www.peimar.com	

Annexe B

Catalogue de batterie

General Specification	
Monthly Self Discharge	< 3%
Efficiency of Charge	100% @ 0.2C
Efficiency of Discharge	96-99% @ 1C
Charge Mode	58.4±0.2V
Charge cut-off voltage	0.2C Charge to 58.4V, then 58.4V Charge to 0.02C cut-off
Charge current	40A
Max charge current	100A
Continuous current	100A
Discharge cut-off voltage	40V
Continuous discharge current	100A
Operating temperature	0°C to 55°C (32F to 131F) @ 60±25% Relative Humidity
Relative humidity	5%~95%
Cell & Method	Lithium-iron phosphate (LiFePO4) 3.2V 200AH-16S1P
Plastic Case	Iron
Dimensions	610*520*240 mm
Weight	89 kg approximate
Environment	Indoor/Outdoor
Installation	Floor stand (optional), Wall mount (standard)
Scalability	Max. 4 pieces in parallel operation

Annexe C

Catalogue d'onduleur

Technical data and types

Type designation	-J100kW-A	-0250kW-A *)	-0315kW-B *)	-0500kW-A *)	-0630kW-B *)	-0875kW-B *)	-1000kW-C *)
PVS800-57	100 kW	250 kW	315 kW	500 kW	630 kW	875 kW	1000 kW
Input (DC)							
Maximum input power ($P_{PV,max}$) ¹⁾	120 kWp	300 kWp	378 kWp	600 kWp	756 kWp	1050 kWp	1200 kWp
DC voltage range, mpp ($U_{DC, mpp}$)	150 to 825 V	150 to 825 V	150 to 825 V	150 to 825 V	150 to 825 V	150 to 825 V	150 to 825 V
Maximum DC voltage ($U_{max, DC}$)	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V	1100 V	1100 V
Maximum DC current ($I_{max, DC}$)	245 A	300 A	615 A	1145 A	1230 A	1710 A	1710 A
Number of protected DC inputs	1 (+/-) / 4 2)	2, 4, 8 (+/-)	2, 4, 8 (+/-)	4, 8, 12 (+/-)	4, 8, 12 (+/-)	8, 12, 16 (+/-)	8, 12, 16 (+/-)
Output (AC)							
Nominal power (P_{NAC}) ³⁾	100 kW	250 kW	315 kW	500 kW	630 kW	875 kW	1000 kW
Maximum output power ⁴⁾	100 kW	250 kW	345 kW	500 kW	700 kW	1050 kW	1200 kW
Power at $\cos\phi = 0.95$ ³⁾	96 kW	240 kW	300 kW	475 kW	600 kW	830 kW	950 kW
Nominal AC current (I_{NAC})	195 A	485 A	520 A	965 A	1040 A	1445 A	1445 A
Nominal output voltage (U_{NAC}) ⁵⁾	300 V	300 V	350 V	300 V	350 V	350 V	400 V
Output frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Harmonic distortion, current ⁶⁾	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Distribution network type ⁷⁾	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT
Efficiency							
Maximum ⁸⁾	98.0%	98.0%	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%
Euro-eta ⁸⁾	97.5%	97.6%	98.3%	98.2%	98.4%	98.5%	98.6%
Power consumption							
Own consumption in operation	310 W	310 W	310 W	520 W	520 W	630 W	630 W
Standby operation consumption	60 W	60 W	60 W	70 W	70 W	45 W	45 W
External auxiliary voltage ⁹⁾	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz
Dimensions and weight							
Width/Height/Depth, mm (W/H/D)	1030/2130/646	1830/2130/646	1830/2130/646	2630/2130/646	2630/2130/646	3630/2130/646	3630/2130/646
Weight appr. ¹⁰⁾	550	1100	1100	1800	1800	2600	2600