REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département de Génie Électrique



Mémoire de Fin d'Études de Master

Filière : Électronique

Spécialité : Instrumentation

Thème

Réhabilitation des Ampoules et les Systèmes d'Éclairage en LED

Préparé et présenté par:

Mahieddine Fatma zohra

Benallal Hadil

Proposé et Dirigé par:

Dr. TCHOKETCH KEBIR Sofiane

Pr. GUEMANA Mouloud

Promotion 2024

Dédicace

À celui dont les mains ont été propres tout au long de mon parcours éducatif, à celui qui a implanté dans mon cœur l'amour de la science et du savoir, à celui qui m'a soutenu avec sincérité et sincérité, à ma chère famille, à mes estimés professeurs et à mes merveilleux amis.

Dédié à mes chers parents qui m'ont appris que l'ambition n'a pas de limites et que les rêves se réalisent avec volonté et patience. Merci pour votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel

Dédié à ma famille bien-aimée, mes frères et sœurs, qui m'ont toujours soutenu dans tous mes efforts. Merci pour votre soutien et votre affection continus.

Dédié à ma chère tante, mes cousines Mazura, Hajira et Houria, ainsi qu'à ma cousine Amani. Merci pour vos encouragements et d'être à mes côtés à chaque instant..

Dédié à mes fidèles amis, Shahnaz, Iman, Manal, Asmaa, Nisreen et ma chère partenaire Lina, qui ont partagé mes moments de joie et de tristesse et ont toujours été à mes côtés. Merci pour votre amitié sincère et durable..

Dédié à mes professeurs distingués, qui n'ont ménagé aucun effort pour me transmettre leurs connaissances et leurs conseils, et qui ont toujours été une lumière qui a éclairé mon chemin vers la réussite. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi..

Un dernier salut à moi-même, en reconnaissance de mes efforts, de ma sincérité et de ma détermination pour parvenir à ce succès.

A tous ceux qui ont contribué à ma réussite, je dis merci du fond du cœur. Cette réalisation est le résultat de vos efforts et de votre confiance en moi. Louange à Dieu car sa grâce est juste.

Hadil.

Dédicace

À ceux qui ont été mon soutien et mon appui à toutes les étapes de ma vie, à ceux qui ont consenti de nombreux efforts et sacrifices pour ma réussite et mon bonheur, à mes chers parents.

À ceux qui ne m'ont jamais privé de leurs conseils et de leurs orientations, à mon frère ZIYAD et mes sœurs MARWA ; ANFEL, et Ma chère tanteAKILA.

À mes honorables professeurs, qui n'ont ménagé aucun effort pour nous enseigner et nous guider, et qui ont été pour nous un exemple à suivre en matière de savoir et de morale .

À mes amis et collègues, qui ont partagé avec moi des moments de joie et de défis, et qui ont toujours été à mes côtés par leur soutien et leur assistance «HADIA, MARIA, NESRINE, ASMA, KHALIDA et Ma chère binôme HADIL.

À tous ceux qui ont contribué, ne serait-ce que par un mot gentil ou un sourire, à soutenir mon parcours académique .

À vous tous, je dédie ce modeste travail, en espérant qu'il trouvera grâce à vos yeux et qu'il soit le début d'un avenir radieux.

Et louange à Dieu, par Sa grâce les bonnes actions s'accomplissent..

Fatma Zohra.

REMERCIMENT

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant, qui nous a accordé la force et le courage nécessaires pour mener ce travail à terme.

Nous souhaitons exprimer nos plus sincères remerciements à notre encadrant Monsieur **Dr.TCHOKETCH KEBIR Sofiane** de l'Université YAHIA FARES, pour sa disponibilité, sa lecture attentive, ses suggestions et remarques précieuses, et surtout pour la confiance illimitée qu'il a placée en nous tout au long de ce projet. Nous lui témoignons notre reconnaissance et notre respect les plus sincères.

Nos remerciements vont également Pr. Guemana Mouloud et toute l'équipe pédagogique du département de génie électrique de l'Université de Médéa, dont l'efficacité nous a permis d'apprendre énormément de choses durant nos cinq années de formation

Nous tenons à remercier particulièrement nos familles pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de ce travail.

Nous adressons également nos remerciements à nos ami(e)s et collègues de classe, qui nous ont soutenus et aidés tout au long de ce projet.

Enfin, nous remercions les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce modeste travail.

ملخص

يدرس هذا المشروع جدوى إصلاح وإعادة تدوير مصابيح LED كاستراتيجيات لتعزيز الاستدامة في قطاع الإضاءة. تتضمن المنهجية تحليل مصابيح LEDالمعيبة في السوق المحلية ، وفحص المكونات التالفة، وتقييم إمكانية إصلاحها. كما تتم مناقشة التحديات الرئيسية، مثل توفر قطع الغيار وتكاليف الصيانة. تشير النتائج إلى أن إصلاح LED ممكن بتكاليف مقبولة، بما في ذلك استبدال المكونات الداخلية بأجزاء تجارية. ومع ذلك، تسلط التحليلات الضوء على الحاجة إلى تحسين البنية التحتية للإصلاح وإعادة التدوير، بالإضافة إلى تدريب الفنيين بشكل مناسب. في الختام، تشير هذه الدراسة إلى أن إصلاح وإعادة تدوير مصابيح LED يمكن أن يلعب دورًا حاسمًا في تحسين استدامة الإضاءة. ويتم تشجيع إجراء المزيد من البحوث لوضع سياسات وتدابير فعالة لتعزيز هذه الممارسات.

الكلمات المفتاحية: كفاءة الطاقة، إضاءة ،LED إعادة التأهيل، الاستدامة، توفير الطاقة.

Abstract:

This project examines the viability of LED lamp repair and recycling as strategies to improve sustainability in the lighting sector. The methodology involves an analysis of defective LED lamps in the local market, an examination of damaged components and an assessment of their repair potential. Key challenges, such as availability of spare parts and maintenance costs, are also discussed. The results indicate that LED repair is feasible at acceptable costs, including replacement of internal components with commercial parts. Nevertheless, the analyzes highlight the need to improve repair and recycling infrastructure, as well as adequately train technicians. In conclusion, this study suggests that LED repair and recycling can play a crucial role in improving lighting sustainability. Further research is encouraged to develop effective policies and measures promoting these practices.

Keywords: Energy efficiency, LED lighting, rehabilitation, sustainability, energy saving.

Résumé :

Cette projet se penche sur la viabilité de la réparation et du recyclage des lampes LED en tant que stratégies pour renforcer la durabilité dans le secteur de l'éclairage. La méthodologie implique une analyse des lampes LED défectueuses sur le marché local, l'examen des composants endommagés, et l'évaluation de leur potentiel de réparation. Les principaux défis, tels que la disponibilité des pièces de rechange et les coûts de maintenance, sont également abordés. Les résultats indiquent que la réparation des LED est réalisable à des coûts acceptables, notamment par le remplacement des composants internes avec des pièces commerciales. Néanmoins, les analyses mettent en lumière la nécessité d'améliorer les infrastructures de réparation et de recyclage, ainsi que de former adéquatement les techniciens. En conclusion, cette étude suggère que la réparation et le recyclage des LED peuvent jouer un rôle crucial dans l'amélioration de la durabilité de l'éclairage. Des recherches supplémentaires sont encouragées pour développer des politiques et des mesures efficaces favorisant ces pratiques.

Mots-clés : Efficacité énergétique, éclairage LED, réhabilitation, durabilité, économie d'énergie

Table des matières

Dédicace i

Remerciements iii

Résume iv

Table des matières v

Liste des figures ix

Liste des acronymes xi

Introduction générale 1

1 Énergie verte 3

1.1 Introduction : . . . 4

1.2 Définition de l'énergie verte . . . 4

1.3 les avantages et les inconvénients de l'énergie verte : . . . 5

1.4 Les sources d'énergie verte . . . 5

1.4.1 Le solaire . . . 5

1.4.2 L'éolien . . . 6

1.4.3 L'hydraulique . . . 7

1.4.4 La géothermie . . . 7

1.4.5 L'aérotherme . . . 7

1.4.6 Le biogaz . . . 8

1.4.7 La biomasse . . . 8

1.5 Technologies et innovations de l'énergie verte : . . . 8

1.5.1 les dernières avancées technologiques dans le domaine de l'énergie verte : . . . 8

1.5.1.1 Panneaux solaires transparents : . . . 9

1.5.1.2 Systèmes houlomoteurs : . . . 9

1.5.1.3 Stockage d'énergie : . . . 10

1.5.1.4 Énergie solaire 3.0 10
1.5.1.5 Arbre technologique : 11
1.6 Les projets innovants et des startups qui contribuent au secteur : 11
1.6.0.1 Appels à projets innovants de production d'énergie renouvelable : 11
1.6.0.2 Start-up à suivre dans le secteur de l'énergie : 11
1.6.0.3 Innovations 2022 en matière d'énergies renouvelables : 11
1.7 Perspectives d'avenir : 12
1.7.1 Les tendances émergentes et des futurs développements dans le domaine de l'énergie verte : 12
1.7.1.1 Intégration de l'Intelligence Artificielle (IA) 12
1.7.1.2 Microgrids et Réseaux Intelligents : 12
1.7.1.3 Futurs développements : 12
1.7.1.4 Énergie Hydrogène : 12
1.7.1.5 Énergie Solaire Innovante : 12
1.7.1.6 Énergie Géothermique Améliorée : 12
1.7.1.7 Énergie Géothermique Améliorée : 13
1.7.1.8 Innovation en Matière de Biomasse : 13
1.7.1.9 Futurs développements : 13
1.7.1.10 Financements et Modèles Économiques : 13
1.8 Défis des énergies vertes : 13
1.8.1 Coûts initiaux élevés : 13
1.8.2 La relation entre les défis et les obstacles auxquels sont confrontées les énergies vertes et la contribution du recyclage des lampes LED peut être abordée de plusieurs manières : 14
1.9 Conclusion : 14

2 Système d'éclairage LED 15
2.1 Introduction : 16
2.2 Développement de l'éclairage à LED : 16
2.3 Principe de fonctionnement des LED 17
2.3.1 Composition de la diode LED : 17
2.3.2 Caractéristiques de la diode LED : 18
2.3.2.1 Caractéristiques électroniques : 18
2.3.2.2 L'efficacité énergétique : 19
2.3.2.3 L'efficacité lumineuse 19
2.3.2.4 Caractéristiques mécaniques 19
2.3.2.5 Durée de vie : 19
2.3.2.6 Température de couleur proximale 20
2.3.3 fonctionnement des LED 20

2.3.4 Différents types de LED....21
2.3.4.1 Puces à LED DIP....21
2.3.4.2 Puces à LED SMD :....22
2.3.4.3 Puces à LED à Haute Puissance :....23
2.3.4.4 Puces à LED COB....24
2.3.4.5 Puces à LED COG :....25
2.4 Alimentation électrique pour les systèmes d'éclairage à LED :....26
2.4.1 Types de systèmes d'alimentation pour LED :....27
2.4.1.1 Alimentation LED à courant constant....27
2.4.1.2 Alimentation LED à tension constante :....27
2.4.1.3 Alimentations linéaires :....28
2.4.1.4 Alimentation à découpage (SMPS)....29
2.5 Les SMPS en raison de leur efficacité énergétique et de leur utilisation répandue dans les applications LED :....30
2.5.1 Principe de fonctionnement de l'alimentation à découpage....30
2.5.2 Décomposition d'une alimentation à découpage....31
2.5.2.1 Étage d'entrée....31
2.5.2.2 Transformateur à haute fréquence :....36
2.5.2.3 Étage de sortie....37
2.5.2.4 Circuits de contrôle....38
2.6 Charge et décharge du condensateur....39
2.6.1 Processus de charge et de décharge du condensateur dans une SMPS 40
2.6.1.1 Phase de charge :....40
2.6.1.2 Phase de décharge :....40
2.6.2 Influence de la charge et de la décharge du condensateur sur la performance globale de l'alimentation....41
2.7 Conclusion....41

3 Étude et Réhabilitation des système d'éclairage en LED 42
3.1 Introduction....43
3.2 Maintenance et le Dépannage électronique :....43
3.2.1 La Maintenance corrective....43
3.2.1.1 Le dépannage :....43
3.2.1.2 La réparation :....44
3.2.1.3 Les phases de la maintenance corrective :....44
3.2.2 La maintenance préventive :....45
3.2.2.1 La maintenance préventive systématique....45
3.2.2.2 La maintenance préventive conditionnelle :....46
3.2.3 Niveaux des opérations de maintenance....46
3.2.4 Les caractéristiques :....47

3.2.4.1 MTTF : 47
3.2.4.2 MTBF : 47
3.2.4.3 MDT : 47
3.2.4.4 MUT : 48
3.2.4.5 MTTR : 48
3.3 Exemples en maintenance électronique :.....48
3.3.1 Procédure globale :..... 49
3.3.2 Les différents tests méthodique de dépannage et maintenance :.....49
3.3.2.1 Test Aléatoire ou À Priori..... 49
3.3.2.2 Test d'Entrée/Sortie ou Sortie/Entrée :.....50
3.3.2.3 Test par Fractionnement..... 50
3.3.3 L'organigramme de Maintenance :..... 51
3.4 Etude de réparation d'ampoule LED :.....53
3.4.1 Le premier type de réparation :..... 53
3.4.1.1 Le premier cas :..... 54
3.4.1.2 Le deuxième cas..... 55
3.4.2 Le deuxième type de réparation.....57
3.4.2.1 Étapes de réparation :..... 57
3.5 Conclusion..... 59

Conclusion Générale **61**

Bibliographie **62**

Guide du Projet **64**

Liste des figures

1.1 Les sources d'énergie verte....6
1.2 Panneaux solaires transparents....9
1.3 Systèmes houlomoteurs....9
1.4 Stockage d'énergie....10
1.5 Énergie solaire 3.0....10
1.6 Arbre technologique....11

2.1 Evolution des technologies des sources lumineuses....17
2.2 Puces à LED DIP....18
2.3 Schéma de principe d'une LED de forte puissance vue en coupe [PHI]....18
2.4 Puces à LED DIP....21
2.5 Puces à LED SMD....22
2.6 Puces à LED à Haute Puissance....23
2.7 Puces à LED COB....24
2.8 Puces à LED COG....25
2.9 Schéma fonctionnelle d'une alimentation à découpage....30
2.10 Redressement simple alternance....31
2.11 Courbe d'entrée et de sortie d'un Redressement simple alternance....31
2.12 Redressement double alternance....33
2.13 Courbe d'entrée et de sortie d'un Redresseur double alternance....33
2.14 Redresseur simple alternance avec condensateur de filtrage....34
2.15 Redresseur simple alternance avec condensateur de filtrage....34
2.16 Tension de sortie après filtrage....35
2.17 Tension de sortie après filtrage....35
2.18 Polarisation directe d'un transistor NPN....36
2.19 Description de la structure du transformateur....37
2.20 Description de la structure du transformateur....37
2.21 Représentation d'un signal modulé en PWM....38
2.22 Processus de charge du condensateur....40

2.23 Processus de décharge du condensateur.....40

3.1 opérations de maintenance.....48
3.2 Les Étapes du Dépannage et de la Maintenance des Équipements Électroniques.....49
3.3 Schéma de Test d'Entrée/Sortie pour le Diagnostic Électronique.....50
3.4 Schéma de Test par Fractionnement avec Points de Mesure.....51
3.5 Vérification.....51
3.6 Vérification.....51
3.7 Vérification.....52
3.8 Vérification.....52
3.9 Vérification.....52
3.10 Schéma de circuit de la lampe LED.....53
3.11 Schéma synoptique du systéme d'éclairage à LED.....53
3.12 Symboles de Diagramme de Processus pour la Maintenance Électronique . 53
3.13 Ampoules LED avec circuits imprimés grillés.....54
3.14 Lampe LED avant réparation.....55
3.15 Testez les modules LED avant la réparation.....56
3.16 Testez la lampe LED Après Réparation.....57
3.17 Les Lampes LED avant réparation.....57
3.18 la lampe LED Après Réparation.....58
3.19 Testez la lampe LED Après Réparation.....59

Liste des Acronymes et Glossaire

ACCURE : Advanced Computational Capabilities Utilizing Renewable Energy (Capacités de calcul avancées utilisant l'énergie renouvelable).

ASSIST : Alliance for Solid State Illumination Systems and Technologies (Alliance pour les systèmes et technologies d'éclairage à semi-conducteurs).

BJT : Bipolar Junction Transistor.

CFL : Compact Fluorescent Lamp (Lampe Fluorescente Compacte).

COB : Chip on Board (Puce sur carte).

COG : Chip on Glass (Puce sur verre).

COG : Chip on Glass (Puce sur verre).

CO2 : Dioxyde de carbone.

DAC : Digital-to-Analog Converter (Convertisseur numérique-analogique).

DIP : Dual In-line Package.

DSflow : ata Systems Flow (Flux des systèmes de données).

EET : Energy Efficient Technologies (Technologies énergétiquement efficaces).

IA : Artificial Intelligence.

IEM : Electromagnetic Interference.

LED : Light Emitting Diode (Diode Électroluminescente).

LRC : Lighting Research Center (Centre de recherche sur l'éclairage).

MP3 : MPEG Audio Layer-3.

MOSFET : Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor.

MTBF : Mean Time Between Failures (Temps moyen entre les pannes).

MTTF : Mean Time To Failure (Temps moyen avant défaillance).

MTTR : Mean Time To Repair (Temps moyen de réparation).

MDT : Mean Down Time (Temps moyen d'arrêt).

MUT : Mean Up Time (Temps moyen de fonctionnement).

PCB : Printed Circuit Board (Circuit imprimé).

PHI : Package Heat Insulator.

PWM : Pulse Width Modulation (Modulation de largeur d'impulsion).

SMD : Surface-Mount Device (Composant monté en surface).

SMPS : Switched-Mode Power Supply.

TWH : Terawatt-hour (Térawattheure).

Introduction générale

Dans un monde confronté à des défis croissants en matière de durabilité environnementale, la gestion efficace des déchets électroniques est devenue une préoccupation majeure. Parmi ces déchets, les ampoules LED occupent une place significative en raison de leur utilisation répandue et de leur composition complexe.

Ce mémoire se concentre sur l'importance de la réhabilitation et du recyclage des lampes LED, en mettant en lumière les implications de la croissance exponentielle des déchets électroniques sur l'environnement et les efforts de transition vers une économie circulaire.

La problématique centrale abordée dans ce mémoire est la suivante : comment optimiser la réutilisation et le recyclage des ampoules LED pour minimiser leur impact environnemental tout en maximisant leur durée de vie et leur efficacité énergétique? À travers une analyse appro- fondie des processus de réparation, de recyclage et de réutilisation des ampoules LED, ce travail cherche à identifier les meilleures pratiques pour prolonger la durabilité de ces dispositifs tout en réduisant leur empreinte écologique.

L'objectif principal de cette étude est de proposer des stratégies efficaces pour la réhabilitation et le recyclage des lampes LED, en tenant compte des différentes étapes de leur cycle de vie, de la collecte à la réutilisation.

Les objectifs spécifiques incluent :

- Évaluer les impacts environnementaux de la production, de l'utilisation et de l'élimination des lampes LED. - Analyser les processus de réparation et de réutilisation des ampoules LED pour prolonger leur durée de vie.
- Proposer des recommandations pratiques pour la gestion des déchets électroniques et l'adoption de pratiques durables dans le secteur de l'éclairage. Les hypothèses de travail sont les suivantes :
- La réparation et la réutilisation des lampes LED peuvent contribuer à réduire la quantité de déchets électroniques et à prolonger la durée de vie utile de ces dispositifs.
- Les avantages environnementaux de la transition vers les lampes LED peuvent être optimisés grâce à des pratiques de réhabilitation et de recyclage efficaces. La sensibilisation et l'éducation des consommateurs sur les avantages du recyclage et de la

réutilisation des lampes LED sont essentielles pour promouvoir des comportements durables. Pour atteindre ces objectifs, une méthodologie mixte sera adoptée, combinant desanalyses quantitatives et qualitatives. Des études de cas seront menées pour évaluer lespratiques de réparation et de recyclage des lampes LED dans différents contextes

Géographiques et industriels. Des enquêtes auprès des consommateurs et des professionnels de l'éclairage seront également réalisées pour comprendre les perceptions et les pratiquesactuelles en matière de gestion des déchets électroniques. Ce mémoire est divisé en troischapitres principaux :

1. La Transition vers l'Éclairage LED et ses Implications Environnementales : Ce chapitre examine les tendances actuelles de l'éclairage LED, les défis liés à la gestion desdéchets électroniques et les implications environnementales de cette transition.
2. Caractéristiques et Réhabilitation des Lampes LED : Ce chapitre explore les différentes caractéristiques des lampes LED, les processus de réparation et de réutilisation, ainsi que les meilleures pratiques pour prolonger leur durée de vie.
3. Méthodologie de Réhabilitation et Études de Cas : Ce dernier chapitre présente la méthodologie de réhabilitation des lampes LED, des études de cas sur des projets de réparation réussis et des recommandations pour une gestion durable des déchets électroniques. Bien que les défis liés à la réhabilitation et au recyclage des lampes LED soient nombreux, il est attendu que ce mémoire contribue à l'élaboration de solutions pratiques et durables pour maximiser les avantages environnementaux de cette technologie tout en minimisant son empreinte écologique.

En mettant en lumière les meilleures pratiques et les opportunités de collaboration entre les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, ce travail vise à promouvoir une transition vers un éclairage plus durable et circulaire.

Chapitre 1

Énergie verte

1.1 Introduction :

L'énergie est un facteur clé dans les discussions concernant les dimensions économiques, sociales et environnementales du développement durable. Il existe deux types d'énergie : la première est l'énergie fossile, qui comprend généralement le charbon, le pétrole, le gaz naturel, etc. En revanche, on retrouve l'énergie verte. Comme nous le savons, les sources d'énergie fossiles ne sont pas renouvelables. Pour expliquer et identifier le besoin et les évolutions des stratégies énergétiques durables pour l'approvisionnementen énergie verte, nous discutons du concept d'énergie verte et de son importance dans la réalisation du développement durable.[1] À l'heure où les défis environnementaux de- viennent de plus en plus pressants, la quête de solutions énergétiques durables et respectueuses de notre planète est devenue une priorité incontournable. Dans cette quête, l'énergie verte émerge comme une lueur d'espoir, offrant un chemin vers un avenir oùla préservation de notre environnement va de pair avec notre besoin incessant en énergie. L'énergie verte, tirée de sources renouvelables telles que le soleil, le vent, l'eau et la biomasse, incarne un potentiel immense pour réduire notre dépendance aux combustibles fossiles et atténuer les effets néfastes du changement climatique. Cependant, pour concrétiser pleinement cette vision, il est impératif de comprendre les défis et les opportunités liés à cette transition énergétique et d'adopter des politiques et des pratiques qui favorisent son déploiement à grande échelle.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie des différentes formes d'énergie verte, de leurs avantages et inconvénients, des dernières avancées technologiques. En examinant les réussites et les défis liés à la transition vers des sources d'énergie durables, nous aspirons à inspirer une prise de conscience accrue et à encourager l'exploration de solutions innovantes pour construire un avenir énergétique plus propre et plusdurable."

1.2 Définition de l'énergie verte

Les sources d'énergie verte sont des sources d'énergie renouvelables et propres, en fonction de la technologie et de l'impact environnemental, notamment le soleil, le vent, la géothermie, l'hydroélectricité, l'énergie marémotrice et océanique et la biomasse.[2] L'énergie verte fait référence à toute forme d'énergie produite à partir de ressources naturelles.[3] L'aspect crucial de l'utilisation de ces sources d'énergie est de garantir qu'elles n'ont pas d'impact négatif sur l'environnement, par exemple en émettant des gaz à effet de serre. L'énergie verte est un type d'énergie fréquemment obtenu à partir de sources d'énergie renouvelables, telles que le soleil, l'éolien, l'hydroélectricité, l'énergie géothermique, marémotrice et océanique, la biomasse et les biocarburants. Chacune de ces technologies fonctionne différemment, que ce soit en exploitant l'énergie solaire, comme avec les panneaux solaires, ou en générant de l'énergie grâce au vent, au débit

de l'eau ou en obtenant de l'énergie à partir des vagues de surface de l'océan.[4] L'énergie verte est fondamentale pour parvenir au développement durable et est respectueuse de l'environnement. C'est une source d'énergie renouvelable, mais pour être considérée comme une énergie verte, elle doit avoir un impact nul sur l'environnement, c'est-à-direqu'elle n'émet pas, ou très peu, de gaz à effet de serre.

1.3 les avantages et les inconvénients de l'énergie verte :

les avantages :

1. Réduction des émissions de gaz à effet de serre : L'énergie verte, comme l'énergie solaire et éolienne, réduit les émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à atténuer le changement climatique.[5]
2. Durabilité à long terme : Les sources d'énergie verte telles que l'énergie solaire et éolienne sont renouvelables et disponibles en quantité suffisante à long terme, contrairement aux combustibles fossiles.[6]
3. Création d'emplois : La transition vers les énergies renouvelables crée de nombreux emplois dans les secteurs de la construction, de l'ingénierie, de la maintenance, etc.[7]

les inconvénients :

1. Dépendance aux conditions météorologiques : L'énergie solaire et éolienne dépendent des conditions météorologiques et peuvent être intermittentes, ce qui pose des défis pour assurer une alimentation électrique stable.[7]
2. Coût initial élevé : Les technologies d'énergie verte telles que les panneaux solaires et les éoliennes peuvent avoir des coûts initiaux élevés, bien que ces coûts aient considérablement diminué au fil des ans.[8]
3. Impact sur l'environnement local : La construction et l'exploitation des installations d'énergie verte peuvent avoir un impact sur l'environnement local, notamment la faune, la flore et les paysages.[9]

1.4 Les sources d'énergie verte:

Nous listons les principales sources d'énergie verte.

1.4.1 Le solaire:

L'énergie solaire est une énergie renouvelable produite à partir de la lumière du soleil, il s'agit donc aussi d'une énergie intermittente. On différencie l'énergie solaire photovoltaïque de l'énergie solaire thermique. L'énergie solaire photovoltaïque transforme



FIGURE 1.1. Les sources d'énergie verte

les rayons du soleil en électricité via l'utilisation de modules photovoltaïques. L'énergie solaire thermique est généralement employée pour chauffer des fluides, comme certains chauffe-eaux domestiques. Les ventes des équipements ont considérablement reculé ces dernières années, entraînant une baisse importante de sa production [10] Les particulierspeuvent installer des panneaux solaires chez eux et choisir entre la revente de surplus d'électricité produite et l'autoconsommation.
Avantages : Abondante, renouvelable, pas de pollution directe lors de l'utilisation, faible coût d'entretien.
Inconvénients : Dépendance aux conditions météorologiques, demande de grandes surfaces pour une production significative.

1.4.2 L'éolien:

L'énergie éolienne dépend de la force du vent. Elle provient de turbines, appelées éoliennes ou encore aérogénérateurs, qui transforment l'énergie cinétique du vent en l'énergie éolienne. On distingue les éoliennes installée sur terre de celles installées en mer, respectivement qualifiées d'éoliennes onshores et offshores. [11] Depuis les années 2000, la production d'électricité éolienne s'est fortement développée : elle s'élevait à 24,7 TWh en 2017 contre 21,5 TWh en 2016. Cette augmentation est en partie due aux bonnes conditions météorologiques de ces dernières années.
Avantages : Abondante, renouvelable, émissions nulles de CO2 pendant l'exploitation, possibilité d'installation terrestre et maritime.
Inconvénients : Impact visuel et sonore, intermittence du vent, nécessité d'espaces ouverts.

1.4.3 L'hydraulique:

L'énergie hydraulique est la plus importante source d'énergie verte en France, représentant 54% de la production brut d'électricité renouvelable. Elle transforme l'énergie cinétique de l'eau en électricité via des centrales hydroélectrique (plus de 2 000 installations réparties dans tout le pays). Tout comme l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique est intermittente : elle dépend du débit de l'eau (barrages, marées, courants marins, vagues, etc.) et, plus généralement, de la pluviométrie. C'est à dire que plus l'année sera sèche,moins la production hydraulique sera importante (50 TWh environ) et inversement (72TWh environ). [12]

Avantages : Énergie constante et prévisible, grande capacité de stockage, contrôle de la production.

Inconvénients : Impact environnemental (modification des cours d'eau, perte d'habitat), coût initial élevé, limitation géographique.

1.4.4 La géothermie:

L'énergie géothermique est un procédé qui permet d'exploiter la chaleur de la Terre et des nappes phréatiques et de la transformer en énergie via des centrales géothermiques ou des pompes à chaleur eau-eau. C'est l'une des seuls énergies renouvelables qui n'est pas intermittente et ne dépend donc pas des conditions atmosphériques. En fonction de la profondeur à laquelle elle est extraite, elle s'utilise pour le chauffage ou pour la production d'électricité, urbain ou domestique. [13]

Avantages : Disponible 24h/24 et 7j/7, faible empreinte carbone, longue durée de vie des installations.

Inconvénients : Ressource géographiquement limitée, coût initial élevé, risques géologiques (sismicité, émissions de gaz).

1.4.5 L'aérotherme:

L'aérotherme est une technologie qui permet de capter l'énergie présente dans l'air pour chauffer ou refroidir un bâtiment. Cette énergie renouvelable est considérée comme verte car elle utilise une source d'énergie naturelle et inépuisable, l'air ambiant, pour produire de la chaleur ou de la fraîcheur. L'aérotherme permet ainsi de réduire la consommation d'énergie fossile et donc les émissions de gaz à effet de serre, ce qui en fait une solution intéressante pour lutter contre le changement climatique. En outre, cette technologie est facilement intégrable dans les habitations existantes, ce qui la rend accessibleà tous.

Avantages : Utilisation de l'air ambiant comme source d'énergie, faibles coûts de fonctionnement, peu d'impact environnemental.

Inconvénients : Dépendance aux conditions météorologiques, efficacité réduite dans les

climats extrêmes.[14]

1.4.6 Le biogaz:

La méthanisation produit du biogaz : pendant leur fermentation, les déchets organiques (déchets ménagers, agricoles, agro-industriels) sont transformés en biogaz. Ce dernier est un gaz essentiellement composé de méthane, de CO2 et d'hydrogène. Afin d'être de pouvoir être injecté au réseau de gaz naturel (dont il dispose d'une compositionchimique similaire) ou d'être utilisé comme carburant, le biogaz est épuré et transforméen biométhane.
Avantages : Production de gaz renouvelable à partir de déchets organiques, réduction des émissions de méthane, potentiel de valorisation des déchets.[15] Inconvénients : Besoin de grandes quantités de matières premières, coût de l'infrastructure, émissions de CO2 lors de la combustion[16]

1.4.7 La biomasse:

L'énergie biomasse permet de générer de la chaleur, mais aussi de produire de l'électricité et du carburant (le biogaz, par exemple) grâce à la chaleur dégagée par la combes de matières organiques végétales ou animales, ou issue de la fermentation de ces matières. L'énergie issue du bois ou de déchets végétaux a l'avantage d'avoir un bilan carboneneutre. En effet, la combustion du bois ou des pellets produit autant d'émissions de CO2 qu'elle n'en absorbe lors de la photosynthèse. Il est important de savoir que la biomasse n'est considérée comme une source d'énergie renouvelable que lorsque sa consommation est inférieure à sa régénération.[17]
Avantages : Utilisation de matières organiques renouvelables, réduction des émissions de gaz à effet de serre, potentiel de valorisation des déchets agricoles et forestiers.
Inconvénients : Concurrence avec l'agriculture alimentaire, émissions de polluants atmosphériques lors de la combustion, besoin de grandes surfaces de culture.

1.5 Technologies et innovations de l'énergie verte :

1.5.1 les dernières avancées technologiques dans le domaine de l'énergie verte :

Les dernières avancées technologiques dans le domaine de l'énergie verte sont nombreuses et variées. Voici quelques exemples d'innovations récentes :

1.5.1.1 Panneaux solaires transparents :

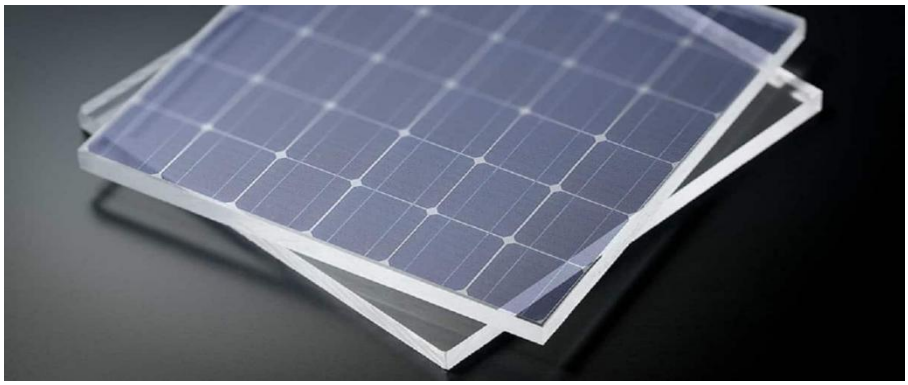


FIGURE 1.2. Panneaux solaires transparents .

Des panneaux solaires transparents ont été développés pour être utilisés sur les voitures, les serres et les fenêtres.

1.5.1.2 Systèmes houlomoteurs :



FIGURE 1.3. Systèmes houlomoteurs .

Des entreprises travaillent sur le développement de systèmes houlomoteurs pour produire de l'énergie à partir des vagues de l'océan.

1.5.1.3 Stockage d'énergie :



FIGURE 1.4. Stockage d'énergie .

Le stockage d'énergie est un domaine en constante évolution, avec des innovations telles que les batteries Lithium-verre et les systèmes de stockage d'énergie à base de Power to Gas.

1.5.1.4 Énergie solaire 3.0 :



FIGURE 1.5. Énergie solaire 3.0 .

L'énergie solaire 3.0 est une centrale photovoltaïque solaire entièrement distribuable qui utilise des pérovskites légères pour fournir plus ou moins d'énergie au réseau le cas échéant.

1.5.1.5 Arbre technologique :

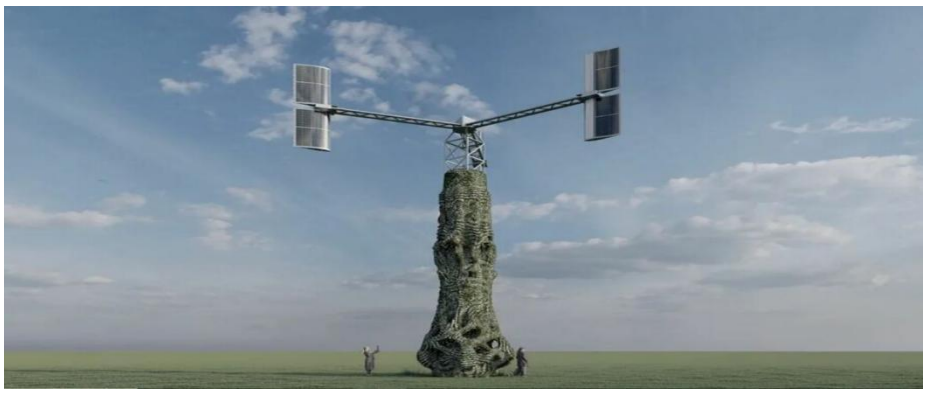


FIGURE 1.6. Arbre technologique .

Une entreprise espagnole a conçu un "arbre technologique" qui combine l'énergie éolienne, solaire et le captage de carbone.

1.6 Les projets innovants et des startups qui contribuent au secteur :

1.6.1 Appels à projets innovants de production d'énergie renouvelable :

Le gouvernement a lancé trois appels à projets innovants de production d'énergie renouvelable dans le cadre de la Stratégie d'accélération des technologies avancées des systèmes énergétiques, avec un soutien financier important.

1.6.2 Start-up à suivre dans le secteur de l'énergie :

Plusieurs startups telles qu'ACCURE, Bamboo Energy, BeePlanet Factory, dsflow, et Nash se distinguent dans le secteur de l'énergie, en proposant des solutions innovantes dans les domaines des énergies solaires, éoliennes, et de l'efficacité énergétique.

1.6.3 Innovations 2022 en matière d'énergies renouvelables :

La France a mis en place des mesures pour favoriser les innovations en matière d'énergies vertes, avec un investissement important dans le déploiement de technologies pour une industrie plus verte. Diverses startups telles qu'EET Solaire, Airthium, AUTOPLUG, et Edison Ways contribuent à ces avancées. Ces exemples illustrent l'engagement et les avancées significatives dans le domaine de l'énergie verte en France, avec un soutien actif aux projets innovants et aux startups qui façonnent un avenir plus durable.

1.7 Perspectives d'avenir :

1.7.1 Les tendances émergentes et des futurs développements dans le domaine de l'énergie verte :

Discuter des tendances émergentes et des futurs développements dans le domaine de l'énergie verte permet d'anticiper les évolutions qui façonneront le paysage énergétique. Voici quelques points à considérer dans cette discussion :

1.7.1.1 Intégration de l'Intelligence Artificielle (IA) :

Tendance émergente : L'utilisation de l'IA pour optimiser la production, la distribution et la consommation d'énergie renouvelable. Futurs développements : L'IA pourraitfaciliter la prévision de la production d'énergie, l'optimisation des réseaux, et la personnalisation des systèmes énergétiques en fonction des besoins individuels.

1.7.1.2 Microgrids et Réseaux Intelligents :

Tendance émergente : L'émergence de microgrids autonomes et de réseaux intelligents qui favorisent une distribution d'énergie plus efficace.

1.7.1.3 Futurs développements :

L'expansion des microgrids et la mise en place de réseaux intelligents plus étendus pourraient accroître la résilience du réseau électrique.

1.7.1.4 Énergie Hydrogène :

Tendance émergente : L'intérêt croissant pour l'hydrogène vert comme vecteur énergétique et moyen de stockage. Futurs développements : Les investissements dans la production d'hydrogène vert pourraient conduire à des avancées majeures dans cette technologie.

1.7.1.5 Énergie Solaire Innovante :

Tendance émergente : Le développement de solutions solaires innovantes, telles que les cellules solaires organiques et les panneaux solaires intégrés aux bâtiments. Futurs développements : L'amélioration de l'efficacité des panneaux solaires et l'intégration de technologies émergentes pourraient accroître la popularité de l'énergie solaire.

1.7.1.6 Énergie Géothermique Améliorée :

Tendance émergente : L'expansion des parcs éoliens en mer pour exploiter les vents plus constants. Futurs développements : L'utilisation de technologies flottantes et l'explo-

ration de nouvelles zones marines pourraient augmenter la capacité de l'énergie éolienne en mer.

1.7.1.7 Énergie Géothermique Améliorée :

Tendance émergente : L'exploration de technologies pour améliorer la rentabilité de l'énergie géothermique. Futurs développements : Les forages plus profonds et les innovations techniques pourraient élargir la portée de cette source d'énergie.

1.7.1.8 Innovation en Matière de Biomasse :

Tendance émergente : L'émergence de solutions de biomasse plus durables, telles que les biocarburants de deuxième et troisième génération.

1.7.1.9 Futurs développements :

Les recherches sur de nouvelles sources de biomasse et les méthodes de conversion plus efficaces pourraient rendre cette option encore plus viable.

1.7.1.10 Financements et Modèles Économiques :

Tendance émergente : L'accent accru sur les financements verts et les modèles économiques durables. Futurs développements :L'évolution des politiques gouvernementales, des incitations financières et des mécanismes de financement pour favoriser une transition énergétique accélérée. Discuter de ces tendances émergentes et des futurs développements offre une vision prospective du secteur de l'énergie verte et souligne l'importance de l'innovation continue pour créer un avenir énergétique plus durable.

1.8 Défis des énergies vertes :

1.8.1 Coûts initiaux élevés :

L'installation de technologies d'énergies vertes comme les panneaux solaires ou les éoliennes peut nécessiter des investissements initiaux importants. Intégration au réseau électrique : Les énergies renouvelables sont intermittentes et leur intégration efficace au réseau électrique nécessite des solutions de stockage de l'énergie et des réseaux intelligents. Dépendance aux subventions et aux politiques gouvernementales : Les énergies vertes dépendent souvent des incitations financières et des politiques gouvernementalespour stimuler leur adoption et leur développement.

1.8.2 La relation entre les défis et les obstacles auxquels sont confrontées les énergies vertes et la contribution du recyclage des lampes LED peut être abordée de plusieurs manières :

Réduction des déchets électroniques : Le recyclage des lampes LED permet de récupérer les matériaux précieux qui les composent, réduisant ainsi la quantité de déchets électroniques. Conservation des ressources naturelles : Le recyclage des lampes LED permet de récupérer les matériaux tels que le plastique, le verre et les métaux, réduisant ainsila nécessité d'extraire de nouvelles ressources naturelles pour fabriquer de nouveaux produits. Promotion de l'économie circulaire : Le recyclage des lampes LED contribue à promouvoir l'économie circulaire en prolongeant la durée de vie utile des matériaux et en réduisant la nécessité de produire de nouveaux produits à partir de matières premières vierges. En intégrant efficacement le recyclage des lampes LED dans les stratégies de gestion des déchets électroniques et dans les politiques de durabilité, il est possible de surmonter certains des défis associés aux énergies vertes tout en contribuant à promouvoirleur adoption et leur développement durable.

1.9 Conclusion :

En concluant ce chapitre, il apparaît clairement que l'énergie verte joue un rôle central dans la quête d'un avenir énergétique durable. En explorant les différentes facettes des sources d'énergie renouvelable, nous avons constaté les progrès significatifs réalisés dans le domaine technologique, les avantages environnementaux et sociaux considérables, mais également les défis qui persistent. Cependant, il est encourageant de voirque la transition vers l'énergie verte est de plus en plus perçue comme une nécessité, et les efforts déployés à travers le monde pour développer des solutions novatrices sont prometteurs. Face aux changements climatiques et aux défis énergétiques, il devient impératif de promouvoir une adoption plus large de ces technologies durables. En tant que société, nous sommes à un point critique où les décisions prises aujourd'hui auront des répercussions durables sur l'avenir de notre planète. En embrassant l'énergie verte, nousouvrons la voie à une ère où la durabilité et la préservation de notre environnement deviennent des priorités incontournables. Ainsi, ce chapitre aspire à stimuler une réflexion approfondie sur nos choix énergétiques et à inspirer une action collective vers un avenirplus respectueux de notre planète.

Chapitre 2

Système d'éclairage LED

2.1 Introduction :

Les LED (Light Emitting Diode) sont des composants optoélectroniques qui émettent de la lumière. Elles fonctionnent selon le principe de la luminescence et plus exactement de l'électroluminescence, puisque la lumière est produite par l'application d'un courant électrique. Les LED ont des propriétés physiques précises et qui varient d'un modèle à l'autre, et même d'une LED à l'autre dans un même lot. Pour qu'une LED s'allume, il faut une tension minimale (tension de seuil) et ensuite la brillance est proportionnelle au courant. Les LED ont une durée de vie exceptionnelle, allant de 20 000 à 50 000 heures pourune LED de puissance moyenne.

Les LED ont des avantages par rapport aux sources lumineuses traditionnelles, notamment une consommation d'énergie cinq fois moins importante pour une même quantitéde lumière produite Les systèmes d'alimentation efficaces sont indispensables pour les LED en raison de plusieurs facteurs clés. Ils optimisent la consommation d'énergie, garantissent la durabilité et la fiabilité des LED, maintiennent la stabilité de l'éclairage etcontribuent à réduire les coûts. Ces systèmes jouent un rôle essentiel dans la prolongation de la durée de vie des LED et dans la préservation de la qualité de l'éclairage. De plus, ils permettent des économies d'énergie significatives et favorisent une transition vers un éclairage plus durable. En somme, les systèmes d'alimentation efficaces sont cruciaux pour maximiser les performances et l'efficacité énergétique des LED tout en répondantaux exigences de durabilité et de fiabilité [18, 19] l'objectif de ce chapitre est de souligner l'importance cruciale des systèmes d'alimentation efficaces pour les LED et de fournirles connaissances nécessaires pour comprendre, sélectionner et utiliser ces systèmes demanière optimale dans diverses applications d'éclairage.

2.2 Développement de l'éclairage à LED :

Nos ancêtres dépendaient de la lumière naturelle du soleil et, il y a environ 500 000 ans, ont commencé à utiliser la lumière artificielle avec la domestication du feu. Pendant longtemps, le bois et l'huile étaient les principales sources de lumière jusqu'à la révolution industrielle, qui a introduit l'éclairage au gaz et l'électricité. Depuis plus de 130 ans, la lumière artificielle est omniprésente, essentielle à la vie moderne. Aujourd'hui, nous utilisons massivement l'éclairage artificiel, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, avec des exigences élevées en termes de disponibilité, d'efficacité énergétique et d'impact environnemental. L'éclairage représente 14% de la consommation électrique en Europe et 19% dans le monde [19], avec 80%destiné à un usage professionnel. La technologie LED, plus économique, a permis de réduire considérablement la consommation d'énergie. Par exemple, les illuminations des Champs-Élysées consomment aujourd'hui autant qu'une famille dequatre personnes en un an, grâce aux LED, soit une réduction significative par rapport à[2006]. [20]



FIGURE 2.1. Évolution des technologies des sources lumineuses.

2.3 Principe de fonctionnement des LED :

2.3.1 Composition de la diode LED :

En fonction de leur puissance électrique, les LED présentent une architecture différente. Il y a deux principales architectures : une architecture traditionnelle, destinée aux LED de faible puissance (moins de 1 W), telles que les LED de 5 mm (diamètre du dôme), et une architecture pour les LED de grande puissance. (égal ou supérieur à 1 W)

L'architecture classique : La diode LED est enfermée dans un boîtier en silicone transparent qui agit comme une lentille dirigeant la lumière émise. Du fond de cette boîte émergent deux électrodes : l'anode, la borne positive, et la cathode, la borne négative. Pour les distinguer, la longueur de l'anode est supérieure à la longueur de la cathode. L'anode est reliée à la coupelle émettrice, qui dirige la lumière dans une direction spécifique. À la base de la coupelle se trouve une puce semi-conductrice électroluminescente d'une superficie d'environ 1 millimètre. Les deux électrodes sont reliées entre elles par un fil de liaison très fin. Au bas du boîtier, il y a un col-lier ou un méplat qui sert de deuxième marque. Ce plan est du côté de la cathode (-). Cette fonctionnalité est particulièrement utile lors du recyclage des diodes LED, car les deux électrodes peuvent être coupées à la même longueur et ce marquage permet de distinguer la cathode de l'anode.

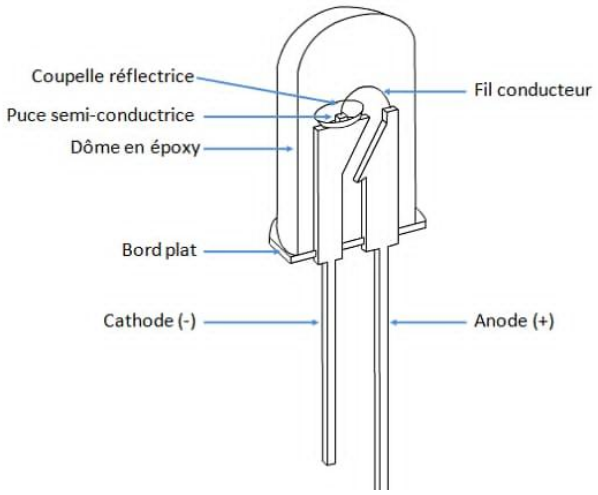


FIGURE 2.2. Puces à LED DIP

L'architecture de LED de forte puissance : Le principe fondamental demeure le même que dans l'architecture précédente. Deux électrodes sont connectées par deux fils conducteurs pour alimenter la puce semi-conductrice. À la différence de l'architecture. Dans la version précédente, il y a une séparation entre le chemin de l'alimentation électrique et la dissipation thermique. Il y a une dissipation thermique sousle composant.

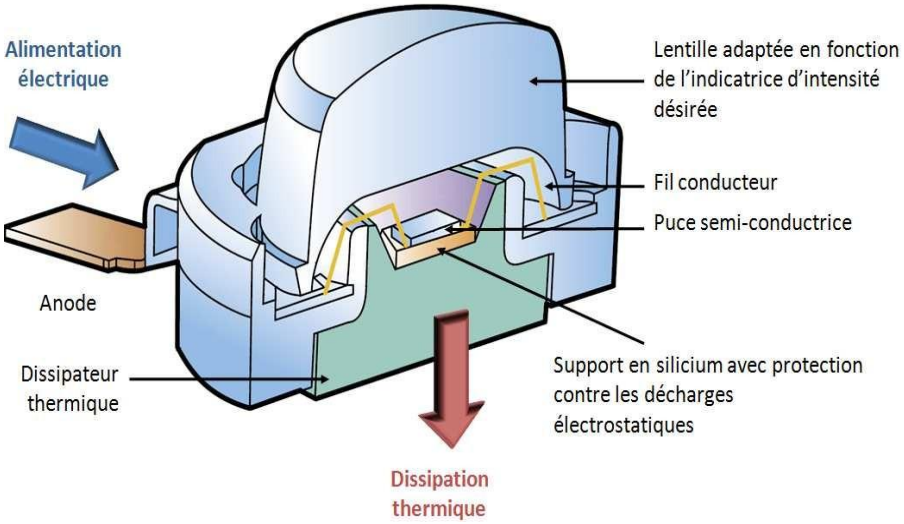


FIGURE 2.3. Schéma de principe d'une LED de forte puissance vue en coupe [PHI]

[21]

2.3.2 Caractéristiques de la diode LED :

2.3.2.1 Caractéristiques électroniques :

Les LED sont des composants polarisés, ce qui signifie que leur polarisation est déterminée par la direction du courant électrique qui les traverse. Cela peut entraîner une

Polarisation inverse ou directe. Dans le fonctionnement typique d'une LED, elle est utilisée en polarisation directe, ce qui signifie que le courant circule de l'anode à la cathode. Dans cette configuration, la LED fonctionne selon deux modes distincts : un mode non conducteur et un mode conducteur. Ces modes peuvent être observés en examinant la caractéristique courant-tension de la LED. Pour garantir qu'un courant traverse une LED, une tension de seuil spécifique, appelée tension directe (VF), doit être atteinte à ses bornes. Cettecaractéristique signifie que la LED nécessite une alimentation minimale pour émettre dela lumière.

2.3.2.2 L'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique η_e d'une LED est généralement définie comme le rapport entre la luminosité émise par la LED et la puissance électrique consommée pour produire cette luminosité. En d'autres termes, c'est la mesure de l'efficacité avec laquelle uneLED convertit l'énergie électrique en lumière. Plus l'efficacité énergétique d'une LED est élevée, moins elle consomme d'énergie pour produire une quantité donnée de lumière,ce qui la rend plus économique et plus respectueuse de l'environnement.

2.3.2.3 L'efficacité lumineuse

La notion d'efficacité lumineuse ajoute à l'efficacité énergétique l'efficacité spectrale de la vision humaine V(λ). A titre indicatif, 1 W de flux d'énergie équivaut à un flux de luminosité de 2,80 lm à une longueur d'onde de 700 nm, alors qu'il correspond à 683 lm à 555 nm et 0,27 lm à 400 nm. Ainsi, selon sa répartition spectrale, une LED peut avoir une efficacité énergétique supérieure à une autre, mais une efficacité lumineuse inférieure.

2.3.2.4 Caractéristiques mécaniques

La source de lumière LED est beaucoup plus petite que les sources d'éclairage artificiel traditionnelles utilisant l'incandescence ou la fluorescence. En conséquence, elles peuvent être intégrées dans des systèmes très peu encombrés, tels que des ordinateurs et téléphones portables, des lecteurs MP3, etc. Il n'y a pas d'élément mobile dans les LED. Le principal composant semi-conducteur de la LED, la puce, est entièrement intégré dans un matériau transparent, généralement une résine époxy. Grâce à cette construction, ces sources ont une stabilité et une résistance aux chocs bien supérieures à celles de la lampe standard.

2.3.2.5 Durée de vie :

La normalisation de la durée de vie des LED pose un défi en raison de l'absence de normes internationalement reconnues. Pour remédier à cela, l'Alliance for Solid State Illumination System and Technologies (ASSIST) et le Lighting Research Center (LRC) ont

pro posé des recommandations basées sur l'application des LED. Pour un éclairage général,

Où une diminution de 20 à 30% du niveau d'éclairement est perceptible, la durée de vie est définie à 70% du flux initial (L70). Pour des applications plus spécifiques, cette durée peut être définie à 80% du flux initial, tandis que pour des applications décoratives, elle est définie à 50% du flux initial (L50). Des études menées par N. Narendran ont montré que les LED de faible puissance (5 mm) et de forte puissance ont un flux qui diminue d'environ 30% après respectivement environ 3000 et 30 000 heures de fonctionnementdans des conditions contrôlées

2.3.2.6 Température de couleur proximale :

Pendant l'année 2000, les lampes LED produisent une lumière blanche avec une température de couleur élevée, ce qui entraîne une couleur froide et une bonne représentation des couleurs. Depuis, les fabricants ont développé des techniques qui utilisent différentes luminophores pour réduire la température de couleur. Ainsi, ils sont désormais capables de fabriquer des LEDs qui produisent du blanc chaud dès 2004 et du blanc froid dès 2007. Thèse améliorations découlent de progrès dans le processus de fabrication, tels que une distribution plus homogène des lumineux à travers le semi-conducteur, ce qui réduit les variations de température de couleur, même à travers les angles d'observation, à moins de 100 K.[21]

2.3.3 fonctionnement des LED:

Lorsqu'une jonction P-N est polarisée dans le sens direct, les électrons, qui sont majoritaires dans la région de type N, sont injectés dans la région de type P où ils se recombinent avec les trous. Inversement pour les trous. La structure de base d'une diode électroluminescente, est une jonction PN réalisée à partir de semi-conducteurs dans lesquels les recombinaisons des porteurs excédentaires Sont essentiellement radiatives Les excès de porteurs subissent des recombinaisons dans trois régions distinctes : la régionde la zone de charge d'espace, ainsi que les régions neutres N et P. Dans chacune de cesrégions, la zone Émettrice est limitée à la longueur de diffusion des porteurs minoritaires.La zone de charge d'espace Joue un rôle mineur, voire négligeable, car la jonction est fortement polarisée en sens direct. Lorsqu'un électron et un trou se recombinent dans un semi-conducteur, cela entraîne l'émission d'un photon. En effet, la transition d'un électron entre la bande de conduction et la bande de valence peut S'accompagner de la conservation du vecteur d'onde du photon. Lors d'une transition émissive, l'énergie du photon émis est donnée par la différence d'énergie entre les niveaux avant (E_i) et après (E_f) la transition, alors l'équation de l'énergie est donnée par :

$$h\nu = E_i - E_f \quad (e\nu) \tag{2.1}$$

La face émettrice de la LED est la zone P car c'est la plus radiative du fait qu'elle contient

la zone de Recombinaison [22]

2.3.4 Différents types de LED:

Il existe une variété de types de LED avec des caractéristiques de fonctionnement et de performance différentes. Cette diversité peut sembler compliquer le choix d'une ampoule LED, mais en réalité, elle offre une flexibilité précieuse pour répondre aux besoins spécifiques de chaque situation.

Chaque type de LED présente des avantages et des inconvénients qui les destinent à des utilisations particulières. Comprendre ces différences vous permettra de choisir le type de LED le plus adapté à votre besoin ou à l'emplacement prévu pour vos ampoules. Ainsi, déterminer vos besoins en termes d'angle de diffusion et de puissance vous aidera à sélectionner le type de LED le plus approprié.

En résumé, plutôt que de voir cela comme une complication supplémentaire, considérez la diversité des types de LED comme une opportunité pour trouver la solution d'éclairage la mieux adaptée à vos besoins spécifiques.

2.3.4.1 Puces à LED DIP

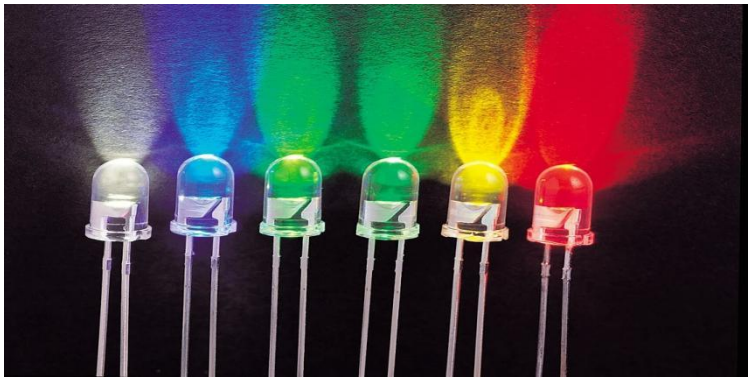


FIGURE 2.4. Puces à LED DIP

Les puces à LED DIP (Dual In-line Package), développées en 1962 par Nick Holonyak, sont des LED de basse puissance, émettant environ 0,06 W. Elles ont une forme arrondie et sont dotées de deux longues pattes qui sont soudées sur un circuit imprimé (PCB). Ces LED sont représentées sur la Figure 2.2.

En théorie, la durée de vie des DIP est estimée à 50 000 heures, mais en réalité, elle est plutôt de l'ordre de 10 000 à 15 000 heures. Ces puces à LED sont souvent utilisées dans des dispositifs d'éclairage à faible puissance, avec un angle de diffusion réduit. Elles ne sont donc pas adaptées pour l'éclairage principal d'une pièce à vivre, tel qu'un plafonnier, mais plutôt pour des éclairages tamisés ou directionnels, mettant en valeur des objets de décoration,[20]

Fabricant :

1. Epistar : Epistar est une société taïwanaise fondée en 1996, spécialisée dans la recherche, le développement et la fabrication de semi-conducteurs à base de LED.

Ils sont l'un des principaux fabricants mondiaux de puces à LED DIP (Dual In-line Package), ainsi que d'autres types de puces à LED pour une variété d'applications d'éclairage, y compris l'éclairage domestique, l'éclairage commercial et l'éclairage de rue.

2. Sanan Optoelectronics :Sanan Optoelectronics est une société chinoise fondée en 2000, qui se concentre sur la fabrication de semi-conducteurs à LED et de solutions d'éclairage LED. Ils sont l'un des plus grands fabricants mondiaux de puces à LED DIP, ainsi que d'autres types de puces à LED pour des applications telles que l'éclairage architectural, l'éclairage de sécurité et l'éclairage de signalisation.
3. Kingbright :Kingbright est une entreprise basée à Taïwan, fondée en 1980, qui se spécialise dans la fabrication de produits d'affichage LED et d'éclairage LED. Ils fabriquent une gamme de produits LED, y compris des puces à LED DIP, des LED CMS (Surface Mount Device) et des panneaux d'affichage LED pour des applications diverses telles que l'affichage publicitaire, l'éclairage de signalisation et l'éclairage intérieur.

2.3.4.2 Puces à LED SMD :

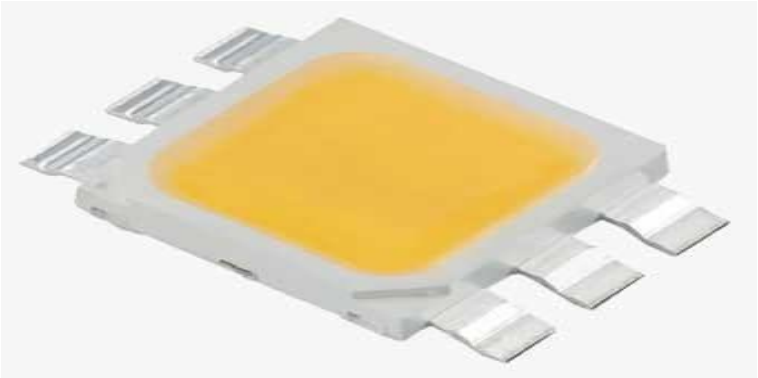


FIGURE 2.5. Puces à LED SMD

Les puces à LED SMD (Surface Mounted Device) sont les plus répandues sur le marché. Elles sont désignées par des codes tels que SMD 5050 ou SMD 3028 , qui corres-pondent aux dimensions du composant électronique. Par exemple, SMD 5050 indique que la puce mesure 5,0 mm x 5,0 mm et a une puissance de 0,5 W, tandis que SMD 3028 indique une taille de 3,0 mm x 2,8 mm et une puissance de 0,2 W.

Ces puces à LED SMD ont une durée de vie supérieure à 50 000 heures, dépassant ainsi celle des puces DIP. Elles sont largement utilisées dans divers éclairages domestiques tels que les plafonniers, les appliques, les éclairages décoratifs, etc. Elles utilisent des composants très fins, souvent moins de 1 mm d'épaisseur, montés en surface sur des circuitsimprimés.

Une caractéristique clé des puces SMD est leur capacité à émettre différentes couleurs en ajustant la sortie des trois diodes individuelles. Cela a joué un rôle essentiel dans le

Développement de la technologie LED. De plus, les puces SMD offrent un excellent rapport puissance d'éclairage-prix, avec un rendement lumineux atteignant jusqu'à 80 lm/W. [20] **Fabricants :**

1. Philips Lighting : Philips Lighting est une société néerlandaise qui fait partie du groupe Philips. Elle est l'un des principaux fabricants mondiaux de solutions d'éclairage, offrant une gamme complète de produits LED pour diverses applications résidentielles, commerciales et industrielles.

2. Cree : Cree est une entreprise américaine spécialisée dans les semi-conducteurs et les solutions d'éclairage à base de LED. Ils sont reconnus pour leur innovation dans les technologies LED haute performance et leur large gamme de produits incluant des luminaires, des composants LED et des puces LED.

3. Osram : Osram est un fabricant mondial de produits d'éclairage, de technologies optiques et de semi-conducteurs. Ils produisent une large gamme de solutions d'éclairage LED pour diverses applications, allant de l'éclairage général à l'éclairage automobile et de spécialité.

2.3.4.3 Puces à LED à Haute Puissance :



FIGURE 2.6. Puces à LED à Haute Puissance

Les puces à LED à Haute Puissance sont caractérisées par leur luminosité exceptionnellement élevée, surpassant celle des puces LED SMD ou DIP. Cependant, leur adoption reste limitée en raison de leur coût élevé. Conçues pour fournir une intensité lumineuse supérieure, ces puces sont idéales pour créer des équipements puissants et compacts. Dépassant généralement les 0,65 W, les puces à LED de Haute Puissance les plus courantes ont une capacité nominale de 1 W. Utilisant la technologie SMD associée à des lentilles optiques, elles amplifient l'intensité lumineuse émise, garantissant ainsi un rendement lumineux optimal. Toutefois, leur principal inconvénient réside dans leur angle d'éclairage restreint, les rendant plus adaptées aux applications directionnelles telles que

Les spots. Malgré cela, leur durée de vie estimée à 50 000 heures et leur polyvalence dans les éclairages domestiques, professionnels et publics en font un choix attrayant pour denombreux domaines d'application.[20]

Fabricant :

1. Nichai : Corporation est une société japonaise fondée en 1956, spécialisée dans la fabrication de semi-conducteurs et de produits d'éclairage LED. Ils sont reconnus pour avoir inventé les premières puces à LED bleues haute luminosité, une avancée technologique majeure dans l'industrie de l'éclairage LED. Nichia produit une large gamme de puces à LED à haute puissance pour différentes applications, et leurs produits sont réputés pour leur qualité et leur fiabilité.
2. Philips Lumileds : Philips Lumileds est une division de Philips spécialisée dans la fabrication de solutions d'éclairage LED de haute qualité. Fondée en 1999, l'entreprise est un leader mondial dans le domaine des puces à LED à haute puissance. Leurs produits sont utilisés dans une gamme d'applications, y compris l'éclairageautomobile, l'éclairage d'intérieur et l'éclairage commercial.
3. Samsung : Samsung est une société sud-coréenne diversifiée, et l'un des plus grands fabricants de semi-conducteurs au monde. Ils ont également une division dédiée à la production de composants d'éclairage LED, y compris des puces à LED à haute puissance. Leurs produits sont utilisés dans une variété d'applications, allant des écrans d'affichage aux solutions d'éclairage résidentiel et commercial.

2.3.4.4 Puces à LED COB



FIGURE 2.7. Puces à LED COB

Les puces à LED COB (Chip On Board) représentent une avancée récente dans la techenologie des LED. Contrairement aux LED traditionnelles qui consistent en des puces LED SMD individuelles montées sur une carte de circuit imprimé, les puces COB sont constituées de plaques découpées contenant des centaines de petites puces d'une épaisseur de 250 micromètres, directement liées à un substrat d'aluminium pour une dissipation optimale de la chaleur et une fabrication sans soudure. Cette configuration permet de positionner jusqu'à soixante-dix puces par centimètre carré, assurant ainsi un rendement

Lumineux élevé sur une petite surface. Les puces COB offrent une alternative efficace à l'éclairage traditionnel de forte puissance, permettant de substituer des ampoules de 500W ou plus par des puces LED de 10 W, 20 W, 50 W voire 100 W, dans des systèmes de taille réduite. Elles se distinguent par un unique point d'émission lumineuse très puissant, cequi les rend particulièrement adaptées aux applications telles que les spots. En fonction de leur forme, elles offrent des angles d'éclairage variés, ce qui les rend polyvalentes pourune utilisation en intérieur comme en extérieur. Bien que leur prix soit initialement élevé,il tend à devenir de plus en plus abordable pour les utilisateurs [20]

Fabricants :

1. Bridgelux : Bridgelux est une société américaine spécialisée dans les technologies d'éclairage à semi-conducteurs, notamment les LED COB. Ils sont reconnus pour leur innovation dans le domaine des LED haute performance, offrant une large gamme de produits pour l'éclairage commercial, résidentiel et industriel.
2. Citizen : Citizen Electronics est une entreprise japonaise qui fabrique une variété de composants électroniques, y compris des LED COB pour l'éclairage. Ils se concentrent sur la création de solutions d'éclairage LED de haute qualité, offrant une efficacité énergétique élevée et une longue durée de vie.
3. Luminus Devices : Luminus Devices est une entreprise américaine spécialisée dans les technologies d'éclairage à semi-conducteurs, y compris les LED COB. Ils se concentrent sur la conception et la fabrication de LED haute puissance pour une variété d'applications, allant de l'éclairage général à l'éclairage architectural et de spécialité.

2.3.4.5 Puces à LED COG :



FIGURE 2.8. Puces à LED COG

Depuis 2014, les puces à LED COG (Chip On Glass) ou à filaments sont fabriquées, offrant une approche différente des premières générations de puces LED. Contrairement à ces dernières, qui sont déposées sur un substrat, les puces COG sont encapsulées au tour d'une colonne de verre ou de saphir, puis recouvertes de résine luminescente. Elles

sont reliées par des fils d'or et un film conducteur anisotropique, ce qui réduit significativement la surface nécessaire pour assembler le dispositif. Cette technologie permet d'atteindre des densités de composants élevées sur une petite surface, tout en simplifiant la fabrication et réduisant les coûts. Avec une puissance moyenne d'environ 7 W, équivalente à une ampoule traditionnelle de 40 W, les dispositifs d'éclairage reposant sur cette technologie sont les lampes à LED à filaments. Leur avantage principal est un angle d'éclairage à 300°, offrant un meilleur confort visuel. En plus de cela, de nombreux autres avantages sont associés à cette nouvelle technologie de puce COG.

Design compact avec des densités extrêmement élevées des composants.

Capacité à traiter des signaux à hautes vitesses et hautes fréquences.

Une grande fiabilité en raison du peu de joints de soudure.

Meilleure dissipation de la chaleur, grâce au substrat en verre.

Procédés d'industrialisation simples et peu coûteux.

Constante évolution grâce à l'utilisation de motifs de plus en plus fins, de hauteurs différentes et de formes ornementales. [20]

Fabricants :

1. Calex : Calex est un fabricant de luminaires et d'ampoules LED basé aux Pays-Bas. Ils se spécialisent dans la création de luminaires élégants et de haute qualité, notamment des ampoules à filament LED qui imitent l'esthétique des ampoules traditionnelles à incandescence tout en offrant une efficacité énergétique supérieure.
2. Sylvania : Sylvania est une marque bien connue dans l'industrie de l'éclairage, appartenant à LEDVANCE. Ils proposent une large gamme de produits d'éclairage LED, y compris des ampoules à filament LED, conçues pour offrir un éclairage rétroet une ambiance chaleureuse tout en économisant de l'énergie.
3. TCP : TCP (Technical Consumer Products) est un fabricant mondial d'éclairage LED et de produits électroniques grand public. Ils fabriquent des ampoules LED à filament qui combinent l'esthétique traditionnelle avec la technologie moderne pouroffrir un éclairage efficace et durable pour les applications résidentielles et commerciales.
4. Feit Electric : Feit Electric est une entreprise familiale qui fabrique des ampoules et des luminaires LED depuis plus de 40 ans. Ils sont réputés pour leurs produits innovants, y compris les ampoules à filament LED, qui offrent une lumière chaude et douce tout en réduisant la consommation d'énergie.

2.4 Alimentation électrique pour les systèmes d'éclairage à LED :

le systèmes d'éclairage à LED nécessitent une alimentation électrique spécifique. Les

LED sont très efficaces en termes d'énergie, mais elles nécessitent une alimentation électrique constante et stable pour fonctionner correctement. Les alimentations pour les

LED sont disponibles en différentes puissances et tensions, et il est important de choisir la bonne alimentation pour les LED que vous utilisez. Les LED peuvent être modulées en puissance, ce qui permet de régler le flux lumineux entre 0%et 100%. Les systèmes d'éclairage à LED sont très efficaces en termes d'énergie et ont une empreinte écologique réduite-il est important de choisir une alimentation électrique de qualité pour les LED, car les LED supportent mal les surintensités électriques qui peuvent être générées au démarrage ou suite aux photos de tension du réseau [23]

2.4.1 Types de systèmes d'alimentation pour LED :

2.4.1.1 Alimentation LED à courant constant

Un courant de sortie fixe est maintenu par une alimentation LED à courant constant, ce qui garantit un fonctionnement optimal des LED en maintenant un courant constant malgré les fluctuations de tension. Cela prévient la surcharge des LED, ce qui pourrait entraîner une surchauffe et diminuer leur durée de vie. En outre, il est conseillé d'utiliser un pilote à courant constant pour les LED de grande puissance car il garantit une luminosité constante pour toutes les LED en série et régule la température afin d'éviter le vieillissement prématuré ou les pannes.

Avantages de l'utilisation d'une alimentation de LED à courant constant

1. Afin de prévenir l'accumulation de chaleur, il est recommandé que le courant de sortie maximal de l'alimentation des LED ne dépasse pas le courant nominal.
2. Ils simplifient la conception de la disposition du module LED pour le concepteur et permettent de produire des lumières avec une luminosité plus constante.
3. Du fait de ses propriétés, il convient davantage comme source d'alimentation pour les lampadaires, les projecteurs, les éclairages du stade, les lampes industrielles, etc.

2.4.1.2 Alimentation LED à tension constante :

les LED sont généralement alimentées par des sources de tension constante telles que 12VDC ou 24VDC, elles fonctionnent plus efficacement avec un courant constant. Pour adapter une alimentation à tension constante aux LED, une résistance de limitation de courant est souvent utilisée pour maintenir un courant stable. Cependant, cette méthode entraîne des pertes de puissance et une consommation d'énergie accrue. Dans le cas des dispositifs LED avec régulateur de tension intégré, la tension reste constante, mais le courant peut varier en fonction des besoins. Cette approche permet une gestion plus flexible de l'éclairage, notamment dans les applications de ville intelligente où différents modes de fonctionnement nécessitent des niveaux d'éclairage et de consommation d'énergie spécifiques.

Avantages de l'utilisation d'alimentation LED à tension constante :

1. La technologie à pression constante est plus familière aux ingénieurs de conception et d'installation.
2. Le coût de ces systèmes peut être inférieur, en particulier dans les applications à grande échelle. De par ses caractéristiques, il est plus adapté à ces applications que ce soit de simples rampes lumineuses ou des architectures distribuées plus sophistiquées où le courant est régulé en aval au niveau des LED. Tels que les lampes d'intérieur, les équipements à puissance variable – tels que les caméras pour un éclairage intelligent

2.4.1.3 Alimentations linéaires :

Les alimentations linéaires sont le type d'alimentation traditionnel et fonctionnent en régulant la tension de sortie grâce à l'utilisation d'un régulateur de tension linéaire. La tension d'entrée est introduite dans le régulateur, qui la réduit à la tension de sortie souhaitée en dissipant tout excès d'énergie sous forme de chaleur. Les alimentations linéairessont simples, fiables et produisent un bruit et une ondulation très faibles sur la tension de sortie.

Avantages des alimentations linéaires :

1. Les alimentations linéaires offrent un excellent filtrage du bruit et des ondulations de la tension de sortie, ce qui est essentiel pour maintenir la pureté du signal dans le DAC.
2. L'alimentation linéaire a une conception simple et fiable, une fiabilité élevée et peu de composants facilement endommagés.
3. L'alimentation linéaire présente les caractéristiques d'une faible impédance de sortie et peut fournir une tension stable et constante même sous une charge importante.

Inconvénients des alimentations linéaires :

1. La performance des alimentations linaires est médiocre, car elles évacuent toute énergie excessive sous forme de chaleur. Cela implique que leur température peut augmenter et qu'un dissipateur thermique plus étendu est nécessaire pour dissiper la chaleur.
2. Petite puissance de sortie : les alimentations linéaires ont une puissance de sortie restreinte, ce qui peut ne pas être adapté aux applications à grande puissance.

2.4.1.4 Alimentation à découpage (SMPS)

L'alimentation à découpage, également connue sous le nom de SMPS (Switched-Mode Power Supply) en anglais, est une forme d'alimentation électrique qui convertit l'énergie électrique en utilisant des composants électroniques tels que des transistors, des condensateurs et des inducteurs pour réguler la tension et le courant. Contrairement aux alimentations linéaires qui régulent la tension en dissipant l'excès d'énergie sous forme de chaleur, les alimentations à découpage ajustent le rapport cyclique de l'onde carrée généréepar un oscillateur pour fournir la tension de sortie souhaitée.[24]

Les avantages d'alimentation à découpage :

1. Efficacité accrue : Présentant une maîtrise avec des taux d'efficacité supérieurs à 90%, les alimentations à découpage (SMPS) diminuent considérablement la dissipation d'énergie. Cet attribut permet des économies substantielles sur les dépensesélectriques tout en réduisant simultanément les émissions thermiques.
2. Conception compacte et légère : En raison de son fonctionnement à des fréquences élevées, le SMPS nécessite des composants magnétiques réduits, ce qui se traduit par un facteur de forme nettement réduit et un poids plus léger par rapport aux unités d'alimentation linéaires classiques.
3. Adaptabilité : La polyvalence du SMPS est remarquable. Capable de s'adapter à une large gamme de tensions d'entrée et capable de répondre rapidement aux fluctuations des besoins en énergie, il s'avère être une solution exemplaire pour une multitude d'appareils et de dispositifs électroniques.
4. Thermique réduit Sortie : Grâce à sa conversion minimisée de l'énergie en chaleur, le SMPS évite le besoin de mécanismes de dissipation thermique étendus. Cette caractéristique contribue à sa stature compacte, améliorant ainsi son utilité dans les applications à espace limité.

Les inconvénients des alimentations à découpage comprennent les éléments suivants :

1. Bruit plus élevé dû aux harmoniques : Les alimentations à découpage génèrent un bruit plus élevé en raison des harmoniques, ce qui peut affecter d'autres équipements électroniques
2. Complexité : Les alimentations à découpage sont plus complexes que les alimentations linéaires, ce qui peut rendre leur conception et leur maintenance plus difficiles.
3. Coût initial plus élevé : En raison de leur conception plus complexe et de l'utilisation de composants électroniques supplémentaires tels que des inducteurs, des condensateurs de filtrage et des circuits de commande, les alimentations à découpage peuvent être plus coûteuses à fabriquer que les alimentations linéaires.

4. Interférences électromagnétiques (IEM) : En raison de leurs fréquences élevées, les alimentations à découpage sont susceptibles de générer des interférences électromagnétiques, ce qui peut perturber le fonctionnement d'autres appareils électroniques à proximité.

2.5 Les SMPS en raison de leur efficacité énergétique et de leur utilisation répandue dans les applications LED :

Les SMPS (Switching Mode Power Supplies) sont des alimentations électriques à découpage qui sont connues pour leur efficacité énergétique et leur utilisation répandue dans les applications LED. Les SMPS sont des transformateurs électriques de surveillance fiables qui fournissent une densité de puissance élevée et une faible consommation d'énergie. Les dispositifs d'alimentation à impulsion atteignent une efficacité de plus de90%, tandis que les dispositifs d'alimentation à transformateur ont une efficacité inférieure à 50%. Les SMPS sont utilisés dans les micro systèmes autonomes pour améliorerleurs architectures et augmenter la durée de vie des systèmes en utilisant des sources d'énergie renouvelables, telles que l'énergie solaire, thermique et mécanique.

2.5.1 Principe de fonctionnement de l'alimentation à découpage:

Un semi-conducteur multiplier, communément appelé SMD, est un dispositif d'alimentation électronique qui permet de transformer efficacement l'énergie électrique d'une tension à une autre. Le mot "coupling alimentation" désigne le processus de transfert de puissance d'une source AC/DC vers une charge DC, comme un ordinateur ou un téléphone portable. La plupart des alimentations DC convertissent une tension électrique d'environ 110 V ou 220 V en une tension électrique beaucoup plus basse, telle que 24 V, 12 V ou 5 V. Une alimentation à découpage est constituée d'un circuit complexe comprenant plusieurs puissants subcircuits électroniques qui convertissent efficacement lapuissance d'une tension vers une autre.

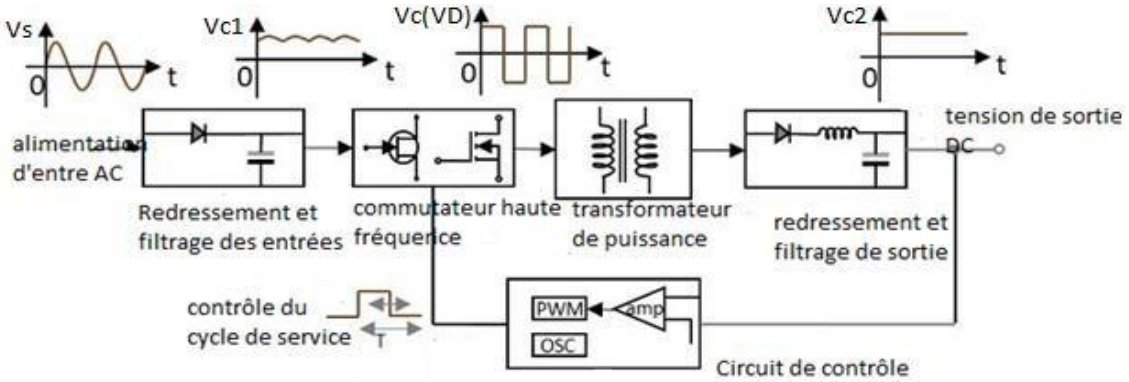


FIGURE 2.9. Schéma fonctionnelle d'une alimentation à découpage.

2.5.2 Décomposition d'une alimentation à découpage:

Une alimentation à découpage typique est celle au schéma fonctionnel précédente avec ces sous sections clés : étage d'entrée, étape de commutation, étage de sortie et circuit de contrôle.

2.5.2.1 Étage d'entrée:

Le niveau d'entrée de puissance est souvent constitué d'un rectifié complet ou partiellement complet qui reçoit un autre courant à l'entrée et émet un signal continu, filtréavec la même tension. La tension est réglée à l'aide d'un pont de diodes Graetz et est libérée par un condensateur électrolytique. Tout d'abord, la tension d'entrée est filtrée, ajustée,puis lisse afin d'obtenir une tension continue allant de 325 Và400V.

Redresseur : Le redresseur permet de ne pas garder que la partie positive (ou négative)de la sinusoïde d'entrée. Les redresseurs peuvent se décomposés de deux types :

1. -Redressement simple alternance : Un redresseur simple alternance est décomposé d'une diode, généralement de type 1N4007. Ces redresseurs sont montés en série avec la charge. La figure suivante montre le point de fonctionnement d'un tel redresseur, la charge étant une résistance; l'entrée est un signal sinusoïdal, il a l'expression suivante :

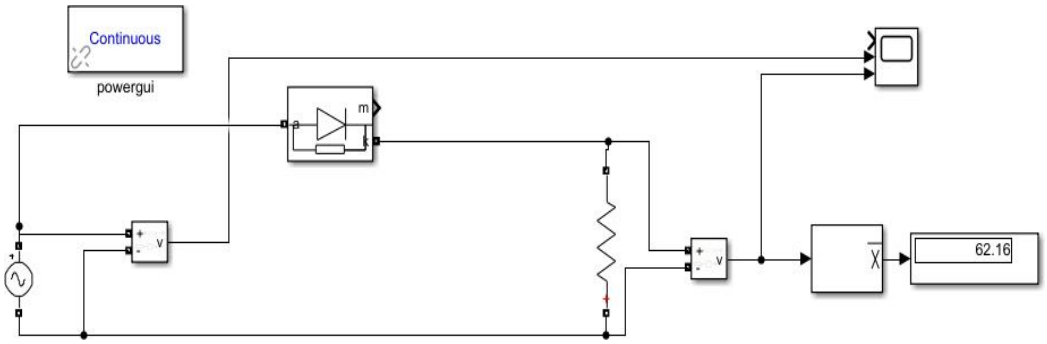


FIGURE 2.10. Redressement simple alternance



FIGURE 2.11. Courbe d'entrée et de sortie d'un Redressement simple alternance

$$V_s(\theta) = v\sqrt{2} \cdot \sin(\theta) \tag{2.2}$$

$$V_c\ (\theta)\ =\ V_s(\theta)$$

$$I_c(\theta) = \frac{V_c}{R} V_D = theta$$

Si $theta \leq \theta \leq \pi$, la diode D est passante. Vc, Ic sont la tension aux bornes de la charge et le courant qui y passe successivement Vd est la tension aux bornes de la diode.

Si $\pi \leq \theta \leq 2\pi$, la diode D est bloquée

$$V_c\ (\theta) = 0$$

$$I_c\ (\theta)\ =\ 0$$

$$V_D = V_c(\theta)$$

Le but de ce redresseur P_1 est de rendre la

tension (V_ch) continu, dans ce cas, la valeur moyenne de la tension redressée V_{chmoy} est redressée

$$V_{chmoy} = \frac{v_{max}}{\pi} \tag{2.3}$$

La valeur moyenne du courant de sortie I_chmoy sera

$$I_{chmoy} = \frac{V_{Max}}{\pi \cdot R} \tag{2.4}$$

2. Redressement double alternance : Le redressement double alternance utilise quatre diodes, généralement du type 1N4007, montées en parallèle avec la charge. Lors de l'alternance positive de la tension d'entrée sinusoïdale, les diodes D1 et D3 commencent à conduire, permettant au courant $I(\theta)$ de passer à travers la charge. Lorsque ces diodes deviennent totalement conductrices, leur tension anode-cathode est d'environ 0,7 volts, mais elle est généralement négligeable par rapport à la tension d'entrée.

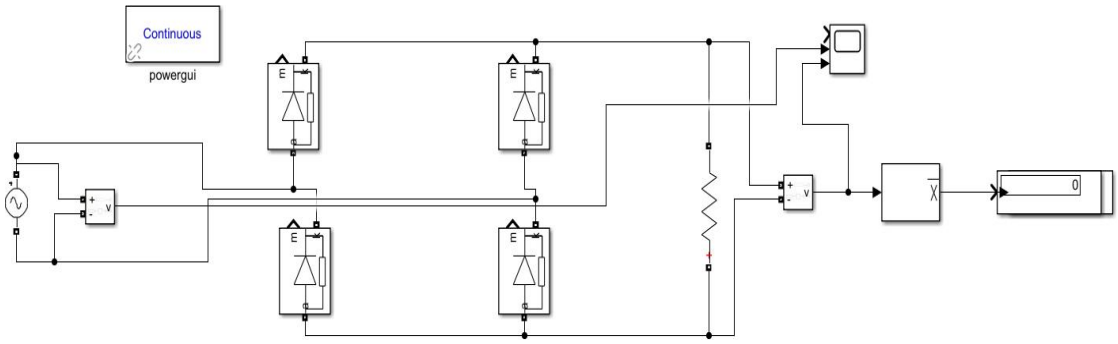


FIGURE 2.12. Redressement double alternance

La tension totale redressée pendant une période est illustrée sur la figure suivante



FIGURE 2.13. Courbe d'entrée et de sortie d'un Redresseur double alternance

Si la charge est une résistance, la valeur moyenne de la tension de sortie V_{chmoy} sera :

$$V_{chmoy} = \frac{2 \cdot V_{Max}}{\pi} \tag{2.5}$$

La valeur moyenne du courant de sortie I_{chmoy} sera :

$$I_{chmoy} = \frac{2 \cdot V_{Max}}{\pi \cdot R} \tag{2.6}$$

D'après la figure , en remarque que la tension de sortie est ondulée et s'annule aussi, ce qui provoque beaucoup d'harmonique, alors un filtrage de cette tension est nécessaire pour avoir une tension de sortie moins ondulée.

Filtrage de tension d'entrée : Le filtrage transforme une tension redressée en une tension aussi constante que possible. Le composant technique de filtrage, le plus facile à mettre en œuvre, est de brancher un condensateur aux bornes de la charge (en parallèleavec la charge), le condensateur est un réservoir à charges électriques

A/Filtrage de la tension d'entrée dans un redresseur simple alternance : La figure suivante représente un redresseur simple alternance avec une charge RC, la charge en réalité

est une résistance, sa tension de sortie est moins filtrée, en ajoute en parallèle un condensateur, cela pour améliorer le signal de sortie

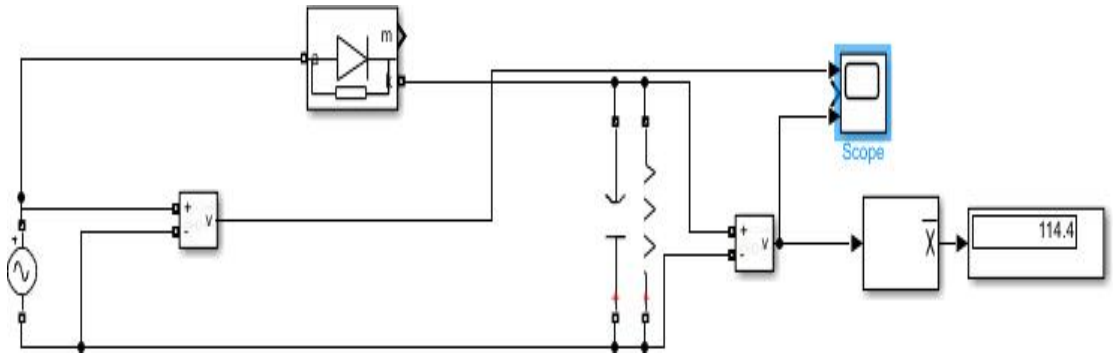


FIGURE 2.14. Redresseur simple alternance avec condensateur de filtrage.

La figure montre la tension redressée après l'addition d'un condensateur en parallèle avec la charge.

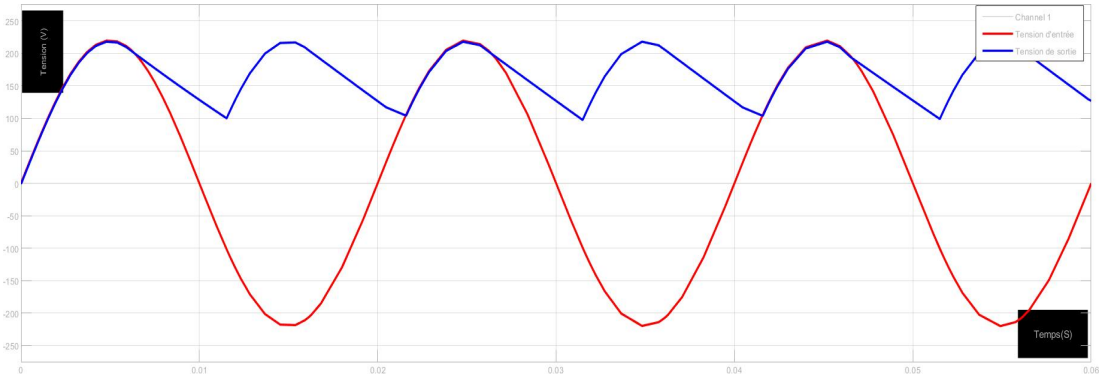


FIGURE 2.15. Redresseur simple alternance avec condensateur de filtrage.

La valeur moyenne de la tension de sortie U_{RLmoy} est :

$$U_{RLmoy} = U_{RLmax} - \frac{I_{moy}}{2C} = U_{RLmax} - \frac{U_{OND}}{2} \tag{2.7}$$

La valeur moyenne du courant de sortie I_{RLmoy} est :

$$I_{RLmoy} = \frac{U_{RLmoy}}{R} \tag{2.8}$$

Après simplification on obtient :

$$U_{OND} = \frac{U_{RLmoy}}{f \times RC} = \frac{I_{max}}{50c} \tag{2.9}$$

f est la fréquence d'ondulation. Finalement, la valeur du condensateur de filtrage se donne par :

$$C = \frac{I_{moy} \times T}{U_{OND}} \tag{2.10}$$

$T = 1/f$ est la période de signale d'ondulation

b : Filtrage de la tension d'entrée dans un redresseur double alternance : Comme dans la partie précédente du filtrage, en ajoute un condensateur en parallèle à la charge comme illustre la figure

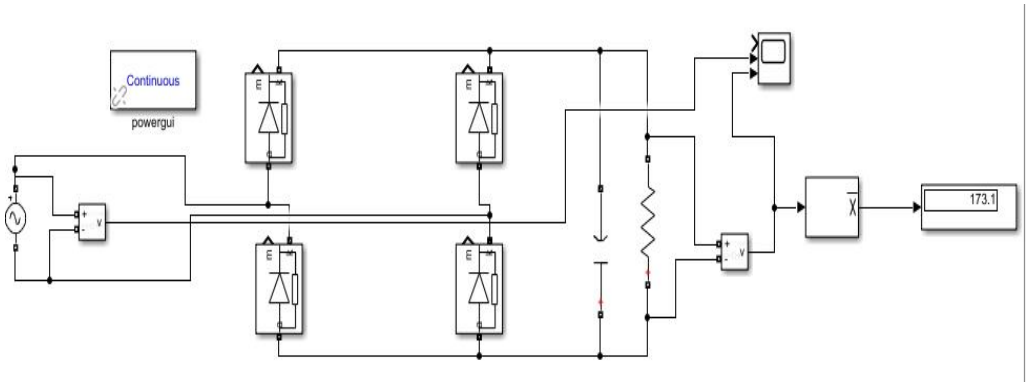


FIGURE 2.16. Tension de sortie après filtrage

Dans la figure, en montre la tension redressée après l'ajoute d'un condensateur en parallèle avec la charge, la tension redressée sera deux ondes par période, le condensateur se charge avec l'augmentation de la tension d'entrée, quand la tension atteint sa valeur maximale, le condensateur sera déchargée exponentiellement est non pas sinusoïdale ment.

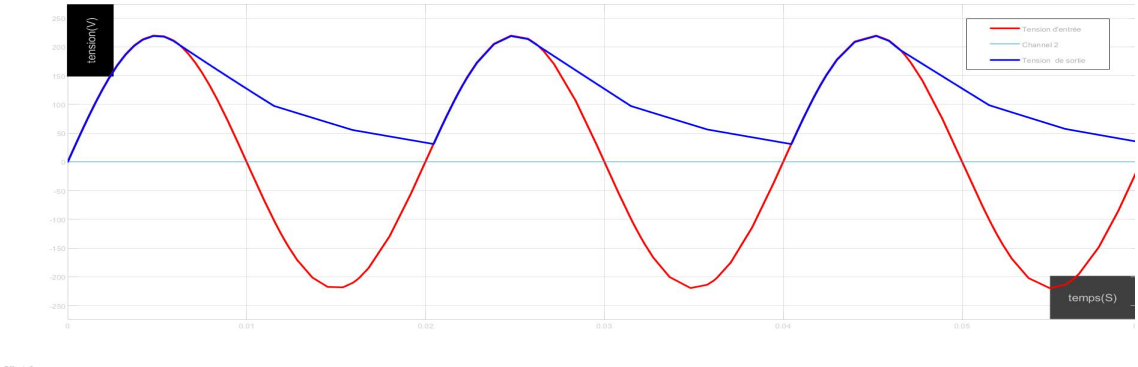


FIGURE 2.17. Tension de sortie après filtrage

Tension de sortie après filtrage

$$U_{OND} = \frac{U_{RLmoy}}{2F \times RC} = \frac{I_{max}}{100c} \tag{2.11}$$

Commutateur haute fréquence Dans cette configuration d'alimentation électrique, on utilise des transistors de puissance (BJT ou MOSETTE) appartenant à un SMPS comme

interrupteurs principaux. Un signal PWM active rapidement le MOSETTE pour convertir la tension continue d'entrée en une onde carrée haute fréquence. Le fonctionnement de commutation est continu pour maximiser l'efficacité de conversion. Deux sources d'alimentation ,V_BB et V_CC, sont utilisées pour réguler le point de fonctionnement du transistor, contrôlant ainsi le courant collecteur et la tension V_CE.

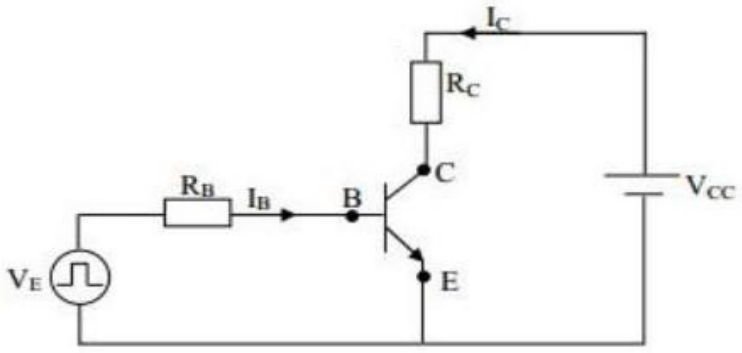


FIGURE 2.18. Polarisation directe d'un transistor NPN

Les différentes grandeurs électriques sont données par les expressions suivantes : La tension entre base et émetteur :

$$v_{BE} = v_{be} + V_{BE} \tag{2.12}$$

Le courant de base :

$$i_B = i_b + I_B \tag{2.13}$$

La tension entre collecteur et émetteur :

$$v_{CE} = v_{ce} + V_{CE} \tag{2.14}$$

Le courant de collecteur :

$$i_C = i_c + I_C \tag{2.15}$$

La valeur du courant de base :

$$I_B = (V_e - V_{BE}) \times R_B \tag{2.16}$$

La valeur du courant de collecteur

$$I_C = (V_{CC} - V_{CE}) \times R_C \tag{2.17}$$

2.5.2.2 Transformateur à haute fréquence :

Le transformateur à haute fréquence est un transformateur habituel, se décompose généralement de trois bobines, primaire secondaire et auxiliaire, le noyau de transformateur est une matière ferrimagnétique et non pas ferromagnétique, ce qui support des fréquences élevées. La bobine primaire est alimentée par une tension alternative se forme

d'une carrée, la bobine secondaire reçoit une F MM due à l'énergie emmagasinée dans le noyau ferrimagnétique selon la loi de Lenz, la forme d'onde aux bornes de la bobine secondaire est une carrée comme dans le primaire, mais son amplitude est réduit, la bobineauxiliaire sert à alimenter les circuits de contrôle et de découpage



FIGURE 2.19. Description de la structure du transformateur

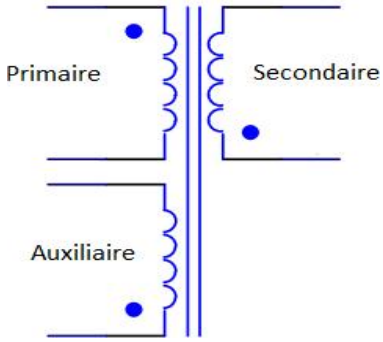


FIGURE 2.20. Description de la structure du transformateur

2.5.2.3 Étage de sortie

L'étage de sortie est la dernière étape du circuit et il est chargé de fournir la puissance à la charge connectée. La sortie du transformateur à haute fréquence produit une forme d'onde oscillante qui est ensuite davantage filtrée par cet étage. Cet étage comprend des filtres similaires à ceux de l'étage d'entrée, mais conçus pour gérer des courants plus importants à des tensions plus basses. Le contrôleur flyback est responsable d'ouvrir et de fermer le commutateur avec le rapport cyclique approprié afin d'atteindre la tensionde sortie requise. Diverses combinaisons de rapports de tours et de rapports cycliques peuvent être utilisées pour obtenir la tension de sortie souhaitée, conformément à une équation donnée.

$$Vs = Ve * (Ns/Np) * ((D/(1 - D))) \quad (2.18)$$

Vs :est la tension de sortie.

Ve :est la tension d'entrée.

N*s* :est le nombre de spires secondaires.
N*p* : est le nombre de spires primaires.
D :est le rapport cyclique qui est donné par : Ton / (Ton + Toff).

2.5.2.4 Circuits de contrôle

L'allumage et l'éteinte rapides du dispositif de commutation (transistor ou MOSFET) permettent de produire l'onde carrée requise pour alimenter le transformateur de puissance à l'aide d'un signal PWM. Ce signal PWM possède à la fois une fréquence et uneconstante cyclique. Le cycle de travail correspond à

Le taux de temps d'activation par rapport au temps total par cycle. On peut modifier la tension de sortie de l'alimentation à découpage en modifiant le rapport cyclique du signal PWM fourni au transistor. Le signal est circonscrit. En général, le niveau inférieur correspond à 0 Volt. La durée de l'impulsion (pour laquelle la tension est celle de l'état haut) est connue sous le nom de T. la durée de l'impulsion (pour laquelle la tension est celle de l'état haut) est appelée th.

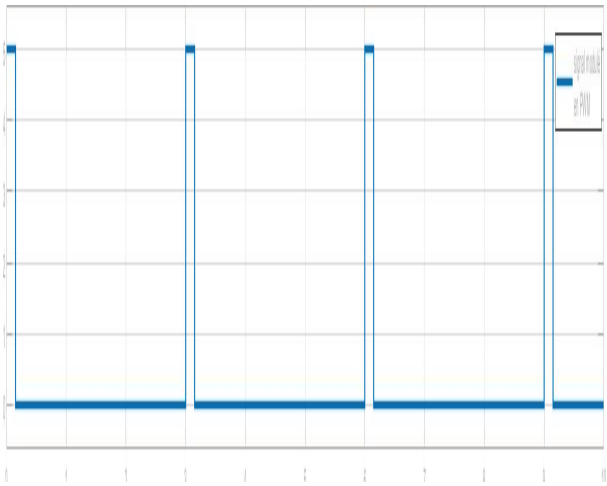


FIGURE 2.21. Représentation d'un signal modulé en PWM

La tension moyenne appliquée au transistor est proportionnelle au rapport cyclique, ce qui permet d'avoir des consignes de vitesse faibles :

$$V_{mon} = \frac{t \times V_{cc}}{T} \tag{2.19}$$

2.6 Charge et décharge du condensateur

généralement le condensateur dans un circuit électrique joue un rôle crucial et par fois,elle prend en charge plusieurs fonctions, notamment :

Filtrage et lissage de tension : Les LED nécessitent une alimentation en courant continu stable pour fonctionner efficacement. La capacité est utilisée pour lisser la tension redressée par le SMPS, ce qui réduit les fluctuations de tension et assure une alimentation plus stable aux LED.

Réduction des interférences électromagnétiques (EMI) : Les circuits SMPS peuvent générer des interférences électromagnétiques qui peuvent perturber le fonctionnement d'autres équipements électroniques. En utilisant des capacités appropriées, les bruits électriques et les interférences peuvent être réduits, ce qui permet de res-pecter les normes en matière d'émissions électromagnétiques.

Amélioration du facteur de puissance (PF) : Les systèmes LED peuvent avoir un faible facteur de puissance en raison de la nature non linéaire de leur charge. L'utilisation de capacités correctement dimensionnées peut aider à corriger le facteur de puissance, ce qui peut être nécessaire pour se conformer aux réglementations en matière d'efficacité énergétique.

Protection contre les surtensions et les transitoires : Les variations de tension ou les transitoires peuvent endommager les composants sensibles du système LED. Les capacités peuvent être utilisées dans des circuits de protection pour absorber les surtensions et protégées composants LED des dommages.

Stockage d'énergie : Dans certains cas, les capacités peuvent également être utilisées pour stocker une petite quantité d'énergie qui peut être utilisée pour compenser les variations de charge ou pour fournir.

[25]

2.6.1 Processus de charge et de décharge du condensateur dans une SMPS

2.6.1.1 Phase de charge :

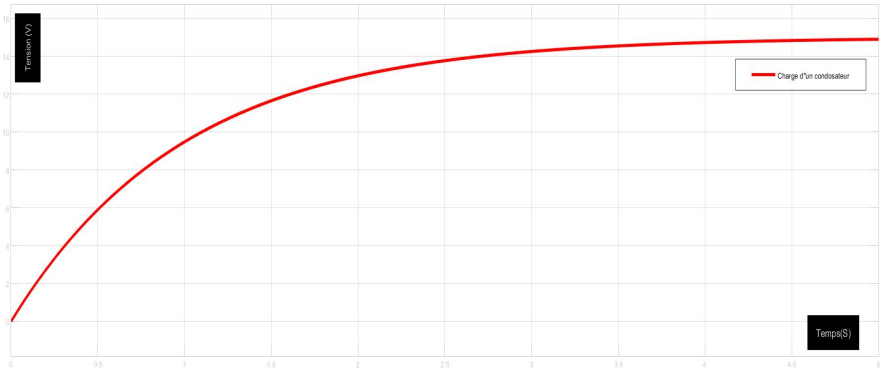


FIGURE 2.22. Processus de charge du condensateur

Lorsque l'alimentation est active, le transistor de commutation est activé, permettant au courant de circuler dans le circuit primaire du transformateur à travers la bobine (inductance) et le condensateur. Au début de cette phase, le condensateur est déchargé. Lorsque le transistor de commutation est activé, le courant primaire circule dans la bobine, créant un champ magnétique dans le transformateur. En même temps, le condensateur se charge progressivement en raison de la tension croissante à travers lui, ce quistocke de l'énergie électrique.[26]

2.6.1.2 Phase de décharge :

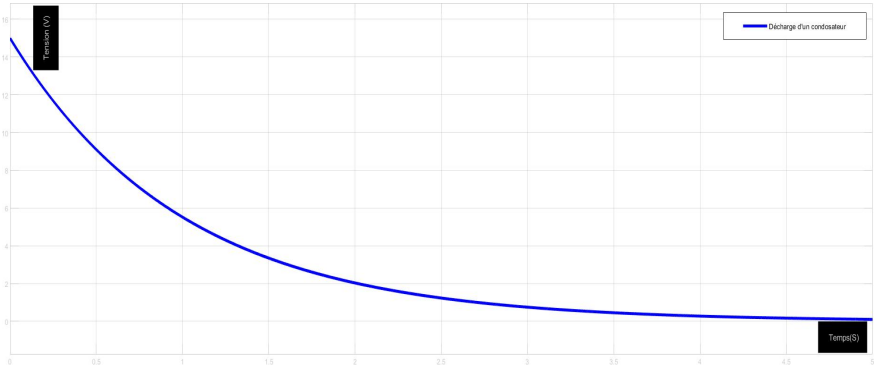


FIGURE 2.23. Processus de décharge du condensateur

Lorsque le transistor de commutation est désactivé, le champ magnétique dans le transformateur commence à s'effondrer. Cela induit une tension inverse dans le circuit primaire. Cette tension inverse polarise le condensateur de manière à ce qu'il décharge son énergie dans le circuit secondaire du transformateur, où se trouve souvent la charge

(par exemple, les LED dans un système d'éclairage LED). Pendant cette phase, le condensateur fournit de l'énergie à la charge, contribuant à maintenir une tension de sortie stable.[26]

2.6.2 Influence de la charge et de la décharge du condensateur sur la performance globale de l'alimentation :

La charge et la décharge du condensateur ont une influence significative sur la performance globale de l'alimentation. Lorsqu'un condensateur est chargé, il accumule del'énergie électrique, ce qui peut stabiliser une alimentation électrique en se déchargeant lors des chutes de tension et en se chargeant lors des pics de tension. La charge d'un condensateur sous un courant constant suit une progression linéaire, tandis que sa dé- charge à travers une résistance est déterminée par la constante de temps $\tau = RC$, où R est la résistance et C la capacité du condensateur. Une constante de temps plus grande indique une charge plus lente du condensateur. Lorsque le condensateur se décharge, le courant diminue progressivement en raison de la difficulté croissante à charger le condensateur avec l'accumulation de charges et la diminution de la différence de potentiel disponible. En résumé, la charge et la décharge d'un condensateur sont des processus critiques qui influencent directement le fonctionnement et la stabilité d'une source d'alimentation électrique. Ces processus sont fondamentaux pour comprendre la dynamique électrique des circuits et sont essentiels dans de nombreux dispositifs électroniques.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous abordons en profondeur les systèmes d'éclairage à LED, en commençant par le fonctionnement des lampes à LED et en examinant leur installation et leurs diverses formes. Nous aborderons également les différents types d'énergie utilisés dans ces systèmes, en soulignant leurs avantages et leurs inconvénients. Expose les diverses concentrations des sources d'alimentation à découpage, en soulignant l'efficacité du condensateur dans ce domaine.

Chapitre 3

Étude et Réhabilitation des système d'éclairage en LED

3.1 Introduction

Ce chapitre commence par un aperçu des technologies actuelles par lesquelles les composants LED sont recyclés. Ensuite, nous discuterons d'études de cas basées sur nos expériences pratiques qui montrent comment ces méthodes peuvent être utilisées en pratique pour tirer des conclusions à partir de ces exemples. L'évaluation des systèmes d'éclairage LED est essentielle lors de leur réhabilitation. L'évaluation des performances et de la fiabilité des modules LED est également cruciale pendant le processus de transition et pour de bonnes performances à long terme. Le dernier chapitre couvre l'analyse des modules LED, la dégradation observée et les commentaires sur la mise en œuvre.

3.2 Maintenance et le Dépannage électronique :

La maintenance est un terme qui réfère à toutes les actions qui peuvent être entrepris pour réparer un équipement ou remettre un bien dans un certain état qui lui permettrait de produire un service donné. Il joue un rôle vital dans différents secteurs pour maintenir l'équipement et les infrastructures en bonne forme. En électronique, la maintenance couvre toutes les actions qui doivent être menées sur un plan technique pour assurer le bon fonctionnement du matériel. Elle comprend la réparation des équipements défectueux et la mise à jour des systèmes électroniques pour s'assurer trouve la satisfaction des utilisateurs. Les deux objectifs principaux de la maintenance sont de minimiser le temps de pause et de fournir aux utilisateurs une performance fiable. On distingue deux typesde maintenance : Maintenance corrective et préventive.

3.2.1 La Maintenance corrective :

La maintenance corrective, souvent appelée maintenance curative, intervient après la détection d'un problème ou d'une panne. Elle vise à remettre l'équipement en état de marche en corrigeant les défauts identifiés. Ce type de maintenance est réactif et peut entraîner des temps d'arrêt imprévus, mais il est indispensable pour traiter les pannes inopinées et les dysfonctionnements critiques. elle consistante un dépannage ou réparation.

3.2.1.1 Le dépannage :

Le dépannage consiste à diagnostiquer et à résoudre rapidement une panne ou un dysfonctionnement d'un équipement ou d'un système. L'objectif principal est de rétablir le fonctionnement normal dans les plus brefs délais.

1. Intervention rapide : Les techniciens doivent intervenir rapidement pour minimiser le temps d'arrêt et les perturbations.

2. Diagnostic : Identification rapide de la cause de la panne.

3. Solutions temporaires : Parfois, des solutions temporaires sont mises en place pour rétablir le service avant de réaliser une réparation complète.

3.2.1.2 La réparation :

La réparation implique une intervention plus approfondie et complète pour remettre un équipement ou un système en état de fonctionnement normal. Cela peut inclure le remplacement de pièces défectueuses ou des ajustements nécessaires pour assurer la durabilité de la solution.

Caractéristiques :

1. Analyse approfondie : Après le dépannage initial, une analyse détaillée peut être effectuée pour comprendre la cause profonde du problème.
2. Remplacement de pièces : Remplacement des composants endommagés ou usés par des pièces neuves ou reconditionnées.
3. Test et validation : Après la réparation, des tests sont réalisés pour s'assurer que le problème est résolu et que le système fonctionne correctement.

3.2.1.3 Les phases de la maintenance corrective :

1. Localisation de l'élément défaillant : Dans cette première phase, l'objectif est d'identifier précisément l'élément défaillant ou le bloc qui est à l'origine du dysfonctionnement observé. Cela peut être effectué par différents moyens, notamment :
   - Observation : Les signes extérieurs de la défaillance peuvent parfois indiquer clairement la zone affectée.
   - Interrogation des Utilisateurs : Recueillir des informations sur les symptômes observés et survenus juste avant la défaillance peut aider à réduire la recherche.
   - Systèmes de surveillance : Si disponibles, les données collectées par les systèmes de surveillance peuvent orienter vers les zones problématiques.
2. Diagnostic Une fois que la zone affectée a été identifiée, il est temps de procéder au diagnostic pour déterminer la cause exacte de la défaillance. Cette étape implique généralement :
   - Inspection approfondie : Examiner l'élément défaillant pour détecter les dommages, les signes d'usure ou tout autre problème visible.
   - Tests de fonctionnement : Effectuer des tests pour vérifier le fonctionnement de l'élément défaillant et des composants connexes.
   - Analyse des Données : Utiliser des outils de diagnostic appropriés pour analyser les données pertinentes et identifier les causes sous-jacentes.

3. Correction Une fois que la cause de la défaillance a été identifiée, il est nécessaire de procéder à la correction pour remettre l'équipement ou le système en état de fonctionnement optimal. Cette phase peut impliquer :
   - — Remplacement de pièces défectueuses : Installer des pièces de rechange neuves ou réparées pour remplacer celles qui sont défectueuses.
   - — Réparations sur place : Effectuer des réparations mineures ou des ajustements pour rétablir le bon fonctionnement.
   - — Réalignement ou Réglage : Ajuster les composants pour assurer leur bon fonctionnement et leur intégration avec le reste du système.
4. Test et Essai Une fois que les actions correctives ont été effectuées, il est essentiel de procéder à des tests et des essais pour vérifier que le problème a été résolu et que l'équipement fonctionne correctement. Cela peut impliquer :
   - — Tests fonctionnels : Vérification du bon fonctionnement de l'équipement dans des conditions normales d'exploitation.
   - — Tests de Performance : Vérification que l'équipement répond aux spécifications de performance requises.
   - — Essais en Conditions Réelles : Si possible, effectuer des essais dans des conditions de fonctionnement réelles pour s'assurer que l'équipement fonctionne correctement dans son environnement habituel.

3.2.2 La maintenance préventive :

La maintenance préventive est une approche proactive. Il s'agit d'actions planifiées et systématiques pour prévenir les défaillances avant qu'elles ne surviennent. Cela comprend les inspections, les tests, les réglages et le remplacement des composants susceptibles de s'user avec le temps. L'objectif de la maintenance préventive est de prolonger la durée de vie des équipements, d'améliorer leurs performances et de réduire les risques de pannes majeures. En mettant en œuvre une maintenance préventive rigoureuse, la fiabi- lité des systèmes électroniques peut être améliorée et les coûts associés aux réparationsd'urgence peuvent être réduits.

3.2.2.1 La maintenance préventive systématique :

La maintenance préventive systématique consiste à effectuer des interventions à intervalles réguliers, indépendamment de l'état réel de l'équipement. Ces intervalles peuvent être basés sur le temps (par exemple, tous les six mois) ou sur l'utilisation (par exemple, tous les 1 000 cycles de fonctionnement).

Caractéristiques :

1. Planification fixe : Les interventions sont planifiées à l'avance et suivent un calendrier strict.
2. Routines standardisées : Les tâches de maintenance sont souvent les mêmes à chaque intervention, ce qui facilite la standardisation des procédures.
3. Simplicité de gestion : Facile à mettre en œuvre et à suivre grâce à des intervalles prédéfinis.

3.2.2.2 La maintenance préventive conditionnelle :

La maintenance préventive conditionnelle est basée sur la surveillance de l'état réel des équipements et l'exécution de la maintenance seulement lorsque certains indicateurs montrent qu'une intervention est nécessaire. Cela peut inclure des mesures de performance, des analyses de vibration, des niveaux de température, ou d'autres indicateurs decondition.

Caractéristiques :

1. Basée sur l'état : Les interventions sont déclenchées par des données réelles sur l'état des équipements.
2. Réactivité : Permet de réagir précisément aux besoins de l'équipement, ce qui peut prolonger la durée de vie des composants.
3. Nécessite des outils de surveillance : Utilisation de capteurs, de systèmes de diagnostic et d'analyses pour surveiller l'état des équipements en temps réel.

3.2.3 Niveaux des opérations de maintenance :

1. **Premier Niveau** : Il s'agit des réglages simples prévus par le constructeur. Ces réglages peuvent être effectués sans démontage ou ouverture de l'équipement, ou parl'échange d'éléments consommables accessibles en toute sécurité.
   Exemples : Calibrage de capteurs, ajustement de paramètres, remplacement de filtres ou d'ampoules.
2. **deuxième Niveau :** Ce niveau comprend les opérations de dépannage qui impliquent l'échange standard des éléments prévus à cet effet. Il s'agit généralement d'opérations mineures de maintenance préventive, telles que des contrôles de bonfonctionnement.
   Exemples : Remplacement de cartouches d'encre, de batteries, de lampes, ou de filtres selon un planning prédéfini.
3. **troisième Niveau :** : À ce niveau, l'accent est mis sur l'identification et le diagnostic des pannes, ainsi que sur les réparations impliquant l'échange de composants ou d'éléments fonctionnels. Il comprend également toutes les opérations courantes de

maintenance préventive.

Exemples : Remplacement de composants électroniques défectueux, réparation de circuits, nettoyage et lubrification de pièces mécaniques.

4. **quatrième Niveau :** Ce niveau englobe tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive, à l'exception de la rénovation et de la reconstruction de l'équipement électronique. Il peut impliquer des interventions plus complexes et des réparations nécessitant une expertise approfondie.

   Exemples : Réparation de moteurs, remplacement de systèmes de transmission, révision générale de l'équipement.

5. **cinquième Niveau :** Ce niveau concerne la rénovation, la reconstruction ou la modernisation des équipements électroniques. Il s'agit de révisions et de modifications importantes visant à améliorer les performances, la fiabilité ou la durée de vie del'équipement.

   Exemples : Mise à niveau des logiciels, remplacement de composants obsolètes par des versions plus récentes, réaménagement complet des systèmes électroniques.

3.2.4 Les caractéristiques :

3.2.4.1 Temps Moyen Avant Panne :

Le terme MTTF (Mean Time To Failure) signifie « Temps moyen de fonctionnement avant panne ». Il s'agit d'une mesure de fiabilité utilisée pour estimer la durée de fonctionnement d'un système ou d'un composant avant qu'il ne subisse une défaillance. Cettemesure est couramment utilisée dans le domaine de l'ingénierie et de la gestion de la maintenance pour planifier la maintenance préventive, améliorer la conception des produits et garantir la disponibilité des équipements. En d'autres termes, le MTTF donne uneindication du temps moyen durant lequel un système ou un composant peut fonctionnersans interruption avant de tomber en panne.

3.2.4.2 Temps Moyen Entre Pannes :

Le terme MTBF (Mean Time Between Failures) signifie « Temps moyen entre pannes ». C'est une autre mesure de fiabilité utilisée pour estimer la durée moyenne entre deux pannes successives d'un système ou d'un composant réparable. Contrairement au MTTF, qui mesure le temps de fonctionnement avant la première panne, le MTBF inclut également le temps de réparation ou de remplacement du système ou du composant.

3.2.4.3 Temps Moyen de Rétablissement :

Le terme MDT (Mean Down Time) signifie « Durée moyenne d'indisponibilité ». Il s'agit d'une mesure qui indique la durée moyenne pendant laquelle un système ou un composant est hors service en raison de pannes ou de maintenances. Cette mesure inclut

tout le temps nécessaire pour détecter la panne, diagnostiquer le problème, obtenir les pièces de rechange nécessaires, effectuer les réparations et tester le système avant de le remettre en service.

3.2.4.4 Temps Moyen d'Utilisation :

Le terme MUT (Mean Up Time) signifie « Durée moyenne de fonctionnement après réparation ». C'est une mesure de fiabilité qui indique la durée moyenne pendant laquelle un système ou un composant fonctionne correctement après avoir été réparé, jusqu'à la survenue de la panne suivante. Cette mesure est complémentaire au MTBF, qui mesure le temps moyen entre les pannes, en incluant le temps de fonctionnement et le temps de réparation.

3.2.4.5 Temps Moyen de Réparation :

Le terme MTTR (Mean Time To Repair) signifie « Durée moyenne de réparation ». Il s'agit d'une mesure de maintenance qui indique le temps moyen nécessaire pour réparer un système ou un composant après une panne. Cette mesure inclut toutes les étapes nécessaires pour remettre le système en état de fonctionnement, telles que la détection dela panne, le diagnostic, l'obtention des pièces de rechange, l'exécution de la réparation etles tests de vérification.

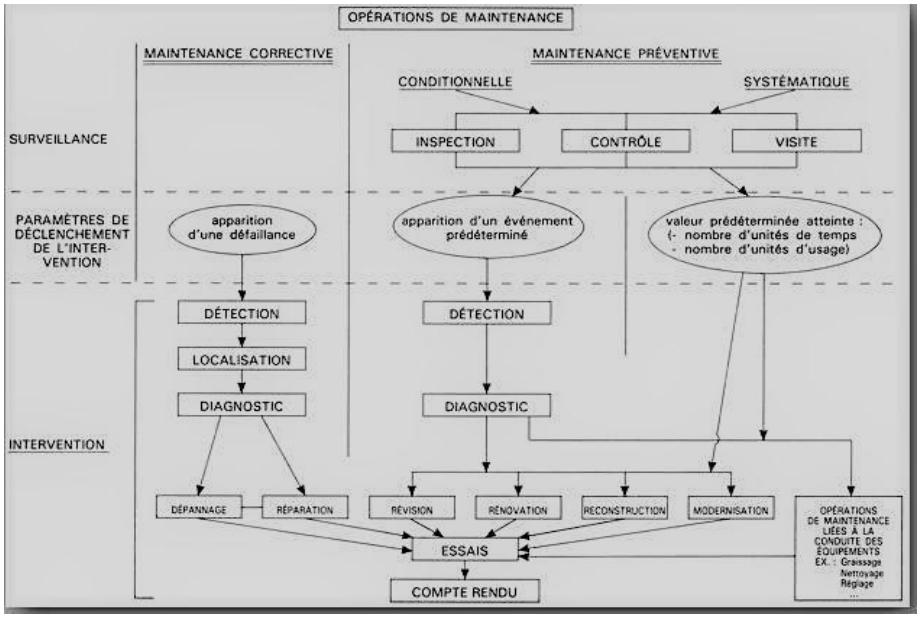


FIGURE 3.1. Opérations de maintenance

3.3 Exemples en maintenance électronique :

Le dépannage et la maintenance des ampoules LED et électronique sont des approches logiques (étape par étape) pour localiser et corriger une défaillance d'un

équipement électronique. on peut distinguer les fonctions suivantes :

1. Étude de la Documentation Technique : La première étape consiste à étudier la documentation technique de l'équipement, qui comprend souvent : Schéma Synoptique : Représentation globale du système indiquant les principales unités et leur interconnexion. Schéma Détaillé (Fonctionnel) : Diagrammes plus précis montrantles circuits individuels et les composants.
2. Prise de Mesures et Comparaison avec les Références : Utilisation d'instruments de mesure tels que des multimètres, des oscilloscopes, ou des testeurs de composants pour prendre des mesures précises des paramètres électriques.
3. Analyser les données collectées pour identifier les anomalies ou les écarts par rapport aux valeurs de référence.
4. Tester les composants suspects en les retirant du circuit et en utilisant des testeurs spécifiques.

3.3.1 Procédure globale :

Elle s'appuie sur quatre étapes :

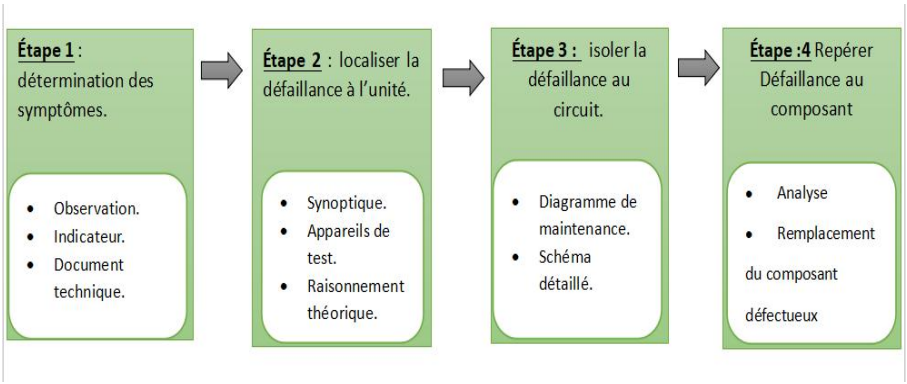


FIGURE 3.2. Les Étapes du Dépannage et de la Maintenance des Équipements Électroniques

[27]

3.3.2 Les différents tests méthodiques de dépannage et maintenance :

3.3.2.1 Test Aléatoire ou À Priori :

Le test aléatoire ou à priori consiste à effectuer des vérifications de manière non systématique, en se basant sur l'expérience, l'intuition ou les symptômes observés.

Caractéristiques :

1. Basé sur l'expérience : Les techniciens utilisent leur connaissance des équipements et des pannes courantes pour choisir où tester en premier.

2. Rapidité : Peut permettre de trouver rapidement la cause d'une panne lorsqu'il existe des symptômes évidents.
3. Approche empirique : Souvent utilisé en début de dépannage avant d'appliquer des méthodes plus structurées.

3.3.2.2 Test d'Entrée/Sortie ou Sortie/Entrée :

Le test d'entrée/sortie (ou sortie/entrée) consiste à vérifier le bon fonctionnement du système en testant les points d'entrée et de sortie des signaux.

Caractéristiques :

1. Systématique : Approche structurée qui permet de tracer les signaux à travers le système.
2. Diagnostic précis : Permet d'isoler la section du circuit où se trouve la panne en comparant les signaux d'entrée et de sortie.
3. Utilisation d'outils de test : Souvent nécessite l'usage d'oscilloscopes, générateurs de signal, et multimètres.

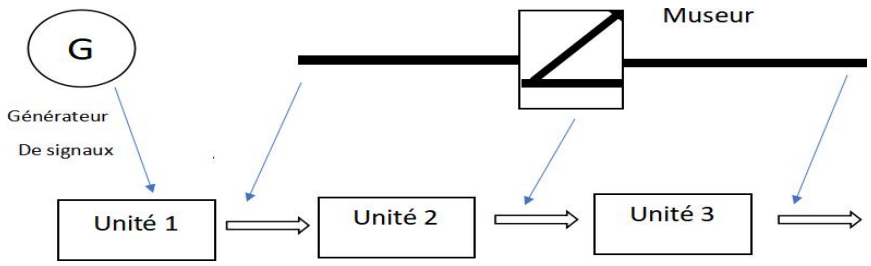


FIGURE 3.3. Schéma de Test d'Entrée/Sortie pour le Diagnostic Électronique

3.3.2.3 Test par Fractionnement :

Le test par fractionnement consiste à diviser le système en segments plus petits et à tester chaque segment indépendamment pour localiser la panne.

Caractéristiques :

1. Approche modulaire : Simplifie le diagnostic en réduisant le système à des blocs fonctionnels plus gérables.
2. Isolation des pannes : En isolant et testant chaque segment, il devient plus facile de localiser le segment défectueux.

3. Efficacité : Réduit le temps de dépannage en ciblant précisément les sections à problème

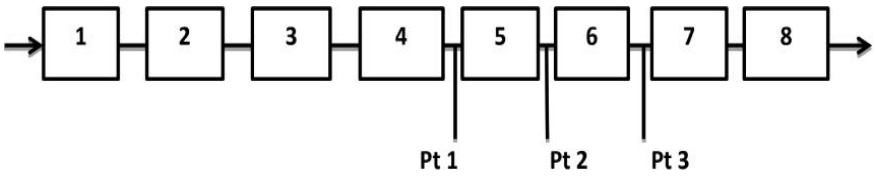


FIGURE 3.4. Schéma de Test par Fractionnement avec Points de Mesure

3.3.3 L'organigramme de Maintenance :

Un organigramme de maintenance est une représentation graphique des processus et des procédures utilisés pour assurer le bon fonctionnement et l'entretien des équipements et des systèmes au sein d'une organisation. Il illustre les différentes étapes de maintenance, les responsabilités de chaque intervenant, et les flux de travail nécessaires pour identifier, diagnostiquer, réparer et vérifier les pannes et les dysfonctionnements. Cedocument facilite la coordination des activités de maintenance, optimise l'efficacité des interventions et garantit la conformité aux normes et aux politiques de maintenance del'entreprise. L'image présente différents symboles utilisés dans les diagrammes de pro-cessus ou de flux de travail, chacun ayant une signification spécifique :

1. Vérification :

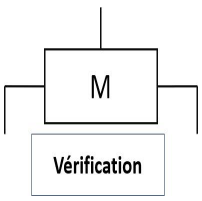


FIGURE 3.5. Vérification

— Représente une étape où une vérification est effectuée.
— Cette vérification peut être un contrôle de qualité, une validation ou une inspection pour s'assurer que le processus se déroule correctement.

2. Étape ou Cause :

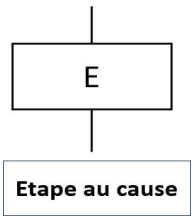


FIGURE 3.6. Vérification

— Indique une étape ou une cause particulière dans le processus.
— Ce symbole est souvent utilisé pour identifier des actions ou des événements spécifiques qui se produisent au cours du flux de travail.

3. Réparation ou Remplacement :

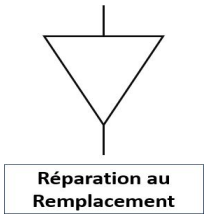


FIGURE 3.7. Vérification

— Représente une action de réparation ou de remplacement.
— Utilisé lorsqu'il est nécessaire de corriger un défaut ou de remplacer un composant défectueux dans le processus.

4. Contrôle :

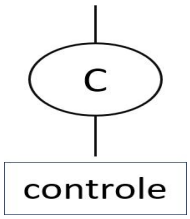


FIGURE 3.8. Vérification

— Signifie une étape de contrôle.
— Cela peut impliquer une vérification ou une surveillance pour s'assurer que le processus reste sous contrôle et respecte les normes établies.

5. Réglage ou Décision :

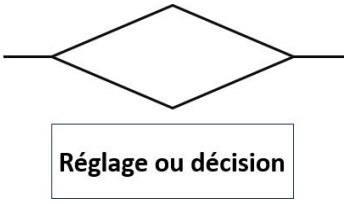


FIGURE 3.9. Vérification

— Indique un point de décision ou un ajustement dans le processus.
— Ce symbole est utilisé pour montrer où des choix doivent être faits ou où des réglages sont nécessaires pour maintenir ou améliorer le flux de travail.

Ces symboles aident à structurer et à clarifier les différentes étapes et actions dans un processus, facilitant ainsi la compréhension et l'analyse des flux de travail.

3.4 Étude de réparation d'ampoule LED :

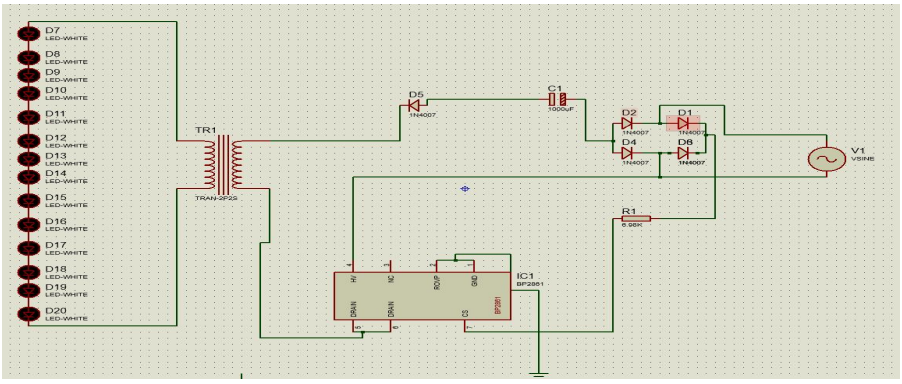


FIGURE 3.10. Schéma de circuit de la lampe LED

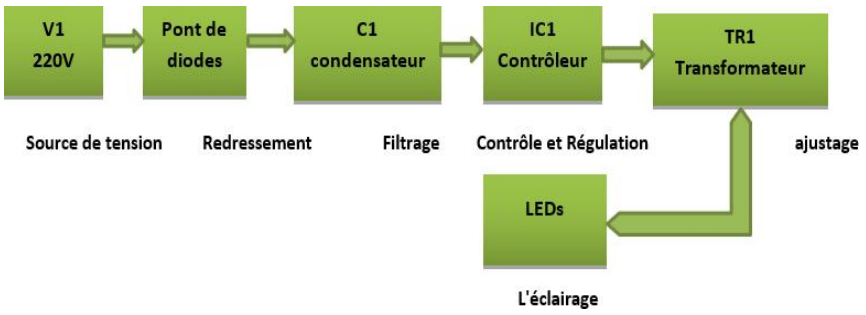


FIGURE 3.11. Schéma synoptique du système d'éclairage à LED

3.4.1 Le premier type de réparation :

La figure montre six modules LED présentant divers signes de détérioration. Ces unités appartiennent à l'un des trois types couramment utilisés dans les projets de réhabilitation.



FIGURE 3.12. Symboles de Diagramme de Processus pour la Maintenance Électronique

3.4.1.1 Le premier cas :



FIGURE 3.13. Ampoules LED avec circuits imprimés grillés

Il s'agit d'une image montrant deux LED avec leurs circuits imprimés gravement endommagés. Les marques de brûlure et les composants carbonisés indiquent des problèmes potentiels rendant ces lampes inutilisables et potentiellement dangereuses.

1. **Inspection Initiale :**

   Visualisation et Observations :

   — Lors de l'inspection initiale des systèmes d'éclairage LED, il a été constaté que la carte électronique était entièrement brûlée. Les observations visuelles ont révélé que non seulement la carte électronique, mais aussi plusieurs LEDs étaient gravement endommagées, rendant toute tentative de réparation inutile.

   Tests Préliminaires :

   — Des tests préliminaires ont été effectués pour évaluer l'étendue des dommages. Ces tests ont confirmé que la carte électronique et les LEDs étaient irrécupérables en raison des brûlures.

2. **Diagnostic Approfondi :**

   Analyse des Composants :

   — Composants défaillants identifiés : la carte électronique brûlée et plusieurs LEDs endommagées.

   — D'autres composants, tels que des résistances et des condensateurs, ont été évalués et certains se sont avérés encore fonctionnels malgré les dommages environnants.

   Évaluation Thermique :

   — Une évaluation thermique n'a pas été nécessaire étant donné les dommages visibles et irréversibles de la carte électronique et des LEDs.

3. **Réparation et Remplacement :**

   Remplacement des Composants :

— L'élément électrique mal soudé a été correctement ressoudé en utilisant des techniques de soudure appropriées pour garantir une connexion stable et fiable.

4. **Tests Post-Réparation :**

Tests de Fonctionnement : :

— Après la réparation, des tests de fonctionnement ont été effectués pour vérifier que toutes les LED fonctionnaient correctement. Les tests ont montré que le système d'éclairage LED était de nouveau opérationnel.

Tests de Durabilité :

— Des tests de durabilité ont été menés sur les composants récupérés pour s'assurer qu'ils peuvent supporter une utilisation prolongée dans de nouveaux systèmes d'éclairage

5. **Recyclage et Réutilisation**

Réutilisation des Composants :

— Les composants récupérés ont été intégrés dans d'autres systèmes d'éclairage LED en bon état de marche.

Recyclage des Matériaux :

— Les parties en plastique et autres matériaux de la carte électronique et des LEDs endommagées ont été triées et envoyées pour recyclage afin de minimiser les déchets et promouvoir la durabilité.

3.4.1.2 Le deuxième cas :



FIGURE 3.14. Lampe LED avant réparation

1. **Inspection Initiale :**

Visualisation et Observations :

— Lors de l'inspection initiale, les observations visuelles ont révélé qu'un des composants électriques n'était pas correctement fixé ou soudé. Cette défaillance a causé l'arrêt du fonctionnement de l'éclairage LED.

Tests Préliminaires :

— Des tests de base ont été effectués pour vérifier la continuité et l'intégrité des connexions. Ces tests ont confirmé qu'un élément électrique mal soudé, identifié comme étant un diode Schottky, était responsable de la panne. De plus,nous avons utilisé un générateur de tension pour tester les LEDs et nous avons vérifié qu'elles fonctionnaient correctement. Les LEDs ne sont donc pas la cause de la panne.

2. **Diagnostic Approfondi :**

Analyse des Composants :

— Composant défaillant identifié : un diode Schottky mal soudé.

— Les résistances et les condensateurs n'ont montré aucun signe de défaillance et étaient en bon état de fonctionnement.

— Les tests des LEDs avec un générateur de tension ont confirmé qu'elles étaient en bon état de marche.

Évaluation Thermique :

— Une évaluation thermique a été réalisée pour identifier les zones à risque de surchauffe. Aucune zone de surchauffe préoccupante n'a été observée sur le circuit imprimé.



FIGURE 3.15. Testez les modules LED avant la réparation

3. **Réparation et Remplacement :**

Remplacement des Composants :

— Le diode Schottky mal soudé a été correctement ressoudé en utilisant des techniques de soudure appropriées pour garantir une connexion stable et fiable.

4. **Tests Post-Réparation :**

Tests de Fonctionnement :

— Après la réparation, des tests de fonctionnement ont été effectués pour vérifier que toutes les LED fonctionnaient correctement. Les tests ont montré que le système d'éclairage LED était de nouveau opérationnel.

Tests de Durabilité :

— Des tests de durabilité ont été menés pour s'assurer que la réparation tiendrait sur le long terme. Ces tests incluaient des cycles d'allumage/extinction répétés et des simulations de conditions d'utilisation normale. Aucune défaillancesupplémentaire n'a été observée.



FIGURE 3.16. Testez la lampe LED Après Réparation

Le résultat : Les deux cas montrent la valeur de l'inspection visuelle, des tests préliminaires et de l'étude du cas pour obtenir un diagnostic. Ils mettent également en lumière la faisabilité du processus de réparation et de ressoudage des composants électroniquespour rétablir la performance des systèmes d'éclairage LED. Ces cas mettent également en évidence l'avantage du recyclage et de la réutilisation des composants pour réduire lesdéchets et améliorer des attitudes environnementaux adéquates.

3.4.2 Le deuxième type de réparation :



FIGURE 3.17. Les Lampes LED avant réparation

3.4.2.1 Étapes de réparation :

1. **Inspection Initiale :**
   Visualisation et Observations : Lors de l'inspection visuelle initiale des ampoules, nous avons observé les éléments suivants :

— La lampe LED présentait trois diodes LED visiblement endommagées.
— Aucune autre défaillance physique ou signe de dommage notable n'a été observé sur le circuit imprimé ou les autres composants de l'ampoule.
— Pas de signes de surchauffe ou de brûlures sur le circuit imprimé.

Tests Préliminaires :

— Utilisation d'un multimètre pour vérifier la continuité des circuits et des connexions.
— Les tests ont révélé que les trois diodes LED identifiées étaient défectueuses, interrompant le flux de courant dans le circuit.
— Les autres composants tels que les résistances et les condensateurs ont été testés et se sont révélés fonctionnels.

2. **Diagnostic Approfondi :**

Analyse des Composants :

— Composants défaillants identifiés : trois diodes LED.
— Les résistances et les condensateurs n'ont montré aucun signe de défaillance et étaient en bon état de fonctionnement.

Évaluation Thermique :

— Une évaluation thermique a été réalisée pour identifier les zones à risque de surchauffe.
— Aucune zone de surchauffe préoccupante n'a été observée sur le circuit imprimé.

3. **Réparation et Remplacement :**

Remplacement des Composants :

— Les trois diodes LED défectueuses ont été soigneusement dessoudées et remplacées par des diodes LED neuves de qualité équivalente.
— Des résistances supplémentaires ont été ajoutées pour protéger les nouvelles diodes LED contre les surtensions potentielles.



FIGURE 3.18. la lampe LED Après Réparation

4. **Tests Post-Réparation :**

Tests de Fonctionnement :

— Après la réparation, des tests de fonctionnement ont été effectués pour confirmer que les ampoules LED fonctionnent correctement.

— Les mesures de tension et de courant ont été prises pour s'assurer qu'elles étaient dans les plages normales de fonctionnement.

Tests de Durabilité :

— Des tests de durabilité ont été effectués, incluant des cycles d'allumage et d'extinction répétés pour simuler une utilisation à long terme.

— Les ampoules ont démontré une performance stable sans signe de défaillance après plusieurs cycles de test.

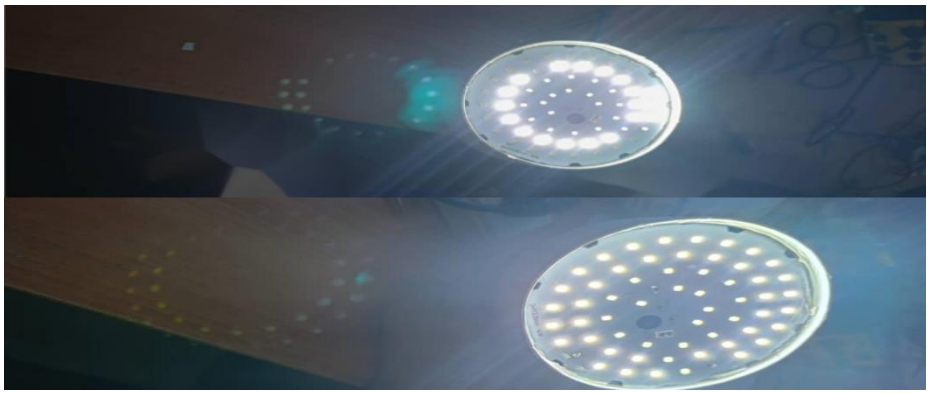


FIGURE 3.19. Testez la lampe LED Après Réparation

Le résultat : En fin de compte, cette approche systématique du diagnostic, de la réparation et des tests démontre non seulement la faisabilité de la réparation des LED, mais également l'importance de réparer les LED en remplaçant les composants endommagés. Cela réduit non seulement les coûts associés au remplacement de lampes entières, mais contribue également à une gestion plus durable des ressources et à une réduction des déchets électroniques.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous abordons le concept de maintenance et ses différentes catégories, en nous concentrant sur les étapes de base pour réparer les lampes et LED endommagées. L'importance d'une approche minutieuse et systématique à chaque étape de lamaintenance est soulignée pour garantir les meilleurs résultats.

Au cours du travail sur le terrain, des exemples concrets ont été analysés, où plusieurs lampes endommagées ont été réparées à l'aide de différentes méthodes de test. Les opérations sont enregistrées avec des photographies et les données nécessaires pour chaque

Cas, fournissant un guide de référence précieux pour ceux qui s'intéressent à la maintenance. Les résultats encourageants obtenus montrent que le respect de procédures d'entretien régulières préserve non seulement la durée de vie des lampes, mais maintient également leur longévité. En résumé, ce chapitre met en évidence les aspects concrets de la thèse, améliorant ainsi la compréhension théorique décrite dans les chapitres précédentset montrant comment l'appliquer dans des situations concrètes. Nous espérons que cesinformations et résultats seront utiles à ceux qui s'intéressent à la maintenance et à la réparation, et qu'ils inspireront de nouvelles recherches et de futures applications dans cedomaine.

Conclusion Générale

Au terme de notre projet de fin d'études consacré à la "Réhabilitation des Ampoules et des Systèmes d'Éclairage LED", nous avons acquis une compréhension globale des enjeux environnementaux et économiques associés à l'éclairage LED. Notre étude a mis en exergue l'importance de la gestion des déchets électroniques pour protéger l'énergie verte et promouvoir une consommation responsable des ressources naturelles. Nous avons exploré en détail les ampoules LED, leurs caractéristiques, leur impact environnemental,et les différentes méthodes d'alimentation, tout en soulignant leur rôle dans la transition vers un éclairage plus durable. De plus, nous avons présenté des stratégies de réparation et de réhabilitation des ampoules LED, démontrant qu'il est possible de prolonger leurdurée de vie et de réduire les coûts pour les consommateurs et les entreprises. En conclusion, notre projet souligne l'urgence de développer des pratiques plus durables dans le domaine de l'éclairage LED. En adoptant une approche centrée sur la réparation et la réutilisation, nous pouvons contribuer à la protection de l'environnement, à la réduction des déchets électroniques, et à la promotion d'une économie circulaire. Cette démarcheest essentielle pour garantir un éclairage efficace et respectueux de l'environnement pourles années à venir.

Bibliographie

[1] A. Midilli, I. Dincer, and M. Ay, "Green energy strategies for sustainable development," *Energy policy*, vol. 34, no. 18, pp. 3623–3633, 2006. 4

[2] S. Bilgen, K. Kaygusuz, and A. Sari, "Renewable energy for a clean and sustainable future," *Energy sources*, vol. 26, no. 12, pp. 1119–1129, 2004. 4

[3] N. Quintana, F. Van der Kooy, M. D. Van de Rhee, G. P. Voshol, and R. Verpoorte, "Renewable energy from cyanobacteria: energy production optimization by metabolic pathway engineering," *Applied microbiology and biotechnology*, vol. 91, pp. 471–490,2011. 4

[4] A. Androniceanu and O. M. Sabie, "Overview of green energy as a real strategic option for sustainable development," *Energies*, vol. 15, no. 22, p. 8573, 2022. 5

[5] M. Z. Jacobson and M. A. Delucchi, "Providing all global energy with wind, water, and solar power, part i : Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials," *Energy policy*, vol. 39, no. 3, pp. 1154–1169, 2011. 5

[6] M. Raugei, P. Fullana-i Palmer, and V. Fthenakis, "The energy return on energy investment (eroi) of photovoltaics : Methodology and comparisons with fossil fuel life cycles," *Energy policy*, vol. 45, pp. 576–582, 2012. 5

[7] B. K. Sovacool, "The political economy of energy poverty: A review of key challenges," *Energy for Sustainable Development*, vol. 16, no. 3, pp. 272–282, 2012. 5

[8] X. Lu and M. B. McElroy, "Global potential for wind-generated electricity," in *Wind energy engineering*. Elsevier, 2023, pp. 47–61. 5

[9] J. D. Hughes, "A reality check on the shale revolution," *Nature*, vol. 494, no. 7437, pp. 307–308, 2013. 5

[10] S. A. Kalogirou, *Solar energy engineering: processes and systems*. Elsevier, 2023. 6

[11] J. F. Manwell, J. G. McGowan, and A. L. Rogers, *Wind energy explained : theory, design and application*. John Wiley & Sons, 2010. 6

[12] J. Pomeroy, C. Spence, P. Whitfield *et al.*, *Putting prediction in ungauged basins into practice*. Canadian Water Resources Association Canmoreˆ eAlberta Alberta, 2013. 7

[13] W. E. Glassley, *Geothermal energy: renewable energy and the environment*. CRC press, 2014. 7

[14] X. Xu, S. Wang, J. Wang, and F. Xiao, "Active pipe-embedded structures in buildings for utilizing low-grade energy sources: a review," *Energy and buildings*, vol. 42, no. 10, pp. 1567–1581, 2010. 8

[15] I. Angelidaki and W. Sanders, "Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants," *Re/Views in Environmental Science & Bio/Technology*, vol. 3, pp. 117–129, 2004. 8

[16] J. Mata-Alvarez, S. Macé, and P. Llabres, "Anaerobic digestion of organic solid wastes. an overview of research achievements and perspectives," *Bioresource technology*, vol. 74, no. 1, pp. 3–16, 2000. 8

[17] D. L. Klass, *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Elsevier, 1998. 8

[18] B. Chambion, "Etude de la fiabilité de modules à base de leds blanches pour applications automobile," Ph.D. dissertation, Université de Bordeaux, 2014. 16

[19] A. Barroso, "Optimisation des systèmes d'éclairage des bâtiments de l'université paul sabatier basé sur un réseau novateur de type bus continu/basse tension," Ph.D. dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III, 2017. 16

[20] A. L. Benmamas, "Valorisation des systèmes d'éclairage à led en fin de cycle de vie," Ph.D. dissertation, Troyes, 2021. 16, 21, 23, 24, 25, 26

[21] N. Pousset, "Caractérisation du rendu des couleurs des nouvelles sources : les diodes électroluminescentes (led)," Ph.D. dissertation, Conservatoire national des arts et métiers, 2009. 18, 20

[22] B. Athmane, A. A. Hammou, A. Kradou *et al.*, "Comparaison de led (light emitting diode) avec un ou quatre puits quantiques," Ph.D. dissertation, UNIVERSITY OF KASDI MERBAH OUARGLA. 20

[23] L. Kukacka, "Qualité de l'énergie dans les alimentations électriques : applications dans les réseaux d'éclairage," Ph.D. dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 2018. 27

[24] C. Hamon, "Etude de régulateurs linéaires et à découpage intégrés : application à la téléphonie portable," Ph.D. dissertation, Université de Grenoble, 2001. 29

[25] K. HANICHI, O. NEMLI, and D. E. KHADRAOUI, "Étude et conception et alimentation à découpage (push-pull)," Ph.D. dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAHOUARGLA. 39

[26] T. M. Billings, "Source : Switching power supply design, abraham i. pressman, keith." 40, 41

[27] D. S.TCHOKETCH-KEBIR, *Maintenance Électronique et industrielle, Cours et exercices resolus*. Universite de medea, 2023. 49

Guide du Projet

I. Carte d'information :

1- Équipe d'encadrement :

Équipe d'encadrement		
Encadrant principal : Dr. TCHOKETCH KEBIR Sofiane	**Spécialité :** Génie électrique, Traitement du Signal.	
Co-encadrant 01 : Pr. GUEMANA Mouloud	**Spécialité :** Génie mécanique	

2- Équipe de projet :

Équipe de projet	Faculté	Spécialité	
Étudiant 01 : Benallal Hadil	Technologie	Instrumentation	
Étudiant 02 : Mahieddine Fatma zohra	Technologie	Instrumentation	

I. Le premier axe: Présentation du projet

1. Idée de projet : Réhabilitation des lampes LED et des systèmesd'éclairage en LED

Champs d'activité :

Ce projet s'inscrit dans le domaine des services et de l'industrie, en particulier dans le secteur de l'efficacité énergétique et de la durabilité. Il vise à réhabiliter et moderniser les lampes et systèmes d'éclairage LED pour les rendre plus efficaces et plus respectueux de l'environnement.

Les origines et le développement de l'idée :

L'idée est née de la prise de conscience croissante des problèmes environnementaux liés à la consommation d'énergie et aux déchets électroniques. Les systèmes d'éclairage LED, bien que plus efficaces que les ampoules traditionnelles, finissent par devoir être remplacés et éliminés, contribuant ainsi aux déchets électroniques. En constatant ce problème, nous avons identifié une opportunité de donner une seconde vie à ces produits tout en réduisant leur impact environnemental. Le projet a été développé grâce à des recherches sur les technologies de rénovation et à des consultations avec des experts en éclairage et en développement durable.

Ce que nous allons faire :

Nous allons créer une entreprise spécialisée dans la réhabilitation de luminaires et systèmes d'éclairage LED. Cette entreprise assurera les services d'assemblage, de réparation, de modernisation technologique et de redistribution de ces systèmes réhabilités. Les activités comprendront notamment :

- Une collection de lampes LED d'occasion provenant d'entreprises, d'institutions et de particuliers.
- Diagnostics système pour identifier les composants défectueux ou obsolètes.
- Réparer et mettre à niveau les systèmes d'éclairage pour améliorer leurs performanceset leur durée de vie.
- Revendez ou donnez des ampoules réhabilitées à des prix compétitifs ou à desorganisations à but non lucratif.

L'avancement du projet :

- Collecte : Partenariat avec des entreprises, des communes et des déchetteries pourcollecter les LED usagées.

- Diagnostic et réparation : Installer un atelier de réhabilitation équipé des dernières technologies pour diagnostiquer et réparer les systèmes d'éclairage.
- Développement technologique : intégration de composants modernes et efficacespour prolonger la durée de vie des lampes reconditionnées.
- Redistribution : vendez des ampoules réhabilitées à des clients soucieux del'environnement ou donnez-les à des organisations dans le besoin.

Qui réalisera cela ?

Le projet sera porté par une équipe composée de :

- Ingénieurs en électronique et en éclairage : responsables du diagnostic, de laréparation et de la mise à jour des systèmes.
- Techniciens spécialisés : Assurer les opérations de montage et de réparation.
- Gestionnaires de partenariats : Gérer les relations avec les entreprises, lesmunicipalités et les déchetteries.
- Équipe de vente et de marketing : Responsable de la vente et de la promotion desproduits réhabilités.
- Personnel administratif et logistique : Soutenir les opérations quotidiennes et lagestion des stocks.

Lieu de réalisation :

Le projet sera mis en œuvre principalement dans un atelier central situé dans une zone industrielle, offrant suffisamment d'espace pour l'assemblage, le stockage et la réparation des systèmes d'éclairage LED. Nous prévoyons également des points de collecte situés à des endroits stratégiques en zone urbaine pour faciliter la récupération des lampes usagées.

2. Valeurs Proposées :

Modernité : Introduction d'un service inédit de réhabilitation des systèmes d'éclairage LED, offrant une alternative durable au remplacement complet.

Performance : Garantie que les produits réhabilités égalent ou surpassent les attentesen termes de luminosité, durée de vie et efficacité énergétique.

Flexibilité : Personnalisation des solutions d'éclairage selon les besoins spécifiques desclients, y compris ajustement de l'intensité lumineuse et compatibilité avec la domotique.

Accomplissement de tâches: Fourniture d'un éclairage adéquat pour divers environnements (commerciaux, industriels, résidentiels) en utilisant des produits réhabilités de qualité.

Conception : Intégration esthétique et fonctionnelle des produits réhabilités dans divers contextes d'utilisation, répondant aux attentes de design des clients.

Réduction des coûts : Diminution des coûts de production grâce à la réhabilitation, permettant des prix de vente plus compétitifs

Réduction des risques : Minimisation des risques liés à l'achat de nouveaux équipements grâce à des produits réhabilités garantis et testés pour leur fiabilité et sécurité.

Accessibilité: Offrir des solutions d'éclairage de haute qualité à des prix abordables,rendant la technologie avancée accessible à un plus grand nombre de clients.

Facilité d'utilisation : Simplification de l'installation et de l'utilisation des produits réhabilités, avec un support client réactif pour toute assistance nécessaire.

Valeur ajoutée:

1. Avantages économiques :

Économie d'énergie : Moins de consommation d'énergie, ce qui réduit les factures d'électricité.

Coûts de maintenance réduits : une durée de vie plus longue de la lampe réduit le besoin de remplacement et de maintenance.

2. Avantages environnementaux :

Réduction des émissions de carbone : une plus grande efficacité énergétique réduit les émissions de gaz à effet de serre.

Réduisez les déchets électroniques : une durée de vie plus longue de la lampe réduit la quantité de déchets électroniques.

Non toxique : sans mercure ni autres substances toxiques.

3. Prestations sociales :

Qualité d'éclairage améliorée : éclairage meilleur et plus stable.

Sécurité améliorée : un meilleur éclairage améliore la sécurité dans les lieux publics.

Créer des opportunités d'emploi : créer de nouveaux emplois dans les domaines de l'installation, de la maintenance et de la fabrication.

3. Équipe de travail :

- ✓ L'encadreur : Dr. TCHOKETCH KEBIR Sofiane, professeur universitaire, superviseur de ce projet de réhabilitation de luminaires et systèmes d'éclairage LED. Son rôle est de guider l'équipe, de fixer des objectifs et de maintenir le contact avec les parties prenantes externes.
- ✓ Étudiant 1 : MAHIEDDINE fatma zohra, Étudiant en deuxième année de Master Électronique. Elle a suivi des formations avec un incubateur Entreprise pour l'Université de Médéa qui travaille sur une start-up.
- ✓ Étudiant 2 : BEALLAL hadil, Étudiant en deuxième année de Master Électronique. Elle a suivi des formations avec un incubateur Entreprise pour l'Université de Médéa qui travaille sur une start-up.

4. Objectifs d'affaires :

Augmenter les ventes :

- Court terme (un an) : Atteindre un volume de ventes allant jusqu'à 5 000 unités réhabilitées.
- Moyen terme (3 ans) : Augmenter ce volume à 20 000 unités par an.

Expansion géographique :

- Court terme : Implantation sur le territoire et dans les grandes villes de la région.
- Moyen terme : Élargir le périmètre de distribution au niveau national, en ciblant les grandes villes.

Partenariats stratégiques :

- Court terme : Établir des partenariats avec au moins 10 entreprises localespour collecter les lampes usagées.
- Moyen terme: Conclusion d'accords avec des déchetteries et des municipalitésde plusieurs régions pour garantir une source stable de produits à valoriser.
- Long terme : Collaborer avec des fabricants et des distributeurs internationauxpour créer une chaîne d'approvisionnement intégrée et durable.

Innovation et développement :

- Court terme : Développer des processus de réadaptation standardisés etefficaces.
- Moyen terme : Investir dans la R&D pour améliorer la technologie deréadaptation et développer de nouvelles offres de produits.
- Long terme: Créer un centre d'innovation pour rester à la pointe destechnologies d'éclairage durables.

Part de marché cible :

- Court terme (un an) :

- Objectif: Capter 1 % du marché local des systèmes d'éclairage LED.
- Stratégie : Focus sur les segments de marché sensibles aux prix et à l'environnement, tels que les PME et les particuliers soucieux de l'environnement.

- Moyen terme (3 ans) :

- Objectif : Atteindre une part de marché de 5% au niveau national.
- Stratégie: Intensifier les efforts marketing et commerciaux, élargir la gamme de produits réhabilités et renforcer la présence dans les grandes villes et zones urbaines.

5. Calendrier de réalisation du projet :

TRAVAUX	Mois ou semaines	1	2	3	4	5	6
Études préalables : choix de l'implantation de l'unité de production, préparation des documents nécessaires		✔	✔				
Commande des équipements				✔			
Construction d'un siège de production				✔	✔	✔	
Installation des équipements						✔	✔
Achat de matières premières						✔	
Réalisation du prototype							✔

II. Deuxième axe : Aspects innovants

1. Nature des innovations :

Des innovations radicales :

Le projet propose une toute nouvelle approche du marché de l'éclairage : la réhabilitation desLED et des systèmes d'éclairage existants. Au lieu de remplacer les équipements usagés par des produits neufs, nous proposons de prolonger leur durée de vie grâce à des réparations et des mises à niveau technologiques. Cette innovation radicale répond aux préoccupations environnementales croissantes et offre une alternative durable aux consommateurs et aux entreprises.

✓ Innovations du marché :

Notre projet cible un segment du marché relativement inexploité : les clients à la recherche desolutions d'éclairage respectueuses de l'environnement et rentables. En proposant des produits récupérés, nous répondons à la demande croissante d'options durables, tout en créant de nouvelles opportunités de marché. Cette innovation de marché vise à changer les perceptions et les comportements des consommateurs lorsqu'il s'agit d'acheter des produits d'éclairage.

✓ Innovations technologiques :

La modernisation des systèmes d'éclairage LED implique l'adoption de nouvelles technologies pour diagnostiquer, réparer et améliorer les produits. Ceci comprend:

- Utilisez un équipement avancé pour tester les performances des LED etidentifier les composants défectueux.
- Intégration de composants avancés pour améliorer l'efficacité énergétique etprolonger la durée de vie des systèmes modernisés.
- Développement de logiciels pour améliorer les processus de gestion des stockset des commandes.

✓ Des innovations croissantes :

Le projet implique également une innovation accrue grâce à l'amélioration progressive des processus de réadaptation et au développement de nouvelles offres de produits. Par exemple, nous prévoyons de personnaliser davantage les solutions d'éclairage et d'intégrer des fonctionnalités intelligentes (telles que la connectivité IoT) au fur et à mesure de notre expansion. Ces innovations continues permettront de répondre de manière flexible et dynamique aux besoins changeants du marché.

✓ Incertitude technologique :

La modernisation des systèmes d'éclairage LED étant une approche relativement nouvelle, il existe une certaine incertitude technologique. Les défis peuvent inclure la compatibilité des composants remis à neuf, la fiabilité à long terme des produits remis à neuf et la nécessité desuivre le rythme des progrès rapides de la technologie LED. Pour gérer cette incertitude, nousinvestirons dans la recherche et le développement et collaborerons avec des experts et des instituts de recherche.

✓ Incertitude du marché:

Le succès du projet dépendra de l'acceptation par le marché de l'idée de renouveler les produits d'éclairage. Il existe une incertitude quant à la volonté des consommateurs et des entreprises d'adopter des produits réhabilités plutôt que de nouveaux. Pour atténuer cette incertitude, nous mettrons en œuvre des stratégies de sensibilisation et de marketing pour informer les clients sur les avantages environnementaux et économiques des produits récupérés. De plus, nous fournirons des garanties solides et des services après-vente pour renforcer la confiance des clients.

2. Domaines d'innovation

Nouvelles opérations :

Le projet met en œuvre de nouveaux processus pour augmenter la rentabilité et l'efficacité des opérations. Ces opérations comprennent :

- Amélioration de la réhabilitation: Développer des méthodes standardisées pour diagnostiquer, réparer et moderniser les lampes et les systèmes d'éclairage LED, réduisant ainsi les coûts et augmentant l'efficacité.
- Gestion efficace des stocks: Utiliser des techniques de gestion des stocks et de la chaîne d'approvisionnement pour réduire les délais de livraison et augmenter la disponibilité des produits réhabilités.
- Automatisation des processus : intégration de l'automatisation dans les phasesde test et de réparation pour augmenter la précision et réduire les temps de traitement.

✓ Nouvelles fonctionnalités :

Le projet propose des produits améliorés avec de nouvelles fonctionnalités, notamment :

- EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE AMÉLIORÉE : Intégration de composants modernes qui augmentent l'efficacité énergétique dans les lampes modernisées.
- Smart Connect : des fonctionnalités de connectivité IoT ont été ajoutées pour permettre une gestion intelligente de l'éclairage, y compris la possibilité de contrôler et de programmer les lumières via des applications mobiles.
- Personnalisation: Offrir des options de personnalisation telles que l'ajustement de l'intensité lumineuse et des températures de couleur selon lespréférences du client.

✓ Nouveaux clients :

Le projet vise à attirer de nouveaux segments de clientèle en proposant des solutions d'éclairage réhabilitées :

- Entreprises sensibles à l'environnement : Cible les entreprises qui privilégient les pratiques durables et cherchent à réduire leur empreinte carbone.

- Institutions Publiques : Collaborer avec les écoles, les hôpitaux et les municipalitéspour leur fournir des solutions d'éclairage réhabilitées à moindre coût.
- Particuliers : Sensibiliser les particuliers soucieux de l'environnement et proposerdes produits à des prix compétitifs.

✓ **Nouvelles offres :**

Le projet propose des offres de produits innovants, tels que :

- Kits de réhabilitation : vente de kits permettant aux clients de réhabiliter eux-mêmes leurs LED, avec des instructions détaillées et les composants nécessaires.
- Services de réadaptation sur place : Fournir des services de réadaptation directement chez le client, réduisant ainsi le besoin de transport et améliorant le confort.
- Programmes d'abonnement : proposer des programmes d'abonnement permettantaux clients de recevoir régulièrement des lampes remises à neuf en échange de leurslampes usagées.

✓ **Nouveaux modèles :**

Le projet adopte un nouveau modèle économique basé sur la création de valeur durable :

- Économie Circulaire : Intégrant le concept d'économie circulaire, où les lampes usagées sont récupérées, réhabilitées et remises sur le marché, réduisant ainsi les déchets et utilisant de nouvelles ressources.
- Modèle de service : Passer d'un modèle de vente de produits à un modèle de prestation de services, dans lequel les clients paient pour l'utilisation et l'entretien des systèmes d'éclairage remis à neuf, plutôt que de les acheter directement.
- Partenariats stratégiques : Développer des partenariats avec des fabricants, des distributeurs et des recycleurs pour créer une chaîne de valeur intégrée et durable.

III. Troisième axe : Analyse stratégique du marché

1. <u>Le segment du marché :</u>

Marché potentiel

Qui achète nos produits ?

- Entreprises et industries : Entreprises cherchant à réduire leurs coûts énergétiques et à adopter des pratiques plus durables.
- Institutions publiques : écoles, hôpitaux, municipalités et autres institutions publiques avec des budgets limités et des objectifs de durabilité.
- Particuliers : Consommateurs soucieux de l'environnement et ceux qui recherchent des solutions d'éclairage efficaces et abordables.

Qui et qu'est-ce qui les a motivés à faire ça ?

- Motifs économiques: Le coût de remise à neuf des lampes LED est inférieur au coût d'achat de nouvelles lampes, ce qui attire les clients qui souhaitent réduire leurs dépenses.
- Motivations environnementales : La réduction de l'impact environnemental grâce à la réutilisation et au recyclage des composants motive les clients à considérer la durabilité.
- Qualité et Performance : Assurer la performance des produits réhabilités ainsique des nouveaux produits favorise leur adoption.

  Où est-il situé?

  - Zones urbaines et périurbaines : Principalement dans les grandes villes et leurs banlieues où la densité de population est élevée et où les entreprises sont concentrées.
  - Zones industrielles : Zones à forte concentration d'industries et d'activités commerciales.

  Combien y en a-t-il?

- Estimation du marché : Il est difficile de donner un chiffre exact, mais le marchépotentiel est vaste, comprenant des milliers d'entreprises, d'institutions et des millions de consommateurs individuels à travers le pays.

Marché cible (secteur)

Groupes ciblés de personnes ou d'institutions :

- Petites et moyennes entreprises (PME) : qui cherchent à réduire leurs coûts opérationnels tout en adoptant des pratiques durables.
- Établissements d'enseignement : Écoles, collèges et universités intéressés parles solutions d'éclairage économiques et environnementales.
- Municipalités et gouvernements locaux : qui ont des objectifs de durabilité etdes contraintes budgétaires.
- Individus sensibles à l'environnement : Consommateurs intéressés par desproduits durables et économiquement viables.

• Pourquoi avons-nous choisi ce marché cible ?

- Adéquation des besoins : Ces secteurs ont de plus en plus besoin de solutions d'éclairage respectueuses de l'environnement et abordables.
- Taille de la demande : Ces groupes représentent une grande partie du marché potentiel avec des besoins réguliers en produits d'éclairage.
- Opportunité de croissance : Il existe un grand potentiel d'augmentation de l'adoption dans ces secteurs grâce à des campagnes de sensibilisation et un marketing ciblé.

- Impact environnemental : Travailler avec ces secteurs nous permet de maximiser notre impact positif sur l'environnement en réduisant les déchets électroniques.

La possibilité de conclure des contrats d'achat avec certains clientsimportants :
petite et moyenne Fondation :

- Exemple de client: PME locales des secteurs de la vente au détail, de lafabrication et des services.
- Stratégie : Proposer des audits énergétiques gratuits et démontrer leséconomies potentielles grâce à nos solutions de rénovation.

Les établissements d'enseignement :

- Exemple de client : Universités et écoles publiques.
- Stratégie : Fournir des études de cas démontrant les économies réalisées pard'autres établissements d'enseignement qui ont adopté nos solutions.

Municipalités et gouvernements locaux :

- Exemple client : Municipalités et services gestionnaires des infrastructures publiques.
- Stratégie: Proposer des contrats de services à long terme pour l'entretiencontinu et la réhabilitation des systèmes d'éclairage public.

Personnes sensibles à l'environnement :

- Exemple de client : Groupes communautaires et associations environnementales.
- Stratégie : Coopérer avec des organisations environnementales dans le cadre de campagnes de sensibilisation et de rabais de groupe pour les membres.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence :

✓ Concurrents directs et indirects :

Concurrents directs :

- Entreprises de réparation d'éclairage traditionnel : Entreprises spécialisées dans la réparation et l'entretien d'appareils d'éclairage traditionnels, y compris les lampes à incandescence et fluorescentes.
- Entreprises d'éclairage LED : Entreprises proposant de nouveaux produits d'éclairage LED, notamment des fabricants, des distributeurs et desinstallateurs.

Concurrents indirects :

- Nouveaux fournisseurs de produits d'éclairage : Grandes chaînes de distribution et détaillants vendant de nouveaux luminaires LED.
- Entreprises du bâtiment et de la construction :Entreprises qui intègrent dessystèmes d'éclairage dans leurs projets de construction et de rénovation.
- Entreprises de technologie et d'énergie : Entreprises qui fournissent des solutions technologiques et énergétiques alternatives, telles que des panneaux solaires et des systèmes de gestion de l'énergie.

✓ Nombre de concurrents et leurs parts de marché:

Nombre de concurre :

Le marché de la réhabilitation des lampes LED et des systèmes d'éclairage en Algérie est relativement nouveau, le nombre exact de concurrents directs et indirects peut donc varier. On peut estimer qu'il existe entre 10 et 20 entreprises actives dans ce domaine.

la Bourse :

Les parts de marché de chaque concurrent varient en fonction de leur présence sur lemarché, de leur réputation et de leur capacité à répondre aux besoins des clients. Lesparts de marché peuvent être réparties également entre les principaux concurrents, avec des parts plus petites pour les entreprises plus petites ou moins établies.

✓ Forces et faiblesses des concurrents

Points forts :

- Expertise technique :Les concurrents possédant une solide expérience technique dans la réparation et la maintenance des équipements d'éclairage disposent d'un avantage concurrentiel.
- Portée et réputation : Les entreprises établies et jouissant d'une bonne réputation dans le secteur de l'éclairage ont souvent une part de marché plusimportante.
- Innovation : Les concurrents qui investissent dans la R&D et l'innovation peuvent proposer des solutions d'éclairage rénovées plus avancées et plus efficaces.

Faiblesses:

- Manque de sensibilisation : Les entreprises qui ne sensibilisent pas efficacement aux avantages de la modernisation des éclairages LED peuvent avoir des difficultés à attirer des clients.
- Capacités de production limitées : Les entreprises plus petites ou moins établiespeuvent avoir des capacités de production limitées, ce qui les empêche de répondre à la demande croissante.
- Réticence au changement : Les concurrents qui investissent massivement dans des modèles commerciaux traditionnels peuvent avoir des difficultés à s'adapter aux nouveaux modèles axés sur la réhabilitation et la durabilité.
-

3. La stratégie marketing :

✓ Analyse de la Situation :

Avant de concevoir notre stratégie marketing, nous devons effectuer une analyse approfondie de la situation du marché de l'éclairage LED en Algérie, y compris l'identification des besoins des clients, l'évaluation de la concurrence, et l'analyse des tendances du marché.

✓ Objectifs Marketing :

Définir des objectifs marketing clairs et mesurables, tels que l'augmentation des ventes, l'acquisition de nouveaux clients, et l'amélioration de la notoriété de la marque.

✓ Segmenter le Marché :

Identifier les segments de marché les plus prometteurs en fonction des besoins des clients, des caractéristiques démographiques et géographiques, et du comportement d'achat.

- ✓ **Positionnement de la Marque :**
  Déterminer la position souhaitée de notre marque sur le marché, en mettant en avant nos valeurs uniques telles que la durabilité, l'efficacité énergétique, et la qualité des produits réhabilités.

- ✓ **Mix Marketing :**

Produit :

Mettre en avant les avantages des produits réhabilités, y compris leur durabilité, leurefficacité énergétique, et leur coût réduit.

Proposer une gamme variée de produits adaptés aux différents besoins des clients.

Prix :

Offrir des prix compétitifs tout en garantissant la rentabilité de l'entreprise.

Proposer des offres promotionnelles et des remises pour encourager l'adoption denos produits.

Placement :

Établir un réseau de distribution efficace pour atteindre les clients à travers tout leterritoire algérien.

Collaborer avec des partenaires stratégiques tels que les installateurs d'éclairage etles entreprises de construction.

Promotion :

Utiliser une combinaison de canaux de communication traditionnels et numériquespour sensibiliser les clients potentiels.

Organiser des événements de sensibilisation, des ateliers et des séminaires surl'efficacité énergétique et la durabilité.

- ✓ **Communication Marketing :**
  Développer un plan de communication marketing efficace pour transmettre notre message aux clients potentiels, en mettant l'accent sur les avantages des produits réhabilités et la valeur ajoutée de notre marque.

- ✓ **Suivi et Évaluation :**
  Mettre en place des mécanismes de suivi et d'évaluation pour mesurer l'efficacité de notre stratégie marketing, en ajustant nos actions en fonction des résultats obtenus.

4. Analyse de rentabilité :

Cas des lampes cassées : La rentabilité peut être analysée à travers le recyclage et l'utilisation de

matériaux réutilisables.

État des lampes pouvant être fabriquées : la rentabilité peut être analysée grâce à la réhabilitation, à la prolongation de la durée de vie des lampes et à la réduction des coûts.

IV. Quatrième axe : Plan de production et d'organisation

1. Le Processus de production :

Le processus de production d'un projet de réparation de lampes LED et de systèmes d'éclairage comprend plusieurs étapes principales. Chaque étape est essentielle pour garantir la qualité et la durabilité du produit final. Voici les principales étapes :

- ✓ Achat de matières premières.
- ✓ Réparation et fabrication.
- ✓ Emballage du produit.
- ✓ Emballage.

✓ Achat de matières premières :

- Composants LED : Nous achetons des LED, des résistances, des condensateurs et d'autres composants nécessaires de haute qualité.
- Outils et équipement : Nous nous assurons d'avoir les bons outils pour la réparation et la fabrication, tels que des machines à souder, des multimètres et des kits de réparation.
- Boîtiers et supports : Nous obtenons des boîtiers pour lampes et systèmes d'éclairage,ainsi que des supports et fixations.

✓ Réparation et fabrication :

- Diagnostic : Nous évaluons les lampes et les systèmes d'éclairage défectueux pour identifier les composants endommagés.
- Remplacement : Nous remplaçons les composants endommagés par des neufs. Cela peut inclure le remplacement des LED, des circuits imprimés ou d'autres composants électroniques.
- Assemblage : Nous assemblons des pièces réparées ou nouvellement fabriquées. Nous garantissons que toutes les connexions sont solides et que le produit fonctionne correctement.
- Tests : Nous testons chaque lampe et système d'éclairage réparés pour nous assurer qu'ils fonctionnent bien, éclairent et consomment de l'énergie.

✓ Emballage du produit :

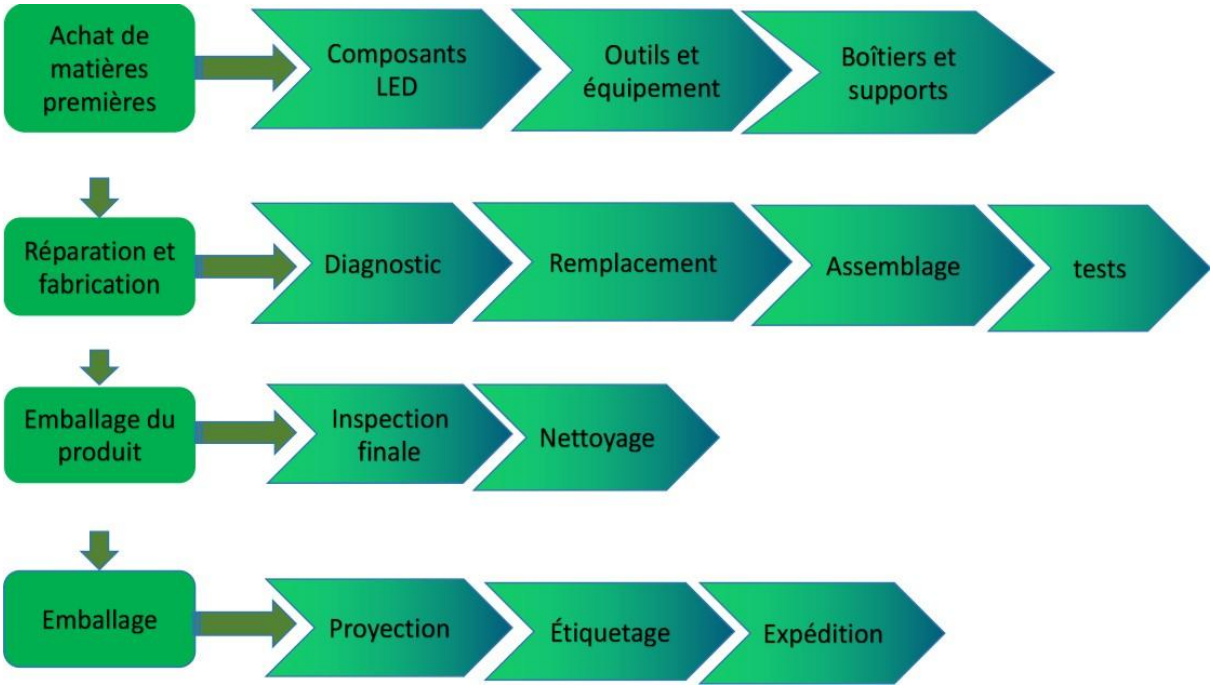
- Inspection finale : Nous effectuons une inspection finale de chaque produit pour garantir qu'il répond aux normes de qualité et de sécurité.
- Nettoyage : Nous nettoyons les lampes et les systèmes d'éclairage pour éliminer toute poussière ou résidu de fabrication.
- Étiquetage : Nous apposons des étiquettes sur chaque produit avec les informations nécessaires, telles que les spécifications techniques, les consignes de sécurité et les instructions d'utilisation.

✓ Emballage :

- Protection : Nous utilisons des matériaux d'emballage appropriés pour protéger les produits pendant le transport. Cela peut inclure des boîtes, des bulles d'air ou des matériaux d'emballage.
- Étiquetage : Nous étiquetons les colis avec des informations telles que le contenu, les instructions de manipulation et les coordonnées en cas de problème.

- Expédition : Nous préparons les produits pour l'expédition. Nous nous assurons quetous les colis sont scellés et prêts à être distribués.

Diagramme du processus de production :



2. L'Approvisionnement :

Pour notre projet de réparation des ampoules et des systèmes d'éclairage en LED, voici lesétapes détaillées que nous devons suivre pour l'approvisionnement :

✓ **Déterminer la Politique d'Achat :**

- Matières Premières - Matériaux et Fournitures :
  - Ampoules LED : Nous devons choisir des ampoules de différentes puissanceset types (e.g., E27, GU10, MR16).
  - Composants électroniques : Nous devons nous approvisionner en condensateurs, résistances, drivers LED, etc.
  - Outils de réparation : Il est essentiel que nous ayons des fers à souder, des multimètres, des pinces, des tournevis, etc.
  - Matériaux de protection : Nous devons prévoir des gants, des lunettes de protection, etc.
- Équipements :
  - Stations de soudage : Nous devons nous équiper de stations de soudage pourréparer

les composants électroniques.

- Équipement de test : Il est nécessaire que nous ayons des appareils pour testerla fonctionnalité des ampoules et des systèmes d'éclairage après réparation.

- Établi de travail : Nous devons organiser des espaces de travail bien éclairés etbien équipés.

✓ **Déterminer les Fournisseurs les Plus Importants :**

- Critères de Sélection des Fournisseurs :
  - Qualité des produits : Nous choisirons des fournisseurs avec une bonne réputation pour la qualité de leurs composants et équipements.
  - Prix compétitifs : Nous comparerons les prix de différents fournisseurs pourobtenir les meilleurs tarifs.
  - Délais de livraison : Nous préférerons les fournisseurs capables de livrer rapidement pour éviter les interruptions de production.
  - Service après-vente : Nous choisirons des fournisseurs offrant une bonne assistance technique et un service après-vente efficace.
- Types de Fournisseurs :
  - Fournisseurs locaux : Pour les composants et équipements courants eturgents.
  - Fournisseurs internationaux : Pour les composants spécifiques et/ou moinschers, mais avec des délais de livraison plus longs.

✓ **Déterminer la Politique de Paiement et les Délais de Réception :**

- Politique de Paiement :
  - Conditions de paiement : Nous négocierons des conditions favorablescomme le paiement à 30 jours (Net 30) après réception des marchandises.
  - Escomptes : Nous profiterons des réductions pour paiement anticipé sipossible.
  - Crédits : Nous établirons des lignes de crédit avec des fournisseurs fiablespour gérer les flux de trésorerie.
- Délais de Réception :
  - Planification des stocks : Nous maintiendrons un stock minimum pour éviter les ruptures et prévoirons les délais de réapprovisionnement.
  - Calendrier de livraison : Nous mettrons en place un calendrier de réception régulier des composants et équipements pour une production continue.
  - Suivi des commandes : Nous utiliserons un système de suivi pour les commandes afin de nous assurer que les délais sont respectés et de réagir rapidement en cas de retard.

3. La main d'œuvre :

✓ **Déterminer le Nombre de Postes que le Projet Peut Créer :**

- Analyse des besoins :
  - Volume de travail : Nous estimons qu'il y aura environ 500 réparations par mois.

- Taille de l'équipe : En fonction de la charge de travail prévue, nous avons déterminé que nous aurons besoin de 10 techniciens pour gérer la charge de travail.

- Postes prévus :
    - Techniciens en réparation (10 postes) : Chargés de diagnostiquer et deréparer les ampoules et les systèmes d'éclairage en LED.
    - Responsables de l'approvisionnement (2 postes) : Gèrent les stocks dematériaux et d'équipements.
    - Agents de qualité (2 postes) : Vérifient et testent les produits réparés pours'assurer qu'ils fonctionnent correctement.
    - Personnel administratif (3 postes) : Gèrent les tâches administratives, ycompris la gestion des commandes et des paiements.

✓ **Déterminer la Nature et le Type de Main-d'Œuvre Dont Nous Avons Besoin et Leurs Emplacements :**

- Nature de la Main-d'Œuvre :
    - Techniciens qualifiés : Personnel ayant des compétences en électronique et en réparation d'éclairage.
    - Agents de logistique : Personnel pour la gestion des stocks et desapprovisionnements.
    - Personnel administratif : Pour la gestion des tâches administratives etfinancières.
- Type de Main-d'Œuvre ;
    - Permanente : Techniciens et personnel administratif.
    - Temporaire : Pour les périodes de forte demande ou pour des projetsspécifiques.
- Emplacements :
    - Ateliers de réparation : Les réparations seront effectuées dans notre atelierprincipal.
    - Bureaux administratifs : Pour la gestion des tâches administratives etlogistiques.
    - Zones de stockage : Pour le stockage des composants, des outils et des équipements.

✓ **Déterminer la Possibilité de Recourir à la Manutention :**

- Manutention manuelle :
    - Avantages : Flexibilité, coût initial faible.
    - Inconvénients : Risque de blessures, fatigue des employés, efficacité réduite.
- Manutention mécanisée :
    - Avantages : Réduction des risques de blessures, amélioration de l'efficacité etde la rapidité des opérations de manutention.
    - Inconvénients : Coût initial plus élevé, besoin de formation pour lesopérateurs.

4. Les Principaux partenaires :

- ✓ **Fournisseurs :**
  - Composants et Matériaux :

- Fournisseurs de composants électroniques : Pour l'approvisionnement en résistances, condensateurs, drivers LED, etc.
- Fournisseurs d'ampoules LED : Pour les ampoules de remplacement et les nouveaux stocks.
- Fournisseurs d'outils et d'équipements : Pour les stations de soudage, équipements de test et outils de réparation.

✓ **Collectivités Locales :**

- Support et Subventions :
  - Municipalités et Gouvernements Locaux : Pour obtenir des subventions et des aides financières destinées aux initiatives de développement durable et de réduction des déchets électroniques.
  - Chambres de Commerce : Pour des conseils et un soutien aux entreprises locales.

✓ **Laboratoires et Centres de Recherche :**

- Recherche et Développement :
  - Laboratoires spécialisés en électronique et éclairage : Pour collaborer surl'innovation et l'amélioration des techniques de réparation.
  - Universités et Instituts Techniques : Pour des partenariats de recherche et desstages pour étudiants.

✓ **Banques et Institutions Financières :**

- Financement et Services Bancaires :
  - Banques locales : Pour des prêts commerciaux, des lignes de crédit et desservices financiers adaptés à nos besoins.
  - Institutions de microfinance : Pour obtenir des fonds pour les petites entreprises et les start-ups.

✓ **Incubateurs et Accélérateurs d'Entreprises :**

- Accompagnement et Croissance :
  - Incubateurs d'entreprises : Pour un soutien initial, y compris des espaces detravail, du mentorat et des formations.
  - Accélérateurs : Pour aider à la croissance rapide de notre entreprise grâce àdes programmes intensifs de mentorat et de formation.

✓ **Partenaires Logistiques :**

- Transport et Stockage :
  - Entreprises de logistique : Pour la gestion de l'approvisionnement, dustockage et de la distribution des composants et des produits réparés.
  - Services de livraison locaux : Pour assurer la livraison rapide et efficace des

produits réparés aux clients.

✓ **Associations Professionnelles et Réseaux :**

- Réseautage et Développement Professionnel:
  - Associations de l'industrie électronique et de l'éclairage : Pour le réseautage, la formation continue et les mises à jour sur les tendances du secteur.
  - Réseaux professionnels : Pour échanger des idées et collaborer avec d'autres professionnels du secteur.

V. Cinquième axe : Plan financier :

1. Les Coûts et charges :

✓ Coûts Initiaux et Investissements

- Achat de matériel :
  - Ampoules LED : 750 000 DZD
  - Composants électroniques : 450 000 DZD
  - Outils de réparation (fer à souder, multimètres, etc.) : 375 000 DZD
  - Équipements de test : 300 000 DZD
  - Stations de soudage : 450 000 DZD
- Aménagement de l'atelier et des bureaux :
  - Mobilier et établis de travail : 525 000 DZD
  - Amélioration de l'infrastructure (électricité, éclairage, etc.) : 300 000 DZD
- Coûts de formation :
  - Formation des techniciens : 225 000 DZD
- Frais administratifs :
  - Enregistrement de l'entreprise, licences et permis : 150 000 DZD
  - Logiciels de gestion et comptabilité : 150 000 DZD
  - Total estimé des coûts initiaux : 3 675 000 DZD.

✓ Coûts Opérationnels Mensuels

- Salaires :
  - Techniciens en réparation (10 postes) : 3 000 000 DZD
  - Responsables de l'approvisionnement (2 postes) : 600 000 DZD
  - Agents de qualité (2 postes) : 600 000 DZD
  - Personnel administratif (3 postes) : 900 000 DZD
- Frais de fonctionnement :
  - Loyer de l'atelier et des bureaux : 300 000 DZD
  - Factures d'électricité et d'eau : 150 000 DZD
  - Fournitures de bureau : 75 000 DZD

✓ Autres coûts :

- Marketing et publicité : 300 000 DZD

- Assurance : 75 000 DZD
- Entretien des équipements : 150 000 DZD
- Total estimé des coûts opérationnels mensuels : 6 150 000 DZD.

2. Modes et Sources d'Obtention de Financement :

✓ Modes de Financement :

- Autofinancement : Utilisation des fonds personnels ou réinvestissement des bénéfices.
- Emprunt bancaire : Prêts à taux d'intérêt compétitifs auprès des banques locales.
- Microcrédits : Financement par des institutions de microfinance pour des prêts de moindre montant.
- Subventions et aides publiques : Demandes de subventions auprès des collectivités locales et des gouvernements pour des projets de développement durable.

✓ Sources de Financement :

- Banques locales : Prêts commerciaux pour les entreprises.
- Institutions de microfinance : Petits prêts pour le démarrage desentreprises.
- Programmes de subventions : Programmes gouvernementaux de soutien aux initiatives écologiques.
- Investisseurs privés : Business et investisseurs en capital-risque.
- Incubateurs et accélérateurs : Programmes de soutien incluant des fonds et des ressources.

✓ **Comment Obtenir un Remboursement (Tableau des Paiements) :**

- Stratégie de Remboursement :
  - Période de remboursement : 5 ans.
  - Taux d'intérêt : 5% par an.
  - Tableau des paiements :

Année	Paiement Annuel (Principal + Intérêts)	Solde du Prêt
1	814 500 DZD	3 000 000 DZD
2	814 500 DZD	2250000 DZD
3	814 500 DZD	1500000 DZD
4	814 500 DZD	750 000 DZD
5	814 500 DZD	0 DZD

Mois	Paiement Mensuel (Principal + Intérêts)	Solde du Prêt
1	67875 DZD	3 000 000 D DZD
2	67875 DZD	2 932 125 DZD
3	67 875 DZD	2 864 250 DZD
…		…
60	67875 DZD	0 DZD

2. Le Chiffre d'affaires :

✓ Scénario Optimiste :

- Hypothèses :
  - Quantité produit A vendue (N+1 à N+5) : Croissance annuelle de 20%.
  - Prix HT produit A : Stable, à 2000 DZD par réparation.

Produit A destiné Client	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit A	600	720	864	1037	1244
Prix HT produit A (DZD)	2000	2000	2000	2000	2000
Ventes produit A (DZD)	1200000	1 440 000	1728000	2074000	2488000
Chiffre d'affaires global (DZD)	1 200 000	1 440 000	1728000	2074000	2488000

✓ Scénario Pessimist

- Hypothèses :
  - Quantité produit A vendue (N+1 à N+5) : Croissance annuelle de 10%.
  - Prix HT produit A : Stable, à 2000 DZD par réparation.

Produit A destiné Client	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit A	500	550	605	665	731
Prix HT produit A (DZD)	2000	2000	2000	2000	2000
Ventes produit A (DZD)	1 000 000	1 100 000	1 210 000	1 330 000	1462000
Chiffre d'affaires global (DZD)	1 000 000	1 100 000	1 210 000	1 330 000	1 462 000

Détail Chiffre d'Affaires (Tableau) :

Voici la présentation des deux scénarios dans un tableau de prévision pour le chiffre d'affaires :

✓ Scénario Optimiste :

Produit A destiné Client	Réalisation	Prévision	Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4
	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3
Quantité produit A	-	-	-	600	720	864
Prix HT produit A (DZD)	-	-	-	2000	2000	2000
Ventes produit A (DZD)	-	-	-	1 200 000	1 440 000	1728000
Chiffre d'affaires global (DZD)	-	-	-	1 200 000	1 440 000	1 728 000

✓ ScénarioPessimiste :

Produit A destiné Client	Réalisation	Prévision	Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4
	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3
Quantité produit A	-	-	-	500	550	605
Prix HT produit A (DZD)	-	-	-	2000	2000	2000
Ventes produit A (DZD)	-	-	-	1 000 000	1 100 000	1 210 000
Chiffre d'affaires global (DZD)	-		-	1 000 000	1 100 00	1 210 000

Dans ce contexte, le produit A représenté les services de réparation des ampoules et des systèmes d'éclairage en LED que nous offrons à nos clients. Chaque unité de produit A correspond à un service de réparation réalisé. Voici les détails :

Produit A : Service de Réparation des Ampoules et Systèmes d'Éclairage en LED

Quantité produit A : Nombre de services de réparation effectués.

Prix HT produit A : Prix hors taxes pour chaque service de réparation.

Ventes produit A : Chiffre d'affaires généré par la quantité de services de réparation multipliéepar le prix unitaire HT.

3. Les Comptes de résultats escomptés :

✓ **Compte de Résultat Prévisionnel de la Startup :**

Pour établir les comptes de résultats escomptés de notre projet de réparation des ampoules et des systèmes d'éclairage en LED, nous allons remplir le tableau financier fourni. Ce tableau résume les ventes, les charges et le résultat net pour une période de cinq ans. Nous inclurons également le calcul du besoin en fonds de roulement (BFR).

✓ Hypothèses de Base :

- Scénario Optimiste :
  - Quantité produit A vendue (N+1 à N+5) : Croissance annuelle de 20%.
  - Prix HT produit A : Stable, à 2000 DZD par réparation.
- Scénario Pessimiste :
  - Quantité produit A vendue (N+1 à N+5) : Croissance annuelle de 10%.
  - Prix HT produit A : Stable, à 2000 DZD par réparation.

Scénario Optimiste :

En Milliers DZD	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Vente et produits annexes				1 200	1 440	1 728	2 074	2 488
Variation des stocks produits finis et en cours								
Production immobilisée								
Subvention d'exploitation								
Production de l'exercice				1 200	1 440	1 728	2 074	2 488
Achats consommés				300	360	432	518	622
Services extérieurs et consommations				150	180	216	259	311
Consommatio n de				450	540	648	777	933
Valeur aj outée d'exploitation				750	900	1 080	1 297	1 555
Charges de personnel				300	360	432	518	622
Impôts et taxes et				60	72	86	104	125
Excédent brut				390	468	562	675	808
Autres produits								
Autres charaes								
Dotations aux amortissements,				60	72	86	104	125
Résultat opérationnel				330	396	476	571	683
Produits financiers								
Charges financières								
Résultat financier								
Résultat ordinaire avant				330	396	476	571	683
Impôt exigible sur				99	119	143	171	205
Impôt différé sur résultat								
Total des produits des activités ordinaires				1 200	1 440	1 728	2 074	2 488
Total des charges des activités ordinaires				870	1 044	1 252	1 503	1 805
Résultat net des activités ordinaires				330	396	476	571	683
Eléments extraordinaires								
Eléments extraordinaires (charges)								
Résultat extraordinaire								
Résultat net de l'exercice				330	396	476	571	683

- ✓ **Calcul du Besoin en Fonds de Roulement (BFR) :**

Le BFR est un indicateur financier qui permet d'évaluer les besoins financiers nécessaires pourcouvrir les décalages de trésorerie liés au cycle d'exploitation. Il prend en compte les stocks, les créances clients et les dettes fournisseurs.

- ✓ **Hypothèses pour le Calcul du BFR :**
- Délai moyen de paiement des clients : 30 jours
- Délai moyen de paiement des fournisseurs : 60 jours
- Stock moyen : 1 mois de consommation
- ✓ **Formule du BFR :**

BFR=Stocks+ Créances clients−Dettes fournisseurs

- ✓ **Exemple de Calcul pour N+1**
- Stocks : 1 mois de consommation=450 DZD /12≈37.5 DZD
- Créances clients : 1 mois de ventes = 1,200 DZD/12≈100 DZD
- Dettes fournisseurs : 2 mois de consommation=450 DZD/6≈75 DZD

BFR=37.5+100−75=62.5 DZD

En répétant ce calcul pour les années N+2 à N+5, nous pouvons ajuster nos besoins financiers et optimiser notre gestion de trésorerie pour maintenir un équilibre financier tout au long du cycle d'exploitation.

4. Le Plan de trésorerie :

- ✓ **Tableau de Trésorerie Prévisionnelle (N+1 à N+5)**
    - Hypothèses de Recettes et Dépenses :
        - Recettes mensuelles progressives : Les ventes augmentent chaqueannée.
        - Achats consommés : 25% des ventes mensuelles.
        - Charges de personnel : 20% des ventes mensuelles.
        - Services extérieurs : 10% des ventes mensuelles.

Rubriques	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Flux de trésorerie provenant des activités opérationnelles								
Résultat net de l'exercice	-	-	-	1080				
Ajustements pour :	-	-	-					
- Amortissements et provisions	-	-	-					
- Variation des impôts différés	-	-	-					
- Variation des stocks	-	-	-					
- Variation des clients et autres créances	-	-	-					
- Variation des fournisseurs et autres dettes	-	-	-					
- Plus ou moins-values de cession, nettesd'impôts	-	-	-					
Flux de trésorerie générés par l'activité (A)	0	0	0	1080				
Flux de trésorerie provenant des opérations d'investissement								
Décaissements sur acquisition	-	-	-					
Décaissements sur acquisitiond'immobilisations	-	-	-					
Encaissements sur cessions d'immobilisations	-	-	-					
Incidence des variations de périmètre de consolidation (1)	-	-	-					
Flux de trésorerie liés aux opérations d'investissement (B)	0	0	0	0				
Flux de trésorerie provenant des opérations de financement								
Dividendes versés aux actionnaires	-	-	-					
Augmentation de capital/Part ASF	-	-	-					
Augmentation de capital/Part startup	-	-	-					
Injection en compte courant associé ASF	-	-	-					
Remboursements compte courant associé ASF	-	-	-					
Remboursements emprunts	-	-	-					
Flux de trésorerie liés aux opérations de financement (C)	0	0	0	0				
Variation de trésorerie de la période (A+B+C)	0	0	0	1080				
Trésorerie d'ouverture (Début de la période)	-	-	-	0				
Trésorerie de clôture (Fin de la période)	0	0	0	1080				
Variation de trésorerie	0	0	0	1080				

Remarques:

Résultat net de l'exercice : Calculé comme différence entre les recettes et les dépenses mensuelles, ici prévu à 1080 DZD pour la première année.

Les autres valeurs seront ajustées en fonction des détails opérationnels précis et des prévisionsfinancières pour les années N+2 à N+5.

En utilisant ces bases, le tableau de trésorerie prévisionnelle peut être rempli de manière cohérente pour chaque période. Les chiffres pour les années suivantes devront être ajustés selon la croissance prévue et les variations des flux de trésorerie opérationnels, d'investissement et de financement.

Tableau de BMC:

Principaux partenariats

- Fournisseurs.
- Entreprises de recyclage.
- Institutions publiques et privées.
- Distributeurs et agents.

Activités clés

- Fabrication
- ventes et marketing
- Recherche et développement
- Les services logistiques.

Ressource clés

- Des usines.
- Équipes de recherche et développement.
- Équipes commerciales et marketing.
- Réseau de distribution.

Valeurs fournie

- économiser l'énérgie
- Faibles coûts de maintenance
- Améliorer l'environnement
- Qualité d'éclairage améliorée
- Solutions durables.

Relation client

- Support technique.
- Garanties.
- Entraînemen.

Les canaux

- Les ventes directes.
- Distributeurs et agents.
- Magasins électroniques.
- Partenariats avec des institutions.

Segments de clientèle

-Maisons.

- Entreprises.
- Institutions publiques.
- Municipalités.

Structure des couts

- Coûts de fabrication.
- Frais de marketing et de ventes.
- Frais de recherche et développement.
- Frais logistiques.

Sources de revenus

- Vente de lampes et de systèmes d'éclairage.
- Services de maintenance.
- Recyclage.

Tableau de Bilan Prévisionnel (en milliers DZD) :

PASSIF	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
CAPITAUX PROPRES								
Capital émis	-	-	-	500	500	5	500	500
Capital non appelé	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecrat de réévaluation	-	-	-	-	-	-	-	-
Primes et réserves-Réserves Consolidées	-	-	-	500	500	500	5	50
Résultat net- RN part du groupe								
Autres capitaux propres-report à nouveau	-	-	-	50	550	600	650	70
Part de la société consolidante(1)	-	-	-	-	-	-	-	-
CAPITAUWX PROPRES	-	-	-	-	-	-	-	-
PASSIFS NON-COURANTS	-	-	-	5	550	600	650	700
PASSIFS NON-COURANTS								
PASSIF COURNATS	-	-	-	2	27	300	325	350
Fournisseurs et comptes rattachés	-	-	-	400	4	480	520	560
impotes	-	-	-	-	-	-	-	-
autres dettes	-	-	-	100	110	120	130	140
Tresorerie passif	-	-	-	200	22	240	260	280
PASSIFS COURANTS	-	-	-	95	1045	1140	1	133
PASSIF TOTAL				1950	2	2370	2580	2790

ACTIF	N-2	N-1	N	N +1	N+2	N+3	N +4	N+ S
Immobilier corporelles				800	850	900	950	100
Terrain								
Batiment								
Autres Immobilisations Corporelles								
Immobilisations en conession								
Immobilisations en cours								
immobilier financière								
titre mis en équivalence								
Autres participations et créances rattachées								
Autres Titres Immobilisés								
Prêts et autres titres financiers non courants								
impots differes actif								
ACTIF NON COURANT				###	1070	1140	1210	1280
stocks et encours				150	160	170	180	190
Créances et emplois assimles				100	11	120	130	140
Clients				200	220	240	260	280
Autres débits	-	-	-	-	-	-	-	
Impôts et assimilés	-	-	-	-	-	-	-	
Autres créances et emplois assimilés	-	-	-	-	-	-	-	
Disponibilités et assimilés	-	-	-	300	350	400	450	
Placements et autres actifs	-	-	-	-	-	-	-	
Tré	-	-	-	200	250	300	350	
ACTIF COURANT	-	-	-	950	1090	1230	1370	
ACTIF TOTAL	-	-	-	1950	21	237	2580	

VI. Sixième axe Prototype expérimental :

Le projet que nous avons adapté possède des exemples de résultat expérimentale présente par les images suivantes :



