Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Département de Génie Industriel

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme
D'Ingénieur d'état
Spécialité : Ingénierie en Mécatronique
Promotion : 2010 -2013

Sujet du PFE :

Amélioration de la performance de la maintenance des installations de l'éclairage public en se basant sur les outils de Lean management.

Préparé par :
Younes ALHYAN

Pr. Fahd Kaghat (Encadrant FST)
M. Mustapha KOUBAA (Encadrant société)
Pr..... (Examinateur)
Pr..... (Examinateur)

Référence: **PFE 3/2013.**

Remerciements :

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles m'ont fait vivre durant ces quatre mois au sein de l'entreprise LYDEC :

- Monsieur Mustapha KOUBAA, responsable de maintenance du service éclairage public, mon tuteur, pour m'avoir intégré rapidement au sein de l'entreprise et m'avoir accordé toute sa confiance ; pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période, sachant répondre à toutes mes interrogations ; sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport,
- Monsieur Bouchaib DAAFANE, responsable d'ordonnancement.
- Monsieur Mohamed BOUZID, responsable de la maintenance des grandes voies.
- Monsieur Ibrahim BOUKHARI, responsable logistique.
- Monsieur Fouad ATIQ responsable de la gestion du stock.
- Monsieur Mohamed KHEZOUR, responsable de la maintenance préventive.
- Toutes les équipes, pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ce stage.

Je tiens à remercier, le doyen de la Faculté des Sciences et Techniques, toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Technique de Fès et les intervenants professionnels responsables de la formation Mécatronique pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Je remercie également :

- Monsieur Fahd KAGHAT pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport, qu'il m'a apporté lors des différents suivis, sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport,
- Monsieur L'habib LHAMEDI coordinateur de la filière ingénieur Mécatronique pour tous les efforts qu'il déploie pour le bien de la filière.
- Et aussi les membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail.

Dédicace :

Je dédie cet humble travail à ma famille avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions.

A tous ceux qui me sont chers pour leurs encouragements et leurs soutiens et à ceux qui ont veillé à ce que ce travail soit à la hauteur.

Sommaire :

Liste des figures : 5
Liste des tableaux : 6
Liste des abréviations : 7
Introduction: 8
Chapitre N°1 : Présentation de l'organisme d'accueil et cadrage du projet : 9
1. Mission: 10
2. Dates clés : 11
3. Actionnariat : 11
4. Organisation générale: 13
5. Cadrage du projet : 14
Chapitre N°2 : Principe de fonctionnement des installations de l'éclairage public et analyse fonctionnelle: 16
1. Histoire de l'éclairage : 17
2. Définition : 17
3. Décomposition technique d'une installation d'éclairage public : 17
3.1 Eléments du réseau EP : 17
3.2 Schéma général de l'installation EP : 18
3.3 Réseau EP : 18
3.3.1 Câbles électriques : 18
3.3.2 Les luminaires et les projecteurs : 19
3.4 Les supports : 19
4. Analyse fonctionnelle : 19
Chapitre N°3 : Application de la méthode AMDEC : 21
1. Généralité sur la maintenance: 22
1.1. Introduction : 22
1.2. Définition de la maintenance : 22
1.3. Les types de maintenance : 22
2. Définition générale de l'AMDEC : 23
3. Méthodologie : 26
3.1 Initialisation : 26
3.2 Constitution du groupe de travail 26
3.3 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) : 27
3.4 Criticité - Indices nominaux 28
3.5 Actions correctives 29
3.6 Criticité - Indices finaux 30
3.7 Suivi : 31
4. Application de l'analyse AMDEC : 31
4.1 AMDEC des postes d'alimentation : 31
4.2 AMDEC des réseaux : 33

4.3 AMDEC des supports: ... 36
Chapitre N°4 : Les plans de maintenance préventive: ... 39
1. Définition de la maintenance préventive : ... 40
2. Les plans de maintenance préventive : ... 40
2.1 Calcul de la périodicité : ... 42
2.2 Plan de maintenance préventive des postes de transformations ; ... 43
2.3 Plan de maintenance préventive des réseaux : ... 44
2.4 Plan de maintenance préventive des supports : ... 45
Chapitre N°5 : Actions d'amélioration: ... 46
1. Actions amélioratrices pour le tableau EP : ... 47
1.1 Thermographie infrarouge ... 47
2. Actions amélioratrices pour le réseau : ... 51
2.1 Détection de défaut de câbles et de conducteurs : ... 52
3. Sécurité : ... 54
3.1 Plan d'action trimestriel des séances de sécurité : ... 54
4. Traçabilité : ... 55
5. Retour sur investissement des actions amélioratrices : ... 57
5.1 Retour sur investissement de la thermographie infrarouge : ... 57
5.2 Retour sur investissement du détecteur émetteur-récepteur : ... 58
Chapitre N°6 : Influence des moyens logistiques sur la performance de la fonction maintenance et analyse du stock : ... 59
1. Définition de la logistique : ... 60
2. Influence des moyens logistiques sur la performance de la maintenance : ... 60
2.1 Evolution du parc des véhicules : ... 60
2.2 Influence des moyens logistiques sur la performance de la maintenance : ... 61
2.3 Moyens de manutention : ... 63
3. Analyse du stock : ... 63
3.1 Organisation du stock : ... 63
3.2 Classification des stocks : ... 64
Conclusion générale : ... 68
Annexes : ... 69
Bibliographie : ... 75

Liste des figures :

Figure 1:Les quatre métiers de Lydec 10
Figure 2 : Actionnariat de LYDEC 11
Figure 3: Histoire de l'éclairage résumé en images. 17
Figure 4 : Schéma général de l'installation EP 18
Figure 5 : Classement de criticité des postes. 33
Figure 6 : Classification des éléments des réseaux selon leur criticité. 36
Figure 7 : Classification des éléments du réseau selon leur criticité. 37
Figure 8 : Le spectre électromagnétique 48
Figure 9 : Angle d'incidence compris entre +45° ou -45°. 49
Figure 10 : Exemple de suivi d'un conducteur alimentant une prise donnée à travers les murs et identification du coupe-circuit correspondant. 53
Figure 11 : Exemple de localisation précise d'un court-circuit (phase/terre par exemple) 53
Figure 12 : Procédure de réalisation des interventions. 56
Figure 13 : Evolution du parc véhicules. 60
Figure 14 : Répartition des temps pour les équipes des postes de transformation 61
Figure 15 : Répartition des temps pour les équipes des réseaux. 62
Figure 16 : Répartition des temps pour les équipes des supports. 62
Figure 17 : Courbe ABC sur les articles sortis. 67

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Organisation générale de LYDEC. 13
Tableau 2 : Analyse fonctionnelle : 20
Tableau 3 : Grille de cotation de la fréquence. 29
Tableau 4 : Grille de cotation de la gravité. 29
Tableau 5 : Grille de cotation de la détection. 29
Tableau 6 : AMDEC des postes de transformation. 31
Tableau 7 : Seuil de criticité des postes. 33
Tableau 8 : AMDEC des réseaux 33
Tableau 9 : Seuil de criticité des réseaux. 36
Tableau 10 : AMDEC des supports 36
Tableau 11 : Seuil de criticité des supports. 38
Tableau 12 : Les niveaux de maintenance : 41
Tableau 13 : Calcul de la périodicité : 42
Tableau 14 : Plan de maintenance des postes. 43
Tableau 15 : Plan de maintenance des réseaux : 44
Tableau 16 : Plan de maintenance des supports : 45
Tableau 17 : Rapport d'analyse : 51
Tableau 18 : Plan d'action trimestriel des séances de sécurité : 54
Tableau 19 : Tableau pour inventaire des postes non éclairés : 55
Tableau 20 : Evolution du parc véhicules : 60
Tableau 21 : Classement sur le nombre d'article sorti : 65

Liste des abréviations :

AMDE :	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets.
AMDEC :	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité.
BTA :	Basse tension.
C :	Criticité.
D :	Détection.
EcP /EP :	Eclairage public
F :	Fréquence
G :	Gravité.
GV :	Grandes voies.
HTA :	Haute tension.
I :	Intensité.
IPR :	Indice de priorité du risque.
LCD :	Ecran à cristaux liquides
LYDEC :	Lyonnaise des eaux de Casablanca.
MTBF :	Moyen des temps de bon fonctionnement (Mean Time Between Failures).
N :	Neutre.
NPR :	Nombre de priorité de risque.
PE :	Protection.
Ph :	Phase.
PL :	Point lumineux.
T :	Température.
TBF :	Temps de bon fonctionnement.
TC :	Transformateur de courant
TEP :	Tableau éclairage public
TIR :	Thermographie infrarouge.
TUR :	Tableau Urbain Réduit.

Introduction:

Au XXIème siècle, il paraît difficile de vivre uniquement au rythme du soleil et ceci en grande partie grâce ou à cause du progrès technologique. Ainsi la moitié de la journée se déroule sous la lumière du soleil et l'autre moitié à la lueur des lumières artificielles.
L'éclairage public, comme il est presque toujours appelé, ne se remarque plus. Il est devenu un outil, un objet banal, une substance quotidienne pour ses usagers. Seule son absence se constate.
L'objet de ce projet est l'amélioration de la performance de la maintenance des installations de l'éclairage public afin d'assurer son bon fonctionnement.

A travers ce rapport nous présentons notre travail sous forme de trois parties principales.

La première partie de ce projet consiste à proposer des plans de maintenance préventive en faisant appel à l'approche AMDEC après une analyse des données statistiques.

En second lieu, nous avons proposé des actions d'amélioration qui visent à améliorer la fonction maintenance et la sécurité des personnes.

En dernier lieu, nous avons étudié l'impact des moyens logistiques disponibles actuellement, sur la performance de la fonction maintenance des installations de l'éclairage public et à la fin une analyse des stocks des pièces de rechange.

Chapitre N°1 :

Présentation de l'organisme d'accueil et cadrage du projet :

Résumé :

L'objectif de ce chapitre est de présenter la société LYDEC ses activités principaux, ses actionnariats et ses différents services. Ensuite nous avons présenté le cahier de charge de ce projet.

1. Mission:

Lydec est un opérateur de services publics qui gère la distribution d'eau et d'électricité, la collecte des eaux usées et pluviales et l'éclairage public pour 5 millions d'habitants de la Région du Grand Casablanca. Ces missions lui ont été confiées dans le cadre d'un contrat de gestion déléguée signé en 1997 par l'Autorité Délégante (Communes urbaines de Casablanca, Mohammedia et Aïn Harrouda), l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et le Délégataire (Lydec).

Activités de Lydec sur la Région du Grand Casablanca

Figure 1:Les quatre métiers de Lydec

.

L'activité est structurée autour de quatre métiers :

1 - La distribution de l'eau potable :
Lydec distribue une eau potable de qualité, conforme aux normes sanitaires marocaines en vigueur. Cette eau est fournie par deux producteurs nationaux : l'ONEP (Office National de l'Eau Potable) et la SEOER (Société des Eaux d'Oum Erbiaa).
2 – La gestion de l'assainissement liquide (eaux usées et eaux pluviales) :
La gestion de 4130 km de collecteurs et développons le réseau d'assainissement pour offrir aux habitants un environnement sain.
3 - La distribution de l'électricité :
Lydec renforce et sécurise le réseau d'électricité composé de plus de 2260 km pour la Moyenne Tension uniquement, pour répondre aux besoins croissants de l'agglomération en énergie. L'énergie distribuée provient de l'ONE (Office National d'Electricité).
4 – La gestion de l'éclairage public :
La gestion de l'éclairage public (112 000 points lumineux) avec l'objectif d'augmenter le taux d'éclairement, tout en veillant à économiser l'énergie grâce à des techniques innovantes.

2. Dates clés :

1995 - Création de Lydec, filiale du groupe Suez Environnement.
1997 - Signature en avril du contrat de gestion déléguée par l'Autorité Délégante, l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et Lydec (le Délégataire). Début des activités en août.
2003 - Le périmètre de la gestion déléguée inclut les Communes urbaines de Casablanca, Mohammedia et Aïn Harrouda, ainsi que 12 communes périphériques.
2005 - Introduction en bourse.
2009 - Signature d'un avenant au contrat de gestion déléguée par l'Autorité Délégante, l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et Lydec (le Délégataire), qui concrétise et finalise la première révision du contrat (2006-2009). Intégration de la gestion de l'éclairage public, qui devient le 4e métier de Lydec.
2010 - Emprunt obligataire d'un montant de 1,2 milliard de dirhams pour le financement du programme d'investissement.

3. Actionnariat :

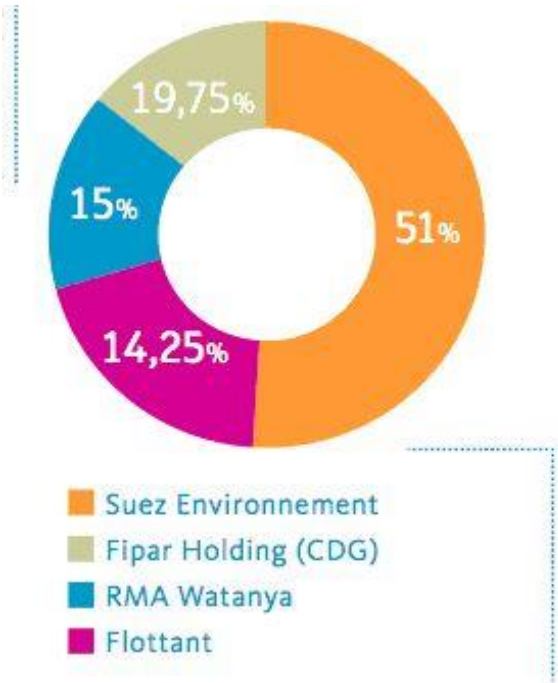


Figure 2 : Actionnariat de LYDEC

Depuis juillet 2005, Lydec est une entreprise cotée en bourse. Son capital se répartit de la manière suivante :

- Suez Environnement : 51%.
- Fipar Holding (groupe CDG) : 19,75%.
- RMA Watanya : 15%.
- Actionnariat flottant à la Bourse des valeurs de Casablanca : 14,25 %.

Suez Environnement

Les ressources naturelles ne sont pas infinies. SUEZ ENVIRONNEMENT (Paris : SEV, Bruxelles : SEVB), et ses filiales s'engagent au quotidien à relever le défi de la protection des ressources en apportant des solutions innovantes à des millions de personnes et aux industries. SUEZ ENVIRONNEMENT alimente 91 millions de personnes en eau potable, 63 millions en services d'assainissement et assure la collecte des déchets de près de 57 millions de personnes. Avec 80 410 collaborateurs, SUEZ ENVIRONNEMENT est un leader mondial exclusivement dédié aux métiers de l'eau et des déchets et présent sur les cinq continents. En 2011, SUEZ ENVIRONNEMENT, filiale détenue à 35,7% par GDF SUEZ, a réalisé un chiffre d'affaires de 14,8 milliards d'euros.

RMA Watanya

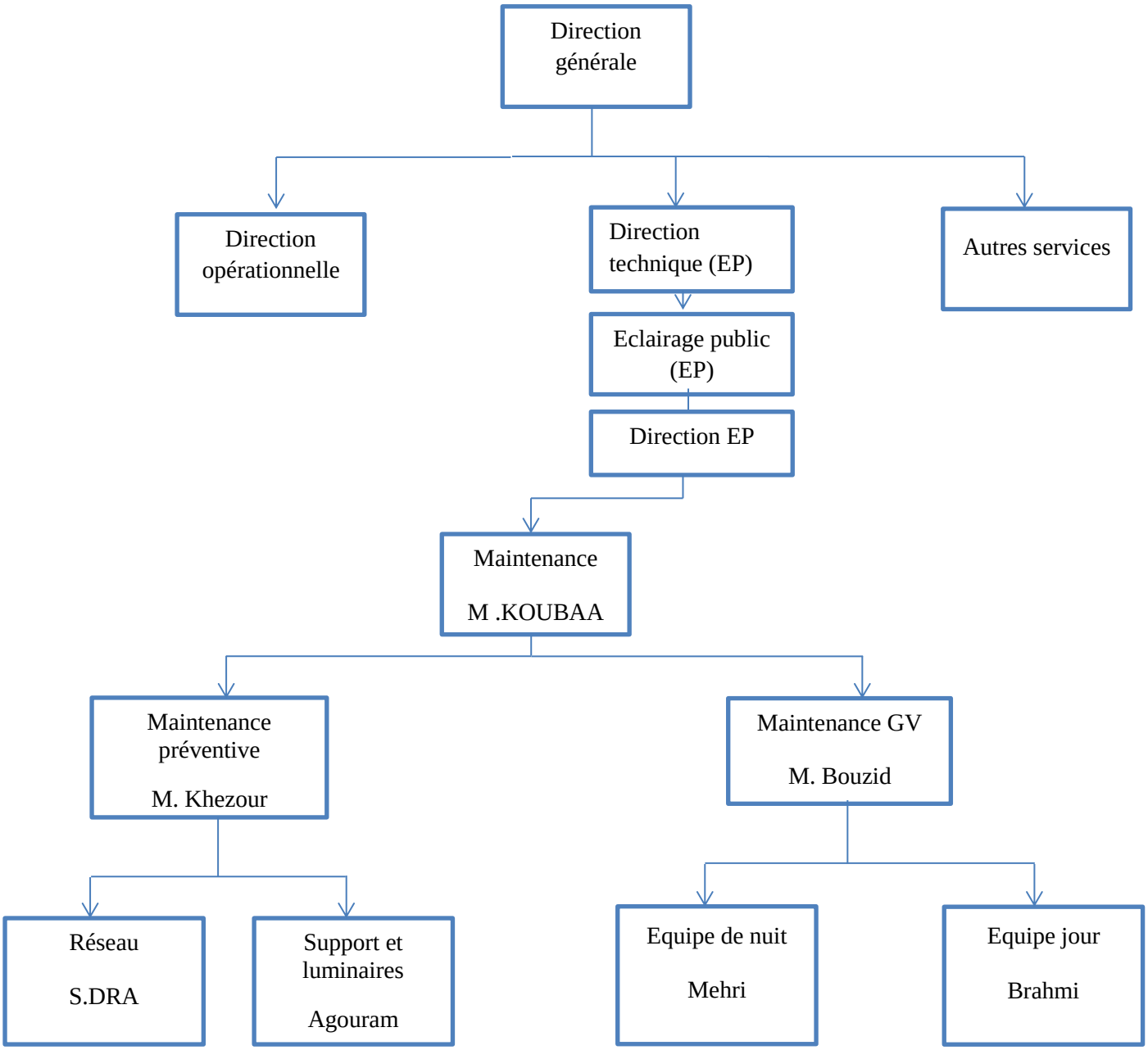
Filiale de FinanceCom, RMA Watanya est une compagnie d'assurance, née en 2005, de la fusion des compagnies RMA et Al Watanya. Le groupe a réalisé un chiffre d'affaires de 4 206 millions de dirhams en 2009. Il a rejoint le capital de Lydec en 2005.

Fipar Holding

Fipar Holding est la société d'investissement du groupe Caisse de Dépôt et de Gestion, premier investisseur institutionnel du pays. Fipar Holding a pour vocation de détenir des participations minoritaires et stratégiques dans les secteurs industriels, financiers et de services, avec un objectif de rendement financier à moyen et long terme.

4. Organisation générale:

Tableau 1 : Organisation générale de LYDEC.



Maintenance préventive : Réalise les travaux de la maintenance et de la mise à niveau du réseau EP sur tout le périmètre de la région déléguée.

Maintenance GV : En charge de la maintenance des points lumineux situés sur les alertes principales (grandes voies).

5. Cadrage du projet :

❖ *Contexte pédagogique :*

Ce stage s'inscrit dans le cadre d'un projet qui permet de compléter et de mettre en œuvre le savoir acquis durant les 3 ans de formation d'ingénieur en Mécatronique à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

❖ *Nom du projet* :

L'intitulé de ce projet est : Amélioration de la performance de la maintenance des installations de l'éclairage public en se basant sur les outils de Lean management.

❖ *Lieu de stage :*

Le maitre d'ouvrage est l'entreprise : LYDEC.

❖ *Maitre d'œuvre :*

La Faculté des Sciences et Techniques de Fès, filière ingénieur Mécatronique, présenté par :

- L'élève ingénieur, Younes ALHYAN.

❖ *Acteurs relais :*

Le projet a été réalisé sous le suivi et l'encadrement de :

- M. Mustapha KOUBAA, responsable de maintenance de l'éclairage public-LYDEC.
- M. Fahd KAGHAT, encadrant pédagogique.

❖ *Equipe d'accueil :*

Service: Eclairage public-LYDEC.

❖ *Durée du stage :*

Du 07 mars au 30 juin 2013.

❖ *Contexte de projet :*

Les points clés de notre projet définis au départ sont :

- Analyse des données statistiques et détermination des éléments névralgiques.
- Application des outils du Lean management.
- Elaboration des plans de maintenance préventive.
- Actions d'amélioration.
- Impact des moyens logistiques disponibles actuellement sur la performance de la fonction maintenance et analyse des stocks.

❖ *Outils de travail :*

Les principaux outils qu'on a utilisés lors de ce projet sont :

- Microsoft office : Pour tous ce qui concerne la saisie des fiches, des données, la traçabilité, la rédaction du rapport, la réalisation des diagrammes PARETO……
- SCHEMAPLIC : Pour dessiner les schémas électriques.
- Les retours d'expériences (ingénieurs, techniciens et opérateurs).

Chapitre N°2 :

Principe de fonctionnement des installations de l'éclairage public et analyse fonctionnelle:

Résumé :

Pour améliorer la performance de la maintenance d'un système, il est indispensable de faire un diagnostic de ce système, d'où l'objectif de ce chapitre qui vise à faire une étude complète sur les installations de l'éclairage public, son principe de fonctionnement et le rôle chaque équipement et à la fin faire une analyse fonctionnelle qui va nous permettre d'appliquer la méthode AMDEC.

1. Histoire de l'éclairage :

Figure 3: Histoire de l'éclairage résumé en images.

Depuis le début nous parlons d'éclairage public, Cette notion est connue de tous mais quelle en est au juste sa définition ? Dans beaucoup de dictionnaires se rapportant à l'aménagement, le vocable « éclairage public » n'est pas défini à l'exception de celui de Pierre Merlin et Françoise Choay qui définit l'éclairage public comme « la diffusion de la lumière artificielle dans les lieux publics afin d'assurer la sécurité des personnes et des biens, de prolonger les activités diurnes, d'embellir la ville et d'animer la ville » [Choay, Merlin 2000].

2. Définition :

Le réseau d'EP est un ensemble d'outils destinés à transformer l'énergie électrique en des radiations électromagnétiques visibles appelées *Lumière. En* d'autre terme, de produire la *lumière* à partir de l'électricité dans le but d'éclairer les rues, les voies et les espaces publics.

Ce réseau doit fonctionner automatiquement par le biais d'une horloge (installé à l'intérieur du poste de transformation) qui le met en ou hors service respectivement au *coucher* et au *lever* du soleil.

3. Décomposition technique d'une installation d'éclairage public :

3.1 Eléments du réseau EP :

✓ **Tableau EP :**

Il est situé à l'intérieur des postes de transformation, Il a pour rôle de relier le réseau d'éclairage public au réseau basse tension en assurant sa protection, sa commande et le comptage des consommations engendrées. Il comprend :

- Sectionneur à fusible : son rôle est de protéger l'installation contre les surintensités et de l'isoler, en cas de besoin, du transformateur.
- Compteur : il sert à comptabiliser l'énergie électrique consommée.
- Interrupteur général (disjoncteur différentiel en régime de neutre TT) qui sert à couper l'alimentation du réseau d'éclairage.
- Horloge : elle commande l'ouverture et la fermeture d'un contacteur, et par conséquent la mise en ou hors service du réseau EP.
- Contacteur : Commandé par l'horloge, il met en ou hors tension le réseau EP.
- Portes fusibles à cartouches : assurant la protection de chaque départ.
- Les départs : Ce sont les sorties des câbles à partir du poste. On distingue deux types de départs : départ pour réseau EP souterrain et départ pour réseau EP aérien.

3.2 Schéma général de l'installation EP :

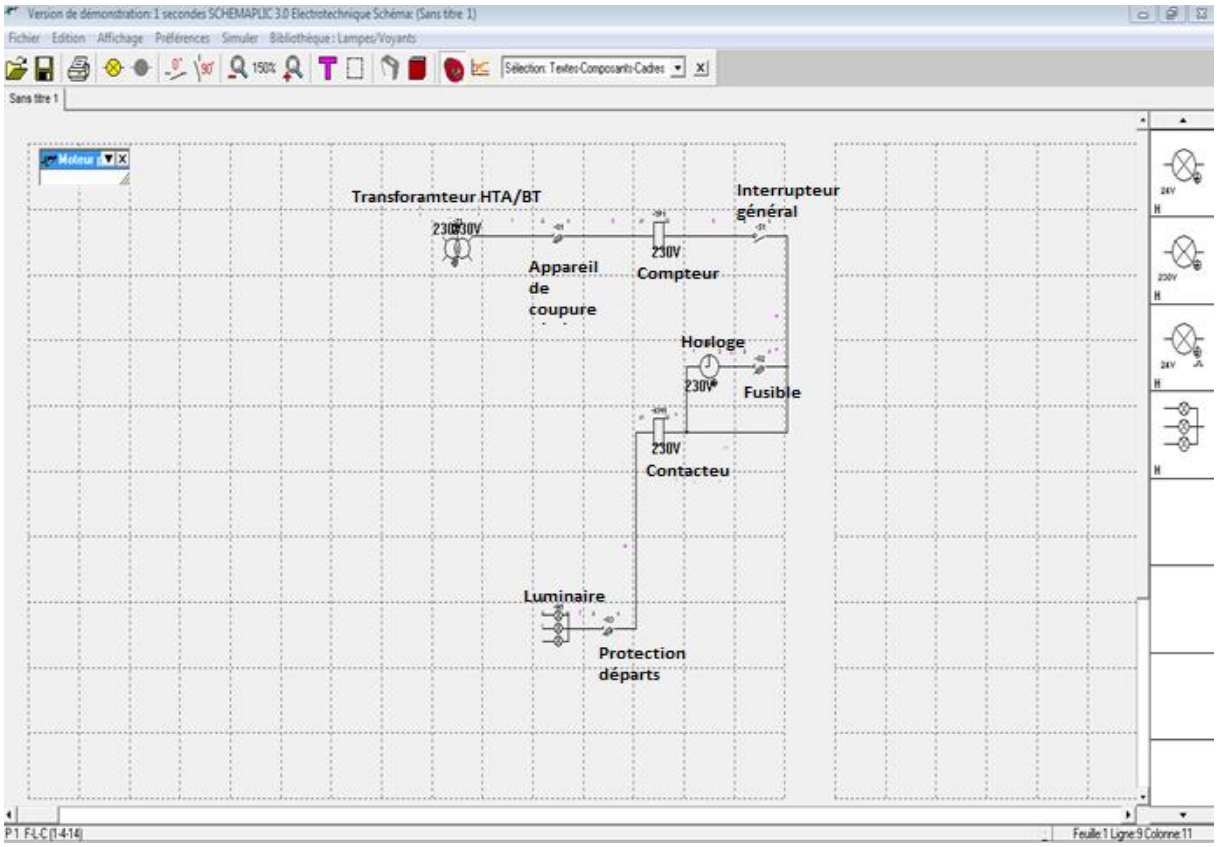


Figure 4 : Schéma général de l'installation EP.

3.3 Réseau EP :

3.3.1 Câbles électriques :

Il est réalisé avec des câbles électriques selon 3 principes :

- Le réseau enterré, sans entrainer un surcout excessif, présente entre autres avantages, l'absence de fils apparents dans le paysage urbain et une meilleure sécurité.
- Le réseau aérien sur poteau pratiquement, abandonné dans les nouvelles installations car inesthétique, est constitué de câbles reliant les candélabres entre eux.
- Réseau aérien en façade comporte des câbles torsadés accrochés à l'aide de colliers ou de pince d'ancrage sur les immeubles bordant la voirie. Il permet d'alimenter les appareils fixés sur les bâtiments.

Il existe deux types de réseau EP :

a. Réseau EP souterrain :

Les luminaires sont fixés sur des candélabres, leur alimentation est réalisée par un câble souple situé à l'intérieur du candélabre et branché au-dessous de ce dernier à une plaque à bornes qui sert au raccordement du câble armé et qui porte des fusibles pour la protection des luminaires.

b. Réseau EP aérien :

Les luminaires sont fixés sur des consoles et branchés directement entre la ligne EP et le neutre. On distingue deux types de réseau aérien :

- ✓ Réseau aérien des câbles nus.
- ✓ Réseau aérien des câbles torsadés : pour le branchement de luminaires dans ce réseau on utilise des connecteurs.

3.3.2 Les luminaires et les projecteurs :

Ce sont les éléments principaux d'un réseau EP ils servent à produire la lumière.

Pour l'éclairage des voies ou des rues on utilise des luminaires, les projecteurs sont réservés à l'éclairage des grands espaces et des carrefours importants.

Accessoires d'un luminaire :

- *Lampe* : source de la lumière.
- *Ballast* : c'est une self (bobine) nécessaire au fonctionnement de la lampe, son poids varie entre 0,5 et 4 Kg pour des puissances de 70W à 400W.
- *Amorceur* : il sert à l'amorçage de la lampe.
- *Condensateur* : pour améliorer le cos φ d'un luminaire.
- *Douille* : pour fixer la lampe au luminaire.

Composants d'un luminaire :

- Réflecteur : pour disperser le flux lumineux émis par la lampe.
- Vasque : pour protéger la lampe et le réflecteur contre la poussière.
- Couvercle : pour renfermer l'ensemble des accessoires.
- Colis : pour fixer le luminaire au candélabre ou à la console.

3.4 Les supports :

Ce sont des mâts métalliques qui servent à porter les luminaires à une certaine hauteur (généralement entre 3m et 22m).

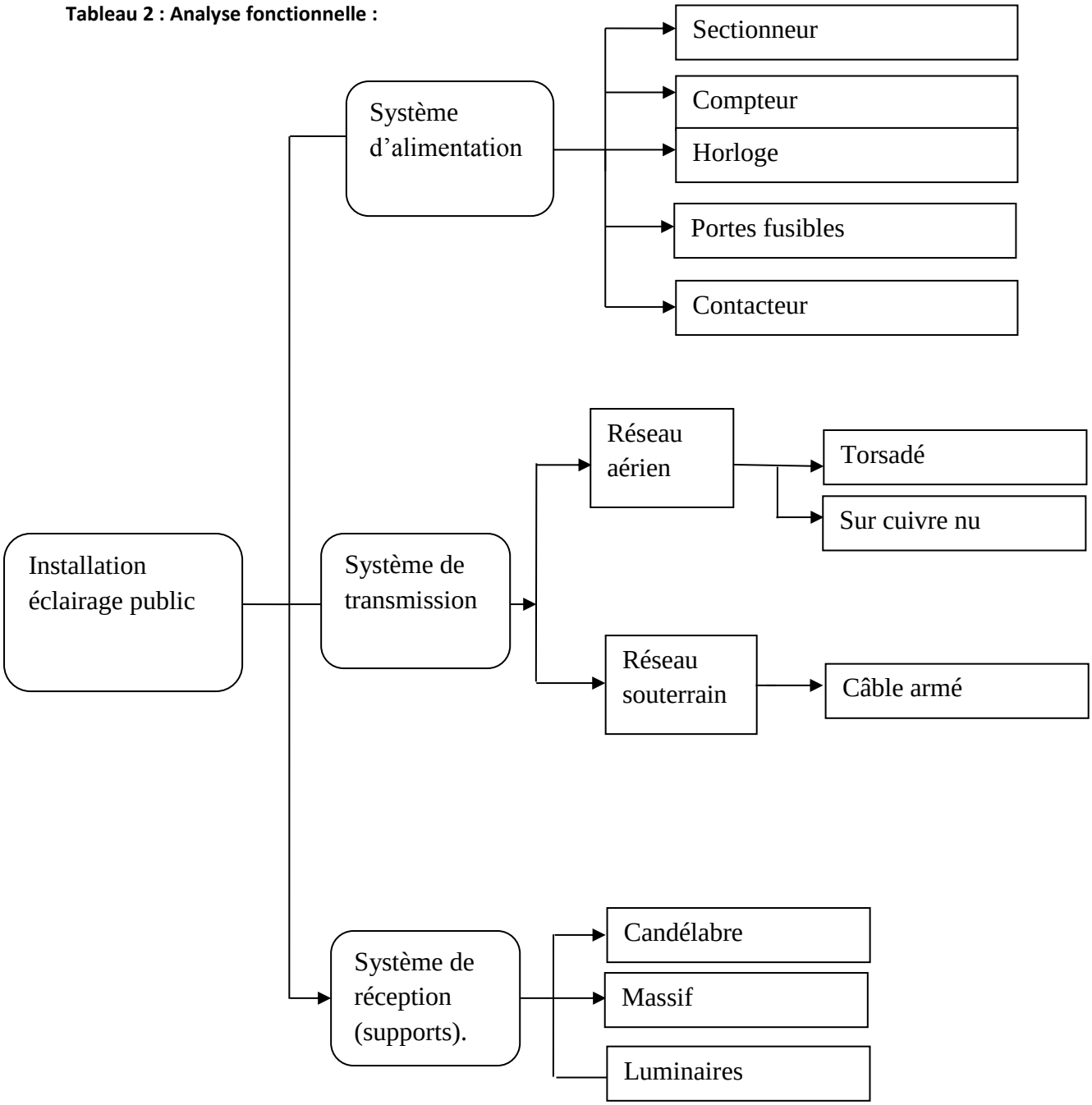
Tous les luminaires sont installés sur des supports: mâts, candélabres, consoles... Ces supports doivent répondre à plusieurs contraintes. Il est nécessaire qu'ils soient solides, qu'ils résistent aux efforts dus aux vents, qu'ils résistent également aux chocs dits normaux, aux intempéries et attaques physiques (corrosion)... Il faut également qu'ils permettent un entretien aisé et ne contraignent pas la maintenance des luminaires.

4. Analyse fonctionnelle :

- Arborescence fonctionnelle du système :

L'arborescence fonctionnelle c'est une méthode qui consiste à décomposer les fonctions principales d'un système en sous –fonctions nécessaires à son accomplissement tout en explicitant les équipements nécessaires à la réalisation d'une sous-fonction donnée.

Tableau 2 : Analyse fonctionnelle :



Après le diagnostic des installations de l'éclairage public, et afin d'assurer un meilleur fonctionnement de ces installations, il est nécessaire de suivre une politique de maintenance efficace, donc il est indispensable de faire une analyse des données d'où l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre N°3 :

Application de la méthode AMDEC :

Résumé

L'analyse AMDEC proprement dite consiste à identifier les disfonctionnements potentiels ou déjà constatés du système, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives. L'évaluation qualitative des défaillances a été menée avec les membres des équipes de maintenance et a permis d'identifier les modes, causes, effets et détections relatifs à chaque élément des équipements des installations EP. Après la réalisation de cette étude la proposition d'une politique de maintenance devient évidente.

1. Généralité sur la maintenance:

1.1.Introduction :

La fonction maintenance a été pendant longtemps, considérée comme une fonction secondaire dans l'entreprise entraînant des dépenses non productives. Aussi, se limitait-elle jusqu'au XIXème siècle à des opérations de graissage, de nettoyage et de réparation des pannes. Mais des accidents portant atteinte à la sécurité ont été à l'origine de l'élaboration d'une réglementation des visites des équipements au début du XIXème siècle. Ce genre de maintenance dit " systématique " étant très couteaux a entraîné dans les années soixante la naissance de la maintenance conditionnelle ou " par diagnostique ", ainsi que la prise en considération de l'aspect économique et le recours, d'une façon plus accentuée, vers la prévision de la défaillance.

1.2. Définition de la maintenance :

D'après l'AFNOR (NF X 60-010) :<<La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé>>.

- **Rétablir** : il consiste à ramener un système dans ses conditions de fonctionnement les plus optimales après un défaut.
- **Maintenir** : il consiste à effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité. **Maintenir** c'est maitriser le matériel.

De l'entretien à la maintenance :

Cette différence de vocabulaire n'est pas une question de mode, mais marque une évolution de concept. Le terme maintenance est apparu dans les années 1950 aux Etats unis.

Le terme <<maintenance >> se substitue à celui d'entretien qui signifie alors <<maintenance corrective>>.

Entretenir, c'est dépanner, réparer pour assurer le fonctionnement de l'outil de production : entretenir, c'est subir le matériel.

1.3. Les types de maintenance :

Maintenance corrective (extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994) :

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Maintenance préventive (extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994) :

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien service rendu. On peut subdiviser la maintenance préventive en trois types :

- *la maintenance systématique*, maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien, (extrait norme NF EN 13306 X 60-319).
- *la maintenance conditionnelle:* maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent, (extrait norme NF EN 13306 X 60-319).
- *la maintenance prévisionnelle:* maintenance partant de la surveillance de l'état du matériel et de la conduite d'analyses périodiques pour déterminer l'évolution de la dégradation du matériel et la période d'intervention.

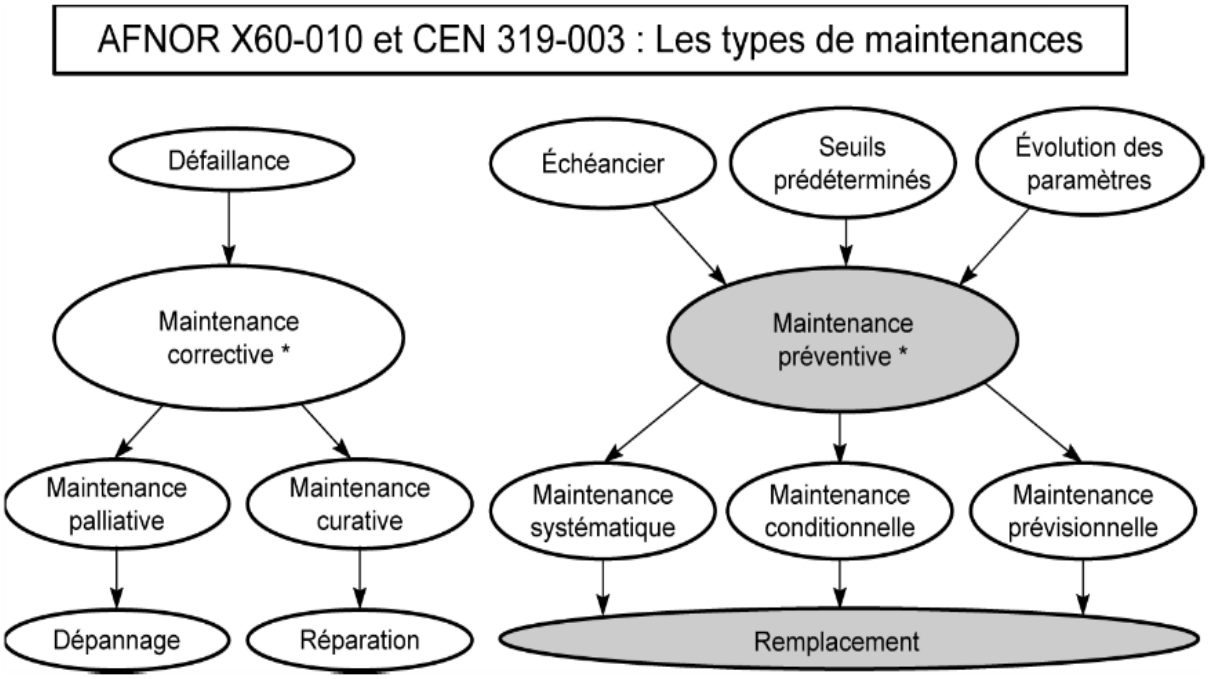


Figure 5 : Les types de maintenance selon les normes AFNOR X 60-010 et CEN 319-003

La première étape pour l'amélioration d'un processus est l'analyse des données.

La méthode Pareto est la méthode la plus connue pour l'analyse des données et la détermination des éléments névralgiques.

2. Définition générale de l'AMDEC :

L'AMDEC est une méthodologie qui vise à transformer la maintenance corrective en maintenance prédictive. Elle doit permettre d'évaluer la fiabilité d'un matériel en analysant

dans un premier temps de façon systématique les défauts que peut présenter ce matériel au cours de son utilisation puis d'améliorer dans un deuxième temps la fiabilité en modifiant les éléments susceptibles de causer ces défauts (actions correctives).

La méthodologie AMDEC utilise un vocabulaire précis. On parle de :

– **Défaillance** : non-fonctionnement ou fonctionnement non conforme aux spécifications. La défaillance s'exprime par une négation du besoin qu'il était prévu de satisfaire;

– **Mode de défaillance** : manière dont l'objet de l'AMDEC manifeste la défaillance. Un mode de défaillance est « perçu » par l'utilisateur.

Chaque mode de défaillance fait l'objet d'une fiche d'enregistrement sur laquelle sont notées toutes les informations issues des analyses;

- Cause : origine(s) de la défaillance.

– **Effet** : conséquence de la défaillance pour l'utilisateur de l'objet étudié. Cet effet correspond dans tous les cas à un mécontentement éventuel du client;

– **Fréquence ou occurrence** : probabilité d'apparition d'un défaut;

– **Détection** : probabilité de constater l'effet de la défaillance avant de détecter la cause de la défaillance. La détection s'effectue via les contrôles et procédures de l'entreprise;

– **Gravité** : conséquence de l'effet de la défaillance sur l'utilisateur mesuré.

– **Criticité ou indice de criticité** : appelé aussi indice de priorité du risque (IPR) ou nombre de priorité de risque (NPR). C'est le produit occurrence × détection × gravité. Il caractérise le niveau de fiabilité du système étudié. Plus l'indice est élevé, plus le traitement du mode de défaillance est urgent.

La méthode AMDEC a été développée selon plusieurs approches :
– AMDEC « produit » : concerne le produit dans sa phase de conception et vérifie sa conformité au cahier des charges (étude des composants de la nomenclature);
– AMDEC « processus » : concerne les produits par rapport à sa réalisation et permet de vérifier l'impact du processus sur la conformité du produit (étude des opérations de la gamme de fabrication);
– AMDEC « ressource de production » : concerne la fiabilité des moyens utilisés dans la fabrication des produits.

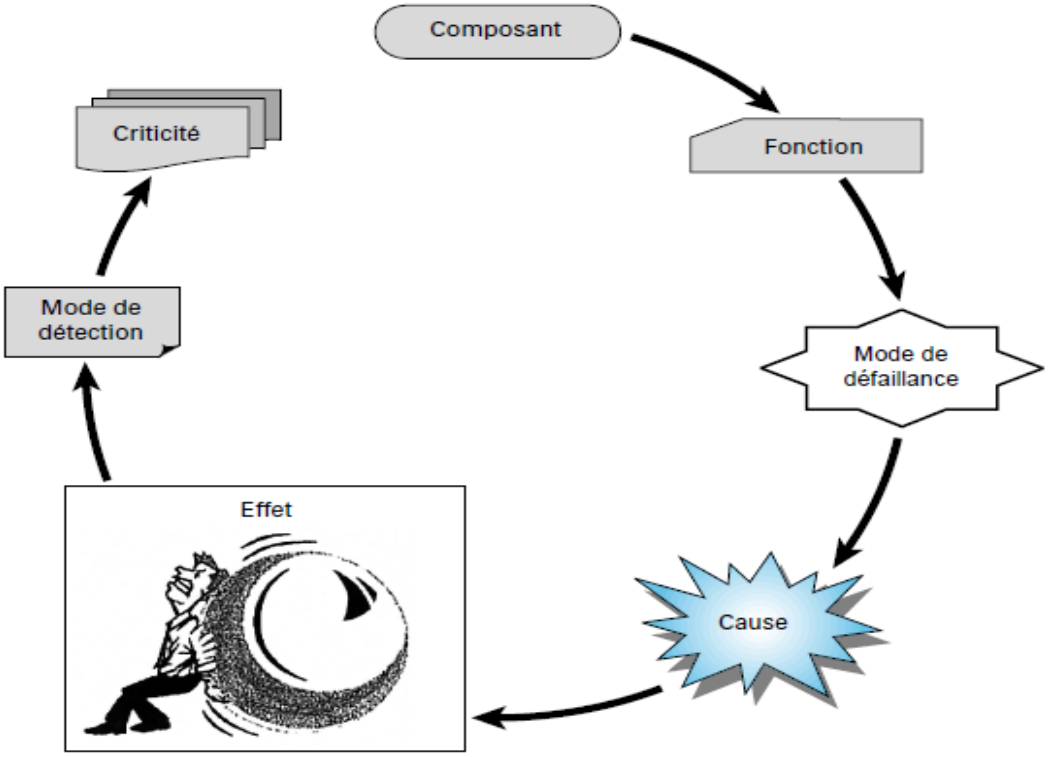


Figure 9 : Processus AMDEC

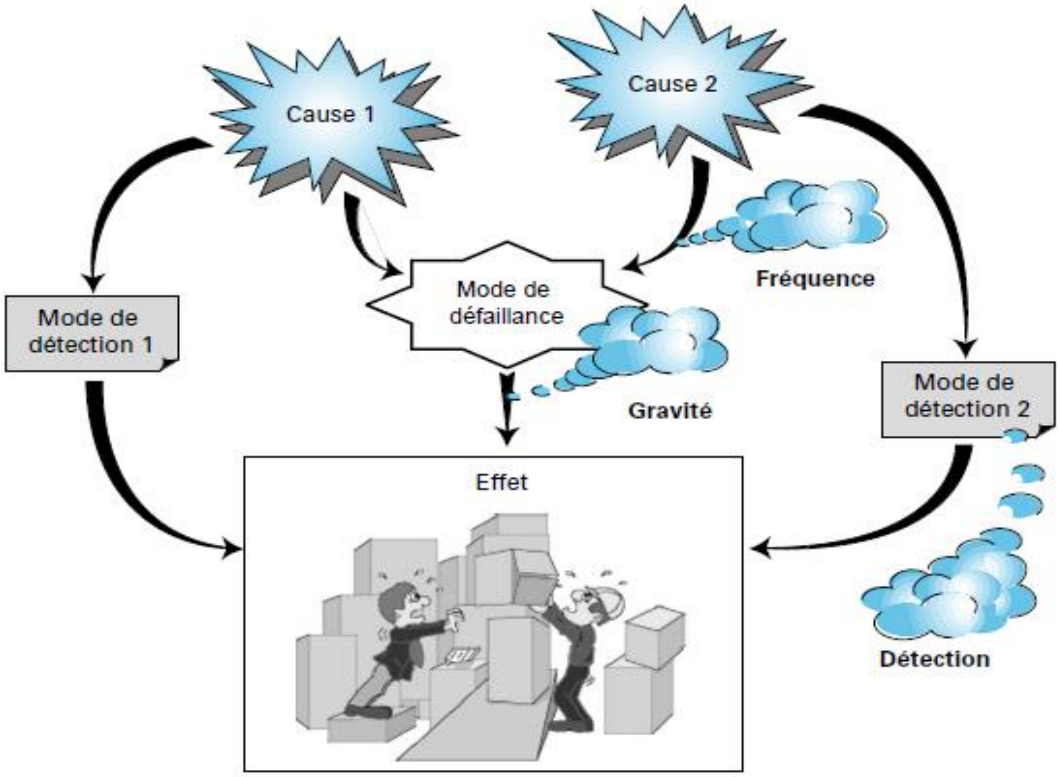


Figure 10 : Processus d'une défaillance

3. Méthodologie :

La réalisation d'une AMDEC comprend sept étapes :

3.1 Initialisation :

Une AMDEC peut être exigée dès le cahier des charges définissant un moyen de production ou par un contrat spécifique, pour toute nouvelle conception d'un bien d'équipement.

Elle est généralement prévue dans le planning et les ressources du projet. Dans ce cas, elle doit être engagée dès les premières phases de la conception du moyen de production et se poursuivre en phase d'étude lorsque les composants sont définis, et avant que la définition détaillée ne soit figée.

Les demandeurs d'une AMDEC sur un dispositif précis et le décideur ayant le pouvoir de mise en œuvre des actions correctives se fixent un délai et les limites de l'étude (niveau de précision, possibilités de remise en cause, etc.) qui doivent être consignés dans un dossier de synthèse AMDEC.

Ils doivent se réunir et préparer les supports nécessaires à l'étude du moyen de production, c'est-à-dire :

— sa représentation concrète qui le définit (cahier des charges, plans, nomenclatures des composants, gammes de fabrication et moyens de contrôle) ;

— sa décomposition fonctionnelle, qui comprend :

• un découpage du moyen de production en sous-systèmes jusqu'au niveau de décomposition souhaité (composant élémentaire ou module dont on peut faire l'échange standard),

• une description des fonctions réalisées par chaque composant sur les différents sous-systèmes, des liens de dépendance (ou de cause à effet) existant entre ces fonctions. Cette description des fonctions réalisées ainsi que les liens d'interdépendances entre composants sont formalisés dans des tableaux d'analyse fonctionnelle.

3.2 Constitution du groupe de travail

Le demandeur constitue un groupe de travail pluridisciplinaire qui est composé des personnes responsables et concernées pouvant apporter des informations nécessaires à l'analyse, grâce à leurs connaissances techniques ou à leurs expériences sur des moyens similaires.

L'étude AMDEC est animée par une personne ayant les compétences méthodologiques et la personnalité requise pour assurer l'organisation, le déroulement et l'animation de l'étude AMDEC.

L'étude est gérée par le pilote (le demandeur ou l'investisseur) assisté de l'animateur.

Le groupe de travail comprend impérativement :

— un représentant du service procédant à l'investissement du moyen de production ;

— le concepteur du moyen étudié ;

— un utilisateur futur du moyen étudié ;

— un mainteneur futur du moyen étudié.

Le groupe réunit aussi, en fonction des ordres du jour et des besoins spécifiques :

— un spécialiste ou expert d'un sujet traité ponctuellement ;

— les services Qualité, Fiabilité, Sécurité, Essais, Achats.

3.3 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) :

Pour chaque élément du moyen de production, le groupe de travail détermine et énumère dans la feuille AMDEC les éléments suivants.

- **Composant :**

Cette colonne permet d'inscrire la désignation du composant le plus précisément possible, ainsi que son repère de nomenclature s'il existe.

- **Fonctions du composant :**

Cette colonne permet d'inscrire la fonction réalisée par le composant dans le fonctionnement normal du dispositif étudié.

- **Modes de défaillance :**

Cette colonne permet d'inscrire le mode de défaillance qui correspond à la manière dont le composant peut être amené à ne plus assurer sa fonction. Le mode de défaillance s'exprime en termes physiques.

- **Causes :**

Cette colonne permet d'inscrire les causes ayant conduit à l'apparition de la défaillance du dispositif à travers le mode défaillance du composant.

- **Effets :**

Cette colonne permet d'inscrire les effets provoqués par l'apparition des modes de défaillance. Les effets sont les événements perçus par l'utilisateur du dispositif.

- **Détection :**

Cette colonne permet d'inscrire les modes de détection qui sont les signes provoqués par l'apparition de la défaillance, sans qu'elle n'ait encore généré l'apparition de conséquences.

3.4 Criticité - Indices nominaux

Lorsque l'AMDE (globale ou pour un composant) a été réalisée, une cotation des risques est effectuée pour toutes les défaillances précédemment identifiées.

L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la criticité, à partir de l'estimation des indices de fréquence, de gravité et de non-détection.

- *Indice F* : relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance. Cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. L'indice F est déterminé à partir du barème de cotation .La note octroyée est comprise entre 1 et 4.

- *Indice G* : relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de:

— continuité du service.

— sécurité des hommes ou des biens.

L'indice sanctionne uniquement l'effet le plus grave produit par le mode de défaillance, même lorsque plusieurs effets ont été identifiés.

L'indice G est déterminé à partir du barème de cotation.

La note octroyée est comprise entre 1 et 4.

-*Indice D* : relatif à la possibilité de détecter la défaillance (couple mode de défaillance - cause) avant qu'elle ne produise l'effet.

L'indice D est déterminé à partir du barème de cotation .La note est comprise entre 1 et 4.

Indice C : C = F ´ G ´ D qui permettra de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur à une limite constante et caractéristique du dispositif considéré. Il peut être contractuellement imposé. Le seuil de criticité varie en fonction des objectifs de fiabilité ou des technologies traitées.

- *Grille de cotation de la fréquence :*

Ces grilles ont été élaborées d'après l'expérience des équipes de maintenance et de l'historique des pannes :

Tableau 3 : Grille de cotation de la fréquence.

Fréquence (F)	Définition des niveaux.
1	Fréquence d'apparition des pannes est rare
2	Fréquence d'apparition des pannes est faible
3	Fréquence d'apparition des pannes est moyenne
4	Fréquence d'apparition des pannes est élevée

- *Grille de cotation de la gravité :*

Tableau 4 : Grille de cotation de la gravité.

Gravité (G)	Définition des niveaux.
1	La défaillance ne produit aucune dégradation notable pour l'installation.
2	La défaillance représente un fonctionnement anormal pour l'installation.
3	La défaillance entraine le disfonctionnement d'une partie de l'installation et/ou risque de présenter un danger pour l'homme.
4	La défaillance entraine le disfonctionnement de toute la ligne et/ou risque de présenter un danger pour l'homme.

- *Grille de cotation de la détection :*

Tableau 5 : Grille de cotation de la détection.

Détection (D)	Définition des niveaux.
1	A coup sûr.
2	La défaillance est décelable avec une certaine recherche.
3	La recherche de la défaillance n'est pas facile.
4	La défaillance n'est pas décelable ou encore sa localisation nécessite une expertise approfondie.

3.5 Actions correctives

L'ensemble des colonnes actions correctives permet de définir les mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques.

Une diminution de la critique peut être obtenue :

— par la mise en œuvre de modifications ou d'améliorations de la conception de l'installation, qui permettront :

• Diminuer la fréquence d'apparition de l'aléa,

• soit de rendre le moyen de production plus maintenable (diminuer le temps d'immobilisation par la réduction des effets des défaillances) ;

— par la mise en œuvre de dispositions organisationnelles concernant la maintenance ou la conduite de l'installation (exemple : définir la gamme de maintenance préventive, écrire les modes opératoires de réglage, mettre en stock des pièces de rechange, etc.).

Le choix du type d'action corrective à mettre en place doit être guidé par le critère le plus pénalisant dans la note de criticité.

3.6 Criticité - Indices finaux

Lorsque la définition d'une action corrective a été réalisée, une cotation des risques après mise en œuvre de l'action corrective est effectuée.

L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la nouvelle criticité, à partir de l'estimation des nouveaux indices de fréquence, de gravité et de non-détection. La nouvelle criticité est inscrite dans l'ensemble de colonnes en utilisant le même barème de cotation que celui ayant servi à la cotation initiale.

- **Indice F** : l'amélioration de la note de fréquence F s'obtient par une action sur la fiabilité du composant analysé ou sur les conditions d'utilisation ou par une action de maintenance préventive systématique, etc. C'est l'action à rechercher en priorité.
- **Indice G** : l'amélioration de la note de gravité G s'obtient par une action sur la maintenabilité ou sur l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. Cela peut entraîner des modifications de conception (suivi de la qualité produite, confinement des risques, etc.).
- **Indice D** : l'amélioration de la note de non-détection D s'obtient en agissant sur la validation de la conception (calculs, essais, etc.), et/ou sur une aide à la supervision, par une maintenance préventive.
- **Indice C** : C = F ´ G ´ D, qui permettra de quantifier le progrès réalisé.

Une fois les actions correctives identifiées et déterminées, le décideur validera la mise en application des actions correctives proposées par le groupe, en tenant compte des délais prévus, des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance.

3.7 Suivi :

Le suivi est un aspect fondamental pour le succès de la mise en œuvre de l'AMDEC. Pour toutes les mesures décidées, des responsables ont été désignés et un plan d'action permet de définir les actions précises découlant des modifications envisagées.

Le suivi va permettre de vérifier que toutes les actions décidées ont été réalisées et que les nouvelles valeurs de criticité sont effectivement atteintes. Pour avoir une image globale du degré de confiance que l'on peut donner au moyen de production, on peut tracer l'histogramme des criticités.
Cette représentation facilite le suivi des améliorations ultérieures.

4. Application de l'analyse AMDEC :

L'analyse AMDEC est élaborée selon les données et selon le retour d'expérience des équipes de maintenance.

4.1 AMDEC des postes d'alimentation :

Tableau 6 : AMDEC des postes de transformation.

		Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC).									***Rédacteur :*** ***Younes ALHYAN***
		Système : Installation EcP Sous système : Poste de transformation.			Phase de fonctionnement :		Date de l'analyse :				
Elément		**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effet**	**Détection**	**Criticité**				**Actions correctives.**
							F	G	D	C	
Poste	Fusible	Protection contre les températures excessives.	Fusible sauté.	-Court-circuit. -Phase à la terre. -Surcharge.	Manque de phase.	Mesure	3	2	2	**12**	-Insérer le fusible et vérifier le calibrage. -Test câble.
	Horloge	commander automatiquement l'éclairage suivant l'heure de lever et de coucher du	Horloge dérèglée.	Erreur programme.	Eclairage aléatoire.	Visuelle.	2	2	1	**4**	-Vérification du programme.

		soleil.									
	Contacteur	Ouvrir et fermer le circuit.	Contacteur défectueux.	-Surcharge. -Mauvais serrage. -Mauvais conception. -Usure du circuit magnétique.	Pas d'éclairage.	Mesure	2	4	2	**16**	-Remplacer le contacteur. -Application de la maintenance Conditionnelle (thermographie infrarouge).
	Conducteurs	Liaison entre les éléments du tableau.	Manque de phase.	Mauvais serrage.	Installation EcP non performante.	Mesure	1	2	2	**4**	-Vérifier le serrage.
			Echauffement	-Mauvais serrage. -Section trop faible. -Surcharge.	Installation EcP non performante.	Mesure	2	1	3	**6**	-Vérifier le serrage. -Vérifier l'adéquation section/courant. -Changer les conducteurs. -Maintenance conditionnelle.
	Sectionneur	Couper l'alimentation en tension.	Sectionneur non conforme	Vieillissement Mauvais calibrage.	Installation EcP non performante.	Mesure	1	4	2	**8**	-Changement du sectionneur. -Maintenance conditionnelle.

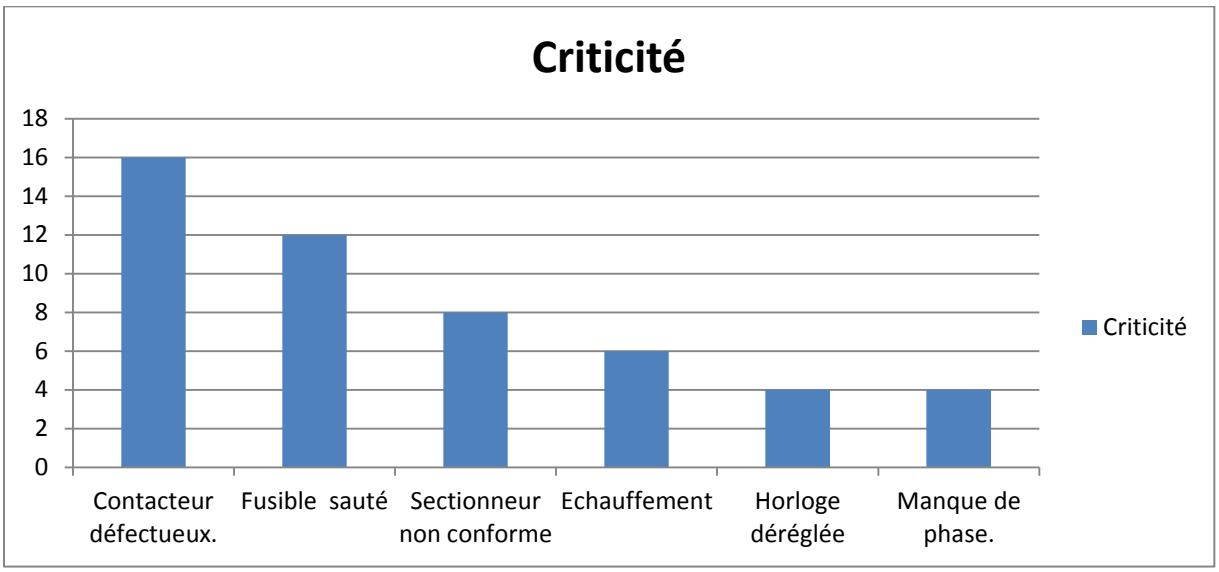


Figure 5 : Classement de criticité des postes.

Seuil de criticité :

Ce seuil a été fixé selon les moyens disponibles pour agir :

Tableau 7 : Seuil de criticité des postes.

C<6	**Modes de défaillance non critique.**
C≥6	**Modes de défaillance nécessite une maintenance préventive.**

4.2 AMDEC des réseaux :

Tableau 8 : AMDEC des réseaux

		Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC).										***Rédacteur :***
		Système : Installation EcP. Sous système : Réseau.			Phase de fonctionnement :		Date de l'analyse :					***Younes ALHYAN***
Elément		**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effet**	**Détection.**	**Criticité**					**Actions correctives.**
							F	G	D	C		
Réseau.	Câble	Transmission de l'énergie électrique.	Fusion du conducteur.	-Court-circuit. -Surcharge.	Pas de lumière en aval.	Mesure.	2	3	2	**12**		Insérer les fusibles et vérifier le calibrage.

			Câble détérioré.	-Coup circuit. -Manque de boite jonction	Pas de lumière en aval.	Mesure.	4	3	2	**24**	-Réparer le câble. -Mise en place du boitier et vérification de la connexion.
			Déséquilibrage des courants.	Surcharge sur l'une des phases.	Installation EcP non performante.	Mesure.	2	1	2	**4**	-Equilibrage de l'installation
			Phase nu à la terre.	Manque isolation.	Réseau non équilibré.	Mesure	3	2	1	**6**	-Isoler les conducteurs.
			Nourrice EcP détériorée.	-Coup circuit	Pas de lumière dans toute la ligne.	Mesure	2	2	2	**8**	-Réparer le câble.
Luminaire.	Eclairer.		Lampe grillée.	-Manque de fusible de protection des luminaires. Vieillissement -Court-circuit. -Réseau déséquilibré.	Manque éclairage.	Visuelle.	4	2	1	**8**	-Changer la lampe. -Insérer un fusible au niveau du candélabre. -Equilibré le réseau.
			Manque luminaire.	Vieillissement -Mauvais fixation.	-Pas d'éclairage au niveau du candélabre.	Visuelle.	4	2	1	**8**	-Poser un luminaire. -Vérifier la fixation.
			Accessoire menace de tomber.	-Fin de vie. -Mauvais fixation.	Eclairage non performant.	Visuelle	3	3	1	**9**	-Fixer l'accessoire.

		Lampe clignote.	-Réseau déséquilibré. Température de la lampe trop élevée. -Lampe en fin de vie.	-Mauvais éclairage	Visuelle	4	1	1	**4**	Changement de la lampe. -Vérifier la compatibilité lampe / appareillage, la tension réseau. -Equilibrer le réseau.
		Manque élément luminaire.	Mauvais fixation	Pas d'éclairage au niveau du candélabre.	Visuelle	4	2	1	**8**	-Déposer l'élément manquant. -Gestion des pièces de rechange.
		Bruit au niveau du luminaire.	Mauvais raccordement du ballast.	Eclairage non performant.	Visuelle	3	1	1	**3**	Changement du ballast. -Vérifier le bon raccordement du ballast.
		Console risque de tomber.	Vieillissement	Eclairage non performant.	Visuelle	3	2	1	**6**	-Régler la console.
		Luminaire mal orienté.	Vieillissement-Influence externe. -Mauvais fixation.	Eclairage non performant.	Visuelle	3	1	1	**3**	-Régler le luminaire.
		Console manquante.	Vieillissement	Candélabre non éclaire.	Visuelle	3	2	1	**6**	-Poser la console.

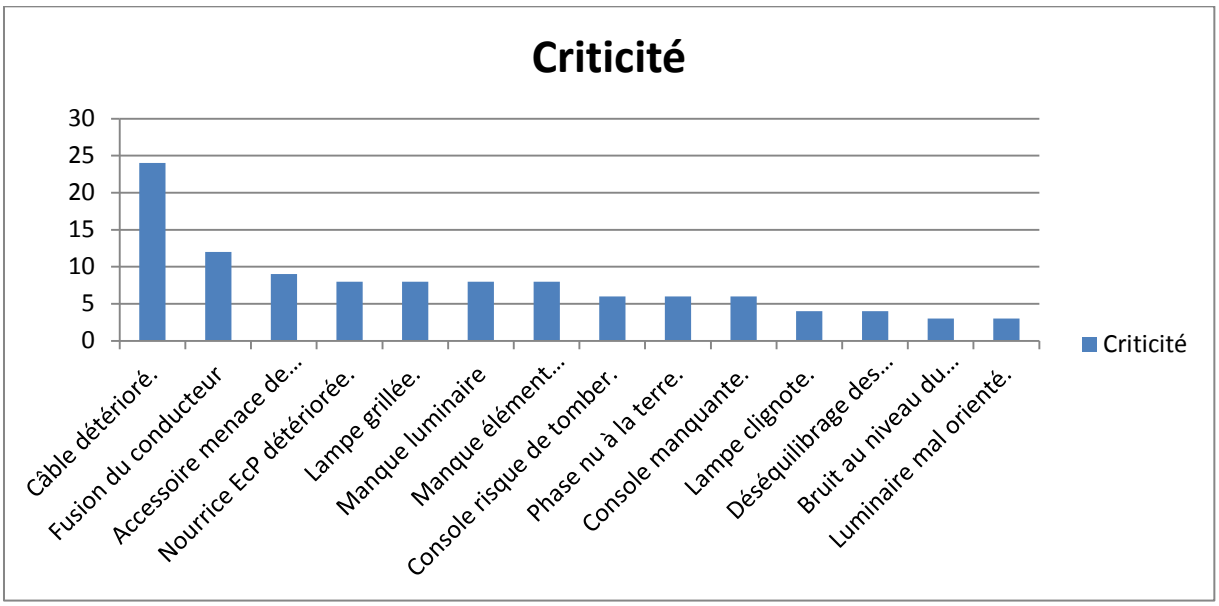


Figure 6 : Classification des éléments des réseaux selon leur criticité.

Seuil de criticité : Ce seuil a été fixé selon les moyens disponibles pour agir :

Tableau 9 : Seuil de criticité des réseaux.

C<4	**Modes de défaillance non critique.**
C≥4	**Modes de défaillance nécessite une maintenance préventive.**

Les éléments critiques seront entamés dans le chapitre 5.

4.3 AMDEC des supports:

Tableau 10 : AMDEC des supports

		Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC).									
		Système : Installation EcP. **Sous système : Support.**			Phase de fonctionnement :		Date de l'analyse :				
Elément		**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effet**	**Détection.**	**Criticité**				**Actions correctives.**
							F	G	D	C	
Candélabre	Portillon	Protection contre les contacts directs.	Manque portillon.	-Mauvais serrage. -Portillon	Danger électrique.	Visuelle.	4	3	1	**12**	-Poser des portillons. -Disposer des pièces

				enlevé.							de rechange
	Poteau	Supporter les luminaires.	Tomber.	-Massif détérioré. -Influence externe.	-Sécurité des personnes. - Candélabre non allumé.	Visuelle	4	1	1	**4**	- Constructio n massif. - Etablir un plan pour le test candélabre.
			Manquant cône jaune.	Indisponibilité du cône jaune.	Danger électrique.	Visuelle	3	2	1	**6**	-Poser le cône jaune.
			Accidenté.	Influence externe.	- Candélabre non allumé.	Visuelle.	3	3	1	**9**	-Réparer ou changer le poteau.
	Pylône.	Supporter les luminaires.	Rouillé.	Vieillissement. Corrosion et humidité.	-Diminue la durée de vie du pylône.	Visuelle.	1	4	1	**4**	Recouvrir d'une peinture antirouille les impacts. Protection contre la rouille

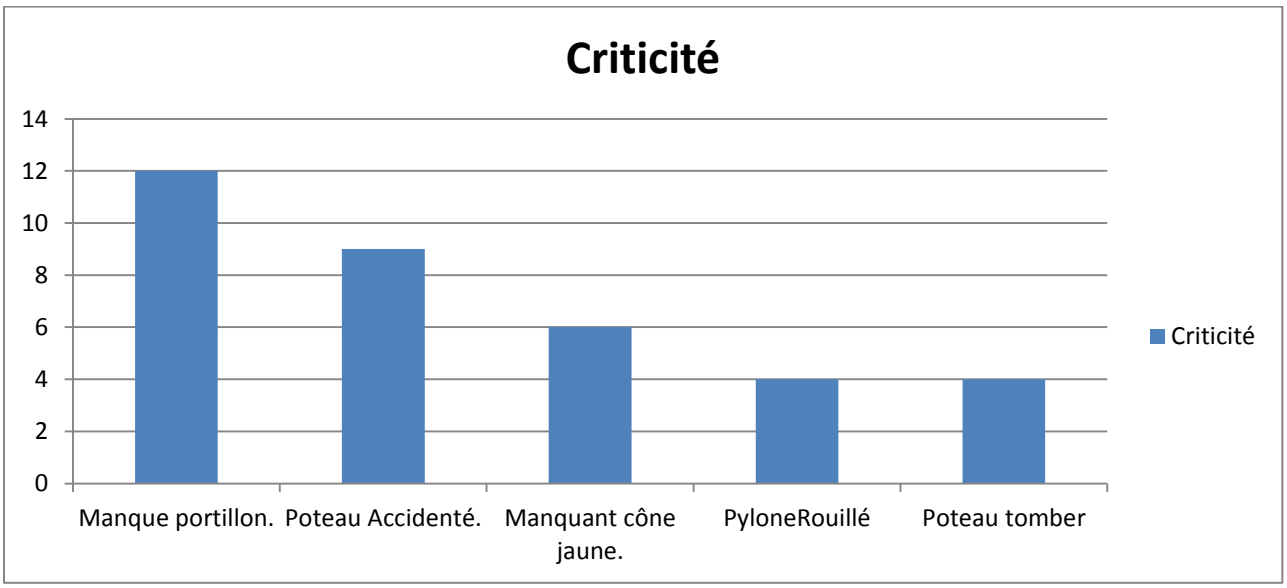


Figure 7 : Classification des éléments du réseau selon leur criticité.

Seuil de criticité :

Ce seuil a été fixé selon les moyens disponibles pour agir :

Tableau 11 : Seuil de criticité des supports.

C<4	**Modes de défaillance non critique.**
C≥4	**Modes de défaillance nécessite une maintenance préventive.**

Ces seuils définit précédemment ils seront tenu en compte pour proposer des actions amélioratrices.

Afin d'améliorer ces modes de défaillances critiques, il est indispensable d'élaborer des plans de maintenance préventive qui permettrons de définir une stratégie pour améliorer le fonctionnement des installations, d'où l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre N°4 :

Les plans de maintenance préventive:

Résumé

Les plans de maintenance sont déterminés sur la base des périodes d'intervention déjà établies, de l'expérience de service de maintenance, ainsi que les documents des constructeurs. Outre les interventions d'échange, les plans de maintenance comportent aussi des contrôles et interventions standards qui ont pour objectifs de supprimer les causes d'éventuelles défaillances potentielles.

1. Définition de la maintenance préventive :

D'après AFNOR X 60-010 : la maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien permettant de retarder et de planifier les interventions.

2. Les plans de maintenance préventive :

L'élaboration des plans de maintenance se fait au niveau d'une unité de maintenance.

Elaborer un plan de maintenance préventive, c'est décrire toutes les opérations de maintenance préventive qui devront être effectuées sur chaque organe. La réflexion sur l'affectation des opérations de maintenance se fait en balayant tous les organes de décomposition fonctionnelle et en tenant compte de leur technologie, de leur environnement, de leur utilisation, de leur probabilité de défaillance et de leur impact sur la production et sur la sécurité (humaine et matérielle).

L'affectation des opérations de visite ou de contrôle a comme objectif de détecter les effets de dysfonctionnements qui peuvent arriver sur chacun de ces organes.

Il faut donc avoir connaissance de la nature, de la gravité et de la probabilité d'apparition des défaillances.

Pour chaque organe, lors de l'affectation des opérations et de la définition des périodicités, on se pose la question (Est-ce nécessaire et suffisant ?) afin de conforter la réflexion.

Lorsque la fréquence des contrôles est élevée, en raison de la probabilité importante de l'apparition de défaillance, On devra tenter de trouver la solution pour éliminer complètement ce dysfonctionnement.

- **Niveau** :

Les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité en cinq niveaux .Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme NF X 60-010.

Tableau 12 : Les niveaux de maintenance :

Nivaux	Explication
Niveau 1	Il s'agit essentiellement de contrôle et de relevés des paramètres de fonctionnement de l'installation.
Niveau 2	Il s'agit des opérations de maintenance préventive qui sont régulièrement effectués sur les équipements.
Niveau 3	Il s'agit des opérations de maintenance préventive, curative, de réglages et de réparations mécaniques ou électriques mineurs.
Niveau 4	Il s'agit des opérations importantes ou complexes.
Niveau 5	Il s'agit des opérations lourdes de rénovation ou de reconstitution d'un équipement.

- **Travaux à exécuter :**

Cette partie comporte la description succincte des opérations appliquées sur des organes.

- On met une croix dans les deux colonnes suivantes :

– **Sous tension** : pour l'opération qui pourrait se faire sous tension.
– **Hors tension** : pour l'opération qui doit être faire hors tension.

- **Périodicité** :

Pour la détermination de la périodicité d'entretien on s'est basé sur les documents des constructeurs et le MTBF. Sachant que Le MTBF est la valeur moyenne des temps entre deux défaillances consécutives. Pour une période donnée de la vie d'un matériel.
La MTBF, ou moyenne des temps de bon fonctionnement, est la valeur moyenne des temps entre deux défaillances consécutives. Pour une période donnée de la vie d'un matériel.

$$MTBF=\frac{\sum_{i=0}^{n} TBF_i}{n}$$

TBF= temps de bon fonctionnement.

n=Nombre de pannes sur une période.

Par principe, la visite systématique est déclenchée juste avant l'apparition de la défaillance

La périodicité de visite est alors :

$$T=k.\ MTBF$$

Avec K le coefficient d'optimisation ou paramètre économique.

T= Périodicité de visite.

Plus on choisit k petit, moins il y a de maintenance corrective résiduelle. Mais si on intervient plus souvent, on augmente les coûts directs et le gaspillage.

Dans ce projet nous avons choisis ce paramètre économique égal à 0,96.Ce choix est justifié par :

- Le temps entre deux pannes successives est très grand.
- Nombre des équipements à maintenir et très important.
- Les coûts indirects de la maintenance.

2.1 Calcul de la périodicité :

On calcul la périodicité des interventions par les relations mentionnées précédemment.

Tableau 13 : Calcul de la périodicité :

Equipement	MTBF (mois)	K	Périodicité (mois)
Horloge	6,6	0,96	6
Portillon	12,4	0,96	12
Lampe	12,5	0,96	12

2.2 Plan de maintenance préventive des postes de transformations ;

Ce plan a été établi à partir des documents constructeurs et des relations mentionnées précédemment :

Tableau 14 : Plan de maintenance des postes.

Plan de maintenance préventive :	**Service : Eclairage public**				**Equipe : Poste.**
	Atelier : Maintenance.				
Equipement :	Niveau	Sous tension	Hors tension	Périodicité	Travaux à exécuter.
Disjoncteurs	3	*		1 fois/an	• Fixation et isolation. • Contacts. • Calibre des fusibles. • Facilité de manœuvre. • Raccordement.
Sectionneurs	3	*		1 fois/an	• Fixation et isolation. • Contacts. • Facilité de manœuvre. • Raccordement
Installation et fixation.	3		*	1 fois/an	
Mesure de la charge	3	*		2 fois/ an	Mesurer l'ampérage pour chaque départ.
Horloge :	3		*	2 fois/ an	• Vérifier le calibrage du fusible de protection de l'horloge. • Repérage de l'horloge (Auto, manuel, Arrêt).
Contacteurs :	3		*	1 fois/an	• Fixation. • Contacts. • Partie mobile. • Raccordements.
Jeux de barre :	3		*	1 fois/an	• Serrage. • Support. • Raccordements.
Compteur :	3	*		1 fois/an	• Vérification du branchement. • Nettoyage.

2.3 Plan de maintenance préventive des réseaux :

Ce plan a été établi à partir des documents constructeurs et des relations mentionnées précédemment :

Tableau 15 : Plan de maintenance des réseaux :

Plan de maintenance préventive : Service : Eclairage public Equipe : Réseau. Atelier : Maintenance.					
Equipement :	Niveau	Sous tension	Hors tension	Périodicité	Travaux à exécuter
Luminaire.	2	*		1fois/an	-Pièces de liaison(1). -Câble d'alimentation (2). -Câblage (3). -Appareillage (4).
Fusible.	3	*		1fois/an	Vérifier le calibrage des fusibles de protection des luminaires.
Lampes.	2		*	1fois/an.	Vérifier l'état des lampes.
	2		*	3ans.	Changement des lampes

(1) Pièces de liaison :

- Vérifier le bon serrage de la boulonnerie et visserie, dégripper si nécessaire (dispositif de fixation sur le support, capot, dispositif de fermeture).

(2) Câble d'alimentation :

- Vérifier l'emmanchement correct et les réglages angulaires.
- Vérifier l'état extérieur du câble support/lanterne (absence de coupure, torsion) Signaler les dégradations.

(3) Câblage :

- Vérifier l'agencement des câbles et leur état.
- Vérifier l'état mécanique et électrique des connections.

(4) Appareillage :

- Contrôle visuel des composants (ballast, condensateur, amorceur).
- Vérifier la bonne fixation des composants de la platine.

2.4 Plan de maintenance préventive des supports :

Ce plan a été établi à partir des documents constructeurs et des relations mentionnées précédemment :

Tableau 16 : Plan de maintenance des supports :

Plan de maintenance préventive : Service : Eclairage public Equipe : Support. Atelier : Maintenance.					
Equipement :	Niveau	Sous tension	Hors tension	Périodicité	Travaux à exécuter
Candélabre.	4		*	6 ans	-Test de la résistance du candélabre.
Portillon.	1		*	1 an.	-Vérifier le serrage des portillons.
Pylônes.	2		*	3ans	Peinture antirouille pour les pylônes.
Massif.	1		*	6 ans	-Visualisation du massif. -Perpendicularité du massif par rapport au sol. -Compactage du sol autour du massif.

La mise en œuvre de ces plans de maintenance permettra sans doute de supprimer les causes d'éventuelles défaillances potentielles.

Ces plans peuvent être plus efficients avec l'implantation des nouvelles techniques, le chapitre suivant a pour objectif de décrire ses techniques.

Chapitre N°5 :

Actions d'amélioration:

Résumé

Dans ce chapitre nous avons proposé des améliorations dans le cadre de la nouvelle politique de maintenance, qui visent à améliorer la performance de la maintenance et la sécurité des personnes.

1. Actions amélioratrices pour le tableau EP :

D'après l'analyse AMDEC déjà faite, les éléments critiques qui nécessitent une maintenance préventive (C≥6) sont :

- ✓ Contacteur défectueux.
- ✓ Fusible sauté.
- ✓ Sectionneur défectueux.
- ✓ Horloge défectueuse.
- ✓ Echauffement

La technique de maintenance préventive qui permet d'agir sur toutes les défaillances critiques est la thermographie infrarouge.

1.1 Thermographie infrarouge

Dans la suite nous allons aborder la théorie de la thermographie, en donnant des rappels et des définitions en ce qui concerne le rayonnement de la matière, ensuite, nous allons présenter les appareils de mesure.

- **Définition :**

La thermographie infrarouge (TIR) est la science de l'acquisition et de l'analyse d'informations thermiques à l'aide de dispositifs d'imagerie thermique à distance. La norme française A 09-400 définis la Thermographie Infrarouge comme « Technique permettant d'obtenir au moyen d'un appareillage approprié l'image thermique d'une scène thermique dans un domaine spectral de l'infrarouge ». La thermographie infrarouge est utilisée dans le domaine de la surveillance conditionnelle de fonctionnement pour optimiser les tâches de maintenance sans interrompre le flux de production, et réduire au maximum les couts d'entretien.

- **Principe :**

Tout corps dont la température est supérieure à zéro absolu émet un rayonnement électromagnétique. Et on est capable de détecter ce rayonnement sous la forme de sensation de chaleur.

La Thermographie infrarouge est la technique permettant de mesurer, par l'intermédiaire d'un détecteur, la puissance de rayonnement électromagnétique dans le spectre des infrarouges, émis par chaque point d'une scène ou d'un objet observé.

Le détecteur ou caméra infrarouge reçoit ce rayonnement, le convertit en signal électrique et reconstitue sur un écran une image thermique visible de l'objet émetteur. Cette image est le thermogramme.

Le thermogramme est constitué par l'ensemble des points de valeurs de mesures thermiques. Ces valeurs thermiques (en °C) sont obtenues par transcription des valeurs radiométriques données par la caméra infrarouge.

- **Le spectre électromagnétique :**

La lumière visible, les ondes radio, TV, les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques. Le domaine visible s'étend des longueurs d'onde allant de 0,4 à 0,8 µm. La bande infrarouge [figure 8] s'étend de 0,8 à 1000 µm. En thermographie infrarouge, on travaille généralement dans une bande spectrale qui s'étend de 2 à 15 µm et plus particulièrement dans les fenêtres 2-5 µm et 7-15 µm.

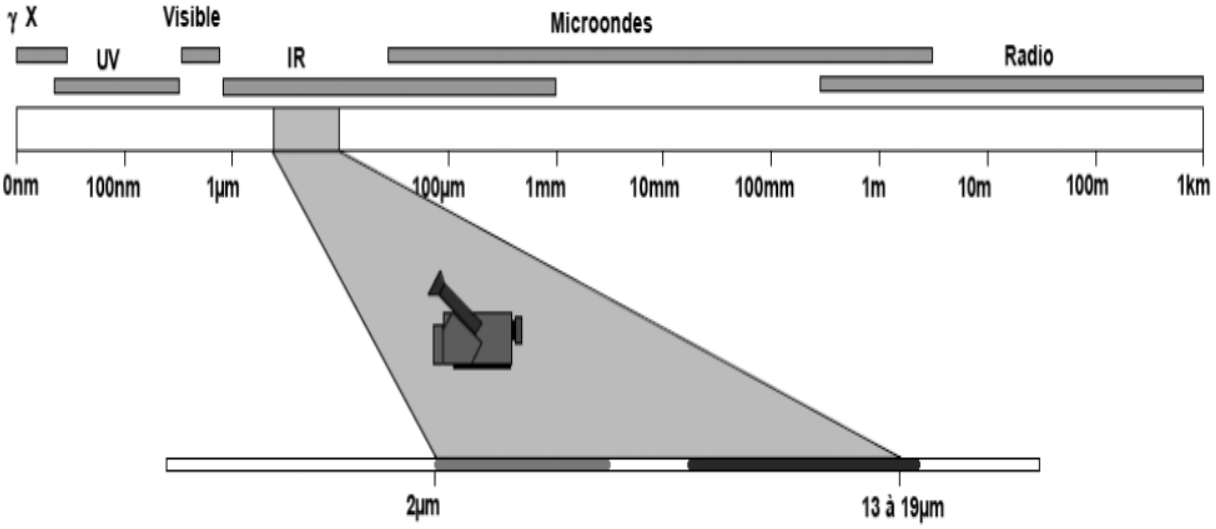


Figure 8 : Le spectre électromagnétique

- **Mesures sur le terrain : comment utilise-t-on ce type d'appareil ?**

Règle n°1 : avant de réaliser une mesure, l'image doit être nette.

Règle n°2 : composer votre image thermique :

-adapter la gamme température ;

-la couleur ;

-centrer le défaut, etc.

Règle n°3 :l'objet doit avoir une émissivité suffisante pour pouvoir effectuer une mesure.

Règle n°4 :l'objet visé doit être vu dans un angle d'incidence compris entre +45° ou -45° (figure 9).

Règle n°5 :s'assurer que l'environnement ne vient pas perturber la mesure.

Règle n°6 :s'assurer que la taille de l'objet visé est suffisante.

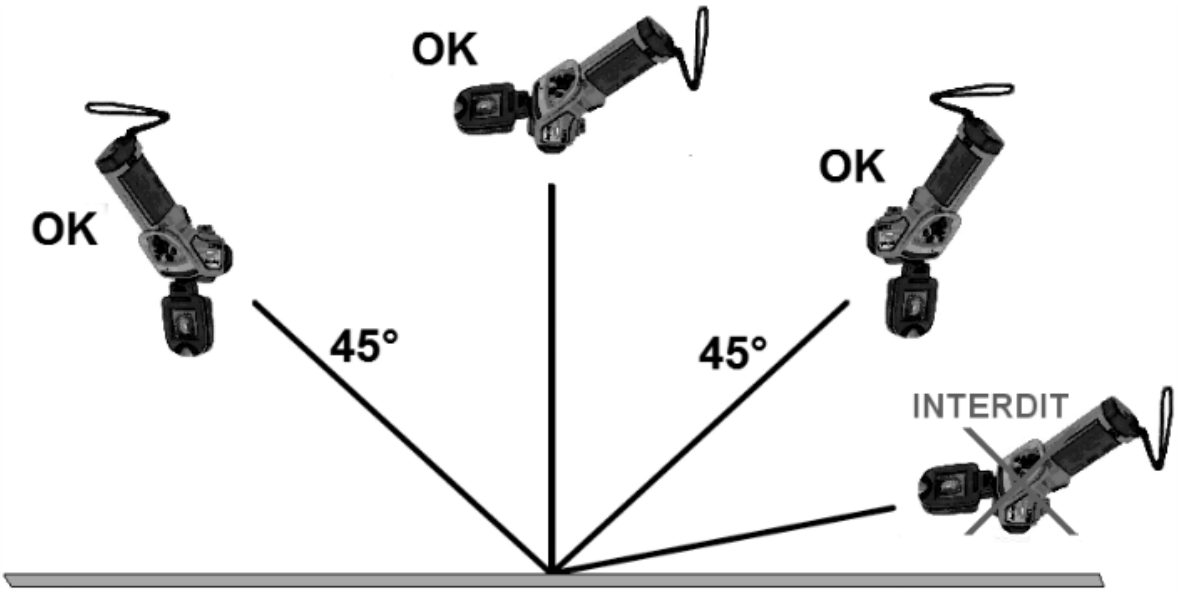


Figure 9 : Angle d'incidence compris entre +45° ou -45°.

- **Inspections :**

Surveillance des installations électriques sous tension :

Les défauts des installations ou matériels électriques sous tension se traduisent souvent par des échauffements anormaux.

Ces défauts sont détaillés dans l'analyse AMDEC déjà faite :

-un mauvais serrage de fixation ;

-section trop faible, circuit trop chargé

-portes fusible défectueux.

-mauvais conception, usure du circuit magnétique du contacteur.

-un contact trop résistant ou défectueux ;

-une connexion mal réalisée ;

-un appareillage défectueux…

Le thermogramme fait apparaitre les échauffements et les écarts de températures.

Le point le plus chaud est ainsi décelé, ce qui localise précisément le défaut.

En termes de maintenance préventive, l'inspection annuelle est utile pour des matériels électriques de criticité importante, des armoires électriques et des cellules d'arrivée et de distribution électrique.

Choix de la caméra :

Le choix de la camera a utilisé dans le contrôle par thermographie infrarouge a été choisi selon les critères suivants :

- L'adaptation avec les installations de l'éclairage public
- La facilité d'emploi.
- Le coût.

Le modèle et les caractéristiques de la caméra et les logiciels utilisés sont représentés dans **l'annexe 1.**

Rapport d'analyse :

Le rapport au-dessous contient tous les données à remplir par l'agent de contrôle notamment:

- Des informations sur le poste de transformation à contrôler.
- Les mesures à remplir.
- Les commentaires.

Tableau 17 : Rapport d'analyse :

Date :…….

Nom du poste :……

Tableau EP N° : ……

Adresse : ……...

Nom de l'agent : ……..

Distance de prise de vue (en m)		
Emissivité		
Angle de l'objectif (°)		
T° réfléchie (°C)		
T° maximale observée (°C) (T max)		
T° scène thermique (°C) T scène		
ΔT (°C) T max-T scène		
Charge estimée (%)		
Intensité (A)	N	
	Ph 1	
	Ph 2	
	Ph 3	
	I nominale	

Constat	
Environnement	
Analyse	
Actions préconisée	

2. **Actions amélioratrices pour le réseau** :

Les pannes dans les réseaux de câble sont inévitables. L'augmentation de la consommation d'électricité et les charges élevées, le vieillissement et le blocage des investissements, des environnements difficiles et la densité des zones d'habitation font qu'il est de plus en plus

primordial de pouvoir localiser rapidement et en toute fiabilité les défauts de câble. C'est un défi complexe parce que le nombre de défauts possibles est quasiment infini si on considère toutes les causes, types de câble, structures du réseau, niveaux de tension et conditions environnantes applicables.

La recherche de défauts de câbles requiert donc des spécialistes formés qui ont eu besoin d'un équipement robuste, fiable et flexible leur permettant d'appliquer toutes les méthodes de localisation nécessaires.

2.1 Détection de défaut de câbles et de conducteurs :

- **Objectif** :

Localiser précisément un câble à distance et sans démontage de l'installation, mais aussi détecter la présence d'un court-circuit ou la rupture d'un conducteur à travers les murs, les sols, les plafonds.

- **Applications possibles :**

- Trouver l'origine d'un circuit.
- Suivre un câble tout au long de son parcours.
- Identifier un câble parmi d'autre dans un toron, une goulotte.
- Localiser un court-circuit.
- Diagnostiquer une coupure de circuit.
- Identifier un fusible défectueux à remplacer.
- Effectuer un suivi des circuits de terre.

- **Description du principe de fonctionnement :**

Il existe deux types de localisateurs de câbles et de défaut :

- ✓ Installation sous tension ou alimentée par pile 9V pour les nouvelles installations encore non alimentées.
- ✓ Installation hors tension.

L'appareil se décompose en deux parties :

- Pour une installation sous tension

Emetteur

Branché sur le circuit à contrôler, il consomme un courant pulsé à une fréquence de 3,5 KHz. Du fait de sa faible consommation moyenne (<5mA), l'émetteur peut être branché entre une phase du circuit à tester et la terre, sans risque de faire disjoncteur les différentiels (≤ 30mA).

Récepteur

Sensible uniquement au champ magnétique crée par le courant spécifique de fréquence de 3,5 KHZ de l'émetteur, ce récepteur délivre un double signal : lumineux (rampe à Led) et sonore proportionnel à la distance le séparant du conducteur recherché.

Méthodologie pour localiser de câble :

Connecter l'émetteur soit entre phase et terre, soit sur une phase suivant le modèle utilisé.

Suivre avec le récepteur en appuyant sur le bouton de sensibilité adéquat puis remonter le long du câble jusqu'à identifier son départ au tableau.

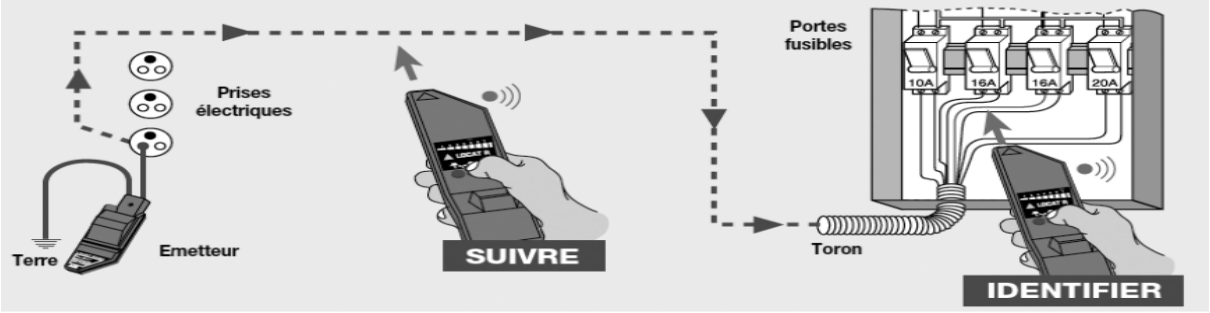


Figure 10 : Exemple de suivi d'un conducteur alimentant une prise donnée à travers les murs et identification du coupe-circuit correspondant.

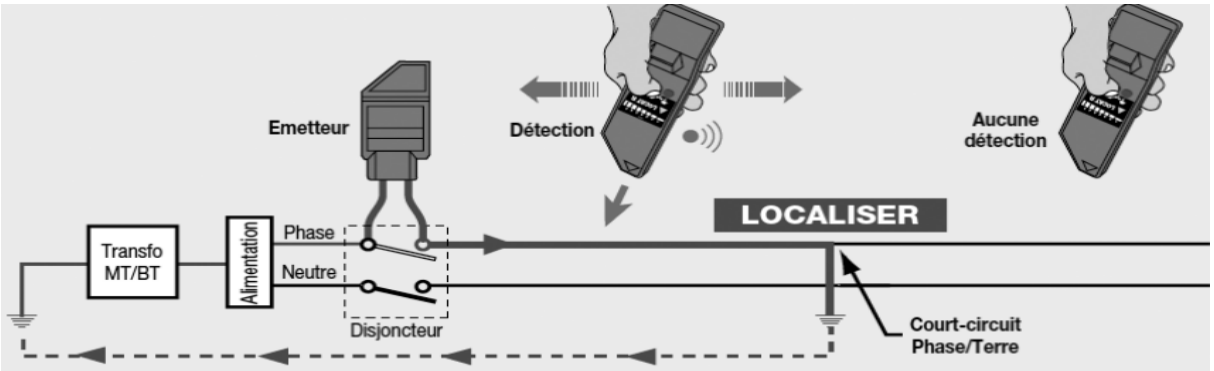


Figure 11 : Exemple de localisation précise d'un court-circuit (phase/terre par exemple)
L'émetteur est branché, coté phase, aux bornes du disjoncteur différentiel.

Par cette technique qui permet de minimiser le temps de réparation des pannes, et par les plans de maintenance préventive établis on peut maitriser tous les pannes critiques au niveau des réseaux.

Les caractéristiques de ces appareils sont représentées dans **l'annexe 2**.

3. **Sécurité** :

D'après l'analyse AMDEC faite au chapitre 3, les risques sont nombreux, d'où la nécessité d'appliquer une politique efficiente pour assurer une meilleure protection des personnes.

L'éducation est la meilleure des préventions puisqu'elle se propose de donner à chaque individu les moyens propres à le rendre autonome pour maîtriser les risques, dans ce sens la LYDEC organise une fois par semaine, une séance de formation sur la sécurité, cette formation a pour but de donner au personnel concernée plus de ses connaissances professionnels déjà acquises, la connaissance des risques inhérents à l'exécution d'opérations au voisinage ou sur les ouvrages électriques et des moyens de les prévenir.

3.1 Plan d'action trimestriel des séances de sécurité :

Tableau 18 : Plan d'action trimestriel des séances de sécurité :

Date	Séance	Objectifs
02/01/2014	Les premiers secours.	Maîtriser les réflexes de premiers secours.
09/01/2014	Risques dus au remplacement et élimination des lampes usagées.	Maîtriser les risques dus aux substances dangereuses.
16/01/2014	Manutention des candélabres en présence de lignes électriques aériennes.	Les mesures à prendre lors du déplacement.
23/01/2014	Risques électriques.	-Les différents accidents - Paramètres à prendre en compte pour l'évaluation des risques.
30/01/2014	La réglementation et la normalisation	-Pourquoi la norme.
06/02/2014	Les dangers des ondes électromagnétiques.	La protection contre ces ondes.
13/02/2014	Les mesures de protection	-Contre les Contacts directs. -Contre les Contacts indirects.

20/02/2014	Les appareils de mesure.	Assurer la protection contre les contacts indirects.
27/02/2014	Les catégories de surtensions	Elles sont au nombre de 4 et elles dépendent de la nature de la mesure.
06/03/2014	Le régime de neutre.	Le système de distribution TT est le régime de neutre employé pour toute la distribution d'énergie publique en basse tension.
13/03/2014	Communication entre les membres de l'équipe.	Assurer la sécurité de tous les membres de l'équipe.

Parmi les problèmes rencontrés par les équipes, le manque de lumière à l'intérieur des postes ce qui met la sécurité des agents en danger.

La fiche suivante, permis de faire un inventaire des postes non éclairés :

Tableau 19 : Tableau pour inventaire des postes non éclairés :

Date	Nom du poste	Tableau EP N°	Direction préfectorale	Arrondissement	Adresse	Nom de l'agent	Observations

4. **Traçabilité** :

Afin d'améliorer la performance de la maintenance, il est très utile de remonté l'information.

Le tableau au-dessous nous décrit la procédure de réalisation des interventions.

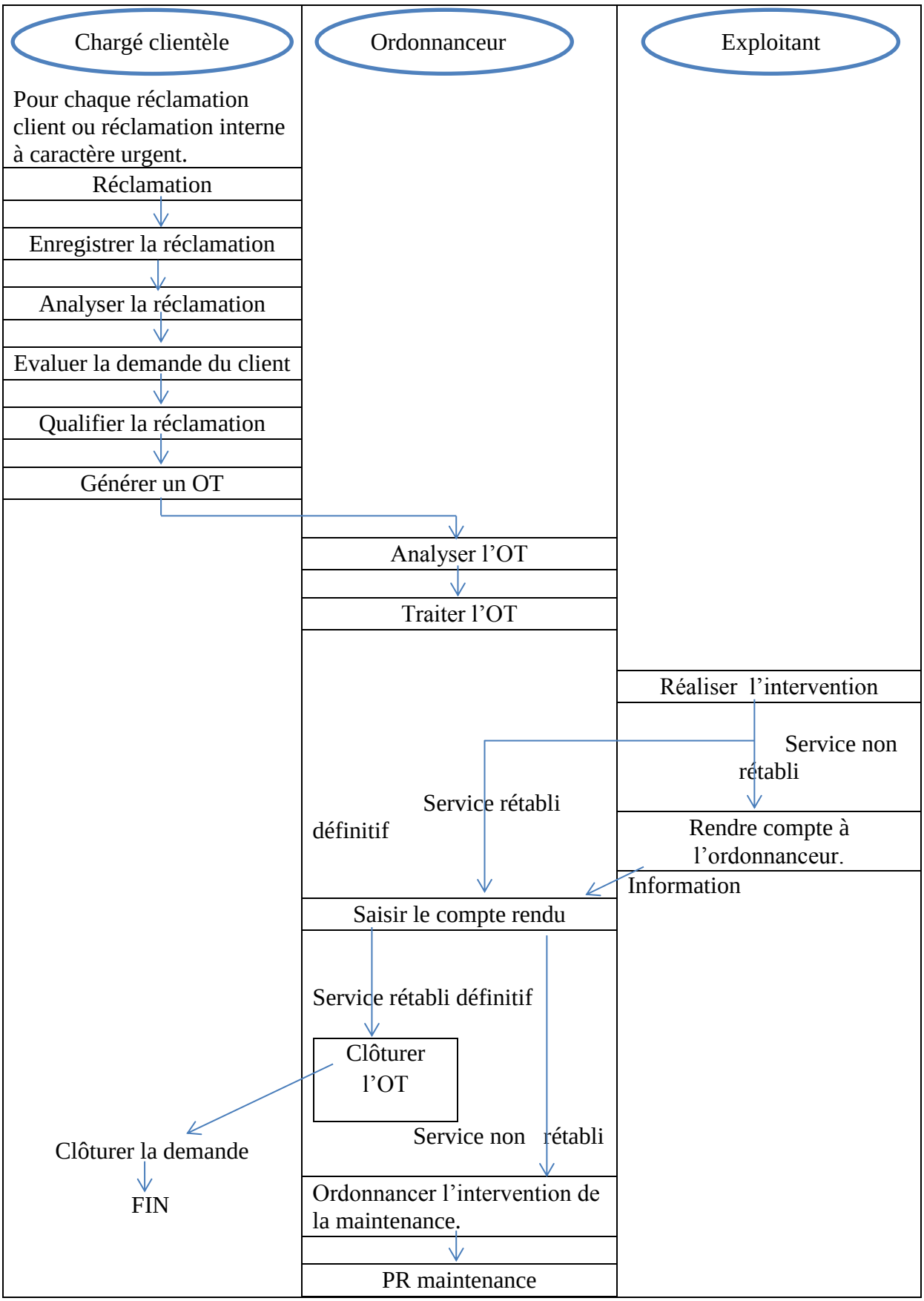


Figure 12 : Procédure de réalisation des interventions.

Afin de pouvoir suivre les évolutions des installations, toutes les interventions et modifications doivent faire l'objet d'une traçabilité.

Les annotations faites dans le support de cette traçabilité doivent être précises et détaillées. Ce document constitue un document de référence, en cas d'incident.

Dans ce registre :

- toutes les interventions de maintenance, avec notamment :
  - le nom des agents effectuant les visites.
  - les observations faites au cours des visites.
  - les éventuelles anomalies constatées.
  - les dates et heures de début et de fin des visites périodiques ou des interventions de maintenance préventive et curative, avec le détail des travaux effectués, des matériels et des pièces remplacés.
  - les observations faites lors des périodes de fonctionnement.
- tous les essais, avec notamment :
  - le nom des agents effectuant les essais.
  - les dates et heures de début et de fin des essais.
  - les dispositifs concernés par les essais.
  - le compte rendu des essais comprenant notamment les valeurs mesurées lors de ces essais et les éventuelles anomalies constatées.
- Les incidents sur la distribution électrique avec l'analyse de leurs causes et conséquences,
- les fiches d'historique du matériel.

5. Retour sur investissement des actions amélioratrices :

5.1 Retour sur investissement de la thermographie infrarouge :

Les caméras infrarouges ont prouvé qu'elles sont des outils inestimables pour la maintenance préventive.

Elles peuvent localiser les problèmes bien avant la défaillance, ce qui se traduit par un retour sur investissement rapide en évitant de coûteux arrêts, et d'éviter d'éventuels accidents du travail.

Cette technique est la meilleure solution à utiliser pour les équipes des postes, elle donne un diagnostic complet de tous les équipements.

FLIR modèle T335 :

Quantité	Prix unitaire
1	8312,20 €

5.2 Retour sur investissement du détecteur émetteur-récepteur :

D'après les sorties que j'ai effectué avec les équipes de maintenance des réseaux, j'ai constaté que la localisation précis du défaut de câble est très difficile elle nécessite beaucoup de temps.

Par cette technique de détection, ils peuvent localiser les défauts rapidement, ce qui se traduit par un retour sur investissement rapide.

Quantité	Prix unitaire
1	815,67 €

Ces actions d'amélioration représentent plusieurs avantages :

- Efficace.
- Pas coûteux.
- Retour sur investissement rapide.
- Très utilisés dans l'industrie.

En plus de ces actions amélioratrices et les plans de maintenance déjà établi, il est nécessaire d'assurer la bonne utilisation des moyens logistiques disponibles actuellement dans le service.

Chapitre N°6 :

Influence des moyens logistiques sur la performance de la fonction maintenance et analyse du stock :

Résumé

L'amélioration de la performance de la maintenance nécessite une bonne utilisation des moyens logistiques disponibles, Pour cet objectif, nous avons analysé l'influence de ces moyens logistiques sur la performance de la maintenance et l'état actuel du stock de pièces de rechange en visant à évaluer son organisation, améliorer sa gestion et répondre aux exigences explicites et implicites de la maintenance.

La logistique compte désormais parmi les grandes fonctions autour desquelles se structurent l'organisation et le fonctionnement des entreprises.

1. Définition de la logistique :

Dans la définition officielle de la norme AFNOR (norme X 50-600), la logistique est une fonction "dont la finalité est la satisfaction des besoins exprimés ou latents, aux meilleures conditions économiques pour l'entreprise et pour un niveau de service déterminé. Les besoins sont de nature interne (approvisionnement de biens et de services pour assurer le fonctionnement de l'entreprise) ou externe (satisfaction des clients). La logistique fait appel à plusieurs métiers et savoir-faire qui concourent à la gestion et à la maîtrise des flux physiques et d'informations ainsi que des moyens".

2. Influence des moyens logistiques sur la performance de la maintenance :

2.1 Evolution du parc des véhicules :

La première tâche consiste à évaluer la situation du parc véhicule existant. Le parc est constitué de cinq types de véhicules :

Tableau 20 : Evolution du parc véhicules :

Types de véhicules	2010	2011	2012
Fourgon	0	0	1
Conduite interne	22	18	16
Camions à grue	3	4	4
Camions à nacelle	24	27	8
Fourgonnette	2	6	6

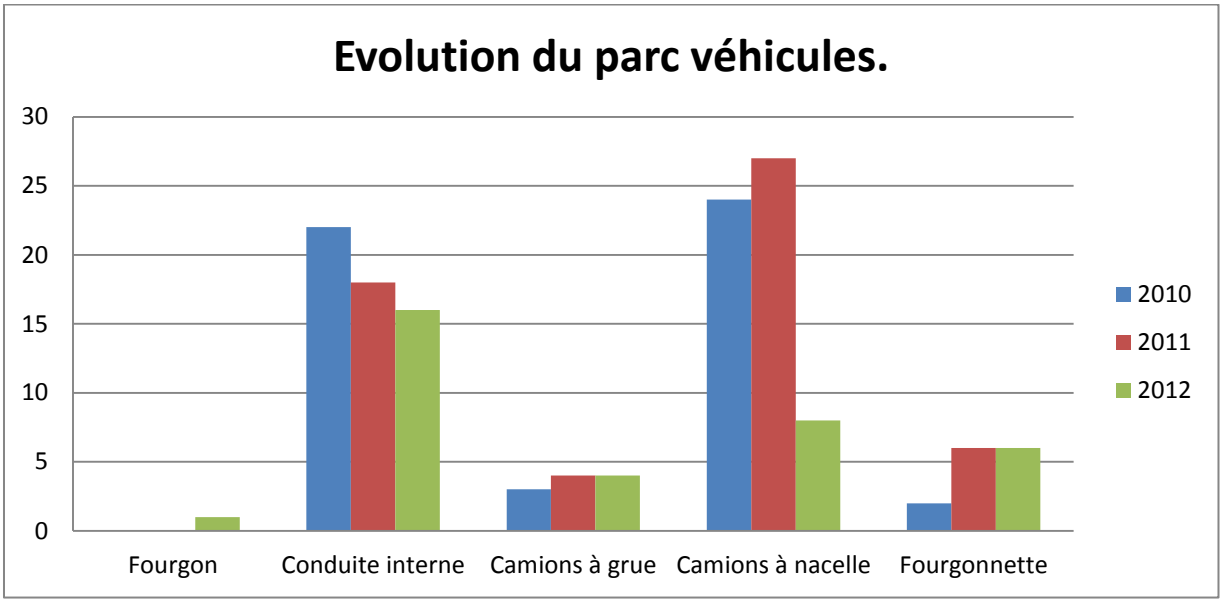


Figure 13 : Evolution du parc véhicules.

2.2 Influence des moyens logistiques sur la performance de la maintenance :

D'après les sorties effectuées avec les équipes des trois services (postes, réseaux et supports), on a pu savoir l'influence de la politique logistique suivi par l'entreprise sur la maintenance.

- Equipe des postes :

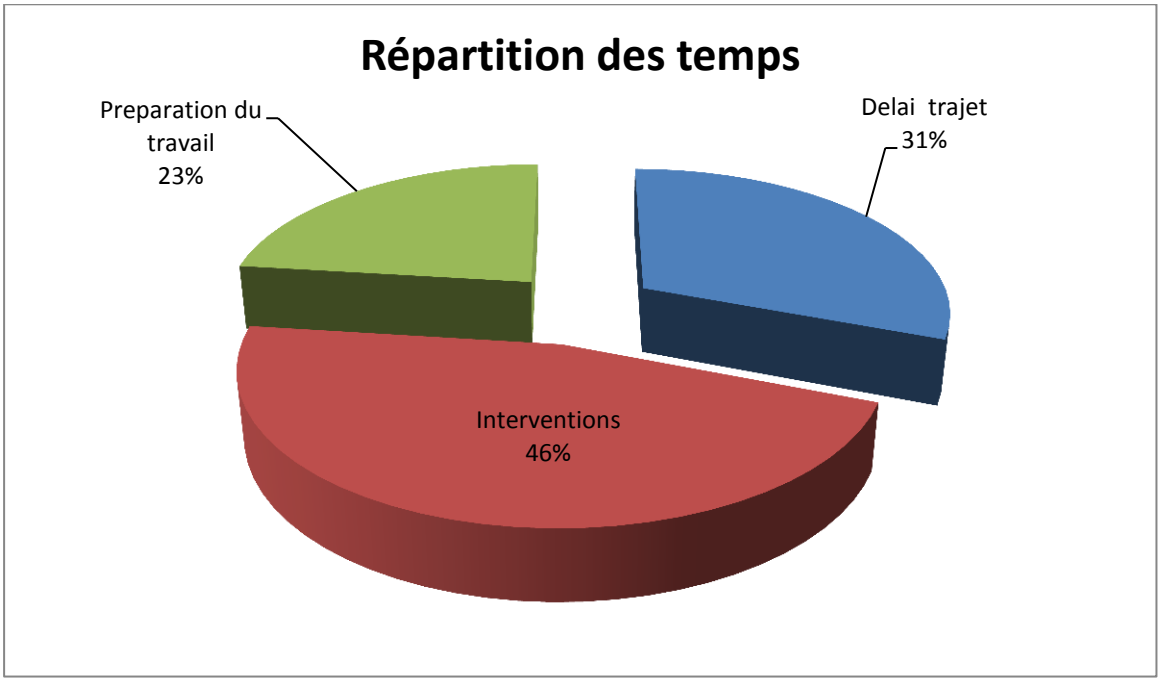


Figure 14 : Répartition des temps pour les équipes des postes de transformation

-D'après le graphe on constate que pour les équipes des postes :

- Le temps de déplacement entre les postes a une grande influence sur la performance de la maintenance (31%).
- Le temps de préparation du travail consomme 24% du temps de maintenance.

Pour que le service soit performant il est nécessaire d'établir une politique de transport efficace et de minimiser le temps de préparation du travail.

- Équipe des réseaux :

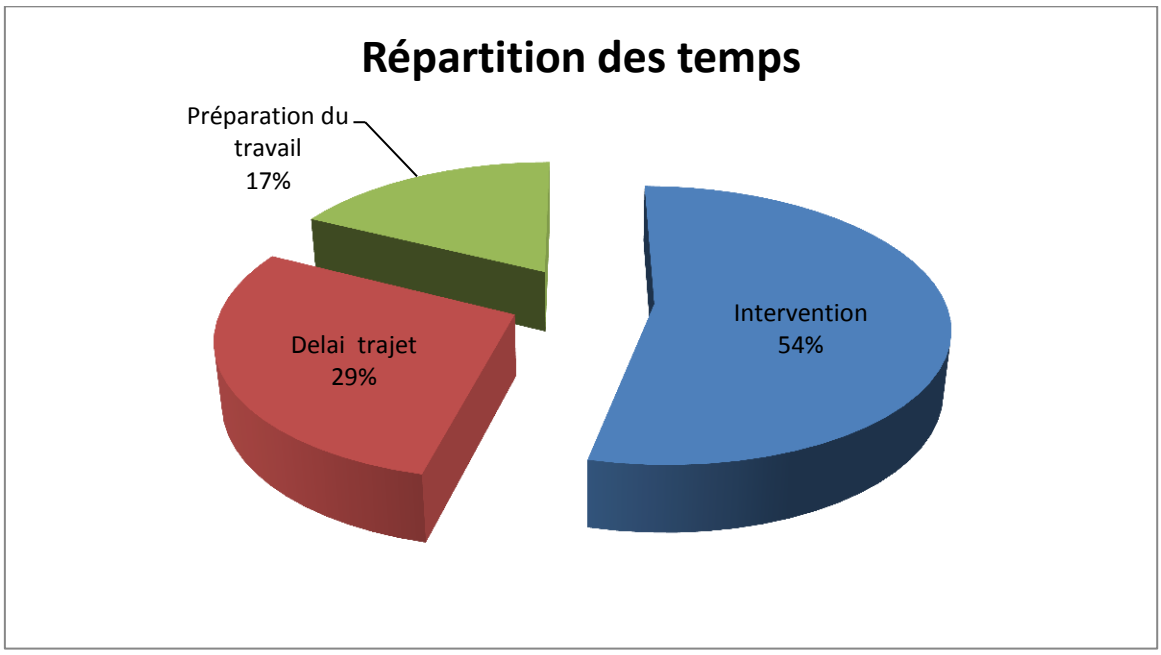


Figure 15 : Répartition des temps pour les équipes des réseaux.

-D'après le graphe on remarque que :

- Le temps de déplacement constitue 29% du temps total.
- Le temps de préparation du travail consomme 17% du temps de maintenance.

Même si les interventions des équipes des réseaux prend plus de la moitié du temps total du travail, le service peut plus améliorer.

- Équipe des supports:

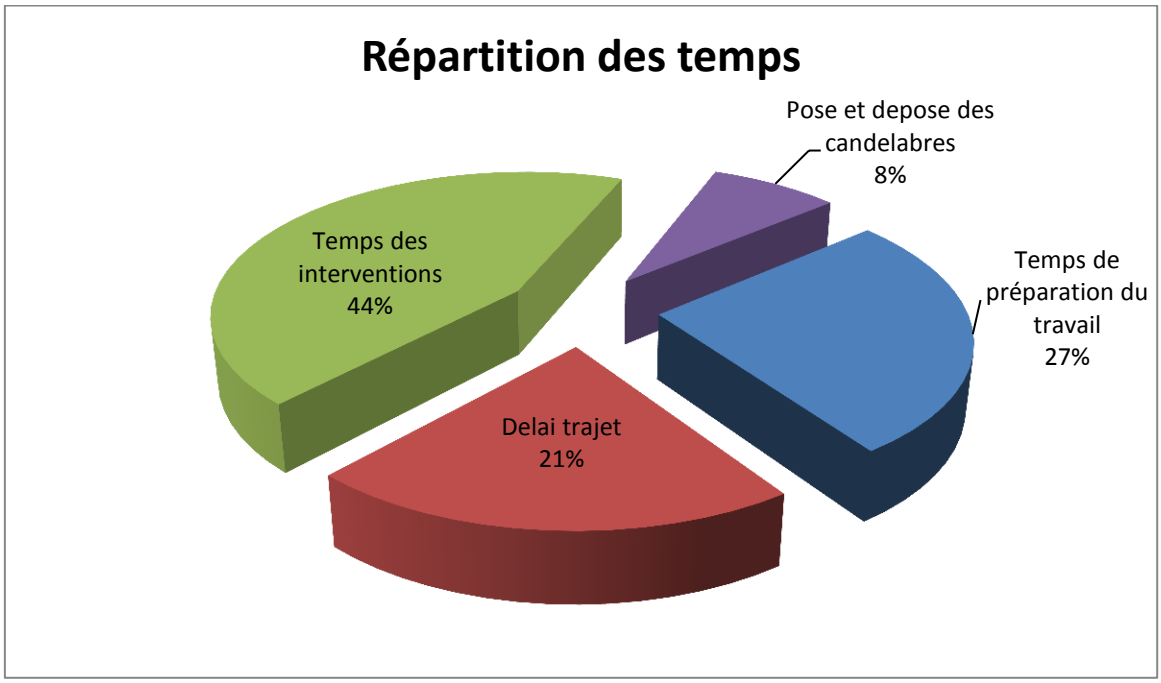


Figure 16 : Répartition des temps pour les équipes des supports.

-D'après les sorties effectuées avec les équipes, on remarque que :

- Le temps de déplacement entre les lieux de travail a une grande influence sur la performance de la maintenance (21%).
- Le temps de préparation du travail consomme 27% du temps de maintenance.
- La manutention des candélabres (8%).

On voit qu'un autre facteur a été ajoute pour les équipes du support qui est la pose et la dépose des candélabres donc il est indispensable de trouver une autre solution pour remédier à ce problème.

2.3 Moyens de manutention :

L'utilisation des moyens de manutention est parmi les contraintes rencontrées par les équipes des supports.

Les grutiers trouvent des difficultés pour poser ou déposer les candélabres dans les camions à grue, comme il le montre le graphe précèdent cette tâche nécessite 8% du temps total du travail.

Donc il est indispensable de trouver une autre solution pour remédier à ce problème.

- ✓ Actions amélioratrices :

Il faut faciliter les manutentions à l'aide d'un équipement spécialisé tel une pince de manutention adaptée sur le bras de grue auxiliaire, qui permette de saisir, tourner et ériger des équipements comme les mâts d'éclairage, poteaux.

Organiser les manutentions afin que les équipements à mettre en œuvre n'entrent pas en contact direct avec les conducteurs électriques aériens en utilisant une grue auxiliaire dirigée par une télécommande radio, par exemple.

3. Analyse du stock :

La désynchronisation, due à la présence de stocks, permet de masquer de nombreux problèmes tels qu'une maintenance des installations insuffisante, une mauvaise planification...

3.1 Organisation du stock :

Le stock dans la société Lydec est gérer par plusieurs magasins:

- La centrale :

Permet de stocker et d'approvisionner toutes les articles concernant tous les services.

- Les magasins de chaque service :

Chaque service à un magasin dont il stock les articles concernées.

Le logiciel utilisé dans la gestion des stocks est le SAP:

Ce logiciel il a deux rôles essentiels dans la gestion du stock :

- ✓ Communication :

Ce logiciel assure la communication entre les différents intervenants dans les stocks (Centrale, Magasin EP…..).

- ✓ Contrôle :

Le module de gestion des stocks SAP permet :

- de gérer les stocks en quantité et en valeur.
- de planifier, de saisir et de vérifier les mouvements de stock,
- d'effectuer l'inventaire.

3.2 Classification des stocks :

Lorsqu'une entreprise gère plusieurs milliers d'articles, elle ne peut accorder à chacun des articles la même priorité dans sa gestion. Une gestion des stocks est donc une gestion sélective : on ne gère pas de la même façon les fournitures de bureau et les articles destinés à la maintenance.

De même, dans un ensemble produit, dont la valeur est faible ne sera pas gérée de manière identique au corps du produit dont la valeur est très importante.

Classement ABC :

Le classement ABC des articles consiste à différencier les articles en fonction du nombre des sorties annuelles de stocks qu'ils représentent.
Ce classement est fondé sur le principe bien connu des 80-20 : 20 % des articles représentent 80 % de la valeur totale des sorties, et les 80 % des articles restants ne représentent que 20 %.
Ce classement est donc fondamental pour une entreprise, car il conditionne le type de gestion que l'on va appliquer à chacun des articles.

Tableau 21 : Classement sur le nombre d'article sorti :

Elément	Nombre d'articles	%	Pourcentage cumulé %
TUBE ANNELE PE D. PAROIS DE 75	25323	14,580	14,580
CABLE BT U 1000 R2V 3 x 2,5 MM²	21350	12,292	26,872
COLLIER SOUPLE CRANTE 250MM	14390	8,285	35,157
LAMPE SODIUM SON - T E40 250 W	13236	7,621	42,777
FUSIBLE BT GL 63A 22X58	9522	5,482	48,259
LAMPE SODIUM SON - T E40 150 W	9039	5,204	53,463
CABLE BT U1000 RVFV 4X10²	8802	5,068	58,531
CABLE U 1000 R2V 4 X 10	6387	3,677	62,208
CONDUCTEUR CU NU 29²	5209	2,999	65,207
LAMPE SODIUM SON - T E40 400 W	4814	2,772	67,979
LUMINAIRE EQUIPE POUR LAMPE SHP 150 W	3250	1,871	69,850
LAMPE MERCURE HPL E 27 125 W	3173	1,827	71,677
CABLE U 1000 R2V 4 X 25	3071	1,768	73,445
FUSIBLE BT AD 30A 22X58	2751	1,584	75,029
AMORCEUR 2 FILS 220 V 1000 W	2711	1,561	76,590
CABLE U 1000 R2V 4 X 16	2585	1,488	78,078
CABLE BT U1000 RVFV 3X50²+1X35²	2398	1,381	79,459
FIL RIGIDE 2,5	2319	1,335	80,794
CONNECTEUR EP CES/CT70 (16-70/1,5-6)	2146	1,236	82,029
FIL RIGIDE 1,5	2020	1,163	83,192
LUMINAIRE EQUIPE POUR LAMPE SHP 250 W	1829	1,053	84,245
FUSIBLE BT 4A 10X38	1808	1,041	85,286
CABLE ARME 2X10 MM²	1725	0,993	86,279
CABLE BT U1000 RVFV 4X35²	1705	0,982	87,261
CABLE TORS BT ALU 4X16²	1575	0,907	88,168
CHEVILLE TYPE HILTI HKD12	1376	0,792	88,960
EXTR T/RETRACT E4R 10²-35²	1359	0,782	89,743
BOULON GALVA 6P 12*35	1079	0,621	90,364
CABLE BT U1000 RVFV 4X25²	1030	0,593	90,957
CABLE U 1000 R2V 4 X 35	1000	0,576	91,533
CONSOLES EP AVEC ACCESSOIRES	985	0,567	92,100
EMBASE COLLIER A CHEVILLE	900	0,518	92,618
LAMPE ML 160 W 220 V	747	0,430	93,048
EXTR T/RETRACT E4R 10²-35²	716	0,412	93,460
CABLE BT U1000 RVFV 4X16²	700	0,403	93,863
SERRE CABLE A GRIFFE 29MM2	673	0,387	94,251
HORLOGE ASTRONOMIQUE COFFRET MOBUR	666	0,383	94,634
DOUILLE E 40	659	0,379	95,014
RONDELLE CARREE GALVA. 6X6/3MM	638	0,367	95,381
ECROUS 20	620	0,357	95,738
FUSIBLE BT GL 125A 22X58	561	0,323	96,061
MANCHON JONCT CU.ETAME 50²	550	0,317	96,377

FUSIBLE BT 4A 10X38	421	0,242	96,620
MATS CYLINDRO CONIQUES 10 M	414	0,238	96,858
FUSIBLE BT HPC 125 A T00	408	0,235	97,093
MASSIF CANDELABRE DE HAUTEUR 10 à 12 m	369	0,212	97,306
FUSIBLE BT AD 15A 22X58	357	0,206	97,511
FUSIBLE BT HPC 160A T2 ECART 115MM	327	0,188	97,699
CABLE SOUPLE 1X1,5mm ROUGE	300	0,173	97,872
GAINE PE ISO GRIS AN. PROT INT DI32DE40	300	0,173	98,045
BOITIER RAC CANDEL 2* 4X16 / 1L	239	0,138	98,182
CROSSET S. CAS 25° 20/10 GALV SAIL 25 CM	213	0,123	98,305
CABLE SOUPLE 1X1,5mm BLEU	200	0,115	98,420
BASE CC BIPOLAIRE 10A 220V FUSIB 10,3x38	198	0,114	98,534
LAMPE SODIUM SON - T E40 1000 W	197	0,113	98,648
MATS CYLINDRO CONIQUES 12 M	190	0,109	98,757
BOITIER RAC CANDEL 2* 4X35 / 2 L	147	0,085	98,842
BORNE CONNEXION AVEC PATTE 70 MM3	130	0,075	98,916
MASSIFS CANDELABRES DE HAUTEUR 7 à 9 ml	128	0,074	98,990
LAMPE IM 150 W G12	123	0,071	99,061
MATS CYLINDRO CONIQUES 8 M	121	0,070	99,131
PINCE D'ANCRAGE PA25	118	0,068	99,199
MATS CYLINDRO CONIQUES 9 M	110	0,063	99,262
LAMPE IM 1000 W	108	0,062	99,324
EMBASE COLLIER A CHEVILLE	100	0,058	99,382
BOITIER RAC CANDEL 3* 4X35 / 1L	91	0,052	99,434
CROSSETTE D CAS 25° GALV 20/10 SAIL 25CM	91	0,052	99,486
FEUILLARD INOX 20X0.4	82	0,047	99,534
GAINE T/RETRACT.GRN 10^2-35^2	76	0,044	99,577
CROSSE S. COURBEE GALV 20/10 SAIL 1,5 CM	65	0,037	99,615
CONNECTEUR CBS/CT 70 (35-70/10-25)	64	0,037	99,652
CROSSE DOUBLE 1,5 M GALVA 15°	61	0,035	99,687
FUSIBLE BT AD 60A 22X58	60	0,035	99,721
FUSIBLE BT GL 2A 10.3 x 38	60	0,035	99,756
LAMPE IM 400 W	52	0,030	99,786
CROSSE SIMPLE 1,5M GALVA 15°	50	0,029	99,815
FUSIBLE BT GL 63A 22X58	46	0,026	99,841
CAPUCHON T/RETRACT CRR 16^2-70^2	40	0,023	99,864
BANDE ANTI CORROSION 10M X 50MM	38	0,022	99,886
RUBAN ADHESIF ISOLANT QE	31	0,018	99,904
GANTS DIVERSES EN CUIR	30	0,017	99,921
MATS CYLINDRO CONIQUES 7 M	30	0,017	99,938
CROSSETTES TRIPLES	29	0,017	99,955
LAMPE HPL 250 W	24	0,014	99,969
BOULON GALVA 6P 14X300	18	0,010	99,979
GAINE T/RETRACT.GRN 50^2-150^2	15	0,009	99,988
GANTS ISOLANTS 2500V	14	0,008	99,996
BOITIER RAC CANDEL 2* 4X35 / 1L	7	0,004	100,000

173689

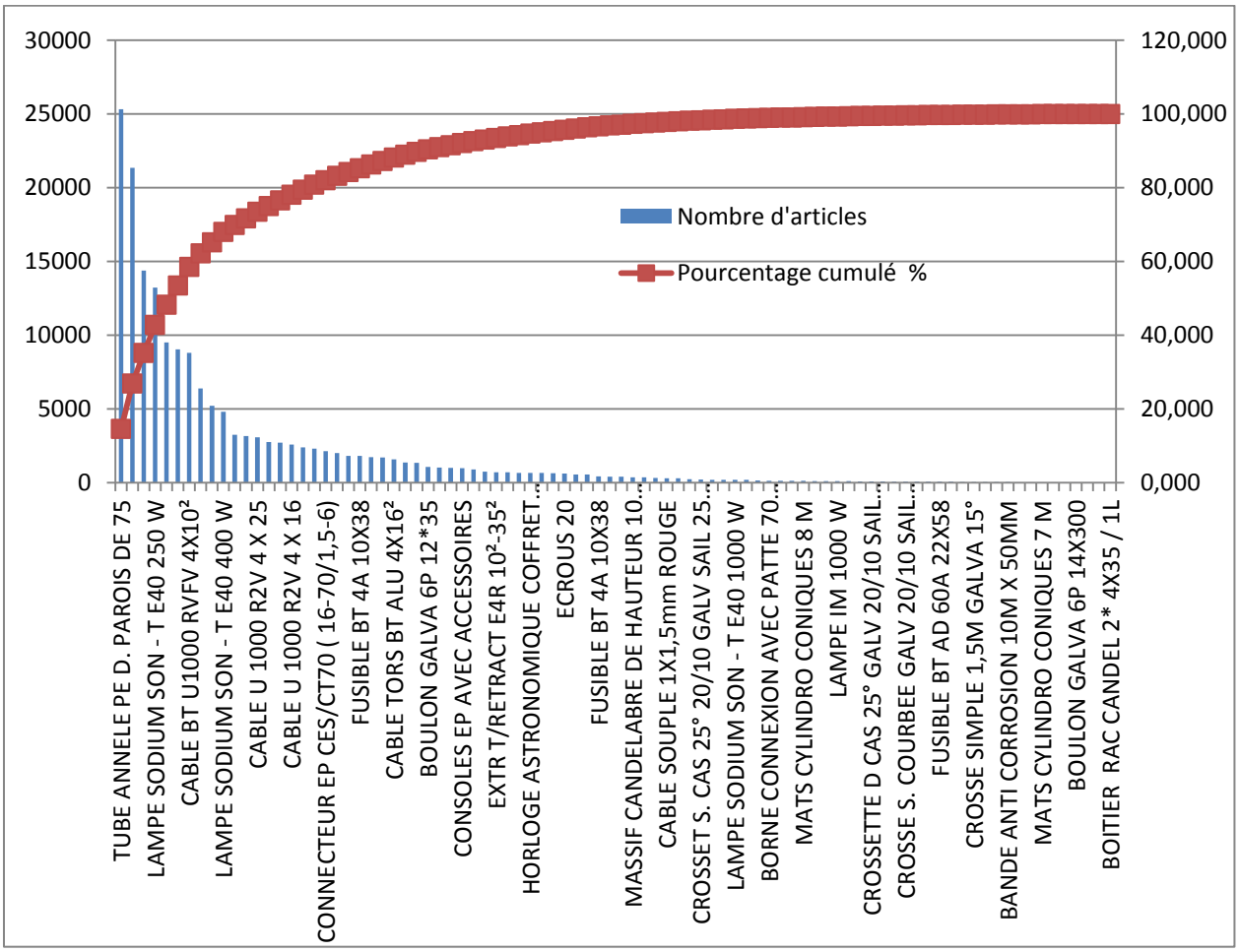


Figure 17 : Courbe ABC sur les articles sortis.

On note que les 18 premiers articles représentent 80 % de sorties totales et 20 % de nombre total d'articles.

➡Ces produits pourraient constituer la classe A.

•20 articles constituent 15 % de sorties totales et 23 % de nombre total d'articles.

➡Ces produits pourraient constituer la classe B.

• Les 50 derniers articles formeraient la classe C représentant 5 % de sorties totales et 57 % de nombre total d'articles.

➡Ces produits pourraient constituer la classe C.

Cette analyse permet à l'entreprise de définir des politiques d'approvisionnement efficaces, qui vont sans doute réaliser des gains importants.

Conclusion générale :

L'étude que nous avons réalisée pour optimiser la maintenance des installations de l'éclairage public dans la LYDEC va permettre de réaliser des gains importants pour l'entreprise en termes de coût, délai, qualité et sécurité.

Ces études effectuées présentent une base à suivre pour améliorer les performances de la fonction maintenance. Cependant, elles ne pourront atteindre ses objectifs que si toutes les parties intervenantes dans l'entreprise respectent leurs engagements.

Annexes :

Annexe 1 : Thermographie infrarouge (TIR) :

Caractéristiques de la caméra FLIR T335 :

Une caméra de marque **FLIR modèle T335**, dite caméra à ondes longues :

FLIR T335.

Résolution jusqu'à 320 * 240 pixels

La résolution des images thermiques de la série T va de 240 × 180 pixels à 320 × 240 pixels, selon le modèle de caméra.

Sensibilité de la caméra

La sensibilité thermique de la FLIR série T va de 80 mK à moins de 50 mK, selon le modèle de caméra.

Des images visibles d'une grande qualité

Tous les modèles de la FLIR série T comportentune caméra numérique de 3,1 mégapixels. Cela facilite et accélère l'observation et l'inspection.

Plage de mesures

Selon le modèle, la série T peut mesurer des températures entre –20 °C et +650 °C.

Objectifs infrarouges interchangeables

La série T comporte un objectif standard de 25°, et des objectifs optionnels de 6°, 15°, 45° et 90°.

Interfaces souples

La série T est équipée de sorties vidéo et USB standards, ainsi que d'une carte SD amovible.

Vidéo MPEG-4

Création de fichiers vidéos MPEG-4 avec des images visibles

Alarmes sonores et visibles liées aux températures

La surveillance des températures est plus facile et plus rapide.

Image dans l'image

Superposition de l'image infrarouge sur l'image visible. Modification de son échelle, de sa position et de ses dimensions, selon le modèle de caméra.

Annotations vocales et textuelles

Création de commentaires textuels choisis dans une liste ou saisis au moyen de l'écran tactile. Des commentaires vocaux peuvent être enregistrés grâce à un micro-écouteur intégré.

Annotations croquis

L'écran tactile peut être utilise comme un bloc-notes pour réaliser des croquis.

Flux enregistrement radiométriques IR

Flux enregistrement radiométriques IR 16bit.visible sir PC(via USB) grâce à un logiciel FLIR

Ecran Tactile

Ecran tactile LCD 3.5" pour une grande facilité d'utilisation sur le terrain

Outils de mesure

Points de mesure, marquage automatique des points chauds/froids, isothermes, calcul de ΔT, selon le modele de camera.

Transfert des images vers un dispositif externe-USB

Transfert des images et des rapports directement de la caméra thermique vers une clé USB.

Instant reports

Crée instantanément des rapports dans la caméra, faciles à transférer vers un dispositif externe USB.

Une chaîne d'acquisition et de traitement thermique par le logiciel **FLIR Quickreport 1.2**.

Annexe 2 : Détecteur défaut de câble :

Localisateurs de câbles Fluke 2042 :

Convient à toutes les applications (câbles sous ou hors tension) sans nécessiter d'outils supplémentaires.
Kit composé d'un émetteur et d'un récepteur.
Codage numérique des signaux émis garantissant une identification claire du signal.
Émetteur avec afficheur LCD indiquant l'intensité et le code du signal de transmission, ainsi que la tension externe.
Récepteur avec afficheur LCD rétroéclairé indiquant l'intensité et le code du signal de réception, ainsi que les circuits sous tension.
Réglage automatique ou manuel de la sensibilité du signal de réception.
Possibilité d'activer une alarme sonore en cas de réception de signal.
Arrêt automatique.
Fonction torche pour les mesures dans des endroits sombres.
Émetteur supplémentaire disponible pour extension ou pour faire la distinction entre plusieurs signaux.

Gamme de tension	Émetteur 12 V, 50 V, 120 V, 230 V, 400 V
Gamme de fréquence	Émetteur 0 à 60 Hz
Signal de sortie	Émetteur 125 kHz
Tension	Émetteur Jusqu'à 400 V AC/DC
Prof. de localisation des câbles	Récepteur 0 à 2,5 m (câbles dans murs et sols)

Détection de la tension secteur	Récepteur 0 à 0,4 m

Normes

EN61010-1 CAT III 300 V

Caractéristiques techniques

☑	Catégorie de sécurité	CAT III 300 V
☑	Fréquence maximum	60Hz
☑	Fréquence minimum	0 Hz
☑	Inclus	Boîtier, récepteur, émetteur
☑	Niveau de catégorie de sécurité	CAT III
☑	Numéro de modèle p	Fluke 2042
☑	Profondeur de détection de câble	2.5m
☑	Source d'alimentation	Batterie
☑	Température d'utilisation maximum	+40°C
☑	Température de fonctionnement minimum	0°C
☑	Tension de catégorie de sécurité	300V
☑	Tension de fonctionnent sécurisée maximum	400V
☑	Tension de fonctionnent sécurisée minimum	12V
☑	Type d'affichage	LCD
☑	Type de batterie	9 V, AA

Bibliographie :

- Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement –Pierre Merlin, Francoise Choay.
- Pratique de la maintenance préventive-Jean Heng.
- Aide-mémoire Gestion industrielle, 2eme édition –François Blondel.
- Cours gestion de la maintenance (Pr. CHAFII) –FSTF.
- Guide de la mesure électrique –Christian Peutot, Eric Félice, Alain Kohler.
- Alain COURTOIS, Maurice PILLET, Chantal MARTIN-BONNEFOUS, Gestion de production.4e édition.
- AMDEC-Guide pratique-2 e édition -Gérard Landy.
- www.flir.com
- www.phozagora.fr
- Gilbert Gaussorgues « la Thermographie infrarouge-principes-technologies-applications » 4ème édition.
- http://eclairagepublic.free.fr
- http://radiospares-fr.rs-online.com
- COURS DE TECHNIQUES DE SURVEILLANCE- Landolsi Foued