

Nom et prénom de l'élève ingénieur : SORO
Latifatou
Année / Spécialité : 2020 / EBE
Tuteur Polytech : NOLWENN LE
PIERRES
Tuteur 2IE : SAYON DIT SADIO
SIDIBE

RAPPORT DE STAGE FI5

Assistante chef de projet - Optimisation énergétique en milieu Industriel et tertiaire



PERFESCO
20 Place de la Défense, 92 050 Paris la Défense
Coordonnées téléphoniques : +33 6 03 46 27 24

Sous la direction de : Benjamin JEANNE, Directeur des
opérations



Remerciements

Mes premiers remerciements vont à Madame Nolwenn Le Pierrès, maître de conférences à Polytech Annecy-Chambéry, chercheuse au Laboratoire d'optimisation de la conception et ingénierie de l'environnement, spécialiste en procédés énergétiques à sorption ; et à monsieur Sayon dit Sadio SIDIBE, docteur à l'institut International de l'eau et de l'environnement en énergie renouvelable et efficacité énergétique. Je les remercie vivement pour leur présence tout au long de mon stage.

Je remercie vivement mon maître de stage monsieur Benjamin Jeanne, directeur des opérations à Perfesco ; monsieur Laurent Kraif, Directeur général ; madame Caroline Leclercq, Directrice Administrative et financières, qui m'ont accompagné par leur technique, expérience et expertise tout au long de mon stage.

Merci à toute l'équipe des chefs de projet technique, commerciale et financière qui m'ont été d'une grande aide à mon intégration au sein de l'entreprise et dans mes projets.

Je tiens à remercier ma mère Elisabeth Compaoré, mon père Abdoul Karim SORO, mes sœurs et frères, pour avoir su me faire garder les idées en place, qui sont mon soutien indéfectible. Je remercie également madame Cendrine Vincent et monsieur Oumarou YUGO, pour leur grand dévouement et leur disponibilité. Mes remerciements porteront enfin à mes amis et bien d'autres que j'ai pu oublier, qui ont été là pour m'aider, me soutenir, me tenir la main.

La sauvegarde de notre humain n'est nulle part ailleurs que dans le cœur humain, la pensée humaine, la responsabilité humaine.

Václav Havel



Résumé

Ce stage a pour cadre l'optimisation énergétique, en particulier celui de l'éclairage. Les principaux intérêts d'un tel système sont le respect des normes en vigueur, le confort des travailleurs donc leur efficacité, et l'économie générée déduite.

Des modèles énergétiques personnalisés sont mis au point avec succès pour la satisfaction du client. Perfesco obtient des modélisations suffisamment précises lui permettant d'établir des modèles économiques complets afin de traduire en coût, la performance de l'efficacité énergétique des projets.

Chaque projet suit une chronologie bien structurée :

- Audit initial
- Audit détaillé
- Installation du matériel et suivi de travaux
- Vérification de la performance

L'avènement de la Light Emitting Diode (LED) a permis d'avoir des lampes moins consommatrices, durables et moins polluantes. Cette technologie est en constante évolution et est associée à des systèmes intelligents qui permettent d'optimiser son fonctionnement.

Perfesco offre les meilleures solutions qualité - prix à ses clients, en s'appuyant sur sa relation privilégiée avec ses principaux partenaires, leaders dans le domaine de l'éclairage que sont Philips, Sylvania, et bien d'autres.

Mots clés

Eclairage, optimisation, normes, efficacité, économie, modélisation énergétique.

Table des matières

Remerciements	2
Résumé	3
Introduction	5
I. Présentation PERFESCO	6
1. Historique.....	6
2. Organisation	6
3. Les différents pôles composant Perfesco	8
II. Diagnostic et optimisation énergétique en milieu tertiaire et Industriel : l'éclairage	8
1. Contexte de l'étude.....	8
2. Le département technique.....	20
III. Outils de diagnostic énergétique en milieu Industriel.....	29
1. Protocole IPMVP (International Protocol Measurement and Verification).....	29
2. Logiciel Autocad	30
IV. Outils d'optimisation énergétique en milieu Industriel	31
1. Logiciel Dialux.....	31
V. Axe d'amélioration : apport personnel.....	34
1. Présentation du Formulaire	34
2. Mode de fonctionnement	34
3. Comment se présente le fichier terminé ?.....	35
4. Comment faire mieux ?	35
Conclusion	36
Bibliographie.....	37
Annexes.....	38
Annexe 1 : code VBA du formulaire.....	38
Annexe 2 : Quelques exemples de simulations Dialux.....	40
Annexe 3 : Exemple de fiche technique d'un luminaire – Coreline Highbay quatrième génération de Philips devenu Signify.....	41
Annexe 4 : Représentation de Gantt du déroulement du stage	43
Annexe 5 : Grille d'évaluation	44

Introduction

La raréfaction des ressources énergétiques, l'augmentation du prix de l'énergie, la nécessité de lutter contre le changement climatique et l'accélération du phénomène de précarité énergétique sont des défis sans précédent auxquels font face l'union européenne et la France en particulier.

Dans l'optique de relever ces défis, la France a choisi la voie de l'efficacité énergétique. D'ailleurs, elle en est l'un des principes fondateurs de la loi transition énergétique pour la croissance verte de 2015, visant notamment à contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et au renforcement de l'indépendance énergétique, tout en garantissant un accès à l'énergie à des coûts compétitifs.

L'efficacité énergétique devra permettre aux consommateurs, dont le rôle est central dans l'ambition de réduction de la facture énergétique du pays, d'être moins sujet à la hausse tendancielle du coût de l'énergie par une diminution de leur besoin et par une meilleur maîtrise de leur consommation. Elle permettra donc de résorber structurellement la précarité énergétique dont l'urgence de traitement est régulièrement souhaitée.

Pour ce faire mon choix s'est porté sur l'optimisation énergétique qui m'a conduite au poste d'assistante chef de projet technique à Perfesco.



I. Présentation PERFESCO

1. Historique

- ❖ 8 Avril 1946 : Date de création d'EDF comme Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial : EPIC.
- ❖ 30 juin 2003 : Avec l'acquisition de London Electricity en 1998, EPIC s'implante significativement à l'étranger et devient Edf Energy
- ❖ Juin 2017 : EDF crée une nouvelle structure dénommée « EDF Nouveaux Business », pépinière des start-ups d'EDF qui a pour mission de créer, à travers des propositions d'offres et de services à la fois innovants et compétitifs pour les clients particuliers, les entreprises et les collectivités, de nouveaux leviers de croissance pour le Groupe.
- ❖ 2014 : Perfesco a été créé, avec Laurent KRAIF comme directeur général. Année à laquelle Perfesco est devenu une des filiales de EDF Pulse croissance, une entité du Groupe EDF qui développe des nouveaux métiers.

2. Organisation

Ayant son siège social à Levallois, Perfesco est résident de la tour EDF à Paris la Défense, Puteaux. La société est dirigée par Isabelle TOSTIN, présidente, également directrice des opérations chez EDF Pulse Croissance. Perfesco est l'association de plusieurs domaines de compétences réparties essentiellement en trois grands pôles :

- La direction technique
- La direction commerciale
- La direction financière

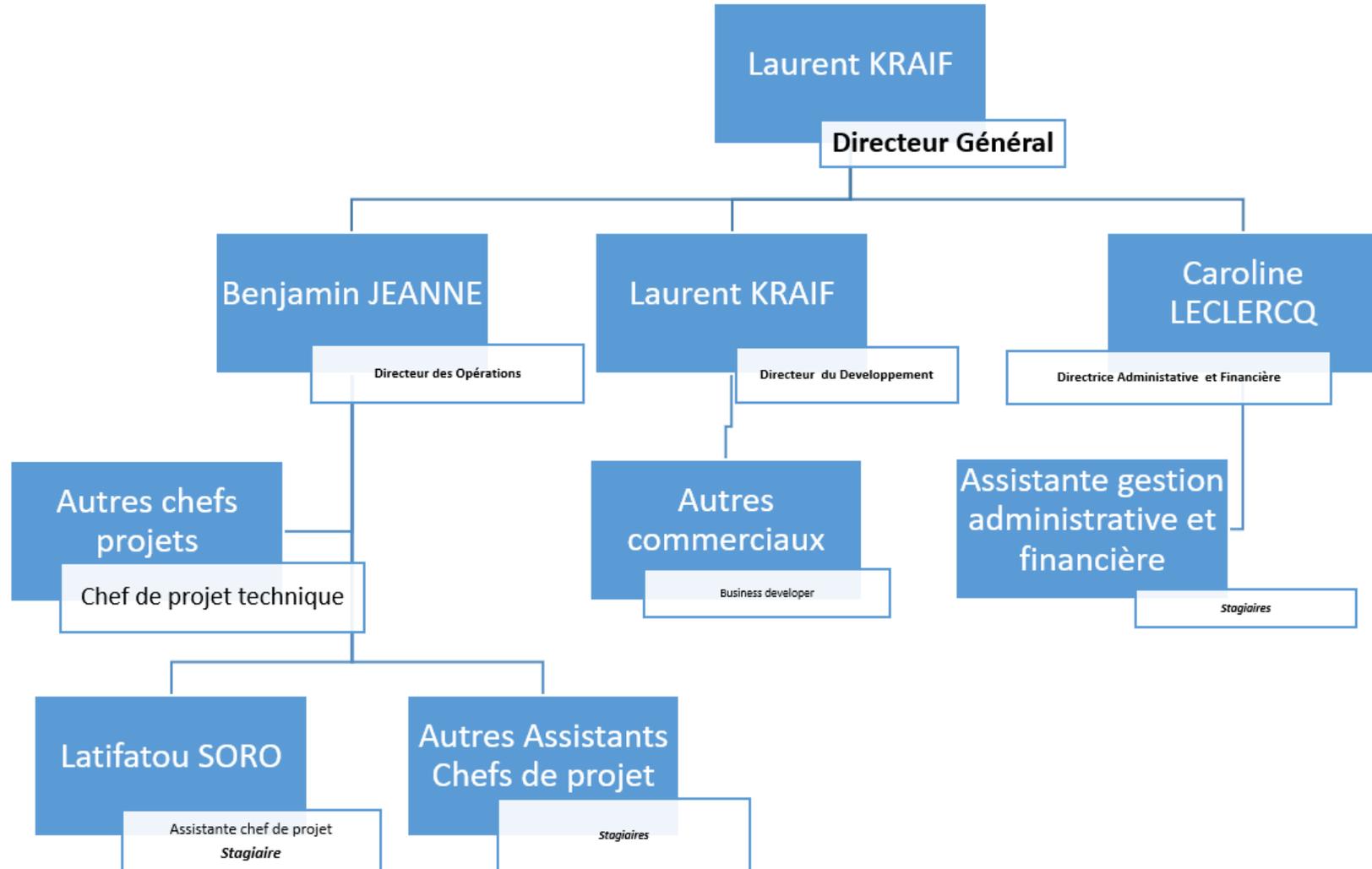


Figure 1 : Organigramme PERFESCO

3. Les différents pôles composant Perfesco

A. Le département commercial

La mission première des commerciaux, comme son nom l'indique est de commercer, de vendre. Le commercial va à la recherche du client, il va à sa rencontre, lui propose des produits ou plus précisément des services pour ce qui nous concerne.

Le commercial fait de la prospection, il déniche un besoin particulier chez le client, qui se doit d'être comblé. Il fait la promotion de l'offre de services de Perfesco auprès des industriels et des tertiaires, élabore une stratégie d'analyse dans le but de proposer une offre personnalisée et adaptée au besoin du client.

Le rôle du commercial ne s'arrête pas qu'à la prospection, l'analyse et la proposition, il gère également le portefeuille client.

B. Le département financier

Caroline Leclercq, directrice administrative et financière de Perfesco a sous sa responsabilité :

- La comptabilité, la facturation des clients, le recouvrement, le suivi de la facturation fournisseurs et les règlements ;
- Les prévisions financières, le suivi de la trésorerie ;
- La gestion des ressources humaines : recrutement, formations, suivi médical, notes de frais, paye, ...

C. Le département technique

Une attention spéciale sera accordée à cette direction car étant le département dans lequel j'effectue mon stage. Le chapitre suivant lui est donc consacré.

II. Diagnostic et optimisation énergétique en milieu tertiaire et Industriel : l'éclairage

1. Contexte de l'étude

En 2009, les études ont montré que l'éclairage représentait 19% de la consommation mondiale d'électricité et 14% de la consommation européenne. En France, 12% de la consommation est imputée à l'éclairage.

50% des installations tertiaire et industriel ont plus de trente (30) ans et sont équipées de tubes fluorescents T8. Ce qui coûte très cher en termes de consommation et de maintenance. Toutefois, l'avènement de la LED offre des lampes plus puissantes et économiques, avec une consommation marginale en termes d'énergie et une durée de vie relativement rallongée, permettant de réduire significativement la fréquence de maintenance et le renouvellement des lampes, et ainsi conforter la volonté des industriel et tertiaire à réduire leurs consommations.

En plus des économies de consommation, il existe une réglementation relative à l'éclairage, constamment mise à jour, et à laquelle les établissements doivent s'en tenir dans l'exercice de leurs activités.

S'agissant de Perfesco, elle est une entreprise porteuse de projets d'efficacité énergétique, avec 80% de ses projets portés sur l'éclairage et 20% repartis entre les moteurs, les chaudières, les groupes froids et les matériels spécifiques (déchiqueteuse, broyeuses, etc.)

Le secteur de l'éclairage est en constante évolution, et de nouvelles technologies apparaissent rapidement dans le monde pour répondre aux besoins des différents secteurs. De ce fait, il se doit donc d'être régi par une réglementation qui peut paraître stricte pour les uns mais bénéfique pour tous et pour la planète.

A. Les notions à connaître

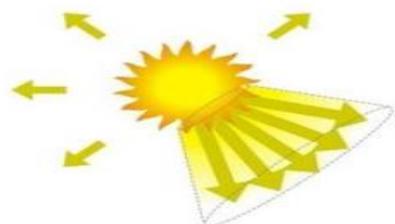
i. Définitions utiles

- **Intensité lumineuse**

Exprimé en Candela (Cd), l'intensité lumineuse correspond à la densité du rayonnement lumineux émis dans une direction donnée. Grandeur fixée arbitrairement, elle sert à définir toutes les autres unités.

- **Flux lumineux**

Il s'exprime en Lumen (lm) et caractérise la quantité de lumière émise à la tension nominale de la lampe. Il caractérise la puissance lumineuse d'une source. De symbole F ou Φ , la formule du flux lumineux s'exprime mathématiquement comme suit :



$$\Phi = I \times \alpha$$

Φ : Flux lumineux [lm]

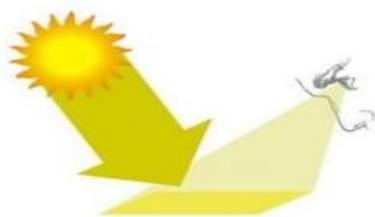
I : Intensité lumineuse [cd]

α : Angle solide [stéradian][sr]

Toute la lumière émise par une source d'éclairage n'est pas forcément visible pour l'œil humain. A consommation énergétique égale, elle peut être forte ou faible suivant le type de source retenue. En fonction de l'effet recherché, le flux lumineux permet de choisir la source adaptée à installer.

- **Luminance**

Elle correspond à la sensation visuelle perçue par un observateur lointain. Elle précise le flux lumineux transmis ou produit dans une direction donnée par unité de surface et s'exprime en candela par mètre carré (cd/m²). De symbole L , la luminance se calcule par :



$$L = \frac{I}{S}$$

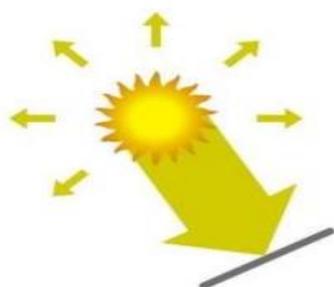
L : luminance [cd/m²]

I : intensité lumineuse [cd]

S : Surface [m²]

- **L'éclairement**

Le niveau d'éclairement est la quantité de flux lumineux tombant sur une surface déterminée (f/A), sur un plan horizontal ou vertical. De symbole E , Il s'exprime en lux (lx).



$$E = \frac{\Phi}{S}$$

E : éclairement [lx]

Φ : flux lumineux [lm]

S : Surface [m²]

- **Puissance absorbée**

La puissance absorbée est l'énergie électrique absorbée par la lampe et qui est nécessaire à son fonctionnement. Son unité de mesure est le Watt (W).

- **Efficacité lumineuse**

L'Efficacité lumineuse est le rapport du flux lumineux produit et la puissance électrique absorbée. Elle s'exprime en lumen par watt (lm/W). Elle peut être perçue comme le rendement de la source qui est la lampe.

Les sources lumineuses LED possèdent une meilleure efficacité lumineuse que les autres, c'est pourquoi les projets de Perfesco en éclairage sont basés sur des luminaires LED.

Tableau 1. Comparaison des sources lumineuses

Lampe	Rendement Lm/Watt	Perte énergétique de l'ordre de	Durée de vie
A incandescence	10 à 15	90%	1 000h
Halogène	15 à 25	80%	4 000h
Tube Fluorescent	60 à 95	50%	8 000h
Fluocompacte	50 à 90	50%	8 000h
Décharge - HIT	65 à 120	50%	8 000h
LED	140 à 150	40%	> 100 000h

Source : Prontolux (11 mai 2012)

La LED est de loin celle qui possède un meilleur rendement, une plus grande durée de vie et qui enregistre le moins de perte énergétique.

- **La température des couleurs**

C'est la couleur apparente émise par une source lumineuse. Elle s'exprime en Kelvin (0K= - 273°C) par référence au corps noir de Planck. Elle caractérise la plage de températures de fonctionnement des sources lumineuses à travers la sensation visuelle de l'observateur par rapport à la couleur de la lumière émise par ces sources.

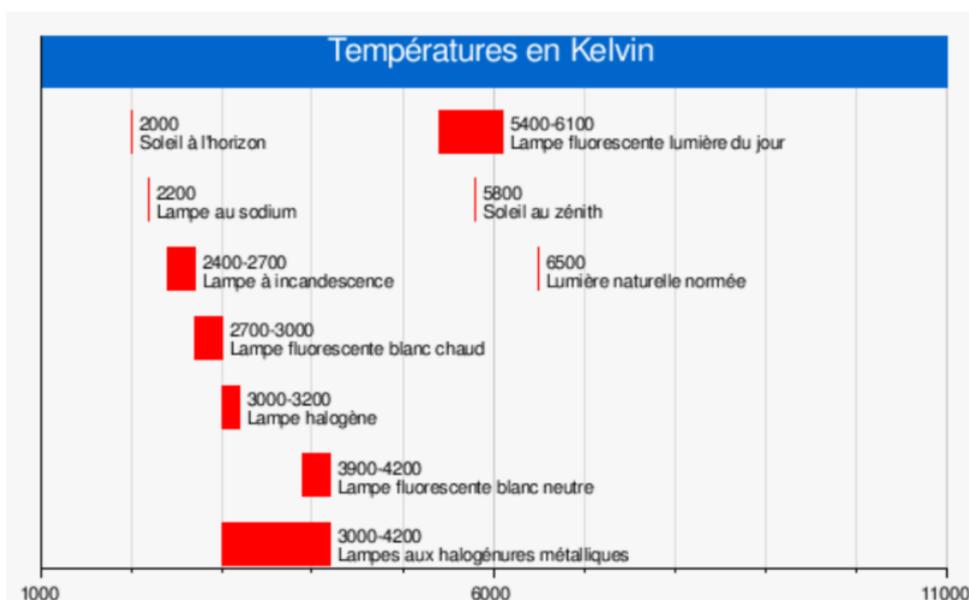


Figure 2: Température des couleurs et différentes lampes associées

Source : Notion d'éclairage (2011)

Une température de couleur basse (2700 à 3500 K) correspond à une teinte chaude et une température haute (5000 à 6000 K) correspond à une teinte froide.

- **Principe de Kruithof**

Elle traduit la variable psychologique de la lumière. Plus la couleur apparente est faible, plus le niveau d'éclairage peut être faible sans nuire à la sensation de bien-être. A l'inverse, plus la couleur apparente d'une lumière est froide, plus le niveau d'éclairage doit être fort pour éviter une ambiance pale, blafarde donc inconfortable.

- **L'indice de rendu des couleurs (IRC)**

Le rendu des couleurs se rapporte à la manière dont la lumière de la lampe restitue les couleurs, en se référant à la lumière du jour. Sa valeur maximale est 100 et correspond à une lumière blanche avec un spectre complet continu de longueur d'onde restituant toutes les nuances de couleur.

Les fabricants adoptent le plus souvent une indication codée à trois chiffres, le premier chiffre se rapporte au rendu de couleur, et les deux derniers indiquent la température de couleur.

Exemple : 827, 840, 930, ...

827 : 8 signifie que l'IRC est compris entre 80 et 90, 27 pour 2700K de température de couleur

920 : 9 signifie que l'IRC est supérieur à 90, 20 pour 2000K de température de couleur.

- **Les facteurs de réflexion**

C'est une donnée importante du local à équiper en intérieur qui influe sur les types de sources à choisir. Il existe quatorze (14) groupements de facteurs de réflexion qui ont été jugés usuels. Leurs codification est faite sur la base des centaines, chaque chiffre définit la valeur des facteurs de réflexion: du plafond, du mur et du plan utile. En exemple, la valeur 752, la plus utilisée signifie que :

Le facteur de réflexion du plafond : 70%

Le facteur de réflexion des murs : 50%

Le facteur de réflexion du plan utile : 20%

• L'éblouissement

C'est la difficulté, d'un observateur, de voir en présence de lumière vive. Les travailleurs sont souvent confrontés à ce phénomène dû, soit au type de source installé, soit aux propriétés des matériaux présents dans l'environnement de travail. L'éblouissement est direct lorsque la source lumineuse est dans le champ visuel, et indirect lorsque l'éclairage est réfléchi sur des objets, des surfaces et le plan de travail.

L'UGR ou le GR (Unified Glare Rating), tout comme la température des couleurs est un critère de confort visuel, il représente l'éblouissement d'inconfort provenant directement des luminaires d'une installation d'éclairage intérieur. Il peut être évalué en utilisant une méthode tabulaire basée sur la formule :

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{P^2} \right)$$

L_b : luminance de fond exprimée en cd/m^2

L : luminance des parties lumineuses de chaque luminaire dans la direction de l'œil de l'observateur en cd/m^2

ω : l'angle solide (stéradian) des parties lumineuses de chaque luminaire au niveau de l'œil de l'observateur.

P : l'indice de position de Guth pour chaque luminaire se rapportant à la position du luminaire par rapport à l'axe visuel

L'UGR varie entre 10 (éblouissement imperceptible) et 30 (éblouissement intolérable).

• Courbes photométriques

La photométrie est également un critère visuel très important dans le choix de la source lumineuse, elle définit la manière dont le flux lumineux est émis dans les différentes directions. Les luminaires sont généralement décrits par deux courbes, une courbe pour chacun des plans symétriques.

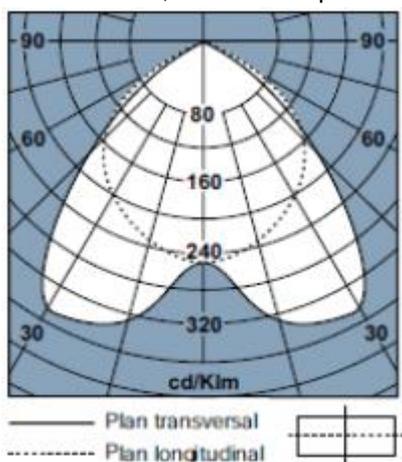


Figure 3 : Diagramme polaire

Source : Eclairagisme (2010)

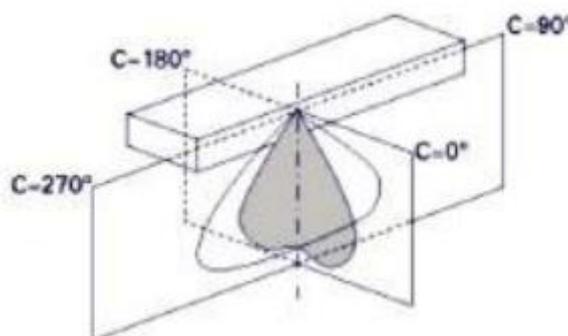


Figure 4 : Représentation d'une courbe photométrique sur les deux plans

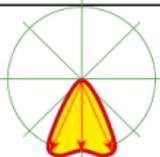
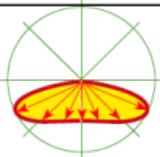
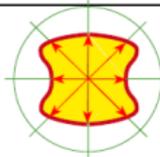
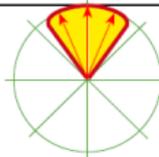
Par convention :

- La courbe en trait plein représente la répartition des intensités lumineuses dans le plan transversal
- La courbe en trait pointillé, celle des intensités dans le plan longitudinal.

Il existe cinq (05) catégories de classe photométrique :

Classe	Catégorie	-
A à E	F1	Direct intensif
F à J	F2	Direct extensif
K à N	F3	Semi-direct
O à S	F4	Mixte
T	F5	Indirect

Tableau 2. Recapitulatif de la répartition d'intensité en fonction de la classe photométrique.

CLASSEMENT SYNTHÉTIQUE DES LUMINAIRES				
LUMINAIRE :	DIRECT INTENSIF	DIRECT EXTENSIF	SEMI-DIRECT	INDIRECT
RÉPARTITION D'INTENSITÉ :				
CLASSES PHOTOMÉTRIQUES	A à E	F à J	Superposition de : - appareils <i>directs</i> de classe A à J + appareils <i>indirects</i>	T

Source : Eclairagisme (2010)

• L'Indice de protection IP : Etanchéité

Composé de deux chiffres précédés par « IP », l'indice de protection représente la capacité du luminaire ou de la lampe à être étanche vis-à-vis des solides et des liquides.

Le premier chiffre désigne la protection contre les solides (allant de 0 à 6) et le deuxième (allant de 0 à 9), la protection contre les liquides. La particularité qui intervient dans cette propriété est la marque de qualité européenne "ENEC" (European Norms Electrical Certification) qui attestent des exigences de conformités européennes du produit concerné.

Tableau 3. Les différents niveaux d'indices de protection et leurs significations

IP	Premier chiffre (protection contre les solides)	Deuxième chiffre (protection contre les liquides)
0	Non protégé	Non protégé
1	Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 50 mm (dos de la main)	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau
2	Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm (doigt)	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau avec une enveloppe inclinée au maximum de 15°
3	Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm (outil)	Protégé contre l'eau en pluie
4	Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 1 mm (fil)	Protégé contre les projections d'eau
5	Protégé contre la poussière	Protégé contre les jets d'eau
6	Étanche à la poussière	Protégé contre les jets d'eau puissants
7		Protégé contre les effets d'une immersion temporaire dans l'eau
8		Protégé contre les effets d'une immersion prolongée dans l'eau
9		Jets d'eau haute pression et haute température (80 +/- 5°C)

- **L'Indice de résistance mécanique IK**

L'indice de résistance IK représente la capacité du luminaire ou de la lampe à résister aux divers chocs mécaniques (allant de 00 à 10).

Tableau 4. Les différents indices de résistances mécanique et leurs significations

IK	Energie d'impact (joules)	Correspondant approximativement à :
00	Non protégé	
01	0,14	
02	0,2	200 g tombant de 10 cm
03	0,35	
04	0,5	500 g tombant de 10 cm
05	0,7	
06	1	500 g tombant de 20 cm
07	2	500 g tombant de 40 cm
08	5	1 kg tombant de 50 cm
09	10	2,5 kg tombant de 40 cm ou 1 kg tombant de 1 m
10	20	5 kg tombant de 40 cm ou 2 kg tombant de 1 m

- **La classe de protection électrique**

La classe électrique définit un niveau de protection électrique pour l'utilisateur et mesure le risque potentiel pour une personne d'être en contact avec la tension de secteur (230V alternatif) ou toute autre tension dangereuse pour l'homme (supérieure à 50V dans les locaux secs). Elle est notée de 0 à III.

Tableau 5. Les différentes classes de protections et leurs significations

Classification	Symbole	Définition
0	—	Luminaire ne comportant pas de dispositif permettant de relier les parties métalliques accessibles à un conducteur de terre.
I		Luminaire ayant au moins une isolation fonctionnelle en toutes ses parties et comportant une borne de terre repérée par le symbole
II		Luminaire ayant en toutes ses parties une double isolation et/ou une isolation renforcée et ne comportant pas de dispositif en vue de la mise à la terre
III		Luminaire prévu pour de très basses tensions de sécurité et n'ayant aucun circuit interne ni externe fonctionnant sous une tension autre qu'une très basse température de sécurité (tension nominale ne dépassant pas 50 V)

Source : conformité d'installations

• Risque photo-biologique RG

Les LED émettent une lumière enrichie en bleu qui correspond à l'émission d'une proportion plus importante de rayonnements à des longueurs d'ondes courtes (de 350 à 500 nanomètres environ).

Chez l'homme, la lumière bleue a des effets physiologiques qui, à des niveaux de luminance élevés, peut entraîner des atteintes de la rétine. L'exposition à la lumière bleue pourrait être un des facteurs à l'origine de certaines pathologies telles que la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA).

- RG0 - groupe sans risque : l'exposition directe à la lampe ne dépasse pas la limite d'exposition en 10.000 secondes.
- RG1 - groupe de risque 1 (faible risque) : la lampe ne présente pas un risque en condition d'utilisation normale. L'exposition directe dépassera la limite d'exposition en 100 à 10.000 secondes
- RG2 - groupe de risque 2 (risque modéré) : le risque est évité grâce à un mouvement d'aversion face à une source très brillante. L'exposition directe dépassera la limite d'exposition en 0,25 à 100 secondes
- RG3 - groupe de risque 3 (risque élevé) : la lampe présente un risque même si l'exposition est brève. L'exposition directe dépassera la limite d'exposition en moins de 0,25 seconde.

• Zone ATEX

La réglementation concernant les ATmosphères EXplosives (zones ATEX), communément appelée « réglementation ATEX », est basée sur deux (02) directives européennes :

- Directive, concernant les appareils et les systèmes de protections destinés à être utilisés en atmosphère explosive ;
- Directive, concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphère explosive.

ii. Les différents types de sources d'éclairage

Suivant le type d'émission de la lumière, il existe deux types de sources lumineuses : les lampes à incandescence et les lampes à luminescence.

- L'incandescence : la température est entretenue par des réactions nucléaires internes et l'énergie nécessaire à la production de lumière est apportée par agitation thermique.
- Luminescence : Elle regroupe tous les autres processus d'émission de lumière. Quel que soit son processus, elle se produit en deux phases.

Dans la première phase, le cortège électronique des atomes du corps qui émettra la lumière est excité. Dans la seconde phase, sa désexcitation produit l'émission lumineuse.

En fonction de la durée de persistance de la lumière, nous avons : la fluorescence (de très brève durée) et la phosphorescence (de longue durée).

Et en fonction du type d'excitation : la photoluminescence (par absorption de photons) , l'électroluminescence (par l'effet d'un champ électrique), la catholuminescence (par l'effet des rayons cathodiques qui sont formés d'électrons , de quelques keV d'énergie, accélérés dans le vide), la triboluminescence (par l'effet d'un frottement, d'une déformation mécanique ou d'une rupture de matériaux solides), la chimiluminescence (par réaction chimique in vitro, généralement d'oxydo-réduction) et la bioluminescence (par réaction biochimique in vivo).

Dans le domaine de l'éclairage, les différents types de sources les plus communément utilisées sont :

- L'incandescence pour les lampes à incandescence ;
- L'électroluminescence pour les lampes à décharge ;
- La photoluminescence pour les lampes fluorescentes.

iii. Paramètres du diagnostic et calcul du coût global de l'éclairage

- Principe de calcul

Perfesco se base sur un principe de calcul qu'il développe et crée un document appelé Business Plan.

Ce document est une réunion de données recueillies et de calculs qui permet de faire ressortir :

- Le coût de la consommation d'énergie : avant et après installation, avec une correction sur la base d'une inflation ;
- Le coût de la maintenance annuelle : combien rapporte la maintenance actuelle et combien rapportera – t – elle après installation du nouveau matériel ;
- Le coût d'exploitation ;
- Le taux horaire de la main d'œuvre ;
- Le coût total de l'installation du nouveau matériel ;
- L'investissement total à installer ;
- Le retour sur investissement, qui correspond au nombre d'année durant lequel l'investissement est remboursé ;
- L'énergie économisée annuellement.

Tableau 6. Recapitulatif des formules utilisées

	Formule	État des lieux ou solution 1	Solution 2
DONNÉES DE BASE			
Niveau d'éclairage à maintenir exigé à la mise en service de l'installation		lux	lux
Surface du local		m ²	m ²
Nombre d'heures d'allumage par an	Q	heures	heures
Durée de vie économique d'une lampe (variable selon ballast, voir fabricant)	Dv	heures	heures
Prix de l'électricité, TTC	R	€/kWh	€/kWh
Taux horaire de la main-d'œuvre	S	€	€
COÛT DE L'INVESTISSEMENT INITIAL			
Nombre de luminaires du même type dans le local	A		
Nombre de lampes par luminaire	C		
Nombre de ballasts par luminaire	F		
Temps d'installation par luminaire	Ti	mn	mn
Temps total d'installation	Tt = Ti x A	heures	heures
Coût total d'installation	Ti = S x Tt	€	€
Coût du luminaire (ballast ferromagnétique)	B(f)	€	€
Coût du luminaire (ballast électronique)	B(é)	€	€
Coût d'une lampe	Z	€	€
Coût des lampes par luminaire	D = C x Z	€	€
Investissement par luminaire	MI = B + D	€	€
Coût total des équipements	M = MI x A	€	€
Investissement total (fourniture et pose)	N = Ti + M	€	€
COÛT DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE			
Puissance d'une lampe du luminaire	P	W	W
Puissance de l'ensemble lampe + ballast (classification européenne)	E	W	W
Puissance totale des lampes et ballasts d'un luminaire	K	W	W
Puissance de l'ensemble du local	L = (A x K) / 1000	kW	kW
Consommation annuelle d'un luminaire	U = (Q x K) / 1000	kWh	kWh
Consommation annuelle du local	V = U x A	kWh	kWh
Coût annuel de consommation d'énergie	W = V x R	€	€
Puissance surfacique (référence aux prescriptions de la réglementation thermique)		W/m ²	W/m ²
COÛT DE LA MAINTENANCE			
Nombre de lampes à remplacer par an (selon durée de vie économique et temps d'utilisation)	Lr = Q : Dv		
Coût des lampes (et starters) à remplacer chaque année	Zl = (Z x Lr) + (J x Lr)	€	€
Temps d'intervention pour le nettoyage d'un luminaire et le remplacement et la collecte des lampes usagées du luminaire	T	heures	heures
Temps d'intervention pour le nettoyage de tous les luminaires et le remplacement et la collecte de toutes les lampes	Ti	heures	heures
Coût annuel de la maintenance	X = Zl + (Ti x S)	€	€
Coût annuel d'exploitation	Y = X + W + G	€	€
Économie d'énergie par an	W2 - W1	€	€
Surcoût de l'installation	Sur = N2 - N1	€	€
Économie annuelle globale	Y1 - Y2	€	€
Retour sur investissement	Sur/(Y2-Y1)		ans

Source : Eclairage industriel (2004)

- Comment choisir une lampe ?

En fonction de la nature du local, des besoins et des normes, nous avons :

Applications	Lampes	Puissance en watts (W)	Température de couleur en kelvins (K)	Indice de Rendu des Couleurs (IRC)	Efficacité lumineuse en lumen par watt (lm/W)	Durée de vie économique (heures)	Luminaires
<ul style="list-style-type: none"> • Ateliers et autres locaux industriels courants, d'une hauteur inférieure à : <ul style="list-style-type: none"> - 8 m pour un luminaire à rendement standard - 12 pour haut rendement • Bureaux administratifs, grandes surfaces • Salles blanches 	Tubes fluorescents haut rendement	18 à 58	2 700 à 6 500	≥ 85	75 à 103	10 000 à 14 000	De la réglette simple, réflecteur industriel, au module encastré étanche à optique très basse luminance pour salles blanches
	ou Tubes fluos 16 mm électroniques	14 à 80			96 à 104	(18 000 à 20 000 avec ballast électronique, 21 000 à 36 000 pour les tubes longue durée) 16 000 à 20 000	
Halls industriels et locaux à partir de 8 m de hauteur	Iodures (ou halogénures) métalliques	35 à 2 000	3 000 à 6 100	65 à 93	54 à 120	6 000 à 10 000	Armature à décharge
	Vapeur de mercure (ballon fluorescent)	125 à 400	3 300 à 4 300	33 à 60	32 à 60	8 000 à 12 000	Armature à décharge
Locaux de grande hauteur, stockage, hangars	Sodium haute pression	50 à 1 000	2 000 à 2 500	25 à 80	46 à 150	10 000 à 18 000	Armature à décharge
Locaux où l'accès aux luminaires est difficile (nécessité de stopper la fabrication par exemple)	Induction	55 à 165	2 700 à 4 000	≥ 80	60 à 80	60 000	Luminaire spécifique

Source : Eclairage industriel (2004)

En plus de respecter les normes en vigueur, car la rénovation de l'installation est avant tout une mise à jour en termes de réglementation et de norme ; le choix du nouveau matériel s'appuie sur les caractéristiques de l'ancien déjà en place, sinon mieux.

En exemple, pour des bureaux, en général, les luminaires installés sont des plafonniers encastrés 4X18W (4 sources lumineuses de 18W chacune). Ils sont le plus souvent dotés de ballast ferromagnétiques qui absorbent en plus, 20% de la puissance totale pour fournir une tension d'amorçage nécessaire et limiter le courant dans le luminaire. La puissance totale réelle du luminaire passe à $P = 4 \times 18 + (0.2 \times 4 \times 18) = 86.4 \text{ W}$.

Le luminaire n'absorbe plus 72W mais 86.4W, et dans notre choix de proposition, nous optons pour un luminaire encastré doté d'un ballast électronique (qui permet de limiter les pertes) dont la puissance totale est de 33W. Pour dix heures de fonctionnement, nous avons une consommation de $P = 86.4 \text{ W} \times 10h \times 365 = 315.36 \text{ kWh}$ par an que nous remplaçons par $P = 33 \text{ W} \times 10h \times 365 = 120.45 \text{ kWh par an}$. Nous faisons une économie de plus de 50% sur la consommation annuelle.

Le plafonnier 4X18W a une durée de vie de 16 000 h et le plafonnier de remplacement, 50 000 h. Nous enregistrons également une durée de vie plus grande, ce qui limite la fréquence d'intervention et ou de remplacement.

Le prix de la source de remplacement est sans aucun doute plus cher, cependant, cet investissement sera récupéré à travers le gain de consommation, la réduction de la fréquence de maintenance. Une rentabilité assurée.

B. Réglementations, recommandations et normes.

L'éclairage est essentiel pour assurer le bien-être de l'employé, il doit être dans de bonnes conditions pour exécuter correctement et efficacement son travail. Une réglementation stricte est imposée sur l'éclairage des lieux de travail.

i. Les textes réglementaires de référence

Décret n°83-721 du 2 août 1983, destiné aux entreprises et complétant le Code du travail en ce qui concerne l'éclairage des lieux de travail. Les dispositions de ce décret sont codifiées aux articles **R.232-7 à R.232-10** du code du travail et précise :

- Les valeurs minimales à respecter pour l'éclairage général dans quatre situations intérieures et deux situations extérieures ;

- Le niveau d'éclairage doit être adapté à la nature et à la précision des travaux à exécuter (valeurs précisées par la circulaire du 11 Avril 1984) ;
- Le rapport entre les niveaux d'éclairages dans un même local ;
- La protection contre le rayonnement solaire ;
- Les risques d'éblouissement ou de fatigue visuelle dû à des surfaces à forte luminance ;
- La qualité du rendu des couleurs ;
- Les phénomènes de fluctuations de lumière ;
- Les risques d'effets thermiques et de brûlures ;
- L'accès des organes de commandes ;
- L'entretien du matériel d'éclairage.

Décret n°83-722 du 2 août 1983, fixe les règles relatives à l'éclairage des lieux de travail auxquelles doivent se conformer les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle, commerciale ou agricole.

Les dispositions de ce décret sont codifiées aux articles **R.235-1 à R.235-2-3** du code du travail et explique :

- L'utilisation de la lumière naturelle pour l'éclairage des locaux de travail ;
- La réalisation de bâtiments satisfaisant aux dispositions du décret n°83-721 concernant les niveaux d'éclairage et la facilité d'entretien du matériel d'éclairage ;
- La réaction et la transmission au chef d'établissement utilisateur d'un document contenant les informations relatives au niveau d'éclairage et aux règles d'entretien du matériel : le cahier des charges.

Circulaire du 11 Avril 1984 relative aux commentaires techniques des décrets n°83-721 et 83-722 du 2 août 1983 relatifs à l'éclairage des lieux de travail.

Arrêté du 23 octobre 1984 relatif aux relevés photométriques sur les lieux de travail et aux conditions d'agrément des personnes et organismes pouvant procéder à ces contrôles.

Lettre-circulaire DRT n°90/11 du 28 juin 1990 relative à l'éclairage naturel et à la vue vers l'extérieur.

Décret 92-33 du 31 mars 1992 qui enrichi le décret 83-721 et relatif à la lumière naturelle (entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1996).

Article 53 du Décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 relatif aux installations et aux contrôles périodiques de l'éclairage de sécurité dans les ERT (Etablissements Recevant des Travailleurs).

Article 3 et 4 de l'arrêté du 20 décembre 1988 relatif aux essais périodiques de l'éclairage de sécurité dans les ERT

Article 9 de l'annexe I de l'arrêté du 10 novembre 1976 relatif aux essais périodiques et à la maintenance des installations d'éclairage de sécurité dans les ERT.

Article 15 de l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif aux essais périodiques de l'éclairage de sécurité dans les ERT.

Article 47 du décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 relatif à la maintenance des installations d'éclairages de sécurité dans les ERT.

Arrêté du 10 novembre 1976 relatif aux circuits et installations de sécurité dans les ERT. Il est pris en application par l'article 15 du décret du 14 novembre 1962 modifié par le décret du 14 novembre 1988, dont l'article 15 (règles applicables pour les installations de sécurité et en particulier l'éclairage de sécurité) prévoit un nouvel arrêté qui fixera les modalités d'application pour les installations électriques. Cet article complété par la circulaire DRT n°89/2 du 6 février 1989, précise que l'arrêté de 1976 reste applicable dans l'attente du nouvel arrêté.

Décret du 14 novembre 1962, modifié par le décret n°88-1056 du 14/11/1988, impose les vérifications périodiques ainsi qu'une surveillance des installations électriques en ce qui concerne l'éclairage de secours.

Les applications de ce décret sont détaillées dans les arrêtés suivants :

- Arrêté du 10/11/1976 (modifié par l'arrêté du 26/02/2003) est relatif aux circuits et installations de sécurité ;
- Arrêté du 20/12/1988 (modifié par l'arrêté du 10/10/2000) qui détermine la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications réglementaires des installations électriques ;
- Arrêté du 4/11/1993 qui est relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.

ii. Recommandations

Les recommandations servent de guides et viennent appuyer les réglementations.

NF X 35-103 : Principe d'ergonomie visuel applicable à l'éclairage des lieux de travail

EN 12665 : termes de base et critères pour les spécifications des exigences en éclairage.

NF EN 12464-1 : Eclairage des lieux de travail (détail toutes les recommandations d'éclairage de tous types de lieux de travail)

NF C 71-121 : Méthode simplifiée de prédétermination des éclairagements des espaces clos et classification correspondante des lumières. Pour le bloc autonome d'éclairage de sécurité (BAES) :

- NFC 1-800 : BAES à lampes à incandescence ;
- NFC 71-801 : BAES à lampes à fluorescence ;
- NFC 71-820 : traite des systèmes de tests automatiques.

iii. Normes

Les normes sont importantes dans la mesure où elles permettent d'assurer, la qualité des produits d'éclairage, la sécurité des personnes et des locaux. Elles sont des spécifications techniques qui assurent essentiellement :

- La performance et le confort visuel ;
- La sécurité et les déplacements ;
- De bonnes conditions ergonomiques ;
- La conception et la réception des installations.

La norme européenne NF EN 12464-1 est celle appliquée à l'éclairage des lieux de travail dans les écoles, les commerces, la santé, l'industrie et le tertiaire. Elle est basée sur trois principaux critères de l'éclairage qui sont : l'éclairage moyen à maintenir (E), l'indice d'éblouissement (GR) et l'indice des rendus des couleurs (IRC).

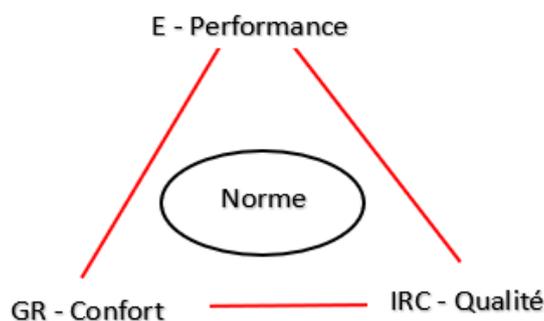


Tableau 7. Les spécifications pour l'éclairage intérieur

Zones, tâches, activités	Eclairage moyen à maintenir (lux) Valeur minimale	UGR – Valeur maximale	Indice de rendu des couleurs – R _a Valeur minimale
Zone de circulation et couloirs	100	28	40
Escaliers, quai de chargement	150	25	40
Magasins, entrepôts	100	25	60
Magasins de vente, zone de vente	300	22	80
Zone de caisse	500	19	80
Espaces publics, halls d'entrée	100	22	80
Guichets	300	22	80
Restaurants, hôtels	300	22	80
Réception, caisse, concierge			
Cuisines	500	22	80
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500	19	80
Salle de conférences	500	19	80
Salle de dessin industriel	750	16	80
Eclairage des bureaux :			
– classement	300	19	80
– dactylographie, lecture	500	19	80
– poste CAO	500	19	80
– réception	300	22	80
– archives	200	25	80

Tableau 8. Les spécifications pour l'éclairage extérieur

Eclairage sur la tâche visuelle (lux)	Eclairage des zones environnantes (lux)
≥ 500	100
300	75
200	50
150	30
$50 \leq E_{\text{tâche}} \leq 100$	20

Source : Normes euro éclairage (2004)

2. Le département technique

Département dans lequel j'effectue mon stage, nos principales missions sont axées sur :

- L'étude : un état énergétique général est fait, dans un premier temps pour donner des chiffres de références. Chaque site est particulier et pour chacun des sites, il faut une offre spécialisée qui lui est adapté. Ensuite un bilan précis est effectué sur la base de mesures des appareils concernées, nous avons là des données réelles du site étudié.
- Le conseil : après le bilan énergétique, les sources les plus énergivores sont recensés et des propositions d'optimisation sont proposées. Ces solutions sont multiples suivant que les sources soient pilotées avec ou non un système informatique automatisé.
- Le suivi des travaux : avec l'accord du client, l'appel d'offre est lancé, le prestataire est retenu, les contrats sont signés et la date de début des travaux est fixée. Le(s) chef(s) de projet assure(nt) le bon déroulement du chantier jusqu'à la réception.

a. Audit énergétique et missions d'accompagnements en milieu tertiaire et Industriel

Perfesco accompagne le client tout au long du déroulement du projet.

Chaque client a droit à une offre basée sur une construction progressive et sur mesure.

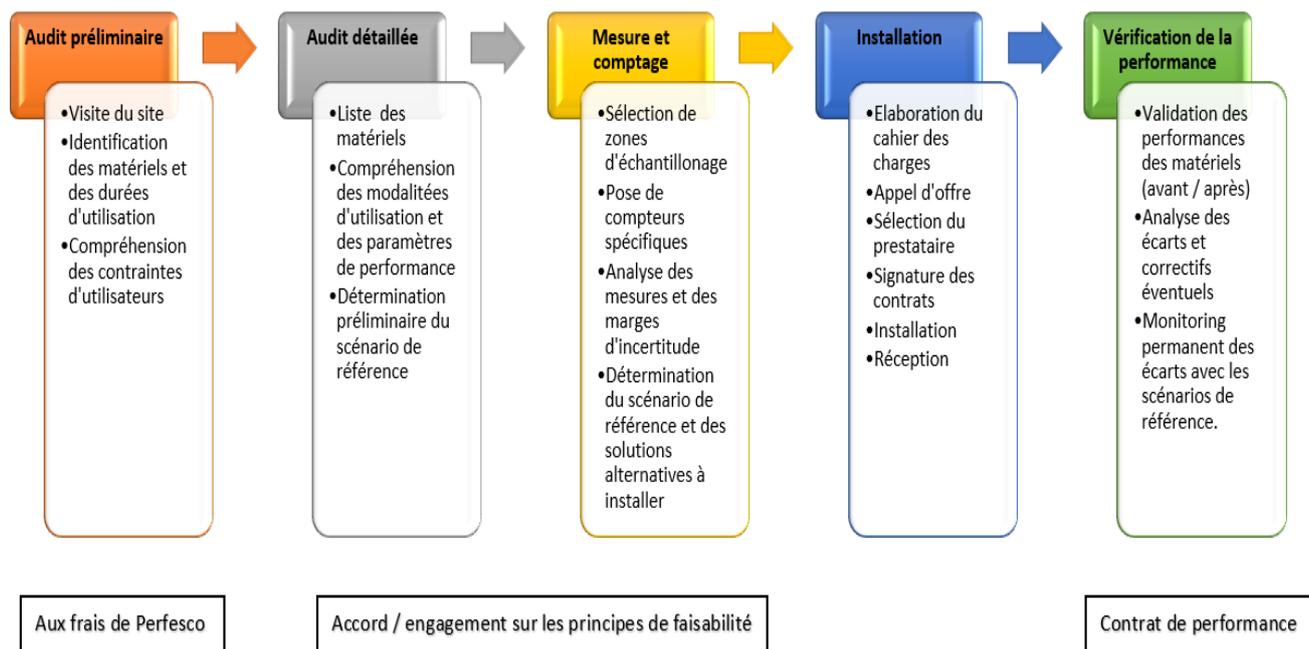
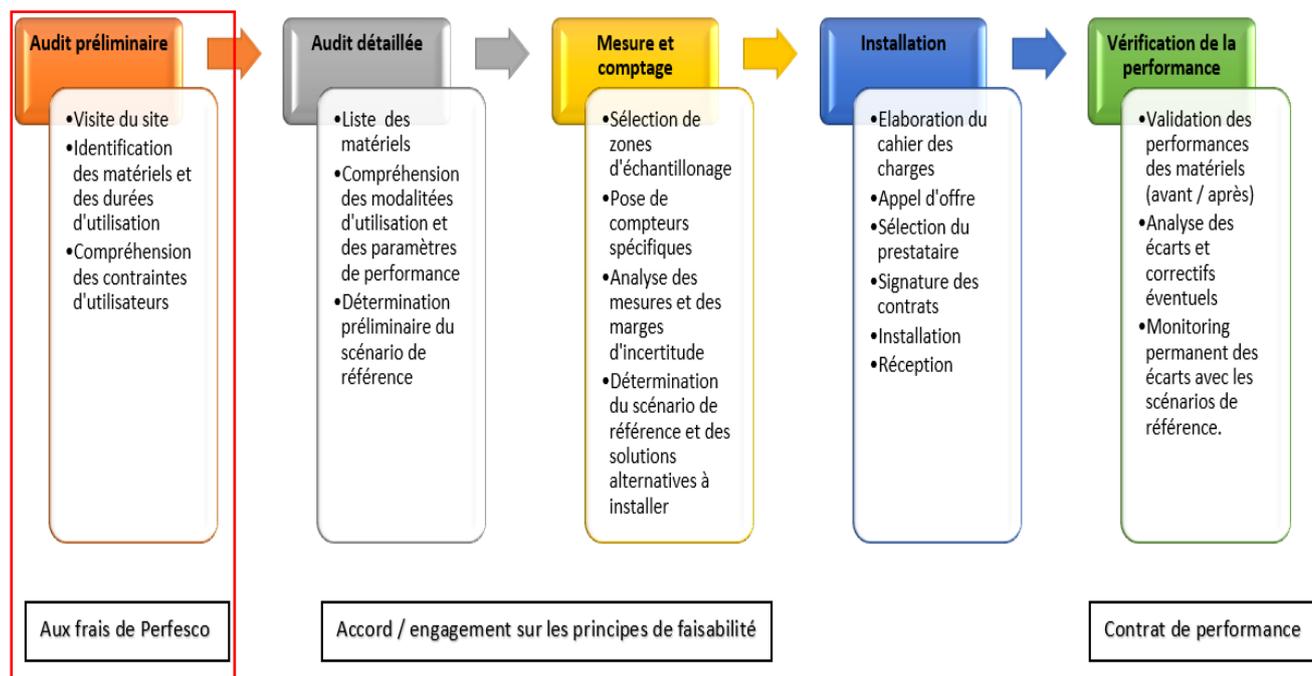


Figure 5 : Les différentes étapes d'évolution d'optimisation énergétique.

i. L'audit préliminaire



Source : Perfesco

- L'étude

Le premier contact avec le futur client est établi, les données sont recueillies : les plans de masses, les plans des appareils électriques existants et une première visite est programmée.

Lors de la visite, les heures de fonctionnements, le type de matériel présent sont recensés. Les données avant et après visites sont regroupées et un premier fichier appelé Business plan est créé.

Ce fichier regroupe les différents modèles de luminaire sur le site, leurs temps de fonctionnement, leurs puissances réelles. À partir de ces données, des sources de remplacement de chaque source existante sont proposées.

Sauf cas spécifique, où certains des luminaires se trouveraient dans des atmosphères contrôlées et dans ce cas il est proposé soit un remplacement des tubes en conservant le cadre du luminaire, soit la fabrication d'un luminaire sur mesure qui bien sûr coûterait un peu plus cher.

Les luminaires de remplacement sont choisis en prenant en compte les caractéristiques spécifiques du luminaire existant. Par exemple : une gamelle de 250W est remplacée par une Coreline Highbay de 73W.

Tableau 9. Caractéristiques d'une gamelle et de sa source de remplacement

Paramètres	Gamelle	Coreline Highbay
Puissance (W)	250	73
Flux lumineux (lm)	10 700	10 000
Efficacité lumineuse (lm / W)	44	137
Durée de vie (h)	11 000	70 000

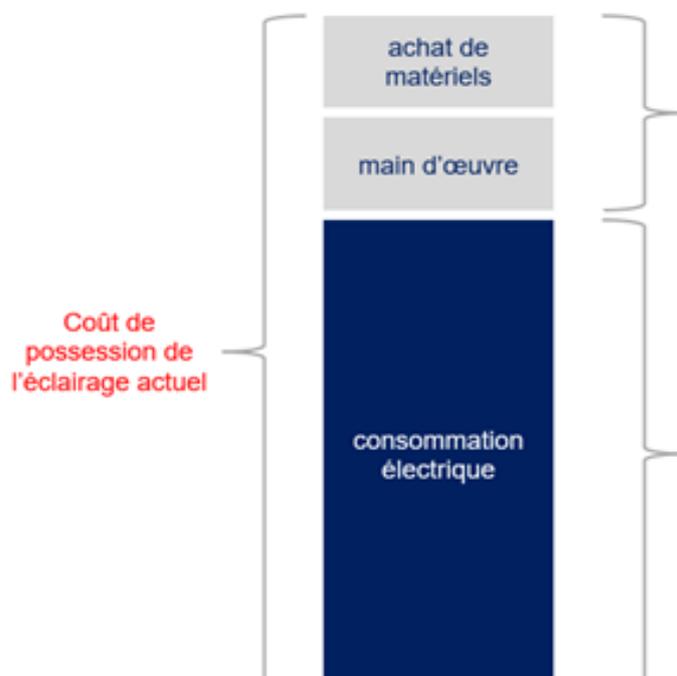
La puissance est divisée par 3, ce qui diminue la consommation. La durée de vie est multipliée par 6, ce qui permet la réduction du nombre d'intervention et une meilleure efficacité lumineuse.



De ces sources, nous sommes capables d'établir le bilan :

- Du nombre de luminaire ;
- De la puissance nominale installée en kW ;
- De la consommation annuelle totale de l'éclairage GWh / an ;

- Résultats
 - Nous déterminons alors le coût de possession théorique de l'éclairage du site existant.



Source : Perfesco

Nous pouvons d'ores et déjà faire une première proposition au client. Perfesco offre deux types de contrat : le contrat ESCO (Energy Service Company) et le contrat installation-réalisation.

- Caractéristiques communes aux deux types de contrats
 - Etudes et optimisation des luminaires pendant la phase de l'audit détaillé ;
 - Instrumentation de la situation de référence (mesures des consommations des éclairages) ;
 - Assistance à la mise en place des garanties des matériels ;
 - Présentation d'un prix fixe et engageant après la réalisation de notre audit détaillée (solution clé en main) ;
- Caractéristiques spécifiques à une offre installation – réalisation
 - Bilan financier ;
 - Contrat d'installation – réalisation avec Perfesco ;
 - Gains énergétiques indicatifs et non contractuels ;
 - Vérification par des mesures à la livraison (puissances et niveaux de luminosité) ;
 - Aucune rémunération de Perfesco liées aux gains ;
 - Le client sera propriétaire des nouveaux matériels installés.
- Les solutions techniques sont présentées au client : une solution avec système de gestion et une autre sans. Chaque solution comporte un scénario de référence qui découle du bilan de l'étude et d'un scénario projeté.

Dans les scénarios projetés, il y'a :

 - La puissance nominale à installer ;
 - La consommation annuelle prévisionnelle ;
 - La valeur de l'investissement à apporter ;
 - Le nombre d'année que pourrait potentiellement durer le contrat ;
 - Les gains envisagés sur la durée du contrat pour les deux parties ;
 - Les gains à la fin du contrat lorsque le client est propriétaire des installations.

Le principe de la rémunération sur le tiers payant se déroule comme suit :
Exemple de projet dont l'investissement porté par Perfesco est de X k£ sur quatre (04) ans.

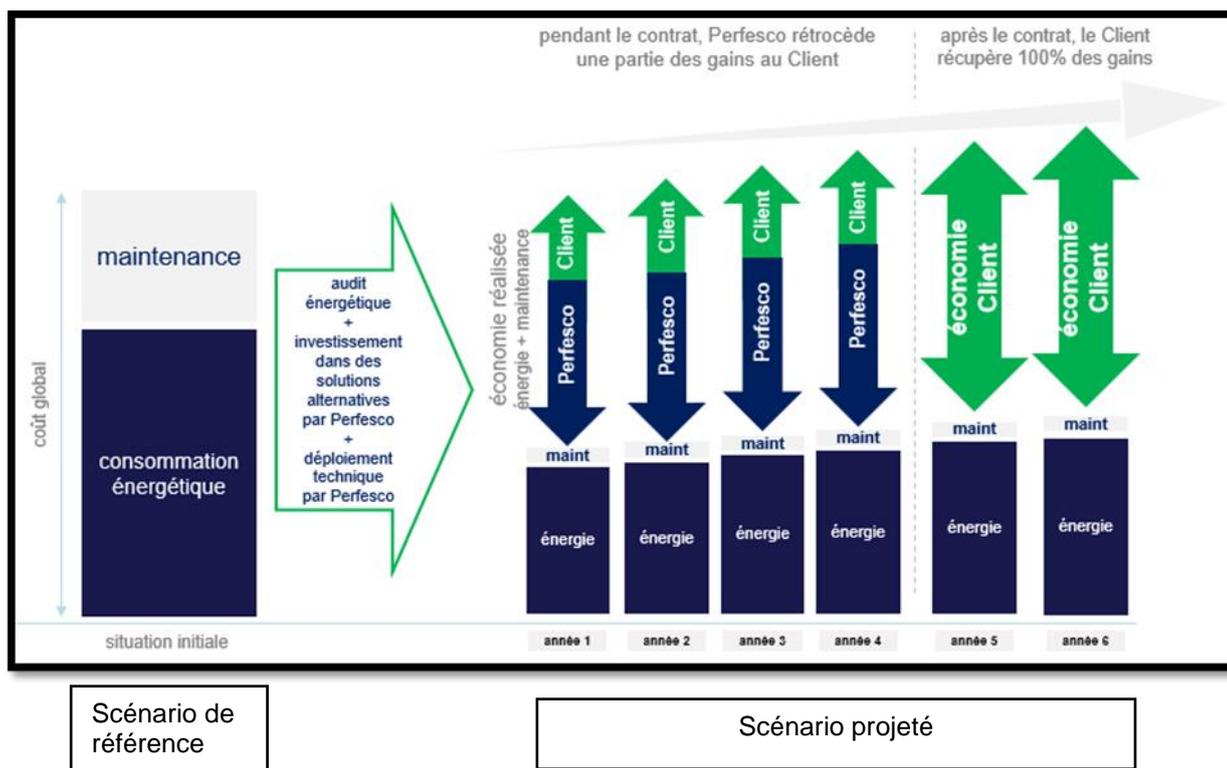


Figure 6: Exemple de simulation financière d'un projet

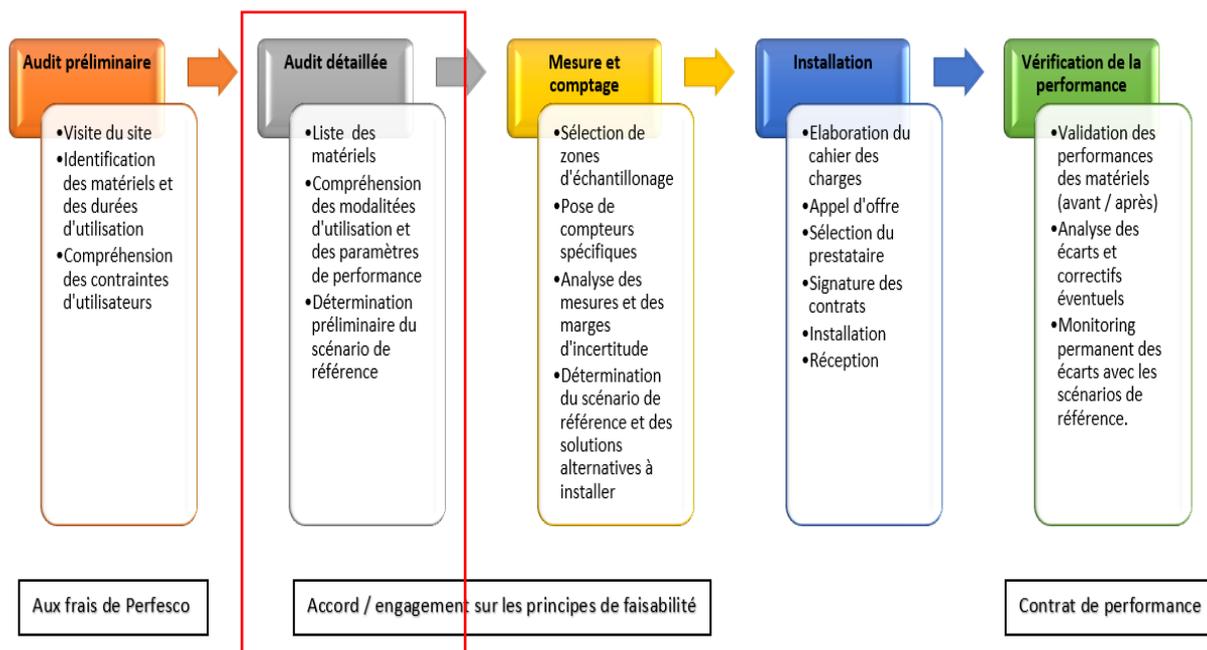
Il arrive que des surcoûts apparaissent durant l'exploitation du site, ce qui correspond au prix des luminaires détériorés à changer.

Ce document est présenté par un chef de projet technique et un commercial de Perfesco au client. À partir de ce moment, le client décide de continuer ou non le projet. Si le client est défavorable, le projet est abandonné. Sinon, le client signe un contrat qui autorise l'avancée vers les prochaines étapes.

J'ai effectué une visite préliminaire pour le compte de Perfesco à Amboise avec Thomas BELARDY. Nous nous sommes rendus sur le site, nous avons échangé avec le responsable du site notamment sur ses attentes, les types de luminaires, les modes de fonctionnement, l'enjeu d'une rénovation d'éclairage dans son usine. Nous avons également répertorié les difficultés d'accès, les hauteurs des luminaires et la présence ou non de la lumière du jour dans les différents ateliers.

A travers ces données et les plans des appareils électriques, nous avons répertorié les luminaires existants, nous avons effectués des calculs pour en fin de compte produire un Business Plan. Ensuite, nous avons présenté nos résultats chez le client. Une étude de ce type peut prendre à peu près une quinzaine de jours, en fonction des contraintes auxquelles nous faisons face.

ii. L'audit détaillée



Durant cette étape, un bilan exhaustif de l'installation est fait. Perfesco et le client décident de rajouter certains appareils ou d'en supprimer, les réajustements et les corrections sont faits sur les informations importantes. Un nouveau Business Plan est créé.

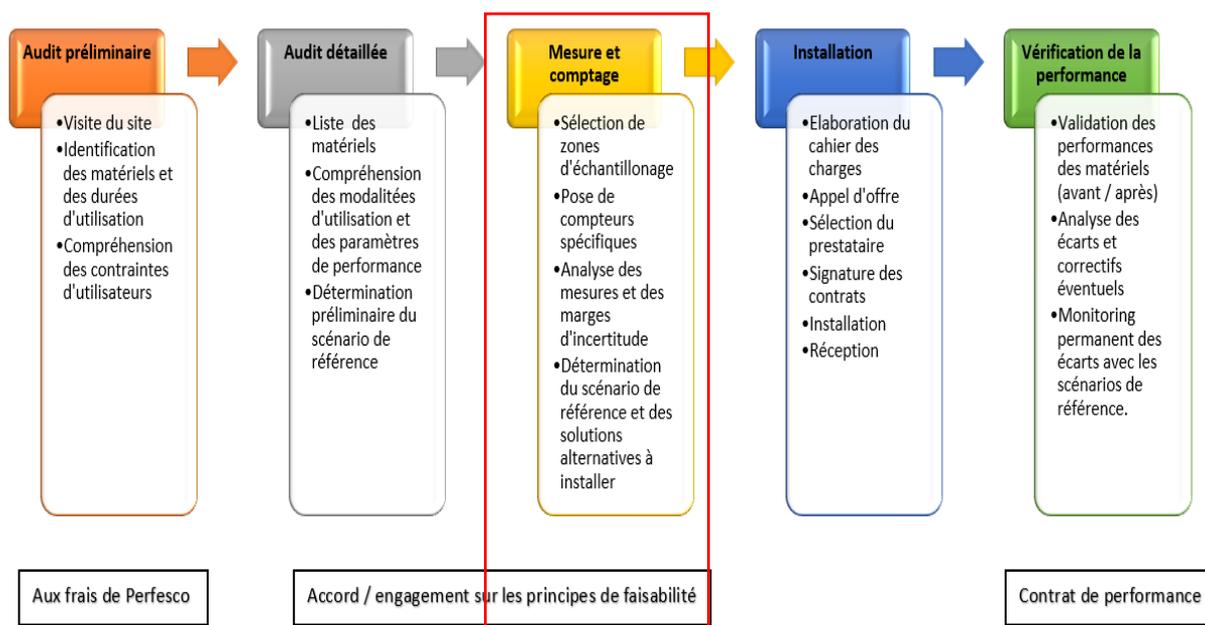
Les fiches techniques des appareils sont recueillies, le scénario de référence est établi à travers le protocole IPMVP (International Protocol Measurement and Verification).

En même temps il y'a un processus de préconsultation sans sélection, des futurs prestataires.

- Un cahier des charges de préconsultation est produit par Perfesco, elle entame une consultation d'entreprise ;
- Toutes les entreprises consultées font une visite du site pour donner leurs propositions. C'est la main d'œuvre qui est évaluée ici.
- Le DPGF (Décomposition du Prix Global et Forfaitaire) est produit, les lots sont spécifiés :
 - Les démarches administratives et travaux (Autorisation de travaux, plans de prévention, ...) ;
 - La logistique ;
 - Essais, mesures et programmation chantier.

Dans la foulée, Perfesco doit évaluer la consommation réelle du site.

iii. Mesure et comptage



Une nouvelle étape qui se déroule en même temps que l'audit détaillé, dans laquelle des appareils de mesures sont installés pour avoir les consommations réelles du site. Des bâtiments tests sont sélectionnés, ceux dont les consommations sont les plus importantes.

La pose :

- D'enregistreurs de données d'occupation /lumière. Les enregistreurs seront installés dans trois (03) types de zone :
 - Les circulations
 - Les locaux procédés
 - Les locaux de stockage.

L'ensemble des bâtiments concernés par le projet fera l'objet de mesures.

Compte tenu de la marge de détection des enregistreurs, le positionnement devra garantir des résultats représentatifs de la moyenne des besoins en fonctionnement de l'éclairage et par conséquent, permettre d'établir une situation de référence.

- Des capteurs permettant la supervision des consommations : ils se posent sur tous les types de compteur, et permettent la mesure et l'analyse des consommations d'électricité. Ils utilisent des technologies de lecture optique.



Figure 7: Exemple d'installation d'un lecteur optique sur un compteur.

Ces informations permettent d'ajuster la consommation théorique calculée à travers le Business Plan d'audit détaillé. Parmi les différentes solutions de changements possibles, nous pouvons avoir :

- Changement par rapport au nombre de luminaire :
 - Du un pour un : le nombre de luminaire au départ reste le même prévu pour l'installation ;
 - Une optimisation : il est proposé un type de matériel plus puissant et en nombre inférieur au nombre de luminaire existant.
- Changement par rapport à la technologie :
 - Une installation de détecteurs de présence qui permet un gain considérable en énergie ;
 - Les luminaires gradables qui en fonction de la présence de la lumière du jour règle plus ou moins l'éclairage émis.
 - L'installation d'un système intelligent centralisé, chargé de piloter le matériel installé à travers lequel une optimisation est faite le plus pointilleusement possible.

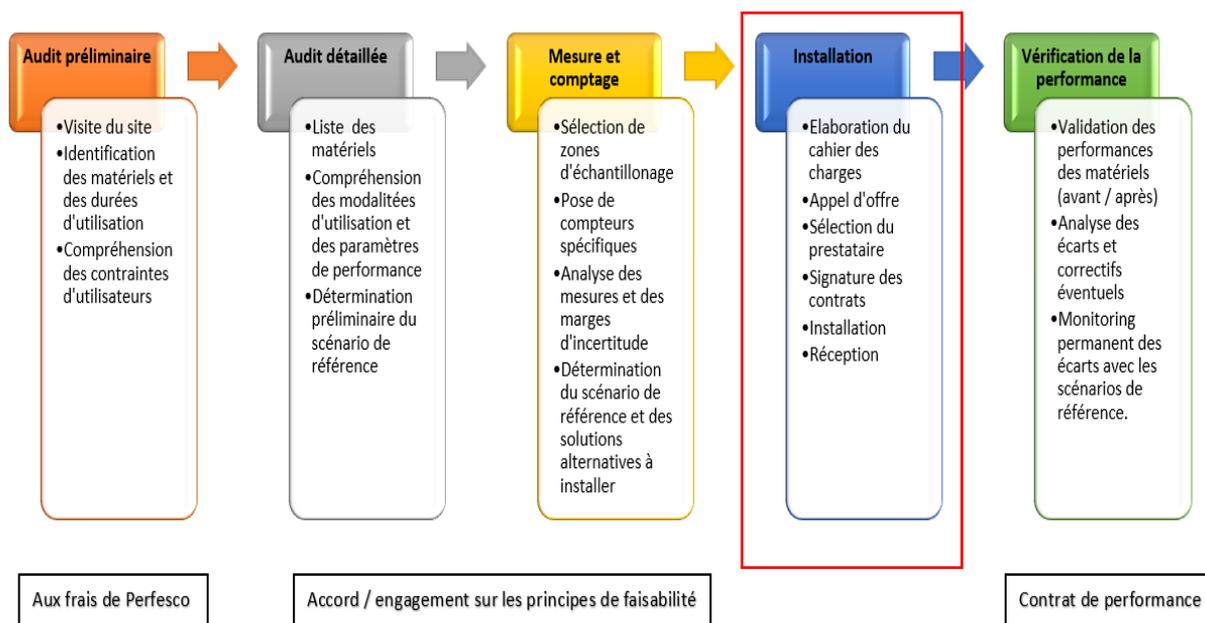
Nous partons donc, d'une proposition de la solution la plus basique à la plus haute gamme : du ON/OFF, en passant par un détecteur individuel pour chaque luminaire, jusqu'au système de commande centralisé.

Après ces relevées et cette étude, une fois de plus un contrat est signé avec le client pour garantir cette fois, les projections d'optimisation sur la base de la consommation réelle du site.

Au cours de cette étape, j'ai eu l'occasion de travailler sur un projet avec Julien DUSABE, nous avons chargé les données recueillies des différents appareils et nous les avons analysés. Nous avons pu définir :

- La consommation effective réelle du site pour l'ajustement de notre Business Plan ;
- Les informations récupérées sur les temps de présence nous ont permis de mettre en place pour chaque zone d'étude concernée, un temps de temporisation adapté.

iv. Installation



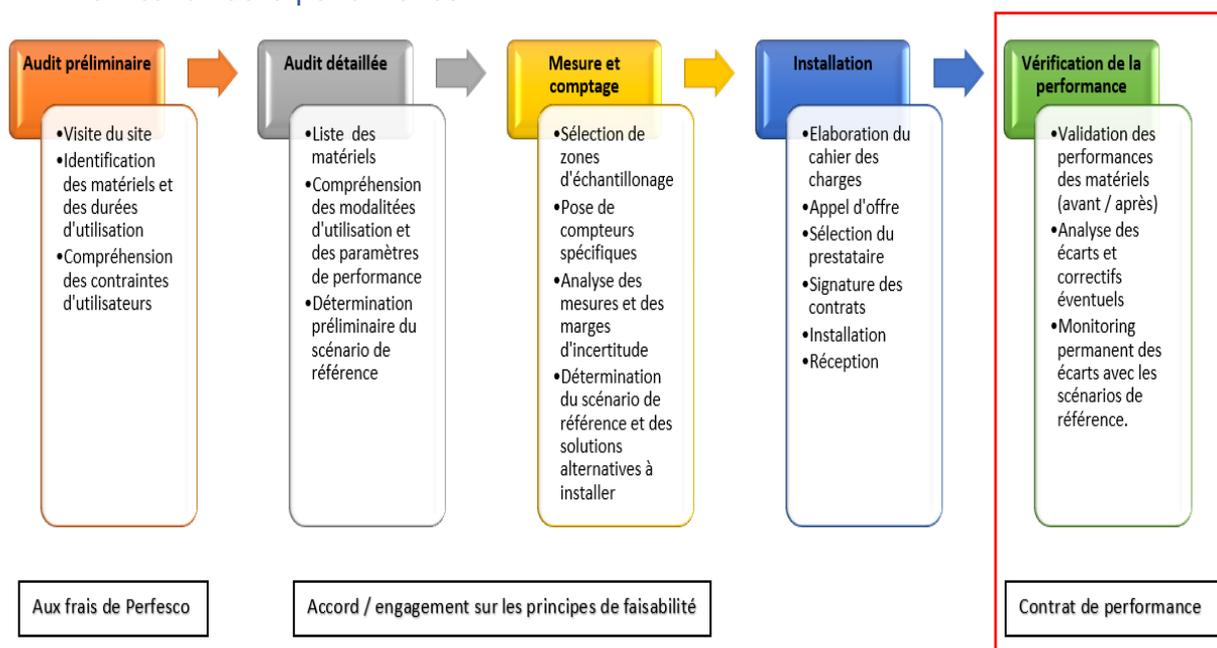
L'engagement sur l'optimisation validé :

- L'élaboration des cahiers de charge avec pour base le cahier des charges prévisionnel commence en accord avec les chefs de projets Perfesco et les responsables techniques du site ;
- Après validation du cahier des charges, l'appel d'offre est lancé ;
- Les prestataires répondent à l'appel d'offre et l'entreprise qui effectuera les travaux est sélectionné. La sélection est faite sur la base de la pertinence de la réponse à l'appel d'offre et l'accent est mis sur la partie technique.

La sélection du prestataire faite, les documents administratifs et techniques en règles sont vérifiés, les dates de travaux sont fixées et les contrats sont signés. L'installation du matériel débute.

Dans cette partie, j'ai eu l'occasion de préparer le contrat de travaux d'un prestataire que nous avons retenu sur un site en étude à Mulhouse.

v. Vérification de la performance



Après la mise en place du matériel, des compteurs sont placés pour vérifier et éventuellement valider les performances. La comparaison est faite sur la consommation avant / après et bien sûr avec les références des situations projetées.

b. Quelques références d'audit réalisés

Le projet de rénovation des entreprises comme Air France et SKF sont des références de projet réussis qui sont actuellement en phase d'exploitation.

III. Outils de diagnostic énergétique en milieu Industriel

1. Protocole IPMVP (International Protocol Measurement and Verification)

EVO, Efficiency Valuation Organization, société privée à but non lucratif dont la principale mission est de développer et promouvoir l'utilisation de méthodes standardisées pour évaluer les bénéfices, gérer les risques liés aux transactions qui portent sur l'efficacité dans l'utilisation finale des ressources en énergie, l'utilisation des énergies renouvelables, et la consommation des ressources en eau.

Anciennement parue sous le nom de « North American Energy Measurement and Verification Protocole », l'IPMVP a été publié par l'EVO dans le but d'accroître à travers le monde, les investissements réalisés dans les domaines de l'efficacité énergétique au travers de plusieurs actions.

Perfesco étant essentiellement une société d'investissement en efficacité énergétique, qui se rémunère sur le tiers payant, utilise ce protocole pour établir des situations de références personnalisées sur tous les projets qu'elle développe. Les différents chefs de projet à Perfesco sont tous dotés du certificat IPMVP qui atteste qu'ils sont aptes à développer, proposer, investir et mener des projets d'efficacité énergétique.

Dans un projet de gestion de l'énergie, les mesures et vérifications (M et V) constituent un processus d'utilisation de la mesure pour déterminer de façon fiable les économies réelles générées par le protocole.

L'IPMVP propose quatre (04) options (A, B, C et D) pour déterminer les économies d'énergie. Le choix d'une des ces options, dépend de plusieurs facteurs.

A. Option A : Isolement des mesures de conservation de l'énergie, mesures de paramètres clés

Les économies sont déterminées par la mesure sur le terrain, des principaux paramètres de performance énergétique qui définissent la consommation d'énergie des systèmes concernés par les mesures de conservation d'énergie ou le succès d'un projet.

La fréquence de mesure varie sur une large gamme : de la mesure effectuée sur un court terme jusqu'à celle prise en continu, selon les variations prévues du paramètre mesuré et de la durée de la période de suivi.

Les paramètres qui ne sont pas retenus pour être mesurés sont estimés. Ces évaluations peuvent être basées sur des données historiques, des caractéristiques du fabricant, ou encore le jugement de l'expert.

La documentation de la source ou de la justification de l'estimation du paramètre est exigée. L'erreur d'économie probable, conséquence du fait de l'évaluation plutôt que de la mesure, est elle-même évaluée.

B. Option B : Isolement des mesures de conservation de l'énergie, mesures de tous les paramètres

Les économies sont déterminées par la mesure sur le terrain, de la consommation d'énergie de systèmes concernés par les mesures de conservation d'énergie.

La fréquence de mesure sur une large gamme : de la mesure effectuée sur un court terme jusqu'à celle, prise en continue, selon les variations prévues du paramètre mesuré et de la durée de la période de suivi.

C. Option C : site entier

Les économies sont déterminées par la mesure de la consommation d'énergie au niveau du site entier ou d'une partie autonome de celui-ci.

Des mesures, en continu, de la consommation d'énergie du site entier sont effectuées tout au long de la période de suivi.

D. Option D : simulation calibrée

Les économies sont déterminées par la simulation de la consommation d'énergie du site entier, ou d'une partie autonome de celui-ci.

Les algorithmes de simulation sont démontrés de façon à modéliser convenablement la performance énergétique mesurée sur le site.

Cette option exige des compétences affirmées dans le domaine de la simulation et de sa calibration.

Toutes ces options permettent de se situer et de produire une référence propre à chaque projet, qui sera utilisée en audit détaillée et en vérification de la performance.

2. Logiciel Autocad

Le logiciel Autocad permet la lecture rapide des plans d'implantation mais également de créer et ou mettre à jour le nouveau plan des appareils électriques du site.

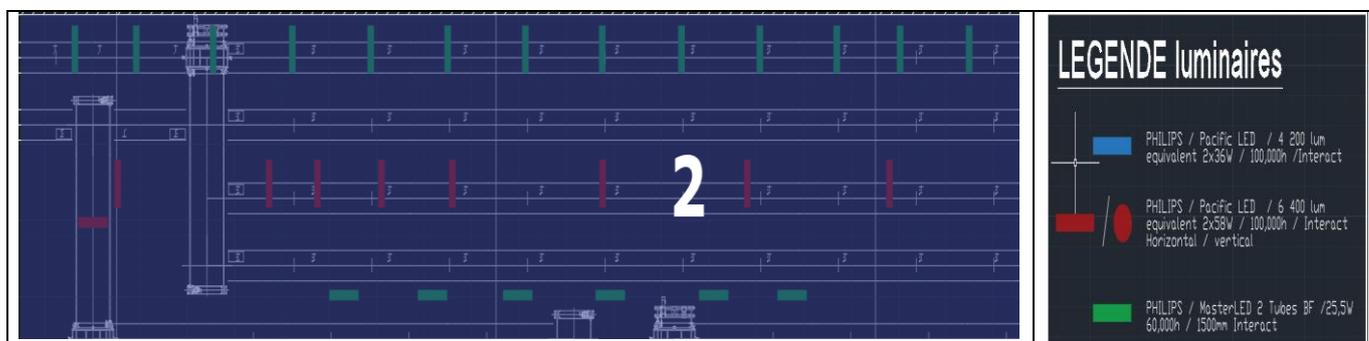


Figure 8: Exemple de mise à jour de plan électrique.

IV. Outils d'optimisation énergétique en milieu Industriel

1. Logiciel Dialux

Le choix de nos luminaires de remplacement se font sur la base de règle, de recommandation et de normes, mais comment tous ces points lumineux dans les bâtiments vont-ils concourir à ce que nous ayons les références normatives ?

C'est là qu'intervient le logiciel Dialux. Il permet d'effectuer des simulations tout en s'assurant de la fiabilité de nos options. Les critères pris en compte par le logiciel :

- L'éclairage adéquat ;
- La distribution harmonieuse de la luminosité ;
- Le contrôle de la lumière éblouissante ;
- La bonne interprétation des contrastes ;
- La gestion agréable des reflets ;
- Le rendu des couleurs ;
- L'interprétation de la lumière naturelle ;
- L'ambiance d'éclairage optimisée ;
- La bonne gestion de la consommation d'énergie.

A. Création de la pièce et définitions des paramètres

Étape 0 : Lancer le démarrage du logiciel

Au démarrage, une fenêtre apparaît, Dialux fourni plusieurs options : Importer un projet, créer un projet, ...

Étape 1 : Entrer les dimensions de la pièce ou du bâtiment. Il se peut que la structure soit complexe, dans ce cas, importer le plan du bâtiment (fichier DWG ou DXF) et redessiner le bâtiment en y incluant tous les éléments le composant à l'aide de la barre d'outils objet.

Étape 2 : Entrer les coefficients importants

- Les facteurs de réflexion les plus utilisés sont : Plafond 70%, murs 50%, et sol 20% sauf indication spécifique contraire. Il s'applique dans l'onglet « Méthode Plan de Maintenance » ;
- Le facteur de maintenance est défini suivant le niveau d'entretien de la pièce : plus la pièce est propre, plus ce coefficient tend vers 1. Il est choisi dans l'onglet « Surface de la pièce » ;
- Dans l'onglet « Orientation », régler l'angle d'orientation par rapport au nord de la pièce.

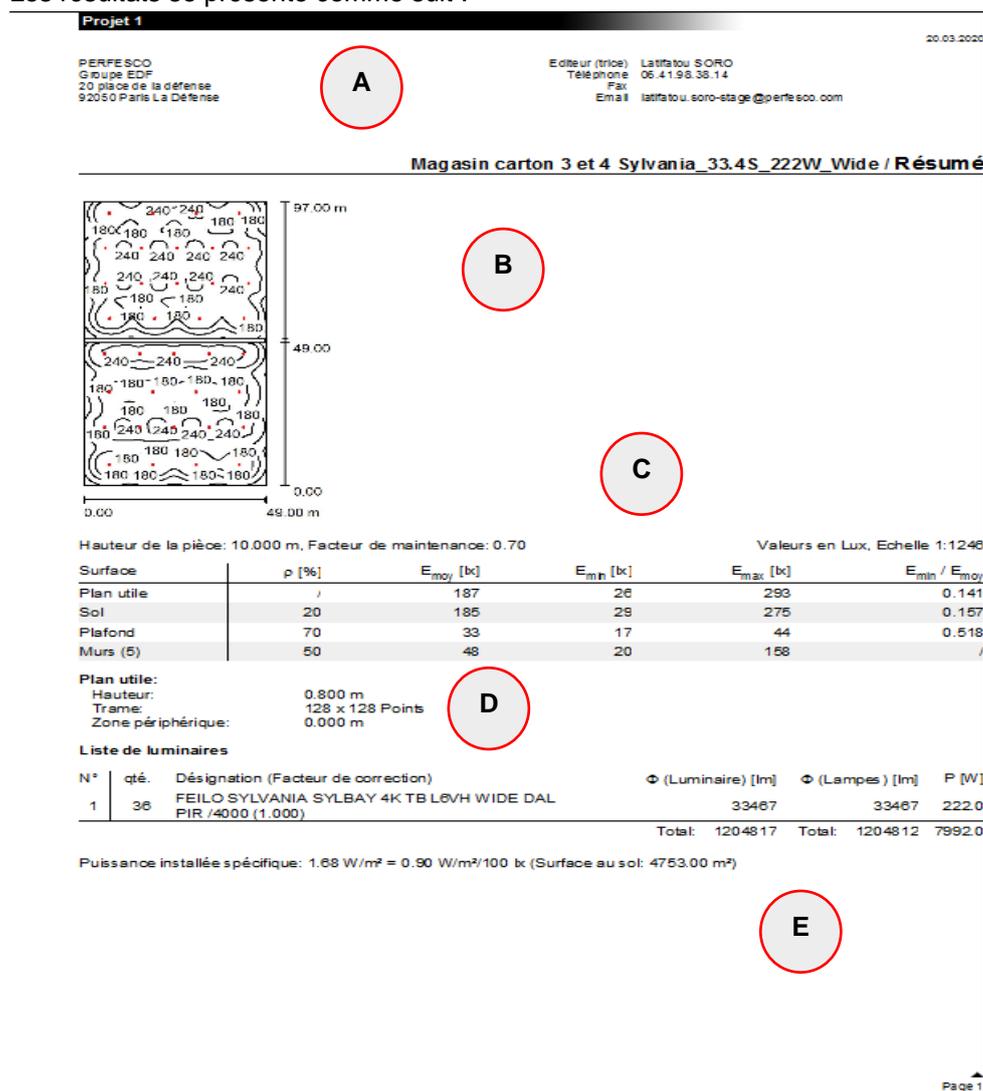
Étape 3 : Insérer les luminaires via une base de données à l'aide de la barre d'outils de sélection luminaire. Il est possible de télécharger le plugin Dialux des lampes qui ne se trouvent pas dans la base de données et de les incorporer dans l'outil.

Étape 4 : Lancer le calcul

Le calcul peut se lancer par le guide « Analyse » ou par le menu « Edition », puis « Démarrer calcul ». Une fenêtre apparaît permettant de définir les options de paramétrage. Puis « OK »

B. Interprétation des résultats

Les résultats se présente comme suit :



L'exemple donnée ci-dessus correspond à un magasin de stockage de carton, composé de deux (02) compartiments que nous avons appelés ici 3 et 4. Les dimensions sont : Longueur = 97 m, largeur = 49 m et la hauteur sous plafond = 10 m. Au milieu, se trouve un pilier qui sépare le bâtiment en deux (02) compartiments.

- A** Renseigne les informations du projet : le nom de l'éditeur, la société, le contact, l'e-mail, le titre du document.
- B** Affiche le plan d'implantation dans une échelle normalisée ou ajustée à la largeur du papier. Il permet la représentation du bâtiment avec tous les niveaux d'éclairage.
- C** Reprend le tableau de résultat avec les différentes surfaces du projet.
 - La colonne ρ [%] reprend les moyennes des coefficients de réflexion par catégories de parois de la colonne de gauche ;
 - La colonne E_{moy} [lx] donne la valeur d'éclairage moyen E_m sur les surfaces de la colonne de gauche ;

- La colonne $E_{min} [lx]$ donne la valeur d'éclairement moyen minimum sur les surfaces de la colonne de gauche ;
- La colonne $E_{max} [lx]$ donne la valeur d'éclairement moyen maximum sur les surfaces de la colonne de gauche ;
- La colonne E_{min}/E_{moy} calcule le coefficient d'uniformité sur les surfaces de la colonne de gauche.

Remarques : Le plan utile étant une surface de calcul virtuelle, il n'aura donc aucune valeur finie dans la colonne correspondant au facteur de réflexion ρ [%]

Pareil pour la valeur du coefficient d'uniformité concernant les murs. Car sur chaque mur ce coefficient prendra une valeur différente.

Le facteur d'uniformité est le rapport de l'éclairement minimale à l'éclairement moyen. Il détermine le niveau de confort visuel et est nécessaire pour équilibrer les niveaux d'éclairement dans une pièce. Il est en moyenne de 0,4 pour le tertiaire et l'industrie.

Tableau 10. Exigence du coefficient d'uniformité selon la norme 12464-1

Zone ou activité (bâtiments tertiaires)	Éclairement	UGR	Uniformité
Hall (sans poste d'accueil)	100 lux moyen	22	0,4
Zone de circulation et couloirs	100 lux moyen	28	0,4
Escaliers	100 lux moyen	25	0,4
Point d'accueil	200 lux moyen	22	0,4
Circulation parking	75 lux moyen	25	0,4
Circulation extérieure	20 lux moyen	-	0,1

Source : Normes sécurite (2020)

Ces informations sont celles concernant le plan utile :

- D**
- La hauteur par rapport au niveau du sol de référence de la pièce ;
 - La trame qui donne le nombre de points de calculs qui ont permis de réaliser le calcul de l'éclairement par exemple ;
 - La zone périphérique qui définit la valeur de la marge que nous pouvons fixer au plan utile.

E Fournit la liste des luminaires et leurs caractéristiques. Son facteur correctif est égal à 1, parce qu'il considère que le produit ne se dégradera pas dans le temps.

- Φ (luminaire) [lm] donne la valeur du flux lumineux du luminaire pour chaque luminaire et la valeur totale des flux des luminaires installées dans la pièce.
- Φ (lampe) [lm] donne la valeur du flux lumineux pour chaque source ou lampe et la valeur totale des flux des lampes installées dans la pièce.
- P [W] qui donne la puissance électrique du luminaire et la valeur totale de la puissance installée dans la pièce.
- La puissance installée spécifique qui permet de définir la puissance au m² et l'efficacité énergétique totale installée pour 100 lux.

Remarque : pour une optimisation des résultats il est possible d'ajouter une marge. Les quelques centimètres près des cloisons où il est constaté une chute d'éclairement fait baisser le niveau d'éclairement.

C. Typologie des simulations

Dans un premier temps, le nombre de luminaires de remplacement est égale au nombre de luminaires existant. Nous essayons d'être dans la fourchette des valeurs de référence en ce qui concerne les paramètres normatives.

Puis nous prévoyons une optimisation selon la valeur de la norme et la nature du site étudié.

V. Axe d'amélioration : apport personnel

Pour les visites sur sites et lors des audits, j'ai conçu un formulaire qui permet de renseigner les différents paramètres et recueillir les données dont Perfesco a besoin.

Ce formulaire se base sur une programmation VBA, sur excel qui permet de renseigner les champs demandés et d'avoir un fichier excel qui regroupent ces données. Ce programme fonctionne aussi bien sur ordinateur que sur téléphone.

1. Présentation du Formulaire

Dès le lancement de la feuille excel, une fenêtre apparait mettant en lumière le formulaire de saisie qui permet d'entrer toutes les informations dont nous pourrions avoir besoin. Elle se présente comme telle :

Figure 9 : Formulaire de saisie de données d'audit.

2. Mode de fonctionnement

Dans un premier temps, le formulaire nous permet de renseigner le nom du bâtiment, et la touche « Nouveau » est inactive pour nous permettre de ne valider aucune donnée sans avoir taper le nom du bâtiment (une lettre ou un nom complet). Cette fonction est mise pour se prémunir de la mauvaise manipulation ou d'une erreur.

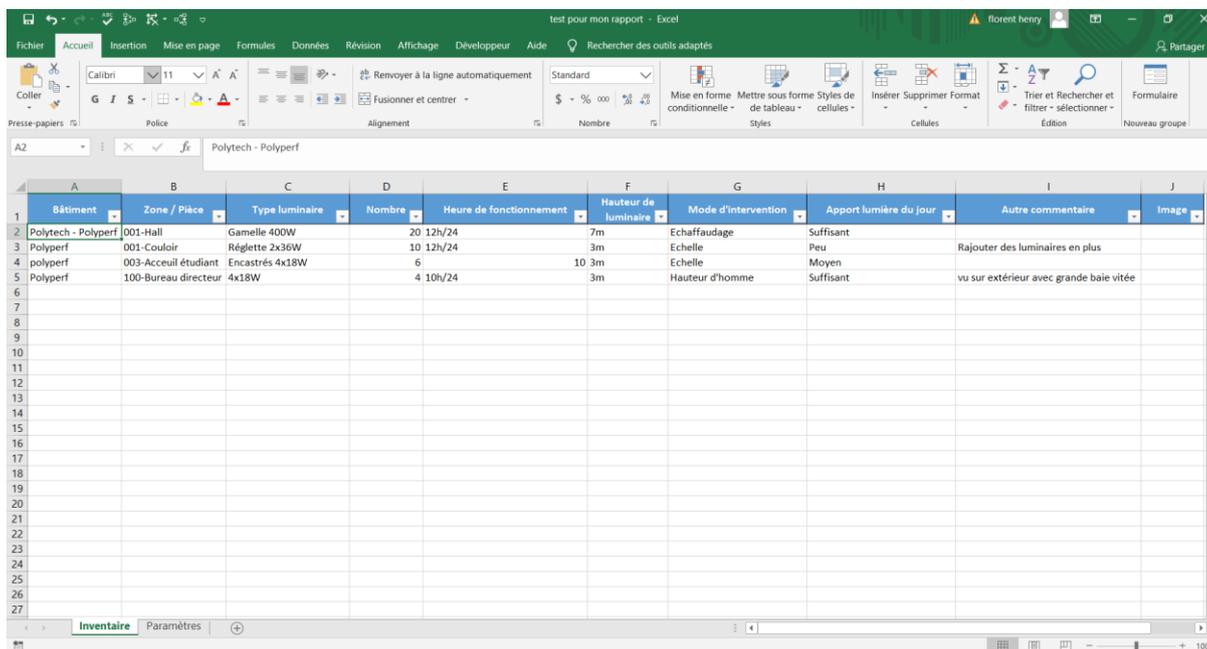
Ensuite, après avoir renseigné les champs dont nous avons les informations, la touche « Nouveau » permet d'implémenter ces données dans une ligne de tableau Excel. Une boîte de dialogue apparait pour vous demander la confirmation de l'ajout des données, vous valider par oui.

Puis, de la zone liste de la rubrique « Zone / Pièce », il est possible d'effectuer une recherche. La liste déroulante affiche toutes les pièces que vous avez entrées dans le tableau excel, il vous suffit d'en sélectionner celle qui vous intéresse, de cliquer sur « Recherche » et vous avez les informations que vous aviez introduit pour cette pièce.

Enfin, avec la touche « Modifier », vous pourriez modifier ou rajouter des informations. Une boîte de dialogue apparait là également pour vous confirmer que les informations de la pièce concernée ont bien été modifiées.

3. Comment se présente le fichier terminé ?

A chaque fois que le bouton « Nouveau » est validé pour sauvegarder des données, une ligne d'information est créée. Nous avons donc un fichier qui se présente comme tel :



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Bâtiment	Zone / Pièce	Type luminaire	Nombre	Heure de fonctionnement	Hauteur de luminaire	Mode d'intervention	Apport lumière du jour	Autre commentaire	Image
2	Polytech - Polyperf	001-Hall	Gamelle 400W	20	12h/24	7m	Echaffaudage	Suffisant		
3	Polyperf	001-Couloir	Réglable 2x36W	10	12h/24	3m	Echelle	Peu	Rajouter des luminaires en plus	
4	polyperf	003-Accueil étudiant	Encastrés 4x18W	6		10 3m	Echelle	Moyen		
5	Polyperf	100-Bureau directeur	4x18W	4	10h/24	3m	Hauteur d'homme	Suffisant	vu sur extérieur avec grande baie vitée	
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										

Nous pouvons enregistrer le fichier sous le nom souhaité et réessayer autant de fois que nous le souhaitons.

4. Comment faire mieux ?

Le formulaire a été validé par mon maître de stage.

Les prochaines étapes à intégrer :

- De par l'interface du formulaire, pouvoir rajouter un champ qui nous permette de prendre des photos.
- Faire évoluer le formulaire en créant si possible une application à part entière, intuitive et interactive.

Conclusion

Perfesco finance et installe des solutions d'efficacité énergétique et se rémunère sur les gains rapportés par l'exploitation de l'installation.

Cette expérience de six (06) mois fut pleine de rebondissement, les missions menées au cours de ce stage, c'est-à-dire la réalisation de diagnostic énergétique en milieu industriel et tertiaire m'ont permis de diversifier mes compétences.

Dans un premier temps, sur le plan technique, ce stage m'a permis de mettre en application et d'approfondir mes connaissances dans le domaine de l'optimisation énergétique à travers les différents cas de diagnostics énergétiques et de propositions de solutions en industrie et dans le tertiaire.

Dans un second temps, à travers les cours en finance que j'ai eu tout au long de mon parcours ingénieur, l'occasion d'intervenir plus aisément sur le plan commercial et financier sur des offres à travers les business plan élaborés.

Sur un plan plus personnel, cette expérience m'a permis de confirmer mon intérêt et ma détermination à poursuivre dans le domaine de l'efficacité énergétique. En plus du cadre socioprofessionnel agréable, j'ai pu m'intégrer facilement au sein de l'entreprise.

Cette immersion m'a permis de connaître tous les contours du métier de chef de projet, avec la complexité qui l'accompagne et je m'en sors grandement enrichie avec un sentiment d'en vouloir plus.



POLYTECH[®]
ANECY-CHAMBÉRY



Bibliographie

Eclairagisme (2010)

Eclairage industriel (2004)

Normes euro éclairage (2004)

Concepts et options pour l'évaluation des économies d'énergie et d'eau (2012)

Webographie :

<https://www.lampesdirect.fr/>

<https://www.google.com/search?q=coefficient+d%27uniformit%C3%A9+tertiaire&tbm=isch&ved=2ahUKEwjnvv-e2sboAhUTghoKHa0iCoAQ2->

[cCegQIABAA&oq=coefficient+d%27uniformit%C3%A9+tertiaire&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQHjoECAAQGFC_eljmgFglZ4BaABwAHgAgAFJiAHHBjIBAjEwmAEAoAEBggELZ3dzLXdpei1pbWc&sclient=img&ei=xUKEXqfINZOEaq3FqIAI&bih=728&biw=1536&client=firefox-b-d#imgsrc=KkcVLoChHheg3M](https://www.google.com/search?q=coefficient+d%27uniformit%C3%A9+tertiaire&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQHjoECAAQGFC_eljmgFglZ4BaABwAHgAgAFJiAHHBjIBAjEwmAEAoAEBggELZ3dzLXdpei1pbWc&sclient=img&ei=xUKEXqfINZOEaq3FqIAI&bih=728&biw=1536&client=firefox-b-d#imgsrc=KkcVLoChHheg3M)

<http://www.lighting.philips.fr/accueil>

<https://www.gelighting.com/>

<https://www.dial.de/en/dialux/>

<https://www.autodesk.fr/products/autocad/>

<https://www.excel-pratique.com/>

<https://excel-malin.com/codes-sources-vba/>

http://boisgontierjacques.free.fr/pages_site/formulairebases.htm

<https://www.dotnetperls.com/#vb>

<https://plasserre.developpez.com/cours/vb-net/?page=langage-vb8#LV-AC>

<http://prontolux.blogspot.com/>

http://lycees.ac-rouen.fr/maupassant/Melec/co/Intervention/Conformite/co/Protect_env.html



POLYTECH[®]
ANECY-CHAMBERY



Annexes

Annexe 1 : code VBA du formulaire

- Pour rechercher une zone / pièce

```
Private Sub CommandButton3_Click()
  If Not ComboBox3.Value = "" Then
    Dim no_ligne As Integer
    no_ligne = ComboBox3.ListIndex + 2
    TextBox1.Value = Cells(no_ligne, 1).Value
    ComboBox3.Value = Cells(no_ligne, 2).Value
    TextBox3.Value = Cells(no_ligne, 3).Value
    TextBox4.Value = Cells(no_ligne, 4).Value
    TextBox5.Value = Cells(no_ligne, 5).Value
    TextBox6.Value = Cells(no_ligne, 6).Value
    ComboBox1.Value = Cells(no_ligne, 7).Value
    ComboBox2.Value = Cells(no_ligne, 8).Value
    TextBox7.Value = Cells(no_ligne, 9).Value
  Else
    End If
End Sub
```

- Procédure permettant d'activer le bouton d'ajout d'enregistrement

```
Private Sub TextBox1_Change()
  If TextBox1 <> "" Then
    CommandButton1.Enabled = True 'Activer le bouton
  Else
    CommandButton1.Enabled = False 'Désactiver le bouton
  End If
End Sub
```

- Bouton modifier

```
Private Sub CommandButton2_Click()
  Dim modif As Integer
  If Not ComboBox3.Value = "" Then
    modif = ComboBox3.ListIndex + 2
    Cells(modif, 1) = TextBox1.Value
    Cells(modif, 2) = ComboBox3.Value
    Cells(modif, 3) = TextBox3.Value
    Cells(modif, 4) = TextBox4.Value
    Cells(modif, 5) = TextBox5.Value
    Cells(modif, 6) = TextBox6.Value
    Cells(modif, 7) = ComboBox1.Value
    Cells(modif, 8) = ComboBox2.Value
    Cells(modif, 9) = TextBox7.Value
    MsgBox ("Modification effectuée")
  Else
    MsgBox ("Veuillez sélectionner la Zone /Pièce du bâtiment à modifier")
  Exit Sub
  End If
  'Unload UserForm1
  'UserForm1.Show 0
End Sub
```

- Quitter le formulaire

```
Private Sub CommandButton4_Click()
    Unload Me
End Sub
```

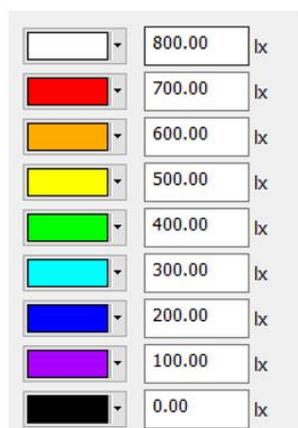
- Procédure permettant d'ajouter un nouvel enregistrement dans la base de donnée

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    Dim ligne As Integer
    If MsgBox("Confirmez-vous l'insertion?", vbYesNo, "Demande de confirmation d'ajout") = vbYes Then
        Worksheets("Inventaire").Select
        ligne = Sheets("Inventaire").[A65000].End(xlUp).Row + 1
        Cells(ligne, 1) = TextBox1.Value
        Cells(ligne, 2) = ComboBox3.Value
        Cells(ligne, 3) = TextBox3.Value
        Cells(ligne, 4) = TextBox4.Value
        Cells(ligne, 5) = TextBox5.Value
        Cells(ligne, 6) = TextBox6.Value
        Cells(ligne, 7) = ComboBox1.Value
        Cells(ligne, 8) = ComboBox2.Value
        Cells(ligne, 9) = TextBox7.Value
        Unload UserForm1
        UserForm1.Show
    Else
        End If
End Sub
```

- Ouverture du formulaire dès le lancement du fichier excel

```
Private Sub Workbook_Open()
    UserForm1.Show
End Sub
```

Annexe 2 : Quelques exemples de simulations Dialux



Légende

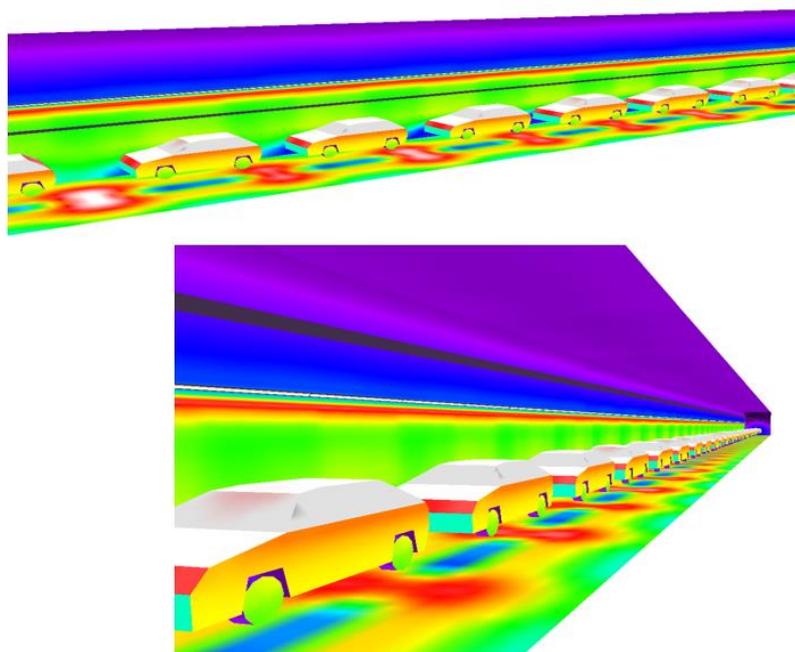


Figure 10: Simulation Dialux sur les lignes de montage de véhicule - Objectif : minimum 600 lux au niveau des portières.

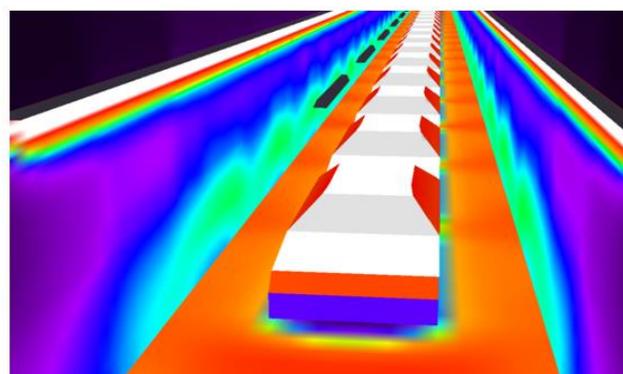
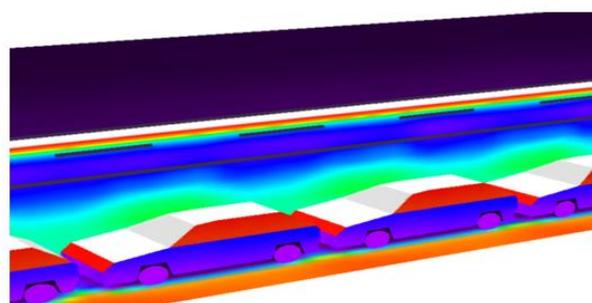
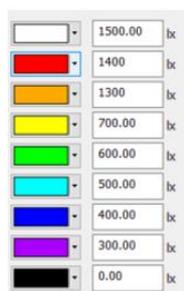


Figure 11: Simulation Dialux sur des lignes de réglages- Objectif : minimum 1300 lux au niveau du sol

Annexe 3 : Exemple de fiche technique d'un luminaire – Coreline Highbay quatrième génération de Philips devenu Signify.



BY121P G4 LED200S/840 PSU WB

840 blanc neutre - Alimentation - Faisceau extensif - Gris

Après le succès de la CoreLine Armature Gen3, cette nouvelle génération augmente encore davantage les performances avec un design novateur, une efficacité élevée, une durée de vie rallongée et une gradation DALI en option pour réaliser encore plus d'économies. Conçue pour remplacer les luminaires HPI 250 et 400 W, CoreLine Armature Gen4 offre aux clients tous les avantages de l'éclairage LED Philips (qualité lumière, durée de vie plus longue, consommation d'énergie et maintenance réduites, fiabilité et robustesse des produits). Pour l'installateur, cette armature présente de nombreux avantages : parfaitement adaptée au remplacement des solutions conventionnelles existantes, son installation ne nécessite pas de modification des réseaux de câblage existants. Les connexions électriques sont simples : pas besoin d'ouvrir le luminaire pour l'installation ou la maintenance. Et comme il est plus petit et plus léger que les armatures conventionnelles, il est très facile à manier.

Données du produit

Caractéristiques générales			
Angle d'ouverture du faisceau de lumière	90 x 90 °	Faisceau du luminaire	90° x 90°
Température de couleur	840 blanc neutre	Interface de commande	-
Source lumineuse de substitution	Non	Connexion	Unité de connexion 3 pôles
Nombre d'unités d'appareillage	1 unit	Câble	Câble 0,3 m avec connecteur 3 pôles
Driver/alimentation/transformatriceur	PSU [Alimentation]	Classe de protection CEI	Classe de sécurité I
Driver inclus	Oui	Essai au fil incandescent	Température 650 °C, durée 30 s
Type d'optique	WB [Faisceau extensif]	Essai au fil incandescent	F [conçus pour des surfaces normalement inflammables]
Cache optique/ type de l'objectif	PC [Vasque polycarbonate bombée]	Marquage CE	Marquage CE

Marquage ENEC	Non
Garantie	5 ans
Flux lumineux constant	Non
Nombre de produits par disjoncteur	8
Conforme à la directive RoHS UE	Oui
LED engine type	LED
Service tag	Oui
Score taux d'éblouissement CEN	26

Caractéristiques électriques

Tension d'entrée	220 à 240 V
Fréquence d'entrée	50 à 60 Hz
Consommation électrique de CLO initiale	- W
Consommation électrique de CLO moyenne	- W
Courant d'appel	54 A
Temps du courant d'appel	0,65 ms
Facteur de puissance (min.)	0.95

Gestion et gradation

Intensité réglable	Non
--------------------	-----

Matériaux et finitions

Matériaux du boîtier	Aluminium
Matériaux de réflecteur	-
Constitution de l'optique	Polycarbonate
Matériaux cache optique/lentille	Polycarbonate
Matériel de fixation	-
Finition de cache optique/lentille	Transparent
Hauteur totale	95 mm
Diamètre total	450 mm
Commande	Gris

Normes et recommandations

Code d'indice de protection	IP65 [Protection contre la pénétration de poussière, protection contre les jets
-----------------------------	--

Performances Initiales (Conforme IEC)

Flux lumineux initial	20000 lm
Tolérance du flux lumineux	+/-10%
Efficacité lumineuse à 0h du luminaire LED	145 lm/W
Température de couleur corr. initiale	4000 K
Température Indice de rendu des couleurs	>80
Chromaticité initiale	(0.38, 0.38) SDCM <5
Puissance initiale absorbée	138 W
Tolérance de consommation électrique	+/-10%

Durées de vie (Conforme IEC)

Taux de défaillance driver à la durée de vie utile moyenne de 50 000 h	5 %
Durée de vie L70B50	70000 h
Maintien du flux lumineux en fin de vie (50 000 h à 25 °C)	L80

Conditions d'utilisation

Plage de températures ambiantes	-30 à +45 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Niveau de gradation maximum	Non applicable
Convient à une commutation aléatoire	Oui

Données logistiques

Code de produit complet	871016333568100
Désignation Produit	BY121P G4 LED200S/840 PSU WB
Code barre produit (EAN)	8710163335681
Code de commande	33568100
Unité d'emballage	1
Conditionnement par carton	1
Code industriel (I2NC)	911401570151
Poids net (pièce)	4,700 kg



Annexe 5 : Grille d'évaluation

Grille critériée pour l'évaluation des stages ingénieurs par compétences

Nom de l'élève : Latifatou SORO

Entreprise : Perfesco

	Compétences	Composantes essentielles	Niveau atteint	Eléments de preuve/Commentaires
TC1	Gérer et conduire un projet de sa conception à sa réalisation selon ses dimensions techniques, économiques et humaines	En maîtrisant les bases du management opérationnel	3	Planification des tâches, répertoire des dates des points futures et passés. Notes de réunions.
		En étant apte à choisir et mettre en œuvre des outils et des méthodes pour la réalisation du projet	3	Programmation VBA, comment améliorer les outils déjà utilisés à Perfesco : l'application pour les audits.
		En étant apte à mobiliser les ressources d'un champ scientifique et technique spécifique	3	Logiciel Dialux : utilisé lors de ma formation ingénieur, approfondissement de mes connaissances à travers des documents téléchargés.
		En intégrant les aspects économiques et financiers du projet	2	Les décisions économiques et financières doivent être validés par la partie commerciale et le directeur des opérations.
		En étant apte à évoluer dans un contexte de collaboration multi-acteurs	3	J'interagis avec les fournisseurs, les clients, et les différents membres de l'équipe.
TC2	Communiquer efficacement avec un public varié en vue de mener à bien ses projets et d'assurer son développement personnel	En s'appropriant les clés d'une communication adaptée : 1. Transmettre un message oral	3	Restitution de l'audit préliminaire à FAREVA
		En s'appropriant les clés d'une communication adaptée : 2. Rédiger un écrit professionnel	3	Rapport de stage, présentations.
		En opérant des choix professionnels et en mettant en place une stratégie adaptée pour atteindre ses objectifs et en développant une attitude assertive Attendu	3	Aux premières expériences, je proposais des solutions diverses ;ensuite à travers les projets et les points avec les membres de l'équipe, je propose des solutions plus précises et mieux adaptés
		En évaluant et faisant évoluer ses compétences dans une dynamique apprenante	3	

Tableau 2-a : Niveaux atteint pour chaque composante essentielle des compétences

	Compétences	Composantes essentielles	Niveau atteint	Éléments de preuve/Commentaires
TC3	Mobiliser et développer les compétences en sciences humaines nécessaires à son intégration et au développement de son entreprise et de la société	En s'intégrant dans l'entreprise et en exerçant le métier d'ingénieur	3	
		En prenant en compte les enjeux industriels, économiques et professionnels	3	
		En travaillant en contexte pluriculturel et/ou international	3	
		En étant apte à prendre en compte les enjeux et les besoins de la société	3	A travers le DPGF, notamment la partie tri des déchets
TC4	Développer des activités contribuant à des innovations ou des avancées scientifiques	En situant son activité par rapport à l'état de l'art des connaissances et/ou des pratiques	3	
		En menant un travail de recherche fondamentale ou appliquée cohérent avec une analyse critique des résultats	3	
		En développant une démarche créative s'inscrivant dans un contexte d'innovation	2	
		En s'appuyant sur des techniques de management de l'innovation dans une démarche d'ouverture et d'entreprenariat	3	

Tableau 2-b : Niveaux atteint pour chaque composante essentielle des compétences

