



Session de formation dédiée à l'éclairage public

Réseau de Villes Alliées pour le Climat et la Transition Énergétique (Rev'ACTE)

25, 26 et 27 mai 2021

Dr. Bruno Lafitte, expert international en éclairage public

Sommaire

Introduction générale sur la lumière.....	2
Eclairer juste.....	17
Audit énergétique.....	32
Enjeux de la planification.....	40
Les critères techniques liés à la passation de marché.....	47
Les enjeux de la bonne gestion.....	73
Exemples de résultats Dialux.....	89
Systèmes de télégestion.....	93
Exercice pratique.....	102
Présentation du modèle ESCO-CPE.....	104
Suppléments.....	115

Introduction générale sur la lumière

Le flux lumineux d'une source



Flux total
= quantité de rayonnement

Unité : Le lumen

flux lumineux émis dans l'angle solide par une source ponctuelle
uniforme ayant une intensité lumineuse de 1 candela.



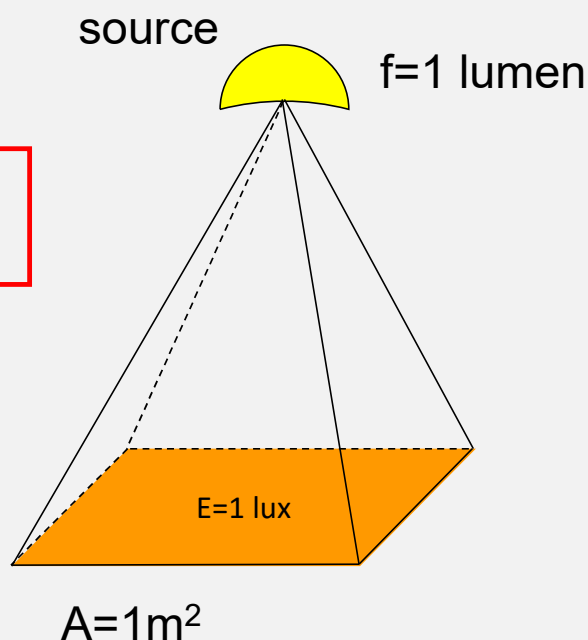
Sphère
intégratrice

L'éclairement horizontal

Quantité de lumière reçue par unité de surface de la chaussée

$$E = f / A$$

Unité : lux



Un flux f de 1 lumen
arrivant sur une
surface d'aire A = 1m²
produira un
éclairement de 1 lux



Luxmètre

L'uniformité générale

1 m				
E1	E2	E3	E4	E5
E6	E7	E8	E9	E10
E11	E12	E13	E14	E15
E16	E17	E18	E19	E20
E21	E22	E23	E24	E25

Uniformité générale

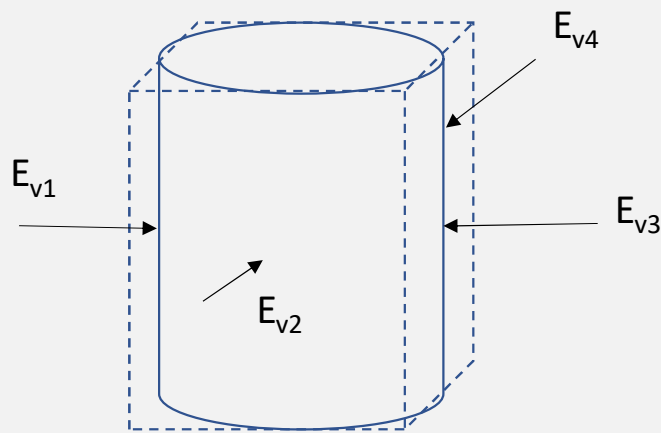
$$U_0 = E_{min} / E_{moy}$$

$$E_{moy} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} E_i$$

Taille mesuré	Espacement
1 m	0,2 m
5 m	0,6 m
10 m	1 m
50 m	3 m
100 m	5 m

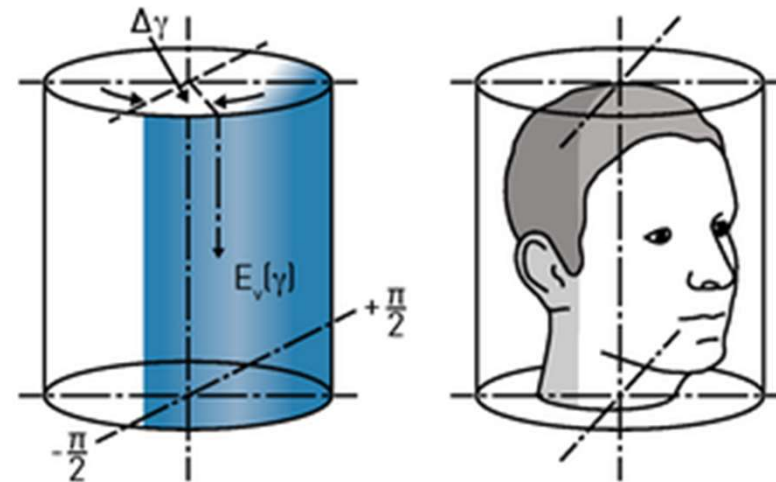
Eclairement vertical et semi cylindrique

Eclairement cylindrique :



$$E_C = E_{v1} + E_{v2} + E_{v3} + E_{v4}$$

Eclairement semi cylindrique :

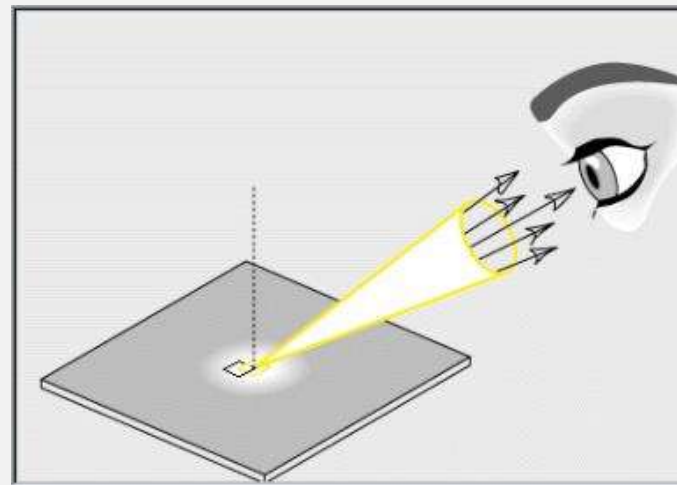


$$E_{SC} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} E_v(\gamma) d\gamma$$

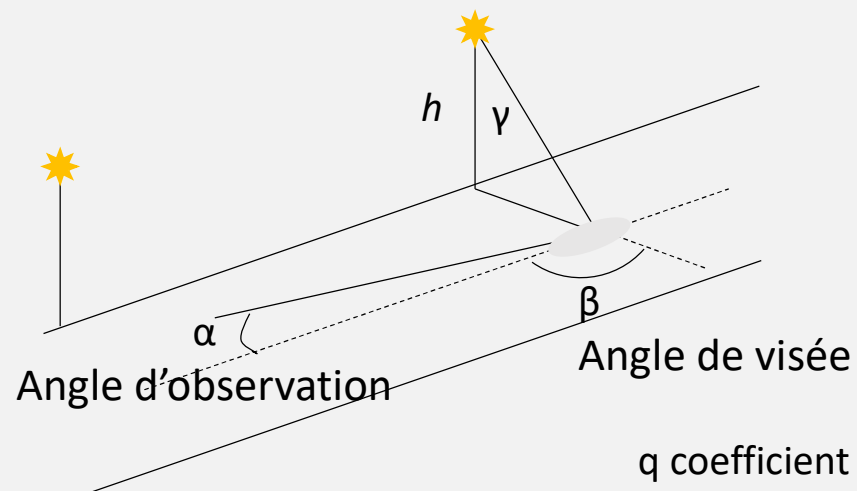
La luminance visuelle

Intensité lumineuse émise par une surface dans une direction donnée, rapportée à la surface apparente de la surface considérée

$$L = \frac{\text{Intensité}}{\text{Surface apparente}} \quad \frac{\text{candela}}{\text{m}^2} = \text{nit}$$



Pour le routier



Convention de mesure :
distance 60 à 160 m à 1,5 m
soit $\alpha \approx 1^\circ$ (0,5 à 1,5)
+ surface isotrope

➔ influence de α négligée

q coefficient de luminance : $q = L / E$ (cd.m⁻².lux⁻¹)

$$L = \frac{q \cdot I \cdot \cos \gamma}{\left(\frac{h}{\cos \gamma}\right)^2} = q \cdot \cos^3 \gamma \frac{I}{h^2}$$

$$L = r \frac{I}{h^2}$$

r: coeff. réduit de luminance

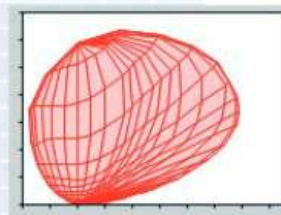
Propriétés réfléchissantes des surfaces

Tableau de r en fonction de β et de γ (en fait $\tan \gamma$)

Beta Tg Gamma	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
0.25	284	286	281	284	279	284	281	284	281	284	281	277	270	258	260	251	242	232	228	225
0.5	308	312	303	301	287	283	271	265	255	247	237	213	197	185	185	181	181	177	177	177
0.75	323	329	311	300	277	259	238	218	202	187	177	148	136	127	127	127	131	131	133	135
1	328	324	302	277	241	210	184	159	144	127	119	97	90	91	86	87	93	95	97	100
1.25	313	299	274	235	194	157	131	111	99	86	80	65	59	56	58	62	67	70	74	74
1.5	271	264	238	191	150	113	94	77	67	58	54	43	41	39	42	44	49	51	55	56
1.75	239	229	201	151	112	82	67	52	47	40	38	31	30	28	30	33	37	39	43	44
2	209	199	167	116	83	58	48	37	33	29	27	22	21	20	23	25	29	31	33	34
2.5	157	144	114	70	46	31	25	20	18	16	15	12	12	12	14	15	18	20	22	23
3	121	106	78	42	27	17	15	12	11	9	9	7	7	8	9	10	12	14	15	16
3.5	97	83	55	27	17	11	9	7	7	6	6	5	5	5	6	7	8	10	11	12
4	78	63	40	18	11	7	6	5	5	4	4	3	3	3	4	5	6	7	8	9
4.5	64	48	30	12	7	5	4	4	3	3	3	2	2	2	3	4	5	5	6	7
5	55	39	23	8	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	6
5.5	47	32	18	6	4	3	2	2	2	2										
6	41	27	14	5	3	2	2	2	2	1										
6.5	37	23	11	4	2	2	2	2	1											
7	34	20	9	3	2	1	1	1	1											
7.5	30	18	7	2	2	1	1	1												
8	28	16	6	2	1	1	1	1												
8.5	26	14	5	2	1	1	1	1												
9	24	12	4	1	1	1	1													
9.5	22	11	4	1	1	1	1													
10	21	10	3	1	1	1	1													
10.5	20	9	3	1	1	1	0													
11	19	8	2	1	1	1	0													
11.5	18	7	2	1	1	0														
12	17	8	2	1	0															

→ $\gamma = 0^\circ$

$Q_0 = 0.04$
 $S_1 = 0.76$
 $S_2 = 1.59$

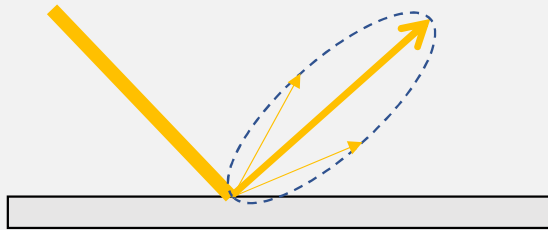


→ $\gamma = 85,2^\circ$

Valeurs lues de r à multiplier par 10 000

Paramètres caractéristiques

Spécularité (S1) : pouvoir de la chaussée à réfléchir la lumière dans une direction bien définie, **brillance**



$$S_1 = \frac{r(\beta = 0; \tan \gamma = 2)}{r(\beta = 0; \tan \gamma = 0)}$$

Réflectivité totale (notée Q₀) : caractéristique de sa **clarté**

$$Q_0 = \frac{\gamma \int q d\Omega}{\gamma \int d\Omega}$$

Pour une chaussée cela dépend de l'éclairement reçu, du type de revêtement et sa mise en œuvre, de ses constituants, de son état de surface (usure, pollution, humidité)

Classification simplifiée - CIE

Classe	Range S1	S1	Q ₀ normalisé*
R1	< 0,42	0,25	0,10
R2	$0,42 \leq S_1 < 0,85$	0,58	0,07
R3	$0,85 \leq S_1 < 1,35$	1,11	0,07
R4	$1,35 \leq S_1$	1,55	0,08

Classe	revêtement	exemple
R1	diffusant	bitumeux avec au moins 15% de matériels artificiels clairs; béton de ciment
R2	peu spéculaire	texture rugueuse et agrégats normaux; béton bitumeux grossier et rugueux riche en gravier
R3	moyennement spéculaire	béton bitumeux à froid; texture grossière, mais polie
R4	spéculaire	asphalte coulé après plusieurs mois de service; ossature plutôt lisse et polie

Le contraste

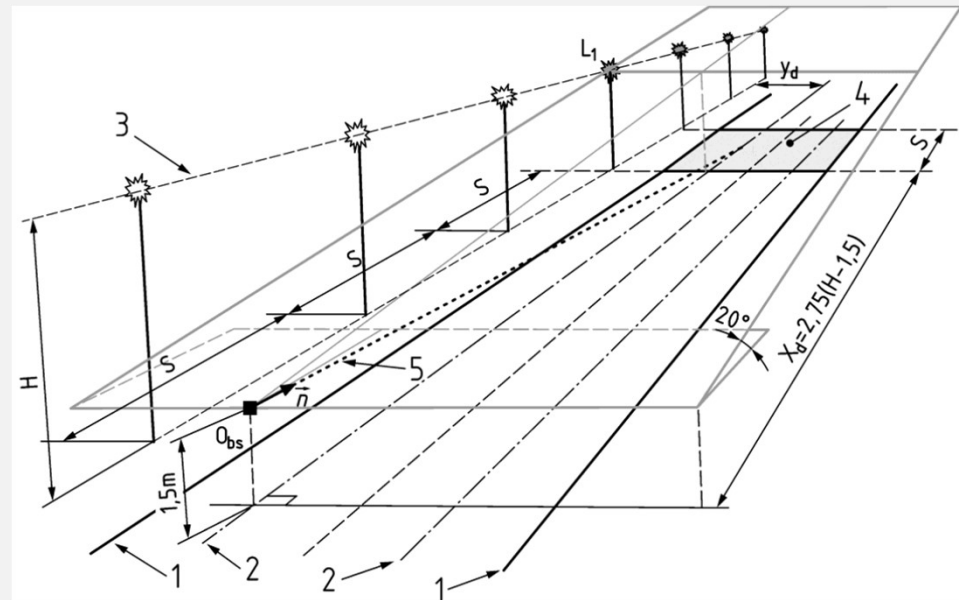


$$\text{Contraste} = (L_{\text{objet}} - L_{\text{fond}}) / L_{\text{fond}}$$

L'éblouissement

Dû à une **mauvaise répartition L** ou **contrastes excessifs**, il peut diminuer la capacité de vision : éblouissement d'incapacité qui altère le seuil de visibilité.

Le seuil de perception au moment de la mesure est obtenu en tenant compte de la luminance moyenne de la route et de la luminance des luminaires visibles.



Solution pour le maintenir

- Limiter les luminances vues en fonction de la nature des besoins de perception
- Augmenter celui-ci en augmenter les contrastes

Quelques grandeurs photométriques

Grandeur	Signification	Unité	Ordre de grandeur éclairage public
Flux lumineux (Φ)	Quantité totale de lumière émise par une source	Lumen (lm)	2 000 à 40 000
Eclairement (E)	Quantité de lumière reçue par unité de surface	Lux (lx) = lumen/m ²	1 à 50
Luminance (L)	Intensité lumineuse émise par une surface dans une direction donnée, rapportée à la surface apparente de la surface considérée	Candéla par mètre carré (cd / m ²)	0,1 à 6
Uniformité générale (U_0)	Mesure le degré d'uniformité de l'éclairement reçu sur une surface donnée	Sans unité = $E_{\min}/E_{\text{moyen}}$ (mesures selon le maillage)	0,1 à 0,6
Uniformité longitudinale (U_l)	Mesure le degré d'uniformité de l'éclairement reçu le long de l'axe de la chaussée	Sans unité = E_{\min}/E_{\max} (mesures le long de l'axe)	0,1 à 0,7
Réflectivité totale (Q_0)	Caractérise la clarté d'une chaussée	Sans unité	0,05 à 0,10

Eclairer juste

Principe

- Eclairer au bon niveau (éclairement, luminance)
- Eclairer comme il faut quand il le faut
- Eclairer sans éblouir ni gaspiller l'énergie
- Eclairer de façon la plus efficace possible

La norme EN 13 201

5 parties :

13201-1 : sélection des classes de chaussées (M,C,P)

13201-2 : exigences de performances (L, E, UI, Uo ...)

13201-3 : calcul des performances

13201-4 : méthodes de mesure des performances

13201-5 : indicateurs de performance énergétique

Sélection des classes d'éclairage

Objectif : donner des valeurs ciblent d'un bon éclairage de la voie

Paramètres	Options
Vitesse de conception ou limite de vitesse	très élevée, élevée, modérée, faible
Volume de trafic	élevé, modéré, faible
Composition du trafic	mixte avec une majorité de non motorisé, mixte, motorisé
Séparation des chaussées	oui, non
Densité de carrefour	élevée, modérée
Véhicules en stationnement	oui, non
Luminosité ambiante	élevée, modérée, faible
Tâche de navigation	très difficile, difficile, facile

Classes pour trafic motorisé (M1 à M6)

Les classes d'éclairage M sont destinées aux conducteurs de véhicules motorisés sur les voies de circulation, ainsi que sur les routes résidentielles dans certains pays, et autorisent des vitesses de conduite de modérées à élevées.

L : luminance

U₀ : uniformité
générale

U_l : ... longitudinale

f_{TI} : éblouissement
d'incapacité

R_{EI} : rapport E abords



[Cette photo](#) par Auteur inconnu est soumise à la licence [CC BY-SA](#)

Exigences de performance - classe M

Classe	Luminance de la chaussée pour une route sèche et mouillée				Éblouissement d'incapacité	Éclairage des abords
	Route sèche			Route mouillée	Route sèche	
	L [minimale maintenue] cd·m2	U _o [minimale]	U _l [minimale]	U _{ow} [minimale]	f _{Ti} [maximal] %	RE _l [minimal]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10,00	0,35
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15,00	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20,00	0,30

Classes pour zones de conflit (C0 à C5)

Les classes d'éclairage C sont destinées aux zones de conflit sur les voies de circulation où la composition du trafic est essentiellement motorisée. Les zones de conflit apparaissent dès que des flux de véhicules se croisent ou circulent dans des zones fréquentées par les piétons, cyclistes et autres usagers de la route.

E : éclairage

U₀ : uniformité générale



Exigences de performance - classe C

classe	Emoy (lux)	U_0
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C3	15	0,40
C5	7,5	0,40

Quand la mesure de luminance est difficile

Les classes M seront remplacées par celles en éclairement de la classe C équivalentes données par la norme en fonction de la luminosité de la route Q_0 :

Classe M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
$Q_0 \leq 0.05 \text{ cd.m}^2.\text{lux}^{-1}$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
$0.05 \text{ cd.m}^2.\text{lux}^{-1} < Q_0 \leq 0.08 \text{ cd.m}^2.\text{lux}^{-1}$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
$Q_0 > 0.09 \text{ cd.m}^2.\text{lux}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5

Classes pour zones piétonnes et à faible circulation (P1 à P7)

1. piétons et cyclistes empruntant les trottoirs et les pistes cyclables
2. conducteurs de véhicules motorisés circulant à vitesse réduite sur les routes résidentielles, les accotements ou les voies de stationnement
3. autres zones de la route séparées ou longeant une chaussée d'une voie de circulation ou d'une route résidentielle, etc

Exigences de performance – classe P

Classe	Éclairage horizontal		Exigence supplémentaire si une reconnaissance faciale est nécessaire	
	Emoy [minimal maintenu] lx	Emin [maintenu] lx	Ev,min [maintenu] lx	Esc,min [maintenu] lx
P1	15,00	3,00	5,0	5,0
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P6	2,00	0,40	0,6	0,2

Classe SC et HS

- Les classes SC sont des classes complémentaires pour les zones piétonnes destinées à améliorer la reconnaissance faciale et à augmenter le sentiment de sécurité. L'éclairage semi-cylindrique doit être évalué sur un plan situé à 1,5 m au-dessus de la zone de la route.
- Les classes HS qui prennent en compte l'éclairage hémisphérique peuvent aussi être utilisées par exemple pour les cours d'école.

Indicateur de densité de puissance

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i \cdot A_i)}$$

en W.lux⁻¹.m⁻²

P : puissance système de l'installation d'éclairage public utilisée pour éclairer les zones d'étude (W)

E_i : éclairement horizontal moyen maintenu de la sous-zone « i » (lux)

A_i : taille de la sous-zone « i » en m²

n : nombre de sous-zones à éclairer

Indicateur de consommation annuelle d'énergie

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A} \quad \text{en Wh.m}^{-2}$$

variations saisonnières des heures jour/nuit
changement des conditions atmosphériques
changement de densité de la circulation
changement de fonctionnalité

P_j : puissance consommée associée à la *jième* période de fonctionnement, en W

t_j : durée de la *jième* période du profil considéré lorsque la puissance P_j est consommée, sur une année, en h

A : surface de la zone éclairée par la même installation d'éclairage, en m²

m : nombre de périodes avec une puissance consommée P_j différente. m doit également prendre en compte la période de consommation électrique de veille.

Valeurs typiques

Chaussée à deux voies pour le trafic motorisé :

Dp : pour les Na, de 31 à 65 $\text{mW.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$
 pour des LED, de 15 à 38 $\text{mW.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$

De : pour les Na , de 0,2 à 5,3 kWh.m^{-2}
 pour les LED, de 0,4 à 3,8 kWh.m^{-2}

Audit énergétique

Objectif 1 : connaître l'état du parc

Périmètre de l'audit

Classification des voies selon la norme EN 13 201-1

Avec les services techniques

Armoires électriques

- Numérotation
- Etat extérieur
- Conformité avec la sécurité
- Allumage/extinction
- Dispositif de gradation
- Nombre de départs
- Compteur de rattachement
- Puissance souscrite et contrat

Point lumineux

- Numérotation
- Type de source
- Nombre de foyers
- Puissance du point lumineux

Luminaire

- Etat du luminaire
- Type de luminaire
- Type de ballast
- Gradation ?

Répertorier sur un Schéma d'Information Géographique

Armoire électrique



Point lumineux - luminaire



Objectif 2 : analyse de la gestion du réseau

- Comparaison d'indicateurs avec des situations similaires (puissance moyenne, km de voies éclairées, nombre de point lumineux par km ...)
- Analyse des moyens mis en œuvre pour la maintenance (personnel, matériel)
- Analyse du plan de maintenance (préventive/curative)

Proposition de formation

Proposition d'organisation de la maintenance

Indicateurs - exemple

	2000	2005	2012	2017
Points lumineux par km de voies éclairés	33	35	33	30.2
kW par point lumineux	0.17	0.17	0.16	0.16
Heures d'utilisation	3568	3469	3305	2818
% du parc en lampes sodium	50%	56%	66%	57%

	Communes de métropole +500 hab.	Communes des DOM	GFP
Part du parc faisant l'objet d'une extinction nocturne	38%	9%	14%
Part du parc faisant l'objet d'une gradation d'intensité au cours de la nuit	8%	10%	19%

DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES DES COLLECTIVITÉS LOCALES, état des lieux 2017, France - ADEME

Objectif 3 : connaître l'état de l'éclairage et le potentiel d'économie d'énergie

Armoires électriques

- Puissance active au niveau de l'armoire
- Facteur de puissance
- Harmoniques de tension et de courant
- Section des câbles
- Mesure de chute de tension en bout de ligne de chaque départ
- Longueur de ligne de chaque départ
- Mesures électriques (courant, tension) de chaque départ

Identification de fuite de courant, puissance souscrite trop importante ...

Point lumineux

- Durée d'allumage annuelle en heures
- Profondeur et durée de gradation
- Rendement

Identification de source de pollution lumineuse, de sources d'amélioration

Mesures photométriques

- Eclairement moyen et minimum
- Uniformité
- Calcul des indicateurs de performance
- Calcul en coût global

Ecart avec la norme EN 13 201-2

Simulation avec de l'éclairage LED → **Calcul des indicateurs de performance**

Rev'Acte - formation éclairage public 24/25/26 mai 2021

Objectif 3 : Plan d'action

Chiffré en terme d'investissement / coût global et phasage des investissements

1. **investissements nécessaires** à la mise en conformité par rapport à la sécurité électrique
2. **investissements de mise en conformité** avec les normes d'éclairage public
 - Avec changement a minima (puissance des sources et luminaires vétustes)
 - Avec gestion de l'éclairage en supplément
3. **Investissement de rénovation** complète pour de l'éclairage LED

Enjeux de la planification

Priorisation des interventions ...

1. Mise en conformité et sécurité des armoires et supports
2. Rénovation des luminaires en mauvais état (vasque absente ...)
3. Remplacement des sources et appareillage en sous/sur éclairage
4. Remplacement des luminaires à vapeur de mercure
5. Rénovation des luminaires et sources non efficaces (mauvaise photométrie, technologie non adaptée ...)
6. Mise en place d'horloge astronomique
7. Rénovation des autres luminaires

Dépend du budget et du chiffrage ...

Exemple : 5 000 points lumineux (15% Hg, 15% HM, 70% SHP), 4380 heures par an

Conso	Conso LED	Economie par an (0,3 DT/kWh)	Coût de remplacement par des luminaires LED	Efficacité énergétique de l'investissement
944 MWh	228 MWh	214 800 DT	337 500 DT	2,12 kWh/DT
415 MWh	211 MWh	61 200 DT	337 500 DT	0,61 kWh/DT
2 644 MWh	1 756 MWh	266 400 DT	1 575 000 DT	0,56 kWh/DT

Phaser les travaux sur plusieurs années !

Hypothèses :

	Puissance	Rendement luminaire	Efficacité lumineuse
Hg	250 Watt	60 %	50 lm/W
HM	110 Watt	70 %	90 lm/W
SHP	150 Watt	75 %	110 lm/W

Hg : mercure haute pression
HM : halogénures métalliques
SHP : Sodium haute pression

LED : 120 lm/W, 90%

Le Schéma Directeur d'Aménagement Lumière

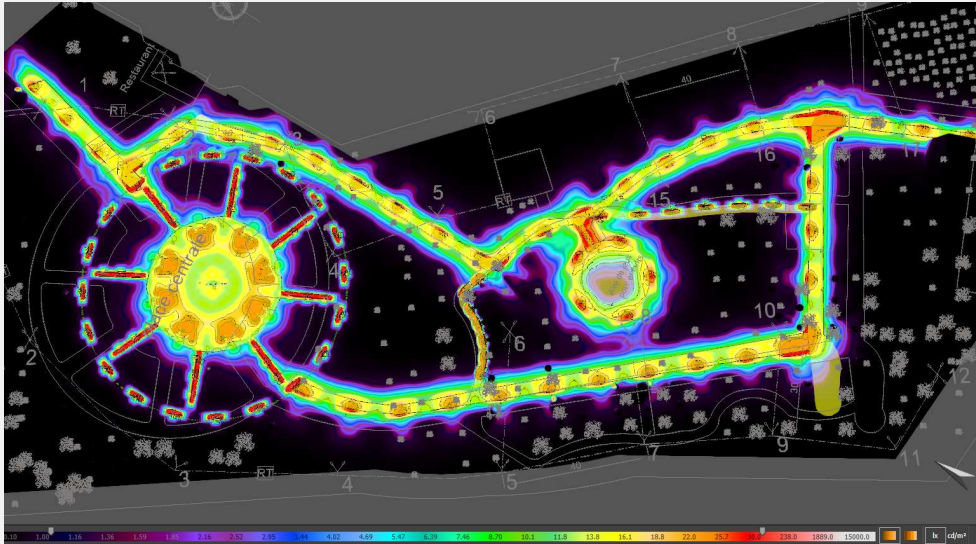
Etude d'urbanisme lumière :

- Définit l'éclairage par type de voies : niveau, couleur, uniformité, type de luminaire
- Facilite la lecture géographique de la ville (grandes artères, boulevards, rue transversales...)
- Adapte la luminosité aux besoins : une voie change d'usage et d'exigence durant la nuit
- Programme les interventions et investissements
- Donne une identité à la ville à travers un éclairage architectural et fonctionnel cohérent
- Doit être en cohérence avec les plans de déplacement urbain, d'extension ...
- Prend en compte les trames bleues, vertes et surtout noires

Les températures de couleur



Etude en cours






Pour l'éclairage des routes principales :
6 mètres de haut avec un espacement
de 20 mètres pour respecter les
éclairagements
2 700 K



Sur les routes secondaires :
Bornes 90 cm de haut
3000 K



Place centrale :

Sur les côtés au centre de la place, à 6 mètres de haut	Sur les côtés au centre de la place, à 6 mètres de haut	Des bornes pour les chemins qui mènent à la place et autour
	2200 K 	3000 K 

Trame noire

Objectif: préserver ou recréer un réseau écologique propice à la vie nocturne.

La lumière générée par les systèmes d'éclairage pendant la nuit a de graves conséquences pour la biodiversité. Par exemple, les oiseaux et les insectes nocturnes se repèrent et s'orientent en fonction des étoiles ou de la lune. Ils sont attirés par ces sources lumineuses artificielles et perdent leurs repères. Au contraire, d'autres espèces comme les chauves-souris fuient la lumière, et ces installations constituent pour elles des barrières quasiment infranchissables qui fragmentent leur habitat. La présence de lumière artificielle perturbe également le cycle de vie des êtres vivants et a notamment un effet sur la saisonnalité des végétaux.



Rennes, Sdal, trame noire – planche 3 – En blanc : les zones vivantes la nuit. En noir : les zones naturelles ou agricoles. En bleu-violet : les zones de mutualisation – © Concepto

Les critères techniques liés à la passation de marché



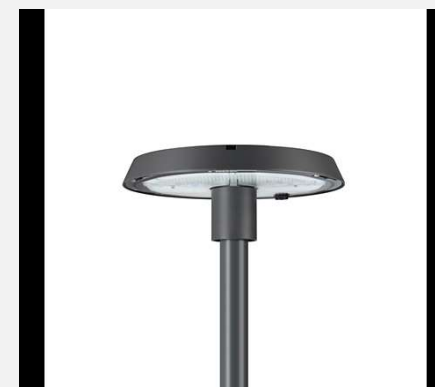
Sustainable Public Procurement

**Green Public Procurement
Technical Guidelines and
Specifications for Energy Efficient
Lighting**

Street / Outdoor Lighting and
Office / Large Building Indoor
Lighting

Efficacité des luminaires (flux sortant)

Puissance du luminaire < 90 Watt : **120 lm/W**
(*éclairage places, petites rues ...*)



Puissance du luminaire ≥ 90 Watt : **140 lm/W**
(*éclairage routier*)



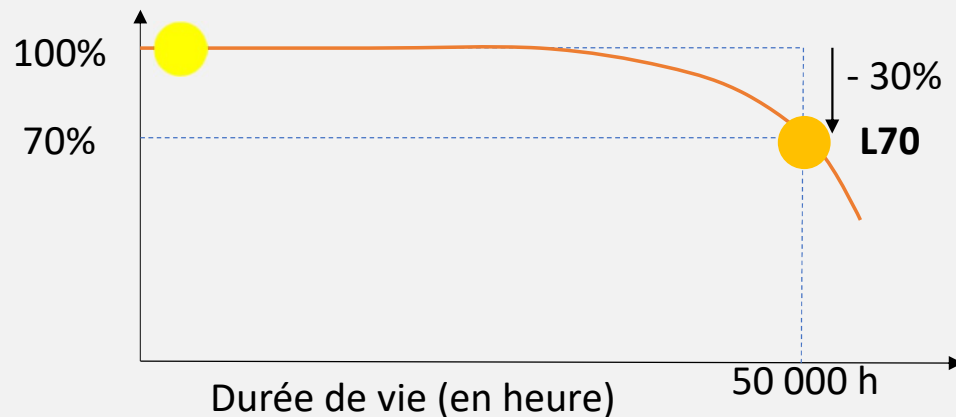
Voir la partie suppléments à la fin pour quelques sources.

Durée de vie

L70B50 = 50 000 heures

Durée de vie, en heures (h) : (exemple 50 000 h à L70B50)

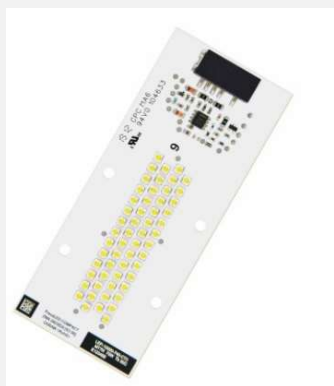
durée pour laquelle seulement 50 % du nombre total de lampes ou luminaires continuent d'émettre plus de 70 % de leur flux. Ce critère sert à comparer les lampes ou luminaires entre eux et doit être pris en compte pour planifier les opérations de maintenance.



Normes pour tester la durée de vie



IES LM-84-14 “Measuring Luminous Flux and Colour maintenance of LED lamps, light engines, and luminaires” and **IES TM-28-14** “Projecting long term luminous flux maintenance of LED lamps and luminaires”

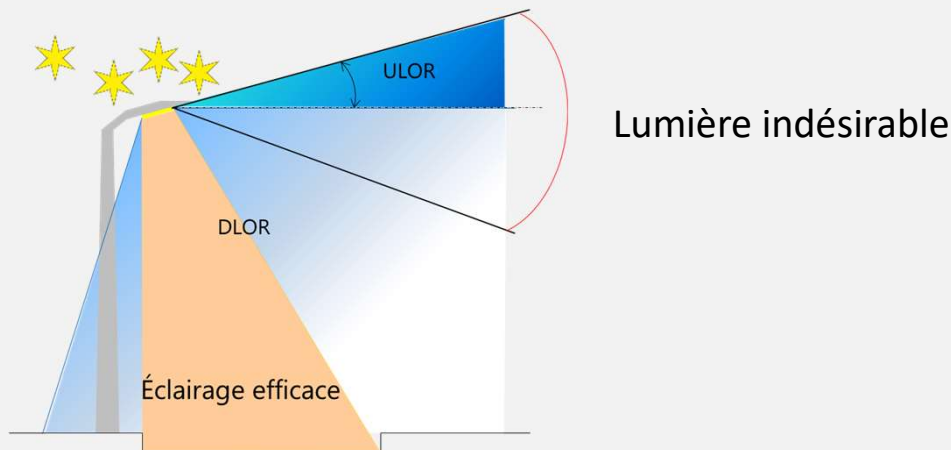


IES LM-80-20 “Measuring luminous flux and colour maintenance of LED packages, arrays and modules” and **IES TM-21-19** “Projecting long term lumen maintenance LED light sources”.

Photométrie

ULOR = 0 %

- U.L.O.R = Upward Lumen Output Ratio =
- flux émis au-dessus du luminaire / flux sortant du luminaire
- U.L.R = Upward Lumen Ratio =
- flux émis au-dessus du luminaire / flux source



$$ULR = \frac{ULOR}{ULOR + DLOR}$$

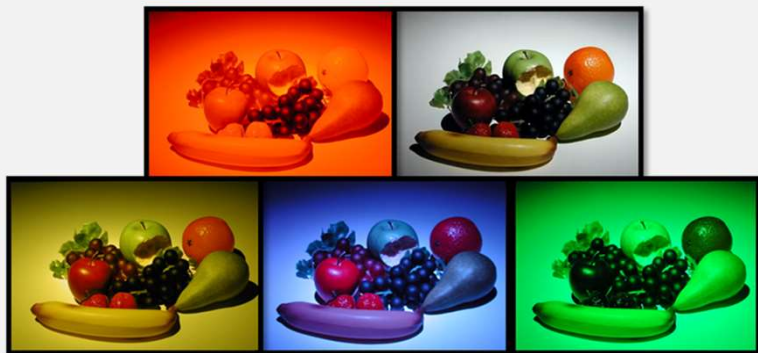
Qualité de la lumière

$IRC \geq 70$

$T_c \leq 5\,000\text{ K}$

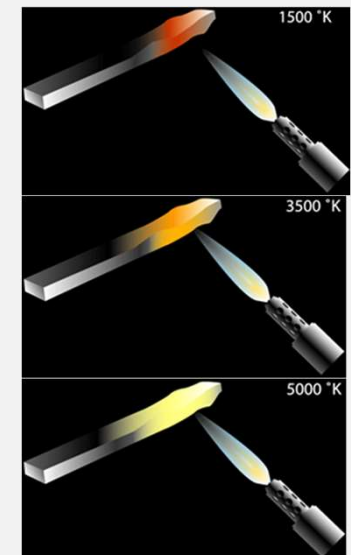
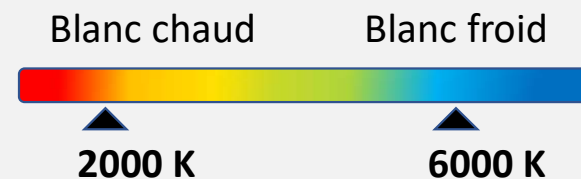
Indice de rendu des couleurs (IRC)

aptitude à restituer leur « vraie » couleur
Aux objets, se mesure de 0 (pas de couleurs reconnaissables) à 100.

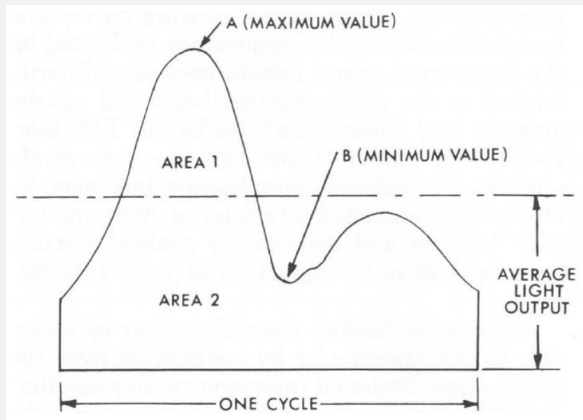


Température de couleur (T_c)

échauffement du corps noir
nécessaire pour produire une lumière
d'apparence semblable. En Kelvin.



Scintillement - papillotement



PstLM : mesure de la modulation temporelle sur une courte période

PstLM = 1.0 signifie que la moitié des personnes perçoivent le scintillement

PstLM \leq 1.0 à pleine puissance et pour un signal d'alimentation sinusoïdal

L'effet stroboscopique

Changement de perception de la vitesse due à la lumière qui varie avec le temps.

Se mesure par le critère SVM : Stroboscopic Visible Measure

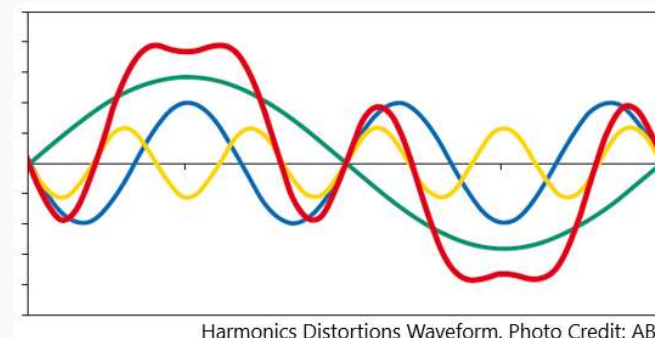
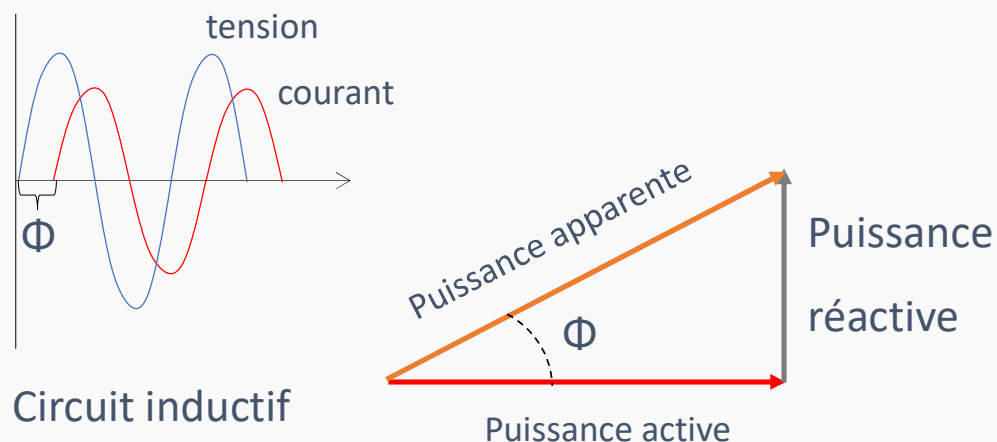
SVM = 1 seuil de perception pour un observateur moyen

SVM \leq 1.0 à pleine puissance

Qualité électrique – facteur de puissance

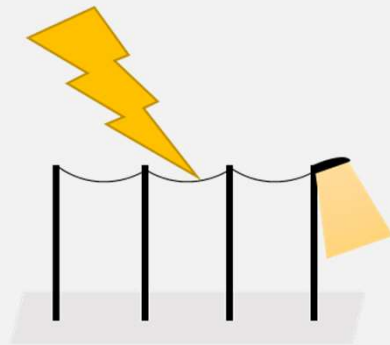
Facteur de puissance : déphasage entre le courant et la tension obtenu en calculant le cosinus ($\cos \Phi$) de l'angle de déphasage. Le FP fondamental permet de quantifier l'effet sur le réseau.

$$\cos \Phi \geq 0,9$$

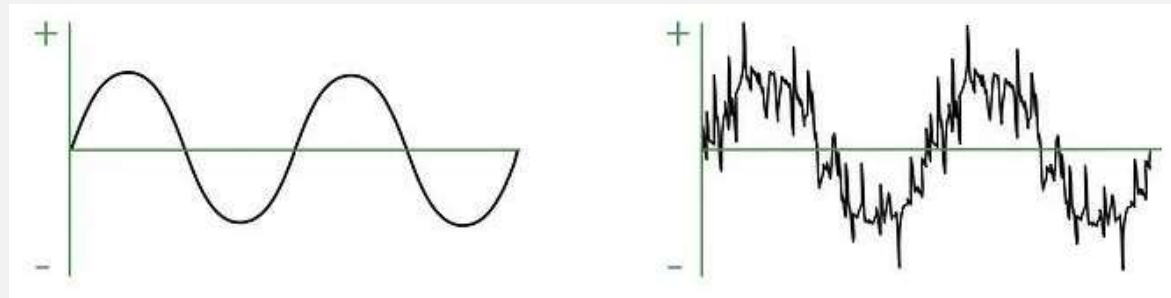


- Signal non sinusoïdal
- Première harmonique (fondamental)
- Troisième harmonique
- Cinquième harmonique

Protection contre les surtensions et limite de distorsion harmonique



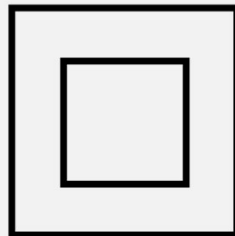
IEC 61547:2020 standard recommendations



IEC 61000-3-2:2018 standard



Protection contre les chocs électriques



IEC 60598-1 Ed.9.0; 2020

Classe II recommandée : luminaires avec double isolation ou isolation renforcée, sans partie métallique accessible . Double isolation sans mise à la terre

Résistance aux corps solide et à l'humidité

1^{er} chiffre

Protection contre
corps solides
et poussière

0: non protégé
1: 50 mm (main)
2: 12 mm (doigt)
3: 2,5 mm (outils)
4: 1 mm (fils)
5: non accumulation
des poussières
6: la poussière ne
pénètre pas



2ème chiffre

IP = 66

Humidité

0: non protégé
1: Gouttes tombant à la verticale
2: Gouttes tombant à la verticale et jusqu'à 15°
3: Eau tombant jusqu'à 60°
4: Eclaboussures dans toutes les directions
5: Jet d'eau (30 kPa, 6,3mm)
6: Jet d'eau (100 kPa, 12,5mm)
7: Immersion temporaire
8: Immersion permanente

Résistance à la corrosion

Les parties métalliques de l'enveloppe extérieure du luminaire doivent être faite **d'acier inoxydable ou d'aluminium (extrudé ou coulé) ou en zinc moulé sous pression.**

Pour l'optique, si possible éviter le Polyméthylméthacrylate (PMMA) et le polycarbonate qui jaunissent avec le temps du aux UV et s'opacifient. Le verre peut être intéressant ou le silicone.

Gradation et détection de présence

Les luminaires devraient pouvoir être gradable

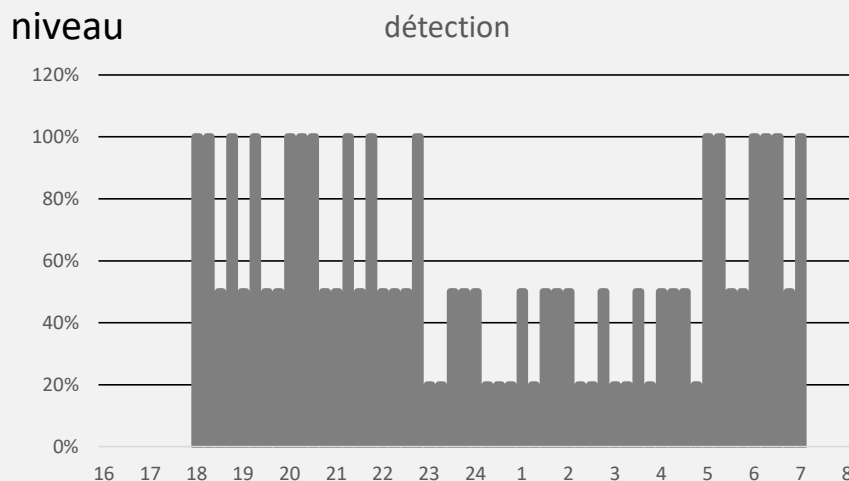
Gradation

18 h à 23 h : 100 % du flux

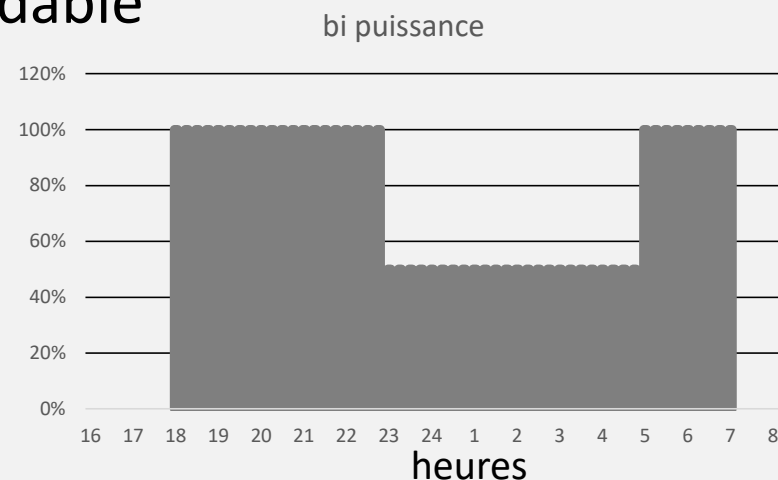
23 h à 5 h : 50 % du flux

5 h à 7 h : 100 %

23 % d'économie



niveau



+ détection de présence :

Si détection 100 % ou 50 % suivant l'heure

Sinon veille à 50 % ou 20 % suivant l'heure

Avec cette configuration :

42 % d'économie

Critères de performance

La puissance installée ne doit pas être supérieure à **3 Watt par mètre linéaire** et par nombre de voies de circulation. Les tests ont été fait pour :

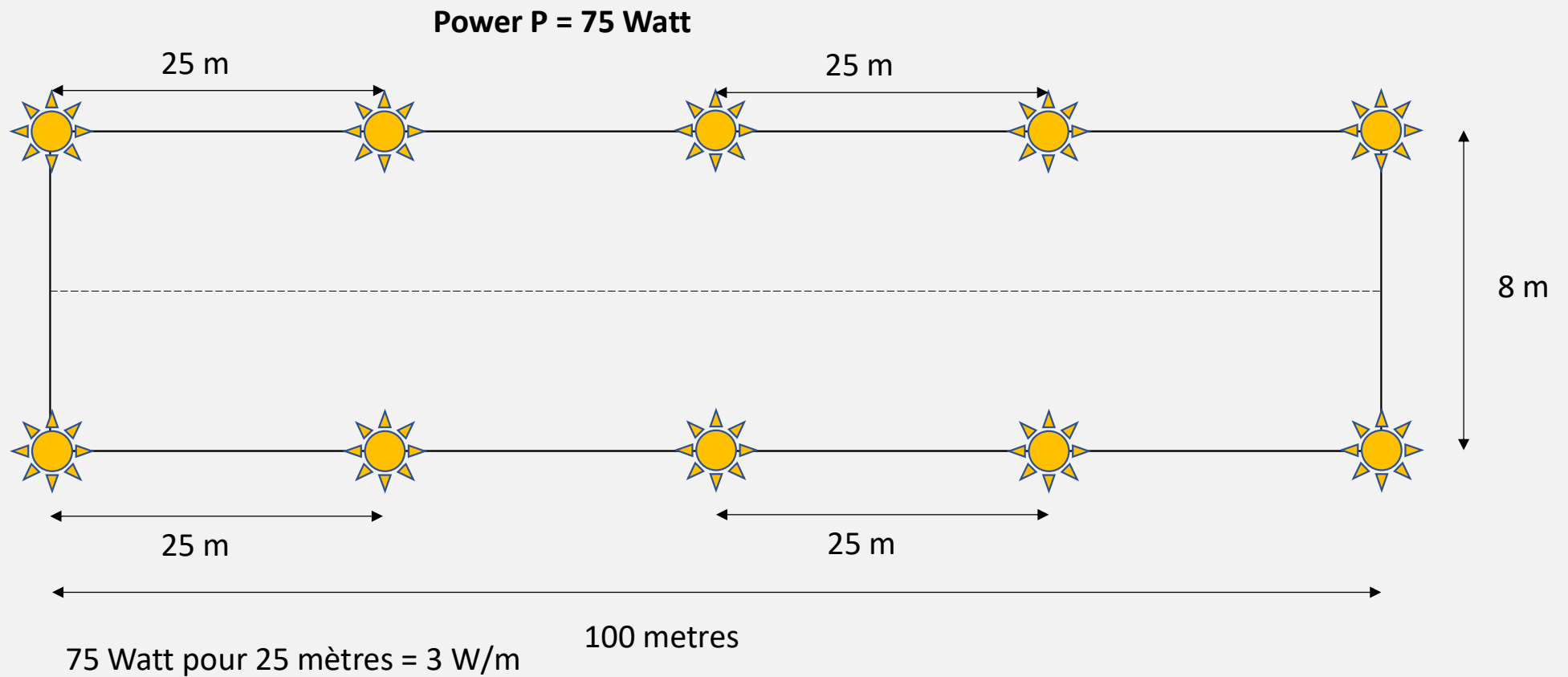
Routes express/autoroutes : 20 lux

Routes provinciales et territoriales : 30 lux

Routes communales : 20 lux

Rues : 15 lux



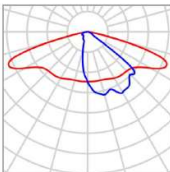
Exemple



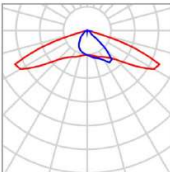


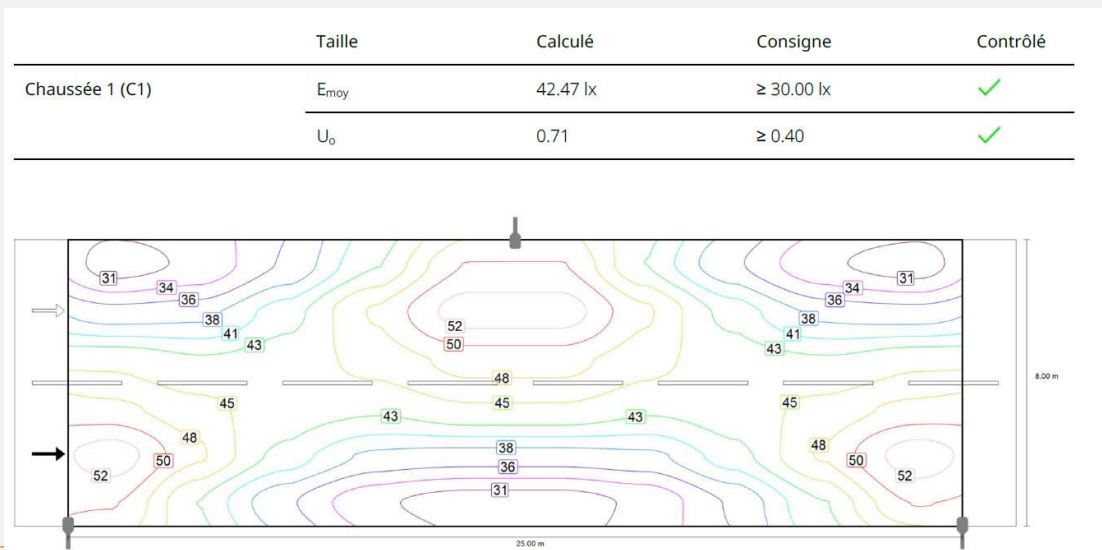
Simulation

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i \cdot A_i)}$$

$$D_p = 140 / (25 \cdot 8 \cdot 42,47) = 0,016 \text{ W/lux/m}^2$$

					
Fabricant	CREE	P	70.0 W		
Article n°	XSP-E-210-M	Φ _{Lampe}	11171 lm		
Désignation	XSP2 HO Type 210 Input M - DY / FX	Φ _{Luminaire}	10200 lm		
Composants	personnalisé	η	91.30 %		

					
Fabricant	SIMON	P	75.0 W		
Article n°	-	Φ _{Lampe}	8600 lm		
Désignation	Merak SXF Óptica RE_4000 K 75W a _1K mA	Φ _{Luminaire}	8597 lm		
Composants	1x Merak SXF Óptica RE_4000 K 75W a _1K mA	η	99.97 %		



	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Chaussée 1 (C1)	E _{moy}	32.15 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U _o	0.80	≥ 0.40	✓

Un facteur de maintenance de 0.67 a été estimé pour l'installation.

$$D_p = 150 / (25 \cdot 8 \cdot 32,15) = 0,023 \text{ W/lux/m}^2$$

Garantie et réparabilité

La durée de vie demandée est de 50 000 heures.

Pour une durée de la nuit de 4 380 heures, la durée minimale est de :

$$50000 / 4380 = 11,4 \text{ années}$$

Une **garantie de 5 ans** semble raisonnable.

Doit couvrir tous les composants du luminaire, y compris le driver et la source lumineuse (pièces de rechanges).

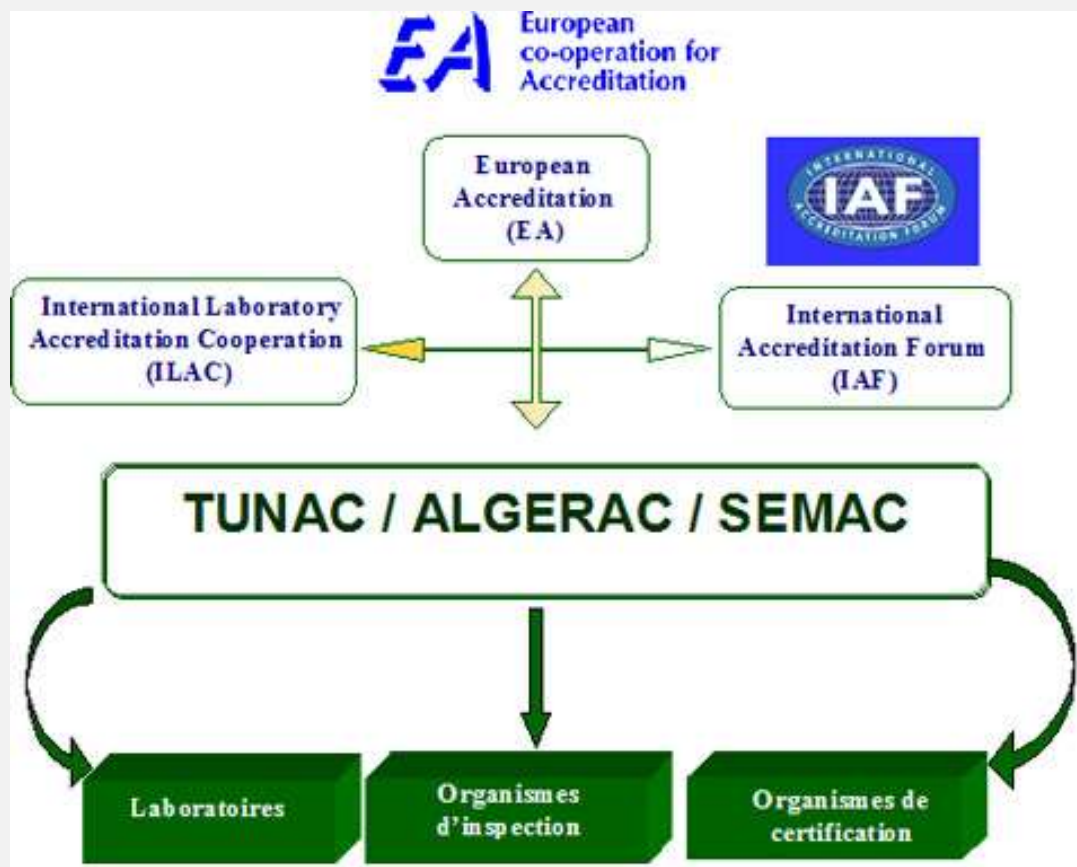
Suivi et réception des équipements et des installations

- Conformité avec la commande (nombre / désignation)
- Conformité avec les spécifications techniques
- Conformité ou équivalence de normes
- S'assurer que les mesures soient faites par des laboratoires accrédités

Le TUNAC a pour principale mission d'évaluer et accréditer les organismes d'évaluation de la conformité (laboratoires, organismes d'inspection et de certification) conformément aux normes nationales et internationales correspondantes.

Le TUNAC en Tunisie est signataire, depuis 2008, des accords de reconnaissances mutuelles avec ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) et EA (European Cooperation for Accreditation) pour l'accréditation des laboratoires d'analyses, d'essais et d'étalonnage.

Intégration au sein des réseaux internationaux



S'assurer que les références d'accréditation des laboratoires correspondent bien au laboratoire accréditer (voir sur le site internet de l'organisme d'accréditation plus haut)

Source : plateforme iq-maghreb.net

Règlement européen (UE) 2019/2020

A partir du 1^{er} septembre 2021, **la puissance maximale en fonction du flux** de la source est :

$$P_{\text{onmax}} = C \cdot (L + \Phi_{\text{use}} / (F \cdot \eta)) \cdot R$$

C : Facteur de correction, fonction du type de source lumineuse, donné tableau 2

η : Seuil d'efficacité

L : facteur de perte aux extrémités

} Constantes spécifiées au tableau 1, en fonction du type de source lumineuse.

F : facteur d'efficacité

1,00 pour les sources lumineuses non dirigées (SLND, utilisant le flux total)

0,85 pour les sources lumineuses dirigées (DLS, utilisant le flux dans un cône)

R : facteur IRC

0,65 pour un IRC ≤ 25

(IRC+80)/160 pour un IRC > 25, arrondi à la deuxième décimale.

Facteurs

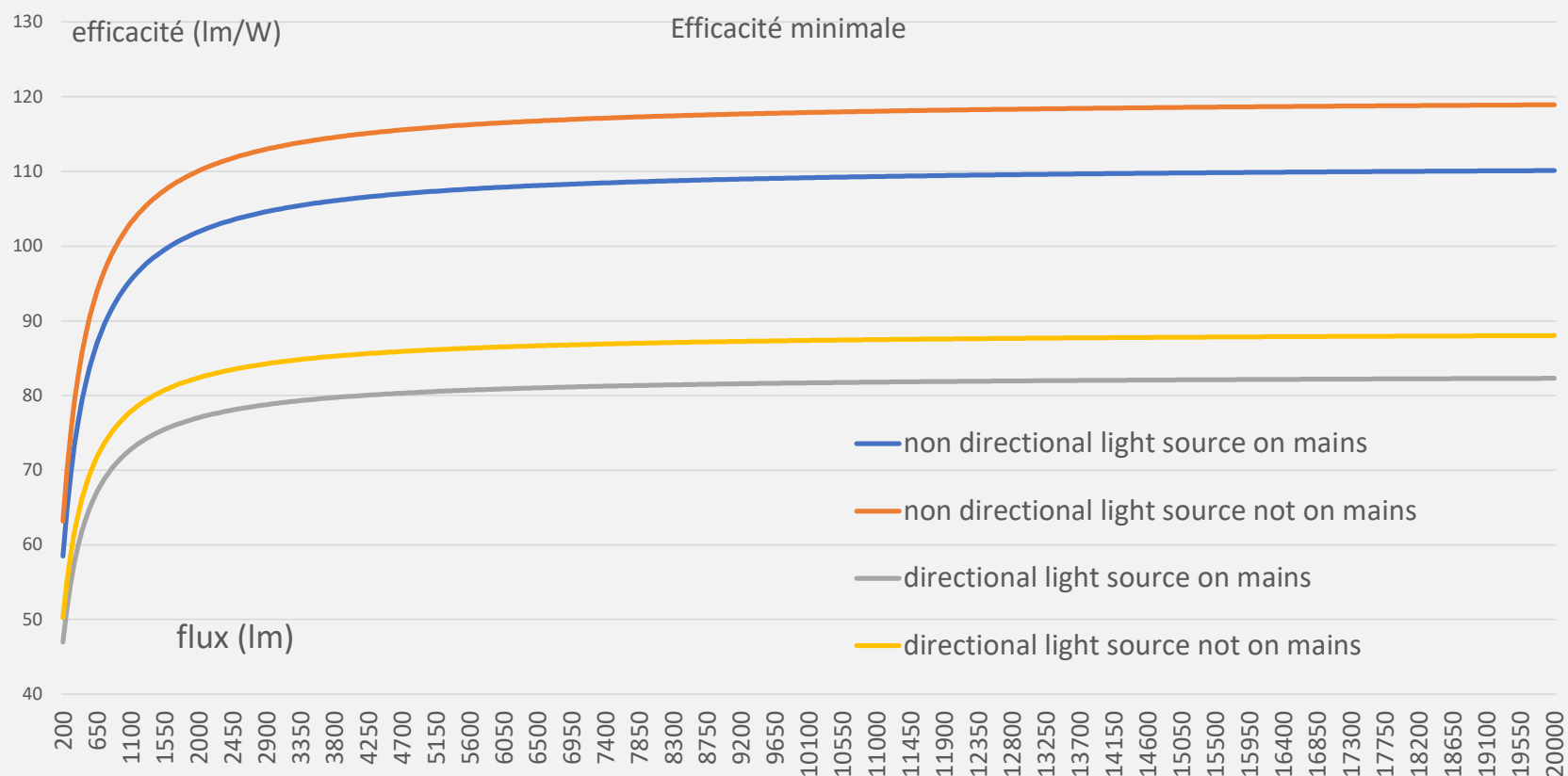
Tableau 2 — Facteur de correction C en fonction des caractéristiques de la source lumineuse

Type de source lumineuse	Valeur de base C
Non dirigée (SLND) ne fonctionnant pas sur le secteur (SLNS)	1,00
Non dirigée (SLND) fonctionnant sur le secteur (SLS)	1,08
Dirigée (SLN) ne fonctionnant pas sur le secteur (SLNS)	1,15
Dirigée (SLD) fonctionnant sur le secteur (SLS)	1,23
Caractéristique spéciale de source lumineuse	Bonification sur C
FL ou DHI avec TCP >5000 K	+0,10
FL avec > 90	+0,10
DHI avec deuxième enveloppe	+0,10
MH SLND >405 W avec enveloppe non claire	+0,10
SLD avec protection anti-éblouissement	+0,20
Source lumineuse réglable en couleur (SLRC)	+0,10
Sources lumineuses à luminance élevée (SLLE)	+ 0,0058 · Luminance-SLLE – 0,0167

Tableau 1 - Seuil d'efficacité (η) et facteur de perte aux extrémités (L)

Description de la source lumineuse	η [lm/W]	L [W]
LFL T5-HE	98,8	1,9
LFL T5-HO, $4000 \leq \Phi \leq 5000$ lm	83,0	1,9
LFL T5-HO, autre émission lm	79,0	1,9
FL T5 circulaire	79,0	1,9
FL T8 (y compris FL T8 en U)	89,7	4,5
À partir du 1 ^{er} septembre 2023, pour les FL T8 de 600, 1200 et 1500 mm	120,0	1,5
CFLni	70,2	2,3
HPS simple culot	88,0	50,0
MH ≤ 405 W simple culot	84,5	7,7
MH >405 W simple culot	79,3	12,3
MH céramique double culot	84,5	7,7
MH quartz double culot	79,3	12,3
Jusqu'au 1 ^{er} septembre 2023: HL G9, G4 et GY6.35	19,5	7,7
Autres (*L=2 pour connectées)	120,0	1,5*

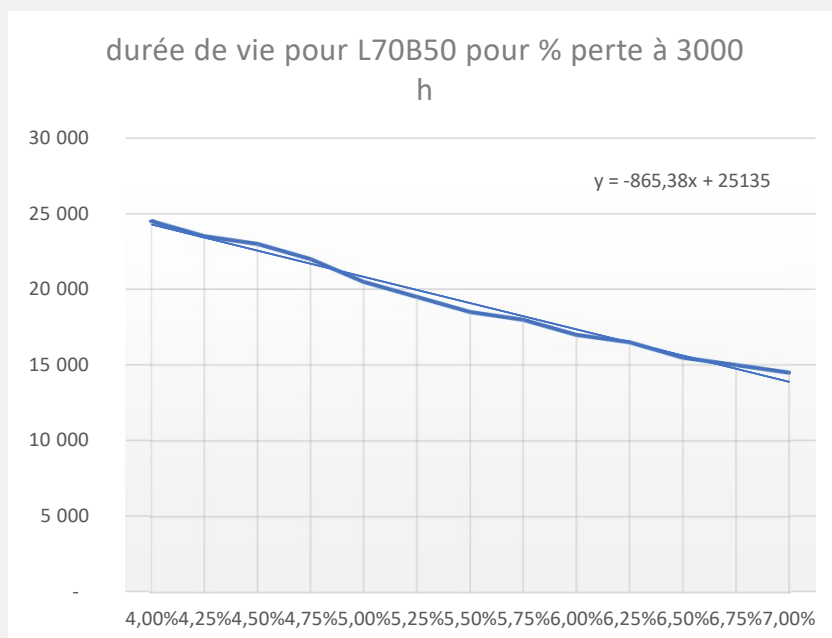
Efficacité minimale – règlement européen



Conditions règlement européen

Rendu des couleurs	IRC ≥ 80 (sauf pour les applications à l'extérieur des bâtiments, des applications industrielles et d'autres applications, et qu'une indication claire à cet effet est visible sur l'emballage de la source lumineuse et dans toute la documentation pertinente imprimée et électronique.
Facteur de déphasage (DF, \cos_1)	Pas de limite à $P_{on} \leq 5 \text{ W}$ / DF $\geq 0,5$ à $5 \text{ W} < P_{on} \leq 10 \text{ W}$ / DF $\geq 0,7$ à $10 \text{ W} < P_{on} \leq 25 \text{ W}$ / DF $\geq 0,9$ à $25 \text{ W} < P_{on}$
Facteur de conservation du flux lumineux (pour LED et OLED)	Le facteur de conservation du flux lumineux X_{LMF} % à l'issue d'un essai d'endurance est au moins $X_{LMF, MIN} \%$ calculé comme suit : $X_{LMF, MIN} \% = 100 * \frac{(3\,000 * \ln(0.7))}{L_{70}}$ où L_{70} est la durée de vie $L_{70}B_{50}$ déclarée (en heures) Si la valeur calculée pour $X_{LMF, MIN}$ dépasse 96,0 %, une valeur d' $X_{LMF, MIN}$ de 96,0 % est utilisée.
Facteur de survie (pour LED et OLED)	9 source sur 10 en état de fonctionnement après 1 200 cycles de commutations continus (150 minutes on puis 30 minutes off) soit 3 600 heures de test
Constance des couleurs pour LED et OLED	Variation des coordonnées de chromaticité à l'intérieur d'une ellipse de MacAdam de niveau 6 ou moins.
Papillotement pour les SLS LED et OLED	$Pst_{LM} \leq 1,0$ (discussions) à pleine charge
Effet stroboscopique pour les SLS LED et OLED	$SVM \leq 0,4$ (discussions) à pleine charge (sauf pour les pour les applications qui autorisent un IRC < 80)

Calcul de la durée de vie avec la formule



Durée de vie (h)	Perte de flux à 3000 h
24 500	4,00%
23 500	4,25%
23 000	4,50%
22 000	4,75%
20 500	5,00%
19 500	5,25%
18 500	5,50%
18 000	5,75%
17 000	6,00%
16 500	6,25%
15 500	6,50%
15 000	6,75%
14 500	7,00%

Si la valeur calculée pour $X_{LMF,MIN}$ dépasse 96,0 %, une valeur d' $X_{LMF,MIN}$ de 96,0 %

L70B50 déclarée	Colonne1	Xmin calcul	Xmin level	
50 000 heures		97,88268692	96	0,96
40 000 heures		97,36040078	96	0,96
30 000 heures		96,49610951	96	0,96
26 000 heures		95,96805587	95,96805587	0,95968056
25 000 heures		95,81020398	95,81020398	0,95810204

Rien ne sert de déclarer ou demander au-delà de 26 000 heures de fonctionnement

Les enjeux de la bonne gestion

La maintenance

- Ce n'est pas une option ni un luxe
- Les luminaires LED aussi demandent à être entretenus.
- Ca coûte de l'argent.

Permet de garantir le service au concitoyen, d'éviter les plaintes, les accidents ...

En France : l'éclairage public est un accessoire de la voirie, le maire peut être mis en défaut pénalement pour défaut d'entretien !

Le facteur de maintenance

$$F_M = F_{LF} \times F_S \times F_{LM} \times F_{SM}$$

F_M : facteur de maintenance

F_{LF} : facteur de dépréciation du flux lumineux

F_S : facteur de survie

F_{LM} : facteur de maintenance du luminaire

F_{SM} : facteur de maintenance des surfaces

facteur de dépréciation du flux lumineux (F_{LF})

Dépréciation du flux émis par la source ou le luminaire due à l'âge

F_{LF} = pourcentage du flux initial émis par la source ou le luminaire avant son remplacement. Donné par le fabricant selon la norme IEC 62722-2-1.

Ex : L80 = 50 000 heures signifie 80% de flux restant à 50 000 heures. Si le luminaire ou la source est remplacée au bout de 50 000 heures,

$$F_{LF} = 0,80$$

(F_{LF}) - Cas du maintien du flux constant

Dans le cas où les sources ou luminaires maintiennent leur flux constant malgré l'âge en augmentant leur courant : le flux initial qui sera maintenu est calculé pour être celui calculé pour le fin de vie du luminaire ou de la source. La source ou luminaire est gradué au début.

1. Si le fabricant donne le flux qui sera maintenu, $F_{LF} = 1,00$
2. Si le flux donné est le flux initial, $F_{LF} = \text{FLUX EN FIN DE VIE} / \text{FLUX INITIAL}$

facteur de survie (F_S)

C'est la probabilité d'une source ou d'un luminaire de fonctionner à un nombre donné d'heures de fonctionnement. Si un nombre donné d'heures de fonctionnement est utilisé pour F_{LF} le même nombre d'heures devra être utilisé.

Maintenance curative : $F_S = 1$

Maintenance préventive : F_S est donné pour un groupe par le composant ayant le temps de remplacement le plus court ou si tous sont égaux par celui avec la probabilité de survie la plus faible.

facteur de survie (F_s)

Dans le cas où la probabilité de défaut est donné, la facteur de survie

$F_s = 1 - \text{probabilité de défaut}$

Si les probabilités de survie sont donnés séparément pour le driver et la source, le facteur de survie est celui du composant avec le temps de remplacement le plus court.

Dans le cas où différents type de maintenance sont combinés, le facteur de survie est calculé comme pour la maintenance curative.

Facteur de maintenance du luminaire (F_{LM})

Portion de flux sortant due à l'empoussièrement des vasques, sources ou des autres facteurs influençant la portion de flux sortant. Dépend du degré de protection IP, des conditions environnantes et de la fréquence de nettoyage.

Indice de protection	Catégorie de pollution	Intervalle de nettoyage (années)													
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	
IP6X	Haute	0,91	0,9	0,88	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	
	Moyenne	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83	0,82	0,81	0,80	0,78	0,77	
	Basse	0,93	0,92	0,91	0,9	0,9	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	

← Extrapolations →

ISO/CIE TS 22012:2019

facteur de maintenance des surfaces (F_{SM})

Prend en compte la perte de réflectivité des surfaces. Pour l'éclairage extérieur, celui-ci doit être pris en compte uniquement pour les tunnels et les passages souterrain.

Sinon, $F_{SM} = 1$

Utilisation

Pour déterminer l'éclairement initial (E_{in}) ou la luminance initiale (L_{in}) à prévoir pour obtenir l'éclairement à maintenir (E_m) ou la luminance à maintenir (L_m) avant remplacement :

$$E_m = E_{in} \times F_M$$

$$L_m = L_{in} \times F_M$$

Exemple 1

Projet d'éclairage urbain	Luminaire
Durée de vie de l'installation : 100 000 heures	LED avec fonction flux sortant constant
Temps d'allumage par an : 4 000 heures	Flux initial 6 000 lm et 4 800 lm fct flux constant
Maintenance : curative	Durée de vie médiane $L_{80}=100\ 000\ h$, flux constant L_{80}
Période d'entretien des luminaires : 3 ans	IP 66
Intensité de pollution basse	Taux de défaillance du driver : 0,5 % tout les 5 000 heures

Calculer le facteur de maintenance pour le cas sans fonction de flux constant (a) et cas avec (b), en déduire l'éclairement initial

$$F_M = F_{LF} \times F_S \times F_{LM} \times F_{SM}$$

$$(a) F_M = 0,80 \times 1 \times 0,90 \times 1 = 0,72 \Rightarrow E_{in} = E_m / 0,72 = E_m \times 1,39$$

$$(b) F_M = 1 \times 1 \times 0,90 \times 1 = 0,90 \Rightarrow E_{in} = E_m / 0,9 = E_m \times 1,11$$

Exemple 2

Projet d'éclairage urbain	Luminaire
Durée de vie de l'installation : 15 ans	IP 65
Temps d'allumage par an : 4 000 heures	Flux initial 20 000 lm donne 35 lux
Maintenance : préventive	Durée de vie médiane $L_{80} = 70\,000$ h
Période d'entretien des luminaires : 5 ans	Taux de défaillance : 1% à 70 000 h
Intensité de pollution moyenne	Taux de défaillance du driver : 0,3 % tout les 5 000 heures

Route de classe C2 d'après la norme EN 13 201 :

Eclairement à maintenir de 20 lux

Quel est le flux au bout de 15 ans ? Comment optimiser pour qu'il soit égal à l'éclairement requis ?

Ex 2 - facteur de dépréciation du flux (F_{LF})

Durée de l'installation = 15 ans soit $15 \times 4\,000 = 60\,000$ heures

Or $L_{80} = 70\,000$ heures

D'après la table à 60 000 heures , $F_{LF} = 0,83$

Ex 2 – facteur de survie (F_s)

Défaillance du luminaire : 1% à 70 000 heures soit à 60 000 heures :

$6/7 = 0,86 \%$. Le facteur de survie est $100 \% - 0,86 \% = 99,14 \% = 0,9914$

Défaillance du driver : 0,3% pour 5000 heures soit à 60 000 heures :

$60 / 5 * 0,3 \% = 3,6 \%$. Le facteur de survie est $100\% - 3,6\% = 96,4\% = 0,964$

On prend le plus petit soit $F_s = 0,964$

Ex 2 -Facteur de maintenance du luminaire(F_{LM})

Lus sur la table pour un IP6X, une pollution moyenne et un intervalle entre les nettoyages de 5 ans :

$$F_{LM} = 0,82$$

Ex 2 - facteur de maintenance

$$F_M = F_{LF} \times F_S \times F_{LM} \times F_{SM}$$

$$F_M = 0,83 \times 0,964 \times 0,82 \times 1 = \mathbf{0,66}$$

L'éclairement de 35 lux sera de $35 \times 0,66 = 23,1$ lux au bout de 15 ans

Pour avoir 20 lux au bout de 15 ans, l'éclairement initial minimal est de $20 / 0,66 = 30,3$ lux.

Une source de flux initial $20\,000 \times 30,3 / 35 = 17\,316$ lm suffit

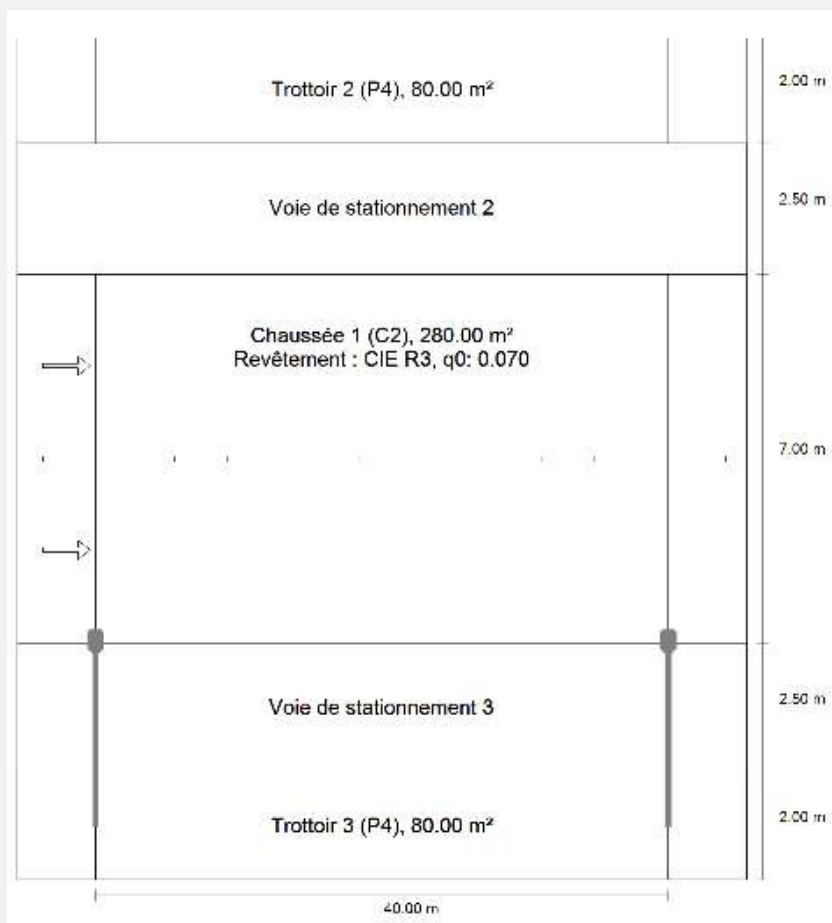
Exemples DIALUX

Classification de la rue



Classe de la voie	Voie urbaine importante (BOULEVARD, AVENUE)
Spécifications de la classe	Vitesse ≤ 50 km/h , Motorisés, Véhicules lents, Cyclistes, Piétons
Contraintes	Complexité : élevée Véhicules en stationnement : oui Intersection ≥ 3 par km Tâche navigation : élevée
Classe d'éclairage	C2
Unité de mesure	Eclairement
Valeur cible	20 lux

Simulation















Source lumineuse : 250 Watt Sodium haute pression

Trottoir 2 (P4)	Emoy	9,68 lux	[5 – 7,5] lux	✗
	Emin	5,87 lux	≥ 1 lux	✓
Chaussée 1 (C2)	Emoy	18,42 lux	≥ 20 lux	✗
	U ₀	0,36	≥ 0,4	✗
Trottoir 3 (P4)	Emoy	8,41 lux	[5 – 7,5] lux	✗
	Emin	3,52 lux	≥ 1 lux	✓

Facteur de maintenance = 0,67

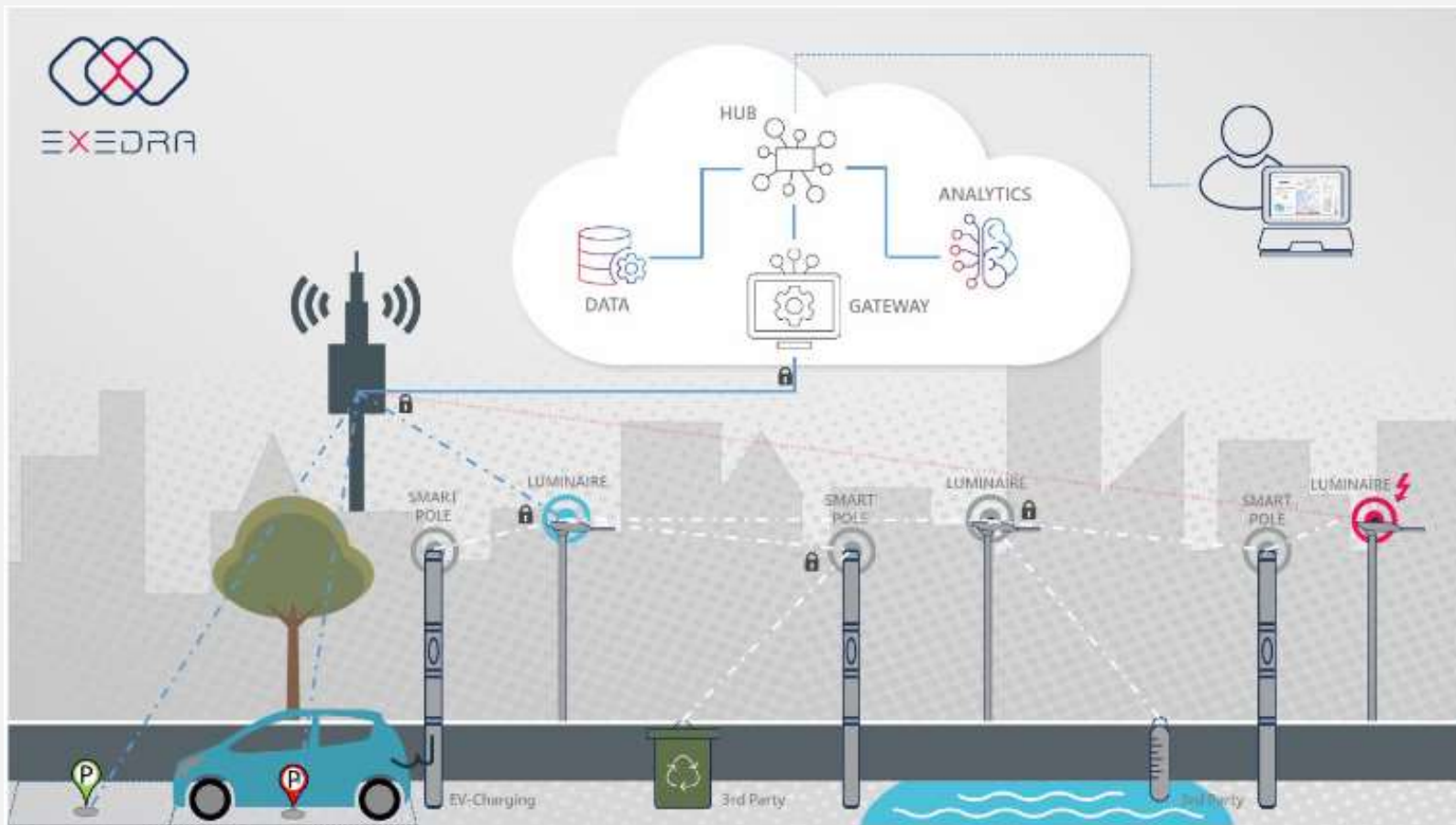
Différents facteur de maintenance

Facteur de maintenance = 1 Facteur de maintenance = 0,5

Trottoir 2 (P4)	Emoy	14,38 lux		7,19 lux	
	Emin	8,77 lux		4,38 lux	
Chaussée 1 (C2)	Emoy	27,49 lux		13,74 lux	
	U ₀	0,36		0,36	
Trottoir 3 (P4)	Emoy	12,55 lux		6,28 lux	
	Emin	5,25 lux		2,63 lux	

Systèmes de télégestion

Schröder - Exedra



Interface utilisateur

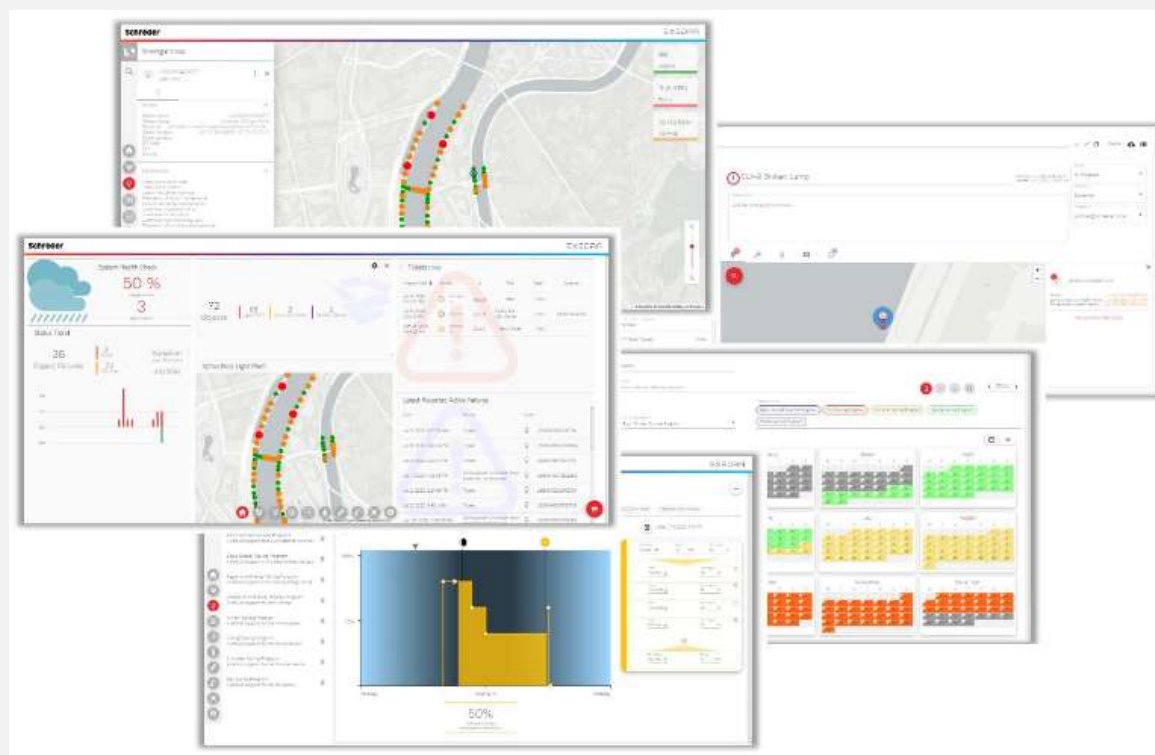


Tableau de bord entièrement configurable

Inventaire et gestion des appareils

Etat de l'appareil, aperçu et contrôle en temps réel

Scénarios d'éclairage, éclairage dynamique

Rapports, alarmes et analyse des données

Gestion de la consommation d'énergie

Système de tickets

Moteur d'automatisation de scénarios

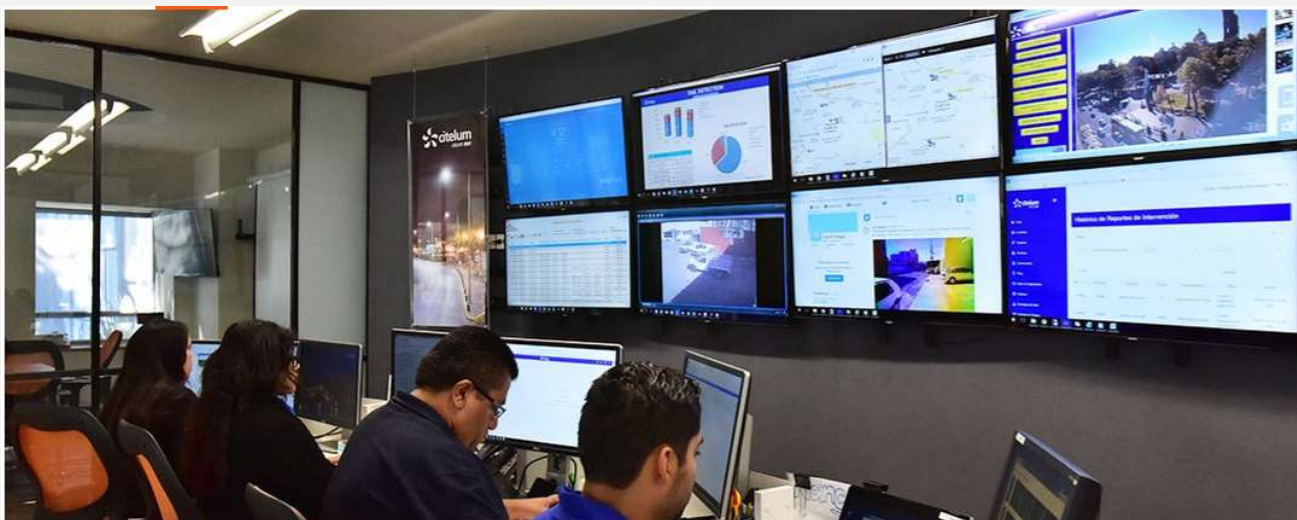
Gestion des utilisateurs (rôles et droits)

Architecture matérielle



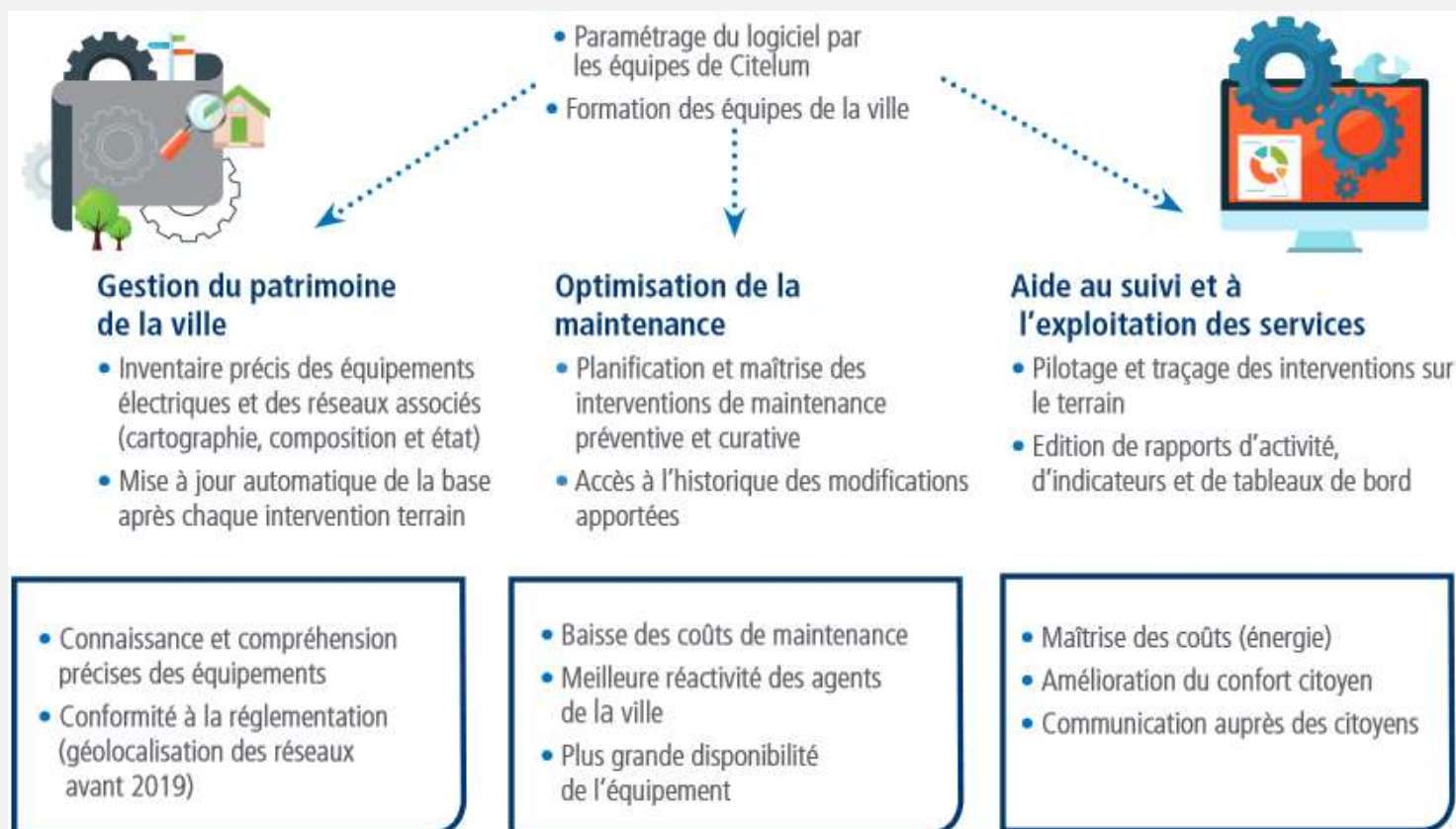
- Levers/couchers de soleil (via horloge astronomique utilisant une synchronisation GPS précise)
- Luminosité ambiante (via cellule photoélectrique)
- Localisation GPS
- Durée totale d'activation de chaque luminaire
- Consommation électrique totale (kWh)
- État du contrôleur (durées de fonctionnement et hors ligne)
- Codes d'avertissement ou d'erreur
- État du luminaire (on, off, intensité réduite, code d'avertissement ou d'erreur)
- Tension d'entrée RMS moyenne (volts) luminaire allumé
- Ampérage d'entrée RMS moyen (ampères) luminaire allumé
- Puissance d'entrée moyenne (watts) luminaire allumé
- Facteur de puissance d'entrée moyenne luminaire allumé
- Durée totale cumulée de l'état allumé (minutes)
- Statut du driver LED DALI (par exemples, codes d'avertissement ou d'erreur)
- Température (via capteur intégré)

Citélum - MUSE



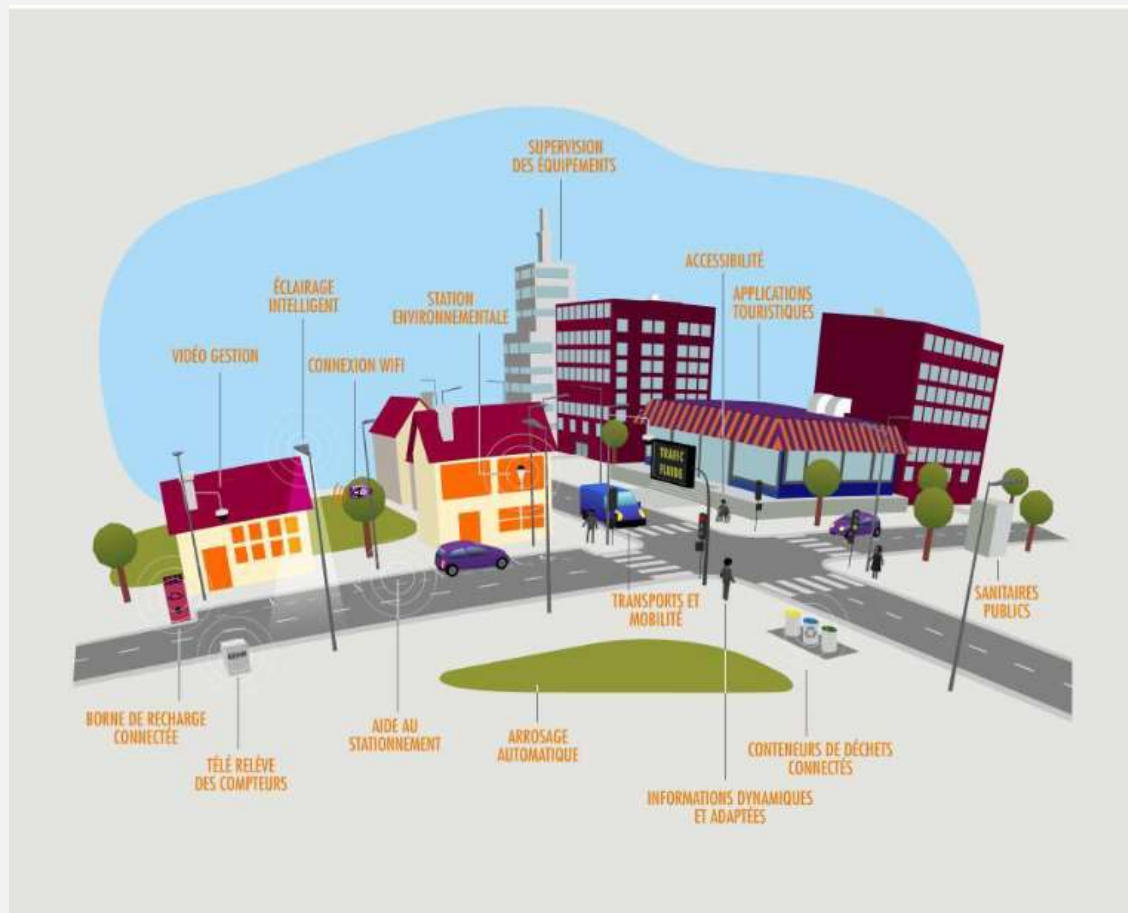
Contrôle centralisé de l'ensemble du parc des objets connectés de la ville : **bornes de recharge de véhicules électriques, éclairage public, vidéoprotection, etc...**

Comment ça marche



Projet pilote Chartres - Vinci

Citeos installé au pied
de chaque des modules
électroniques
communicants



Gestion de :

- 17 luminaires
- 6 conteneurs de déchets
- 1 gestion PMR
- 8 places de stationnement
- 1 station météo
- 1 borne de recharge VE
- Arrosage automatique
- Affichage d'informations
- Vidéo tranquillité
- 5 à 10 télé relèves de compteurs d'eau

Pour l'éclairage public

Bénéfices	Inconvénients
Gestion centralisée en temps réel	Personnel à dédié à la supervision
Détection des pannes	Equipe de maintenance à mobiliser (=maintenance curative)
Gestion de l'énergie	Coût (\approx 150 euros/luminaire)
Création de scénario d'éclairage	Coût abonnement plateforme
	Compatibilité entre matériels

A suivre ...

Alliance Mondiale pour les Villes Intelligentes en Afrique (GASCA ou Global Alliance for Smart Cities in Africa)

La première action que souhaite promouvoir GASCA est le développement d'un écosystème de lampadaires intelligents.



Exercice pratique

Application de la formation

Parties à appliquer	Cahier des charges	Retour d'expérience
Critères techniques	adapter les critères en réfléchissant aux critères prioritaires (pour ne pas faire exploser les coûts)	comparer le système avec les critères proposés et calculer les économies financière (durée de vie plus longue) et d'énergie possible (efficacité supérieure)
Facteur de maintenance	calculer le facteur en fonction des critères demandés et pour différents intervalles de nettoyage	calculer à partir du système installé la fréquence de nettoyage pour maintenir l'éclairement au niveau voulu
Trouver l'optimum économique d'une bonne maintenance	en fonction du coût de l'énergie due au luminaire qui produit l'éclairement initial et du coût de maintenance, déterminer l'optimum économique grâce au facteur de maintenance (curative ou préventive et avec quelle fréquence)	Bâtir un plan de maintenance préventive en donnant la fréquence de maintenance et les coûts associés et si possible comparer aux coûts de maintenance actuels

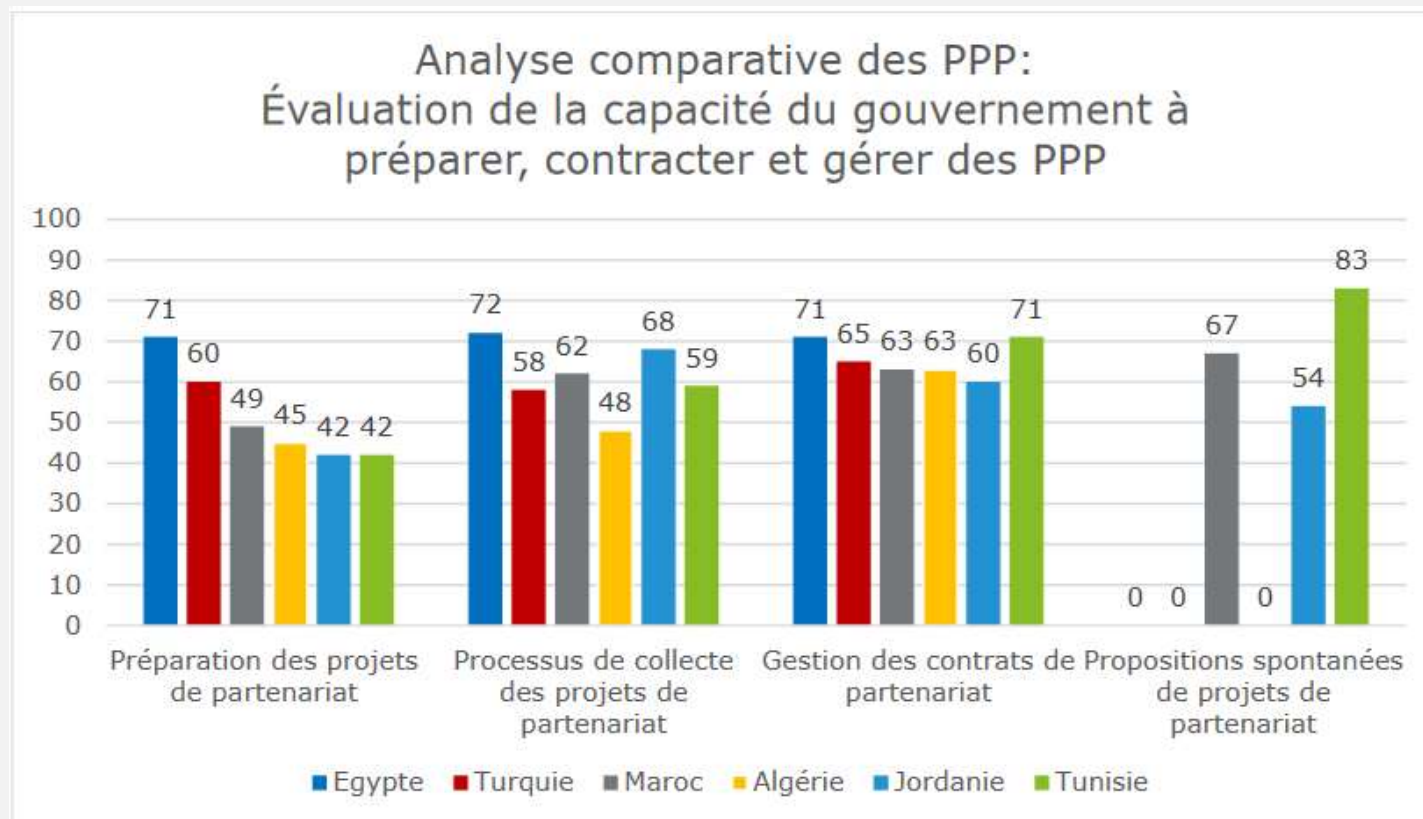
Présentation du modèle ESCO-CPE

Rapport de l'IGPPP* (Instance Générale des Partenariats Public-Privé)

- Vulgariser les concepts des concessions et des contrats de partenariat public-privé.
- Présenter un diagnostic du cadre général de partenariat public-privé
- Mettre l'accent sur les avantages du recours au partenariat public-privé
- Promouvoir l'investissement dans le cadre de partenariat public-privé
- Proposer des axes d'amélioration et des recommandations pour un meilleur encadrement de partenariat public-privé

* Les projets d'investissement dans le cadre de partenariat public-privé, concessions et autres mécanismes de financement
Loi de finance 2021

Compétitivité du cadre législatif et institutionnel



Procuring Infrastructure Public-Private Partnerships- World Bank Group, 2018

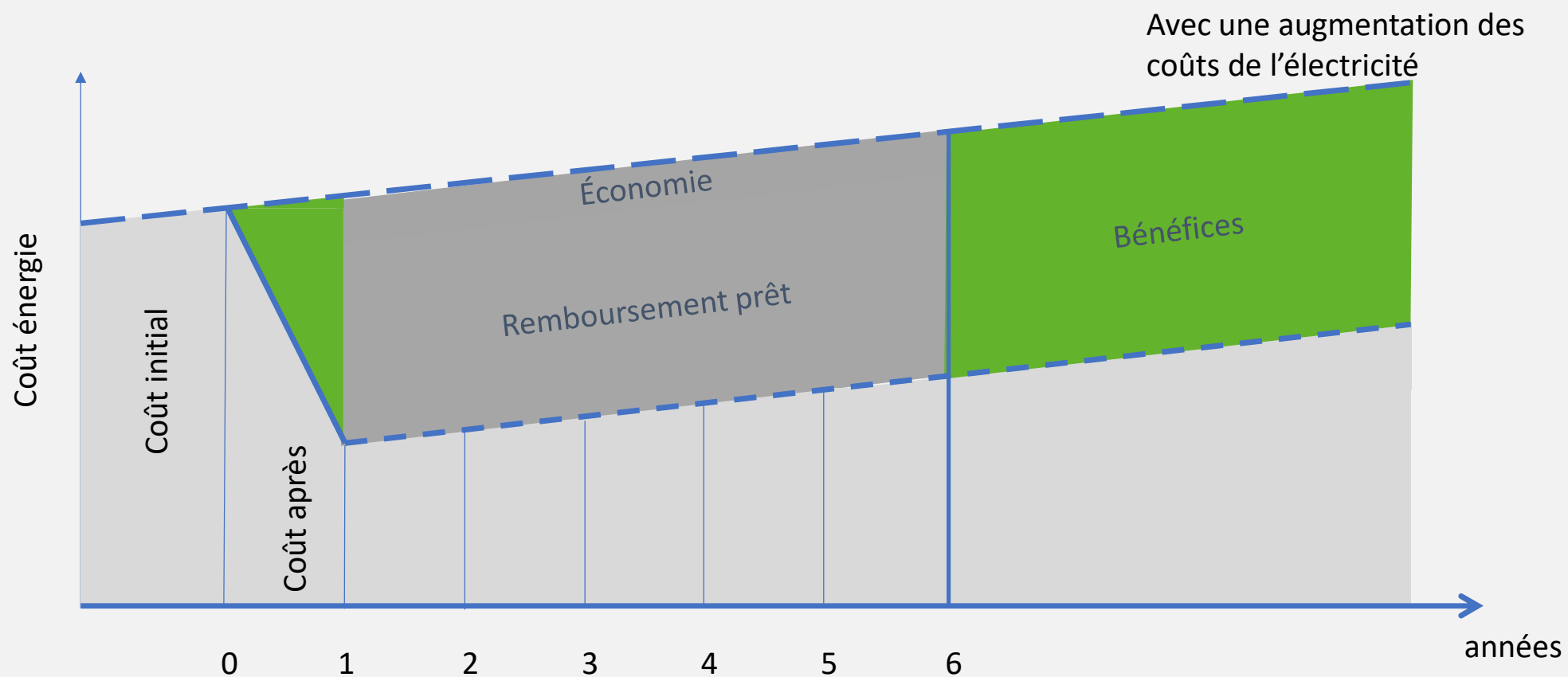
Rev'Acte - formation éclairage public 24/25/26 mai 2021

Partenariats Public-Privé (PPP)

Contrat de partenariat public-privé : est un contrat écrit à **durée déterminée** par lequel une personne publique confie à un partenaire privé une mission globale portant totalement ou partiellement sur la conception et la réalisation d'ouvrages, d'équipements ou d'infrastructures matérielles ou immatérielles nécessaires pour assurer un service public. **Le contrat de partenariat comporte le financement, la réalisation ou la transformation et la maintenance, ainsi que l'exploitation, le cas échéant**, moyennant une rémunération versée par la personne publique au partenaire privé pendant la durée du contrat et conformément aux conditions qui y sont prévues, désigné ci-après par le contrat de partenariat.

Les partenariats permettent **d'engager les financements nécessaires** à l'investissement public tout en **maitrisant des dépenses**. Ils permettent également de s'appuyer sur l'expérience du secteur privé dans la gestion des projets et dans sa capacité à innover impliquant ainsi un raccourcissement des délais de réalisation, une réduction des coûts des services publics et une amélioration de leur qualité.

Principe de fonctionnement



Etapes de mise en place

La définition des besoins	Diagnostic obligatoire
La mise en concurrence	Appel d'offre ou un dialogue compétitif justifié
L'égalité et d'équivalence des chances	Liberté de participation et égalité de traitement des candidats
L'équilibre contractuel	Principe de l'équilibre financier du contrat à travers le partage des risques
La bonne gouvernance	Paieement différé (généralement après la réalisation) Gestion efficace grâce à une mission globale des projets Offre économiquement la plus avantageuse (qualité, la performance, la valeur globale, main d'oeuvre tunisienne ...)
Les litiges	Privilégier les règlements à l'amiable Sinon le droit tunisien s'applique

REX : Conseils propres à l'éclairage public

- Privilégier les Contrats de Performance Energétique avec garantie de service et **pénalités en cas de manquement**
- Lors de la sélection, regarder **les normes** des performances annoncées (voir début de formation)
- Demander un **transfert de compétence** vers les équipe technique
- Profiter du contrat pour **former et embaucher afin d'internaliser** certaines tâches
- **Dédier du personnel** au suivi du contrat
- Mettre en place un **protocole de Mesure et De Vérification** internationalement reconnu : le protocole IPMVP

Le protocole IPMVP

Description des Actions de Performance Énergétique (APE)

Identification et justification d'une option définie par la méthode IPMVP

Évaluation de la période de référence et collecte de données énergétiques

Identification de la période de suivi

Définition des conditions d'ajustement

Spécification de la procédure d'analyse

Choix des modalités de valorisation financière des économies

Définition des points de mesure

Désignation du responsable du suivi

Évaluation de la précision souhaitée

Estimation du budget et des ressources

Production d'un modèle de rapport

Indication des procédures d'assurance qualité

Exemple : Salé au Maroc

Création d'une Société de Développement Local, **Sale Nour** :

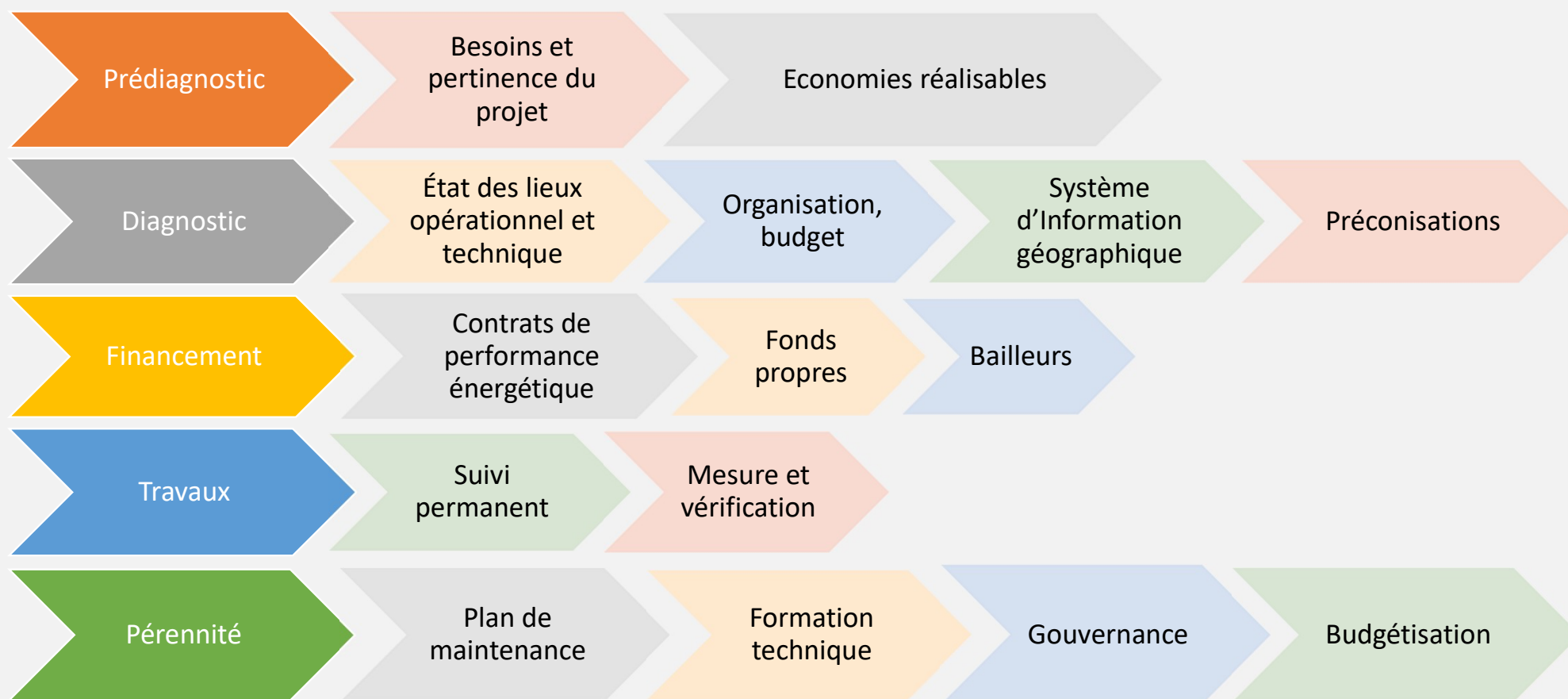
Capital : de 5.6 millions dhs (Commune de Salé pour 51%, Société OKSA Maroc pour 49%)

Objet de la société : toutes les activités relatives à l'étude, au développement et à l'exploitation de l'éclairage public au bénéfice de la Commune de Salé

Convention pour la gestion de l'éclairage public

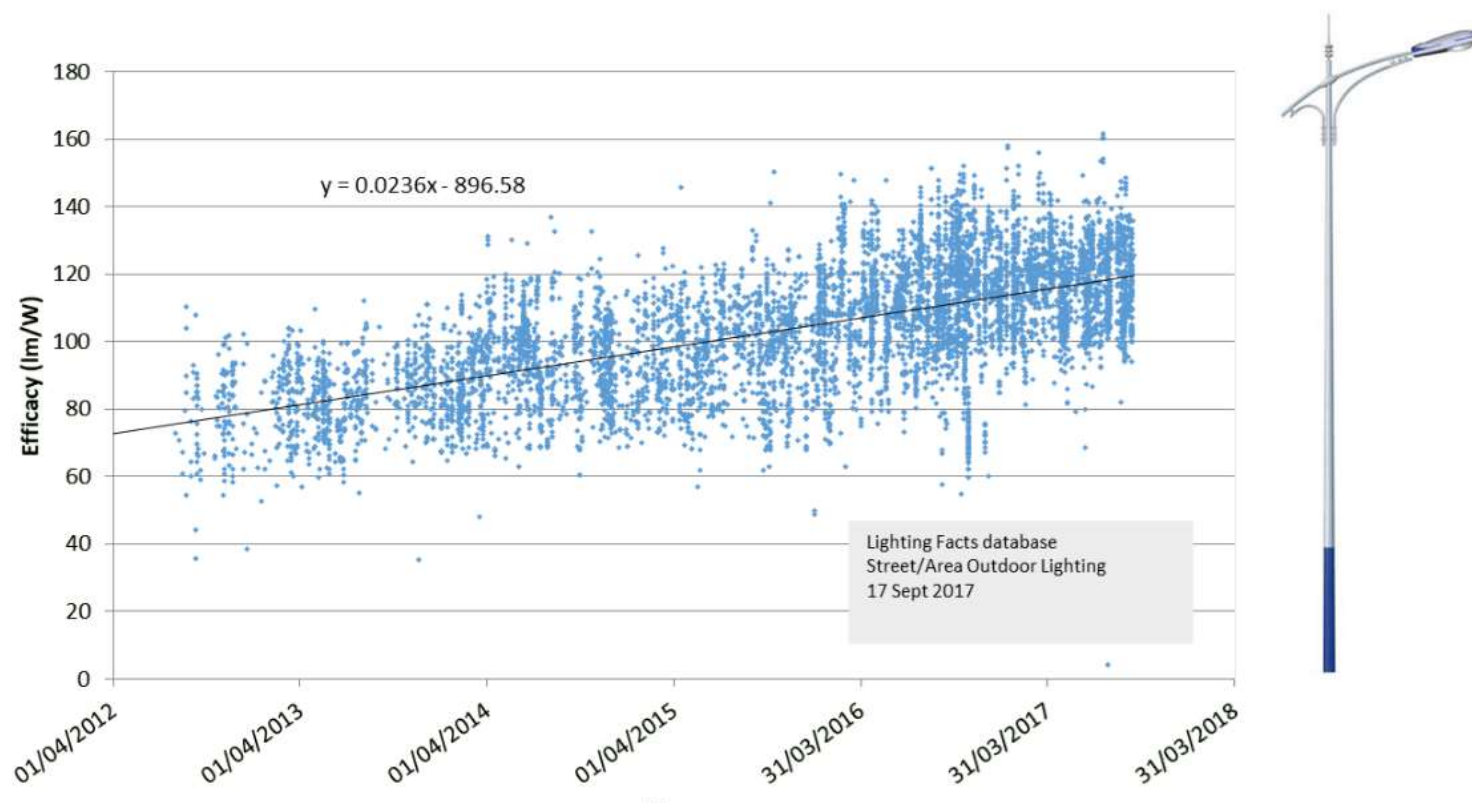
- Titre 1 : dispositions générales (objet du contrat, périmètre géographique, durée du contrat -15 ans, mise en œuvre des moyens nécessaires, obligations de reporting, sous-traitance, assurances,...)
- Titre 2 : droits et obligations de la commune (obligation d'assistance, ordres de services, structure de contrôle, ...)
- Titre 3 : Régime des biens et du Personnel (biens de retour, biens de reprises, personnel affecté au service de l'EP)
- Titre 4 : dispositions financières (décomposition des postes G1, G2..., maintien de l'équilibre économique et financier initial du contrat, Cautionnement définitif)
- Titre 5 : sanctions et résiliations (régime des pénalités, substitution, résiliation...)
- Titre 6 : Règlements des différends (litige)

Résumé – étapes de mise en oeuvre



Efficacité des luminaires LED

- LED performance improvement over time.....street lighting database (n=7728 models); efficacy gain: **8.6 lm/W per year**



Source :
"Lamp Efficiency: a
Performance
Requirement", CLASP,
M.Scholand 2019

Efficacité des luminaires LED 2

Solid State Lighting Annex: Quality and Performance Requirements

LED Lighting Products

Energy Efficient End-use Equipment (4E)
International Energy Agency
SSL Annex Task 6

DRAFT FOR STAKEHOLDER COMMENT
25 NOVEMBER 2020

	70-80% du marché	20-30% du marché	5% du marché
Luminaires EP	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Efficacité minimale	110 lm/W	150 lm/W	170 lm/W

Ex : Philips



ClearWay gén 2 Philips								
Puissance (Watt)	17,8	24,5	39	59	83			
Flux (lm)	2250	3115	4752	7308	9460			
Efficacité (lm/W)	126	127	122	124	114			
Digistreet								
Puissance (Watt)	104	118	124	130	154	180	188	200
Flux (lm)	15480	17200	18060	19580	22100	25200	26880	29580
Efficacité (lm/W)	149	146	146	151	144	140	143	148