

Normes de sécurité des luminaires

Normes



NORME EUROPÉENNE.

Le décret n° 75-848 du 26 août 1975 modifié par le décret n° 81-1237 du 30 décembre 1981 impose que tout matériel électrique soit construit conformément aux règles de l'art, de sorte qu'il ne compromette pas la sécurité des personnes, des animaux et des biens.

Les matériels réputés conformes aux règles de cet article sont ceux se rapportant à une norme européenne ou française. La norme européenne EN 60 598-1 (luminaires-règles générales et généralités sur les essais-août 1993) s'applique à tous les aspects de la sécurité (électrique, thermique, mécanique) des luminaires employant des lampes à filament de tungstène, à fluorescence et autres lampes à décharge.

• Des sections complémentaires consacrées à chaque type particulier de luminaire sont regroupées en une deuxième partie :

EN 60 598-2-1	Luminaires fixes à usage général
EN 60 598-2-3	Luminaires encastrés
EN 60 598-2-3	Luminaires d'éclairage public
EN 60 598-2-4	Luminaires portatifs à usage général
EN 60 598-2-5	Projecteurs
EN 60 598-2-6	Luminaires à transformateur intégré pour lampes à filaments de tungstène
EN 60 598-2-7	Luminaires portatifs pour emploi dans les jardins
EN 60 598-2-8	Baladeuses
EN 60 598-2-10	Luminaires portatifs attirants pour les enfants
EN 60 598-2-17	Luminaires pour l'éclairage des scènes de théâtre, des studios de télévision, de cinéma et de photographie (à l'extérieur et à l'intérieur)
EN 60 598-2-1	Luminaires pour piscines et usages analogues
EN 60 598-2-19	Luminaires à circulation d'air
EN 60 598-2-20	Guirlandes lumineuses
EN 60 598-2-22	Luminaires pour éclairage de secours

MARQUES DE CONFORMITÉ



Ces publications, éditées par l'Union Technique de l'Électricité servent de base à l'attribution de la marque Nationale de conformité "NF-Luminaires".

Un luminaire bénéficiant d'une marque de conformité délivrée par un pays membre du CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) peut obtenir facilement les marques nationales des autres pays signataires dans le cas de la procédure CCA (Accord de Certification du CENELEC).



Nos luminaires sont conformes aux réglementations françaises de déparasitage concernant les zones d'habitation ils sont livrés déparasités.

Températures de fonctionnement : tous nos luminaires sont conçus pour fonctionner à la température nominale de $T_a = 25^\circ\text{C}$ (NF EN 60 598-1). Ils peuvent fonctionner dans des ambiances dont la température peut varier de -5°C à $+40^\circ\text{C}$ (NF C 15-100 : température ambiante).

ATTENTION : les caractéristiques intrinsèques à certaines lampes limitent cette plage de température de fonctionnement. Pour des applications où les températures se situent en deçà de -5°C ou au-delà de 40°C , il existe des luminaires spécialement conçus :

Hautes températures : SYLFOG $+60^\circ\text{C}$, SYLBAY $+45^\circ\text{C}$,
Basses températures : SYLFOG -25°C / -50°C .

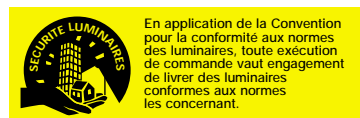


Depuis le 1^{er} janvier 1993, la marque Européenne de conformité ENEC (European Electrical Certification) s'est substituée progressivement aux marques nationales.

Elle permet d'identifier les luminaires qui ont été testés et approuvés par un organisme de certification. Les luminaires et composants qui portent la marque ENEC ont été fabriqués selon une procédure d'assurance qualité, certifiée et basée au minimum sur la norme EN-ISO 9002.

- La marque ENEC apporte aux distributeurs, aux concepteurs et aux commerçants la preuve de la conformité aux normes.
- La marque ENEC permet aux bureaux d'études de prescrire des matériels qui ne poseront aucun problème pour la sécurité des bâtiments ou des installations d'éclairage extérieur.
- La marque ENEC permet aux installateurs de poser du matériel conforme aux exigences européennes de sécurité électrique.
- La marque ENEC donne enfin à l'utilisateur l'assurance de pouvoir s'éclairer en toute sécurité.

Syndicat de l'éclairage : www.feder-eclairage.fr



En application de la Convention pour la conformité aux normes des luminaires, toute exécution de commande vaut engagement de livrer des luminaires conformes aux normes les concernant.

En application de la convention pour la conformité aux normes des luminaires, toute exécution de commande vaut engagement de livrer des luminaires conformes aux normes les concernant.

Réglementation thermique

La Nouvelle Réglementation Thermique est entrée en vigueur en 2001 **pour tous les permis de construire déposés à partir du 2 juin 2001**. Les décrets et arrêtés ont été publiés au Journal Officiel du 30 novembre 2000. Cette réglementation porte à la fois sur les bâtiments neufs résidentiels et tertiaires. Elle vise à réduire les consommations d'énergie jusqu'à 40% dans le tertiaire, et à limiter l'inconfort d'été dans les locaux non climatisés. Les exigences essentielles contenues dans la réglementation sont les suivantes :

- Limitation de la consommation d'énergie d'un bâtiment,
- Limitation de la température d'été des locaux selon une température de référence,
- Critères techniques minimaux sur les équipements (isolation, climatisation, gestion de l'éclairage, ...).

La réglementation est constituée d'un décret et de deux arrêtés disponibles sur les sites suivants :

Journal Officiel : www.journal-officiel.gouv.fr




Syndicat de l'éclairage : www.feder-eclairage.fr

CSTB, maître d'oeuvre du projet : www.cstb.fr



Normes de sécurité des luminaires

Classification des luminaires







Classification en fonction du type de protection contre les chocs électriques.

Classe I	Luminaires à isolation principale qui comporte des dispositifs reliant l'ensemble de ses parties métalliques accessibles au conducteur de protection.	
Classe II	Luminaire dont les parties accessibles sont séparées des parties actives par double isolation ou isolation renforcée.	
Classe III	Luminaire alimenté sous une très basse tension de sécurité (T.B.T.S.) qui n'excède pas 50 V (valeur efficace en courant alternatif).	

Classification en fonction du degré de protection contre la pénétration des corps solides et des poussières. (1^{er} chiffre caractéristique)


Protection contre la pénétration des corps solides supérieure à 12 mm	IP 2		AE 1
Protection contre la pénétration des corps solides supérieure à 2,5 mm	IP 3		AE 2
Protection contre la pénétration des corps solides supérieure à 1 mm	IP 4		AE 3
Protection contre les poussières	IP 5		AE E
Étanchéité aux poussières	IP 6		AE 4

Classification en fonction du degré de protection contre l'humidité. (2^e chiffre caractéristique)

Sans protection	IP x 0		AD 1
Protection contre les chutes verticales de gouttes d'eau	IP x 1		AD 2
Protection contre l'eau "en pluie"	IP x 3		AD 3
Protection contre les projections d'eau	IP x 4		AD 4
Protection contre les jets d'eau	IP x 5		AD 5
Protection contre les paquets d'eau	IP x 6		AD 6
Étanchéité à l'immersion	IP x 7		AD 7
Étanchéité à l'immersion sous pression	IP x 8		(1) AD 8

(1) avec indication de la profondeur maximale d'immersion en mètres.

Classification en fonction du degré de la matière de la surface d'appui.

Les luminaires avec ballasts ou transformateurs incorporés convenant au montage direct sur des surfaces normalement inflammables sont marqués du symbole : . Les luminaires conçus pour être installés seulement sur des surfaces non combustibles doivent être accompagnés d'une note d'avertissement.

Normes de sécurité des luminaires

Protection contre les dommages mécaniques



Ces valeurs sont recommandées d'après la classification de l'Annexe 1 de la norme NF C 20-010 (Edition d'Avril 1977).

Les règles d'installation, regroupées dans la norme NF C 15-100, précisent le choix des matériels en fonction des conditions d'environnement des locaux dans lesquels ils sont destinés à être employés.

Dans le cadre d'utilisations particulières, elles peuvent imposer une résistance mécanique appropriée.

Pour un emplacement donné, les appareils installés comme à l'usage, doivent résister sans protection supplémentaire aux énergies de chocs minimales indiqués dans le tableau ci-dessous.

Code NF C 15-100	Energie de choc	Nouveau Code NF EN 50102	Ancien Code NF C 20-010
AG1	0,225 J	IK02	IP xx 1
	0,500 J	IK04	IP xx 3
AG 2	2,000 J	IK07	IP xx 5
AG 3	5,000 J	IK08	IP xx 7
AG 4	20,000 J	IK10	IP xx 9

Comportement au feu



L'aptitude à l'extinction des appareils d'éclairage destinés à être installés dans les établissements recevant du public est vérifiée en effectuant un essai au fil incandescent sur les différentes parties des appareils.




Les conditions d'essai, établies sur les bases de la norme NF C 20-455, sont définies à l'article EC 4 du Règlement de Sécurité contre l'incendie (arrêté ministériel du 22 décembre 1981 publié au Journal Officiel du 2 février 1982) :

Sécurité contre l'incendie (éclairage normal)

Locaux concernés	Parties du luminaire concernées	Comportement au feu	
		ERP	IGH
Circulations horizontales enclouonnées et escaliers	Enveloppes Douilles pour lampes à incandescence Bornes de connexion	Essai au fil incand. : 850°C	Essai au fil incand. : 960°C/5s
		Temps d'extinction inférieur à 30 secondes	
Autres locaux	Dispositifs de fixation Diffuseurs Dispositifs de défilement et d'occultation	Essai au fil incand. : 850°C	
	Enveloppes Diffuseurs Dispositifs de défilement et d'occultation	Essai au fil incand. : 750°C	Surface apparente inférieure à 1 m ² Appareils éloignés d'au moins 1 m les uns des autres et de tout matériau M4 ou non classé Surface des appareils inférieure à 25 % de la surface du plafond

Normes de sécurité des luminaires

Représentation symbolique des caractéristiques d'un luminaire

   SALLES DE CLASSE ET BUREAUX	← Agréments, labels et caractéristiques particulières
Classe I	← Protection contre les chocs électriques
Degré de protection IP 20	← Protection contre la pénétration des corps solides et poussières et contre l'humidité
Essai au fil incandescent 850°C	← Comportement au feu
Energie de choc 2 J / IK 07	← Protection contre les dommages mécaniques
Rendement et classe 2 x 36 W 0,58C	← Performances photométriques


Installation des luminaires encastrés

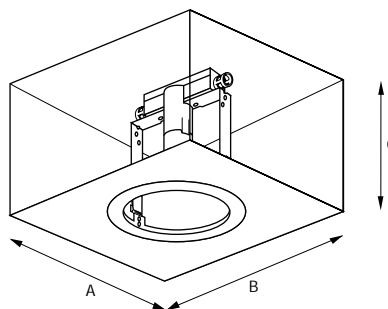
Les encastrés peuvent être installés dans tous les matériaux courants tels que bois, métal, etc. Cependant, lorsqu'elle se trouve logée dans un espace restreint, tel qu'un plafond, une source lumineuse dissipe une chaleur relativement importante.

Autour du luminaire, un espace permettant la ventilation doit donc toujours être prévu. Cet espace minimum requis est précisé pour chaque luminaire encastré sous forme d'un volume d'encastrement, dont les 3 valeurs correspondent aux dimensions suivantes :

Volume d'encastrement : A, B, C mm

Exemple : 220 x 220 x 150 mm

Lorsque les luminaires sont assortis du label , ils peuvent être montés directement sur des surfaces normalement inflammables. Les encastrés ne peuvent jamais être recouverts par une nappe isolante.



Logiciels de calcul

Programmes de calculs

Programme SLI-WIN

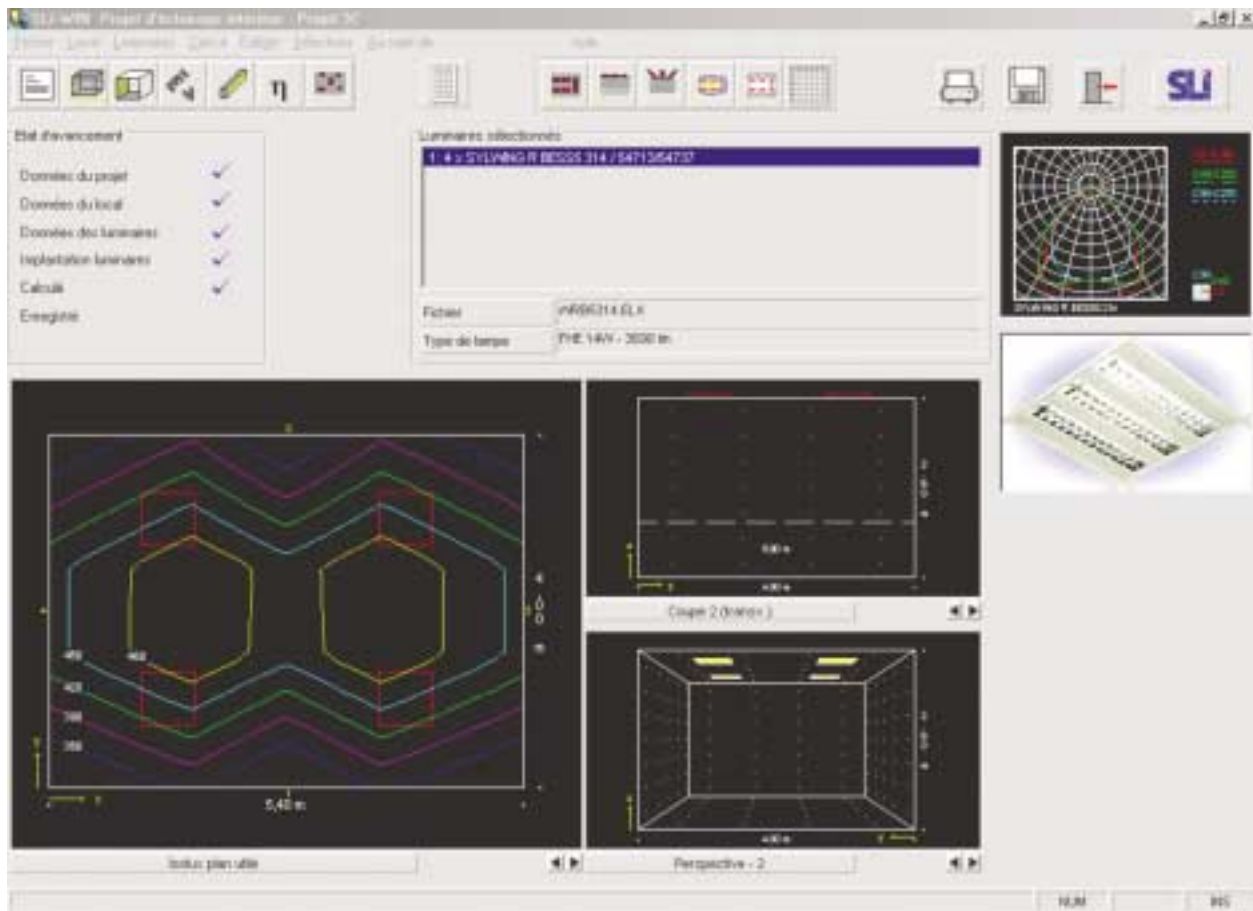
Le programme SLI-WIN pour Windows est conçu pour le calcul des niveaux d'éclairément en éclairage d'intérieur. Il offre des possibilités originales :

- Les calculs peuvent être effectués non seulement dans les locaux rectangulaires mais aussi dans les locaux en forme de L, les locaux à toit double pente, les locaux avec extrémités arrondies (voire les locaux circulaires).
- Les caractéristiques des luminaires sont présentées sous le format Eulumdat 2, dérivé du format bien connu Eulumdat, comprenant de nombreuses informations supplémentaires, la photo du produit et un texte descriptif. Ceci est particulièrement utile pour sélectionner un luminaire en fonction de différents critères.
- Plusieurs exemples de projets avec photo de réalisation sont proposés avec le programme.

Le programme SLI-WIN est livré sur un CD-ROM, contenant le logiciel, les caractéristiques des luminaires, les photos, les textes descriptifs et des exemples de projets.

MATÉRIEL PRÉCONISÉ	
Minimum	Conseillé
Compatible PC 386-33 Mhz.	Pentium II ou plus.
Windows 3.1.	Windows 98.
4 Mb RAM.	8 Mb RAM.
3 Mb sur disque dur.	4 Mb sur disque dur.
Ecran VGA.	Ecran SVGA.
Lecteur CD-ROM.	Lecteur CD-ROM.
Souris.	Souris.

La mise à jour des caractéristiques techniques est effectuée régulièrement. La diffusion est assurée par nos commerciaux. Pour l'élaboration de projets complexes (stades, illuminations, etc.), notre bureau d'études est à la disposition de nos clients et prescripteurs.



Grandeurs photométriques

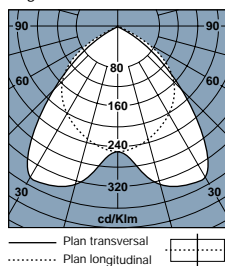
Grandeurs	Symboles	Unités	Symboles	Définition sommaire	Exemples
Flux lumineux	F (ou ϕ)	lumen	lm	<p>Energie lumineuse rayonnée dans l'espace par une source.</p> <p>On définit souvent une source par le rapport entre cette énergie et la puissance électrique qu'elle consomme : c'est l'efficacité lumineuse (lm/W).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Lampe incand. 60W - 220V : 740 lm. Lampe fluo 36W : 2 500 à 3 450 lm. Lampe sodium haute pression 400W : 39 000 à 48 000 lm. Lampe à halogénures 2kW / 190 000 à 210 000 lm.
Intensité lumineuse	I	candela	cd	<p>Flux lumineux / angle solide :</p> <p>F/Ω (notion de direction).</p> <p>Elle représente le flux lumineux dans une direction donnée. La somme de toutes les intensités d'une source est égale à son flux. Elle permet d'établir les courbes de répartition photométrique des appareils d'éclairage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Dans l'axe d'un réflecteur industriel à 2 lampes 36 W de 3 000 lm : 1 320 cd. Dans l'axe d'un projecteur pour lampe incandescence halogène : 15 000 cd. Dans l'axe d'un projecteur pour lampe à halogénures 2000 W : de 400 000 à 2 500 000 cd (très variable avec le type d'appareil).
Luminance	L	candela par m ²	cd.m ⁻²	<p>Intensité / surface apparente de la source (notion de direction).</p> <p>C'est la quantité de lumière réfléchie vers l'œil d'un observateur. Elle est un facteur prépondérant devant les calculs d'éblouissement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Pleine lune 2 500 cd.m⁻². Lampe fluorescente 36W blanc chaud : 11 000 cd.m⁻². Filament lampe incand. 300W, 8 000 000 cd.m⁻². Soleil (valeur moyenne) : 1 600 000 000 cd.m⁻². Feuille papier blanc éclairée à 1 000 lux / 250 cd.m⁻². Chaussée de route éclairée : 1 à 2 cd.m⁻².
Eclairement	E	lux	lx	<p>Flux lumineux / Surface :</p> <p>F/S</p> <p>C'est la quantité moyenne de lumière reçue par une surface et, par extension, celle en un point de cette surface.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Plein soleil : jusqu'à 100 000 lux. Près d'une fenêtre par temps couvert : 1 000 à 3 000 lux. Pleine lune ciel clair : 0,25 lux.

Calcul des éclairagements

La répartition photométrique des appareils d'éclairage peut être représentée de 2 façons :

1) Courbe photométrique

Figure 1



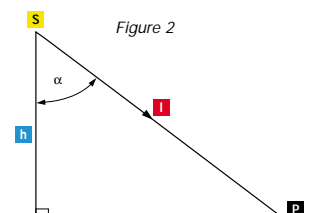
Cette courbe donne la répartition des intensités lumineuses (en candélas pour 1000 lm) dans les 2 plans de symétrie de l'appareil (figure 1). Ceci permet de calculer le niveau d'éclairage en un point **P** sur un plan horizontal, la source **S** étant placée à une hauteur **h** par rapport à ce plan.

L'intensité réelle **I** dépend du flux de la lampe (ou des lampes) installée(s) dans le luminaire :

$$I = \frac{I_{\text{lue}} \times \text{Flux lampes}}{1000}$$

L'éclairage au point P est :

$$E_p = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2}$$



2) Diagramme simplifié

Pour la plupart des luminaires décoratifs, on utilise un diagramme où apparaissent :

- l'angle d'ouverture du faisceau,
- les niveaux d'éclairage dans l'axe de l'appareil,
- la dimension des plages éclairées, à différentes distances de la source lumineuse (de 1 à 4 m).

Le cône d'éclairage ainsi défini donne la limite du faisceau de l'appareil à l'endroit où le niveau d'éclairage est égal à la moitié de la valeur dans l'axe. Lorsque l'appareil ne modifie pas la répartition lumineuse de la source (cas des lampes halogènes dichroïques par exemple), ce diagramme n'est pas indiqué : se reporter aux caractéristiques techniques de la lampe.

Faisceau 32°		
	32°	lx
1	0,60	970
	1,20	242
3	1,80	108
4	2,40	60

- Angle d'ouverture du faisceau : 32°.
- A 2 m de distance :
 - Eclairage au centre de la plage : 242 lux.
 - Diamètre du cercle éclairé : 1,20 m (sur ce cercle, l'éclairage est de 121 lux).

Notion d'éblouissement

Constructeurs et utilisateurs sont de plus en plus sensibles aux notions de confort.

Ils ont ainsi développé des méthodes de calculs basées plus sur les luminaires que sur l'éclairage qui permettent d'évaluer la qualité des installations en terme de visibilité et d'éblouissement.

Par l'éclairage intérieur, on utilise l'UGR (Unified Glare Rating ou méthode simplifiée d'évaluation de l'éblouissement) qui est défini par une échelle allant de 10 (aucun éblouissement) à 30 (éblouissement intolérable).

Notion de confort

Définition des luminaires d'éclairage intérieur "basse et très basse luminance":

Depuis plusieurs années, constructeurs, prescripteurs, installateurs, utilisateurs... se sont familiarisés avec l'emploi d'un certain nombre de qualificatifs pour caractériser la distribution des luminances des luminaires d'éclairage intérieur pour lampes fluorescentes. Ces termes, qui sont devenus d'utilisation courante, ne répondaient pas jusqu'à présent à des définitions quantitatives précises. Les nouvelles définitions proposées par l'A.F.E. permettent la clarification de ces appellations à l'aide de certains seuils de luminance tels qu'ils figurent dans les abaques de Bodmans et Söllner et des limitations des angles de défilement, en adoptant les conventions suivantes :

Luminaires "basse luminance".

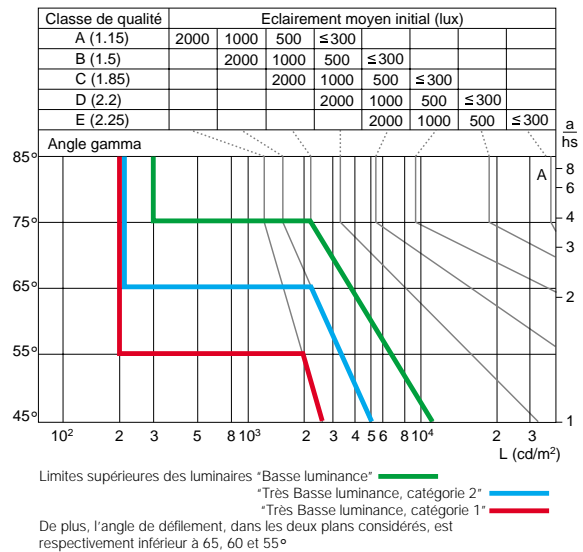
Les deux courbes de distribution sont situées entièrement à gauche de la courbe de l'abaque 1, classe de qualité B, correspondante à 1000 lux. Vu sous des angles compris entre 75 et 85°, les luminances (calculées dans les mêmes conditions) sont inférieures à 300 cd/m². Les angles de défilement dans les deux plans considérés sont inférieurs à 65°.

Luminaires "très basse luminance, catégorie 2".

Les deux courbes de distribution sont situées entièrement à gauche de la courbe de l'abaque 1, classe de qualité A, correspondante à 1000 lux. Vu sous des angles compris entre 65 et 85°, les luminances (calculées dans les mêmes conditions) sont inférieures à 200 cd/m². Les angles de défilement dans les deux plans considérés sont inférieurs à 60°.

Luminaires "très basse luminance, catégorie 1".

Les deux courbes de distribution sont situées entièrement à gauche de la courbe de l'abaque 1, classe de qualité A, correspondante à 2000 lux. Vu sous des angles compris entre 55 et 85°, les luminances (calculées dans les mêmes conditions) sont inférieures à 200 cd/m². Les angles de défilement dans les deux plans considérés sont inférieurs à 55°.



Principe du projet

Partant d'un local à éclairer dont on connaît les dimensions, la couleur des murs et la nature des tâches qui y seront accomplies, le projet consiste à trouver le type, le nombre et la disposition des luminaires nécessaires pour réaliser un éclairage convenable, tant du point de vue quantitatif que du point de vue qualitatif...

L'éclairage

Le niveau d'éclairage dans un local n'est pas constant dans le temps. Il diminue progressivement en raison de différents phénomènes :

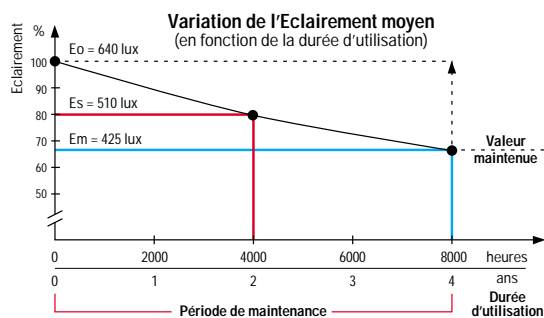
- l'empoussièrement et le vieillissement des luminaires
- l'usure des lampes,
- l'empoussièrement et le vieillissement des parois du local.

Pour cette raison on distingue trois types d'éclairages :

Eclairage moyen initial (E_0) : c'est la base des projets d'éclairage. Cette valeur est obtenue à la mise en service de l'installation, après stabilisation des lampes (généralement 100 heures de fonctionnement).

Eclairage moyen en service (E_s) : c'est la valeur obtenue en cours d'utilisation. On considère généralement la valeur au milieu de la période de maintenance.

Eclairage moyen maintenu (E_m) : c'est l'éclairage subsistant juste avant les interventions d'entretien (remplacement des lampes et nettoyage des luminaires). Cet entretien permet en principe de revenir à l'éclairage initial (E_0). Ces différentes phases de la période de maintenance sont repérées sur la figure ci-dessus montrant la variation de l'éclairage moyen en fonction de la durée d'utilisation (figure ci-dessus).



Le local

Sa destination permet de déterminer le niveau d'éclairage à réaliser sur le plan de travail : on trouvera ce niveau dans les tableaux détaillés des "Recommandations relatives à l'éclairage intérieur" de l'Association Française de l'Eclairage. Quelques exemples sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Eclairages moyens à maintenir en fonction de l'activité (d'après AFE)		
Mode d'éclairage	Eclairage à maintenir	Type d'activité
GÉNÉRAL (activité intermittente ou tâche grossière)	15	Minimum pour la circulation à l'extérieur
	25	Cours et entrepôts
	40	Parkings, allées de communication
	80	Chargements et déchargement, quais et docks
	125	Voies de circulation intérieure, escaliers, magasins
GÉNÉRAL (lieux de travail continu)	175	Minimum pour la tâche visuelle
	250	Grosse mécanique, tâches industrielles diverses, lecture et écriture
	425	Mécanique moyenne, imprimerie, dactylographie, travaux de bureaux
	625	Bureaux de dessin, mécanographie
	850	Mécanique fine, gravure, comparaison des couleurs
GÉNÉRAL ou LOCALISÉ	1250	Mécanique de précision, électronique fine, contrôles divers
LOCALISÉ	> 1750	Tâches très difficiles dans l'industrie ou le laboratoire

Note : les éclairages à maintenir sont des valeurs minimales pour l'exécution de la tâche visuelle correspondant au type d'activité défini. En aucun cas on ne devra descendre en dessous de cette valeur.

Les dimensions du local

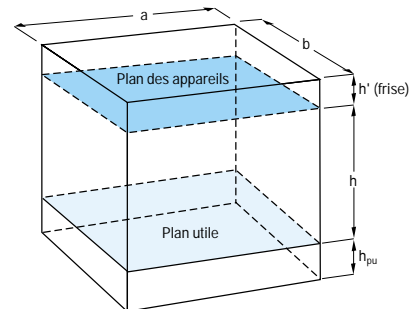
Toutes les formules et tous les tableaux qui vont suivre sont relatifs à des locaux parallélépipédiques de longueur et largeur a et b (figure ci-contre) :

Sauf cas particuliers, le travail ne s'effectue pas au sol mais à une certaine hauteur au-dessus de celui-ci. On appelle plan utile un plan fictif couvrant toute la surface de la pièce (donc de dimensions $a \times b$) et situé par convention à 0,85 m du sol (sauf indications différentes).

On ne considérera donc jamais la hauteur totale d'un local mais :

- la hauteur h des luminaires au-dessus du plan utile,
- la hauteur h' de suspension des luminaires sous le plafond.

Pour caractériser les dimensions (ou plus exactement les rapports de dimensions) d'un local, on utilise les deux notations suivantes :



Indice du local

$$K = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

Rapport de suspension

$$j = \frac{h'}{h + h'}$$

Dans les tableaux que nous utiliserons plus loin, il a été sélectionné dix valeurs pour K (0,6 - 0,8 - 1 - 1,25 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 et 5) et deux valeurs pour j (0 et 1/3). Dans les calculs, si l'on obtient des valeurs différentes, il faudra parfois interpoler. Tous ces calculs supposent une disposition régulière des appareils.

Les facteurs de réflexion

Dans les tableaux que nous allons utiliser plus loin, il existe 14 groupements de facteurs de réflexion qui ont été jugés usuels. Ils sont donnés dans l'ordre : plafond, mur, plan utile. Et, pour éviter une surcharge des tableaux, ils ne sont pas donnés en pourcentage mais par le chiffre des dizaines de cette valeur.

Par exemple 753 signifie :

- f. réflexion du plafond : 70%
- f. réflexion des murs : 50%
- f. réflexion du plan utile : 30%

Lorsque l'on ne connaît pas la nature ou la couleur exacte des parois, on peut s'aider du tableau ci-dessous :

	Clair	Moyen	Sombre	Très sombre	Nul
Plafond	8	7	5	3	0
Murs	7	5	3	1	0
Plan utile	3	3	1	1	0

Les luminaires

Partant d'une lampe ayant sa répartition propre des intensités dans l'espace et sa courbe des luminances, le luminaire a pour tâche de fournir une autre répartition des intensités plus efficace pour l'éclairage du plan utile, par exemple, et également d'éviter de générer des luminances gênantes dans le champ visuel.

Courbe de répartition des intensités des luminaires

Elles sont données pour 1000 lm (norme UTE NF-C 71-120), (voir figure 1). Si l'on doit les utiliser pour des calculs, il faudra donc faire attention au flux réel total de la (ou des) lampe(s) placée(s) dans le luminaire.


Rendement et classe d'un luminaire

On appelle rendement en service (η_S) d'un luminaire le rapport du flux lumineux sortant du luminaire dans les conditions usuelles d'emploi, au flux qu'émettrait la lampe (ou l'ensemble des lampes) équipant ce luminaire, dans des conditions de température et d'alimentation spécifiées par les normes en vigueur.

Rendement hémisphérique inférieur : c'est la même définition que la précédente, mais en ne considérant que le flux inférieur rapporté au flux total de la lampe (ou des lampes) η_{SI} .

Rendement hémisphérique supérieur : même définition, mais avec le rapport du flux supérieur uniquement, au flux total de la lampe (ou des lampes) η_{SS} .

On a : rendement total = rendement hémisphérique inférieur + rendement hémisphérique supérieur. La forme de la courbe de répartition du flux supérieur n'affecte pas le niveau d'éclairage sur le plan de travail. On part de cette constatation pour classer la répartition supérieure dans une seule classe : la classe T. Par contre, la répartition du flux inférieur, suivant qu'elle se fait d'une manière plus ou moins intensive, va jouer considérablement dans les résultats donnés par une installation. Aussi a-t-on défini dix classes pour caractériser la répartition du flux hémisphérique inférieur : les classes, A, B... I, J. Un luminaire sera donc défini complètement par le tableau suivant :

	NOMBRE DE LAMPES	RENDEMENT		
	2 x 36 W	Total	Direct	Indirect
		0,55	0,41 G +	0,14 T

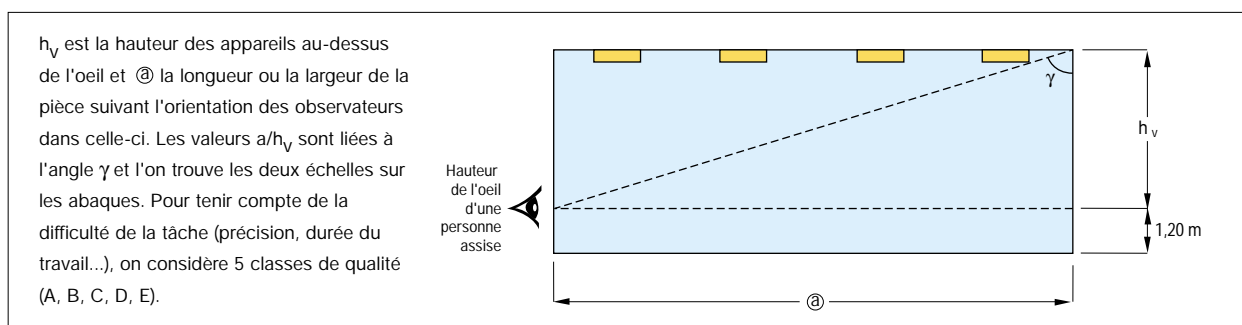
La lettre T et le chiffre η_{SS} disparaissent si l'appareil n'émet du flux que dans l'hémisphère inférieure (appareil direct).

Luminances limites des appareils : abaques de Söllner

La gêne causée par un luminaire est d'autant plus importante que :

- le niveau d'éclairage dans le local est plus élevé,
- l'angle formé entre la ligne qui joint l'oeil de l'observateur aux différents luminaires et la verticale est plus grand (c'est-à-dire que le luminaire est plus dans le champ visuel),
- la destination du local conduit à y accomplir des tâches visuelles plus difficiles,
- la luminance des luminaires est plus importante.

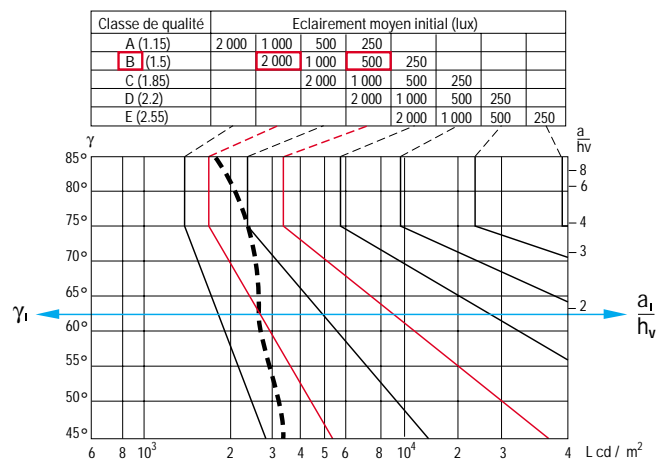
Enfin, l'orientation des luminaires dans le local par rapport aux occupants a son importance.



Classes de qualité	Tâches ou activités
A	Exécution de tâches visuelles très exigeantes, par exemple assemblage électronique minutieux.
B	Exécution de tâches avec des exigences visuelles particulières, par exemple contrôle fin. Exécution de tâches avec des exigences visuelles modérées mais demandant une concentration importante et continue, par exemple travail de bureau, assemblage de composants de petite taille.
C	Exécution de tâches avec des exigences visuelles et une concentration modérées, par exemple travail d'atelier en position assise, assemblage de pièces de taille moyenne pour un travailleur debout.
D	Exécution de tâches avec des exigences visuelles simples exigeant une concentration normale pour des travailleurs qui se déplacent fréquemment dans une zone très limitée, par exemple manutention de service autour d'une grosse machine, montage de pièces de dimensions importantes.
E	Locaux dans lesquels les personnes n'ont pas de poste de travail fixe, elles se déplacent pour exécuter des tâches de très faibles exigences visuelles. Locaux qui ne sont pas utilisés de façon continue par les mêmes personnes.

Des courbes relatives à des niveaux d'éclairage pour une classe de qualité donnée partagent, chacune, l'abaque en 2 parties : à gauche les luminances admissibles pour un luminaire permettant de réaliser l'éclairage en question sans éblouissement.

Les luminances du luminaire vu sous différents angles sont reportées sur l'abaque. L'appareil dont la courbe des luminances est figurée en trait pointillé conviendra pour une classe de qualité B, pour un éclairage de 500 lux quelle que soit la pièce dans laquelle il sera installé ; par contre il ne conviendra pour un niveau de 2000 lux que pour des pièces ayant des dimensions a/h_v , inférieures à a_i/h_v (figure ci-contre).



Attention

Il ne faut pas confondre classe photométrique et classe de qualité.

- La classe photométrique d'un luminaire est liée à la répartition dans l'espace du flux lumineux émis par celui-ci, plus ou moins intensive ou extensive, indépendamment de toute notion de confort.
 - La classe de qualité d'une installation est liée à l'activité pratiquée dans un local, caractérisant la difficulté du travail visuel.
- Bien que ces deux entités soient représentées par des lettres (A, B, C, D, etc), elles n'ont aucun rapport entre elles.**

Utilance

“Rapport du flux utile (reçu par le plan utile) au flux total sortant des luminaires”. Symbole U. Pour éclairer la totalité du plan utile d'une pièce rectangulaire (a x b) au niveau d'éclairement E₄, avec un luminaire de rendement total η_s, il faudra installer des lampes ayant au total un flux F :

$$F = \frac{E_4 \times a \times b}{U \times \eta_s}$$

Par conséquent, la connaissance de U nous permet de résoudre le problème posé du nombre de luminaires à installer :

$$N = \frac{F}{n \times \text{flux d'une lampe}} \quad (n = \text{nombre de lampes par luminaire})$$

Les tableaux qui donnent les valeurs des utilances comportent 4 variables :

- 1 - valeur de j.
- 2 - classe du luminaire.
- 3 - valeur de K.
- 4 - facteurs de réflexion des parois.

En ce qui concerne :

j : il y a 2 séries de tableaux j = 0 et j = 1/3.

Classes : il y a 1 tableau par classe.

K : les 10 valeurs de K sont mentionnées sur chaque tableau, verticalement.

Facteurs de réflexion : on les trouve en tête de chaque colonne.

Ces tableaux, issus de la norme UTE NFC 71-121, sont reproduits à la fin de ce chapitre.

Dépréciation

En cours d'utilisation, le flux lumineux émis par une lampe baisse : entre deux nettoyages, les surfaces des lampes et du luminaire s'empoussièrent ; les matériaux qui composent le luminaire peuvent vieillir ; les parois du local voient aussi leur couleur changer dans le temps.

Les conditions de la dépréciation varient avec la nature de l'activité exercée dans le local, la nature des lampes, la construction du luminaire, la fréquence des nettoyages. A titre indicatif, l'Association Française de l'Eclairage indique les valeurs suivantes :

Facteurs de dépréciation			
Nature de l'activité	Niveau d'empoussièremment	Facteur de maintenance	Facteur compensateur de dépréciation
Montages électroniques, locaux hospitaliers, bureaux, écoles, laboratoires	Faible	0,80	1,25
Boutiques, restaurants, entrepôts, magasins, ateliers d'assemblage	Moyen	0,70	1,4
Acieries, industries chimiques, fonderies, polissages, menuiseries	Elevé	0,60	1,65

Le facteur compensateur de dépréciation est le chiffre par lequel il faut multiplier l'éclairement moyen à maintenir pour connaître le flux à installer initialement.

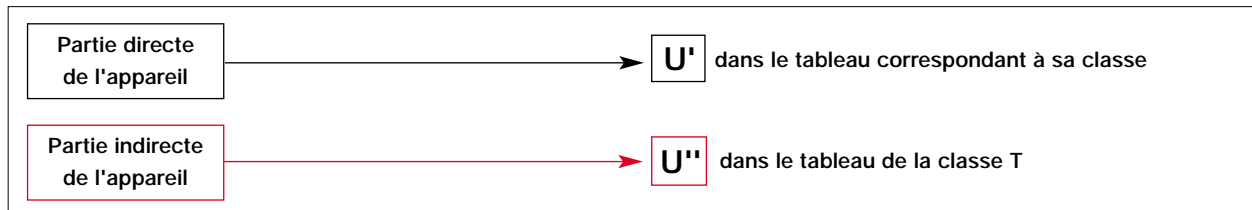
Ainsi la formule permettant de calculer le flux total à installer devient :

$$F = \frac{E_4 \times a \times b \times d}{U \times \eta_s} \quad (d = \text{facteur compensateur de dépréciation})$$

Cas du luminaire direct-indirect

Un luminaire direct-indirect est considéré comme un ensemble de 2 luminaires, l'un direct de rendement et de classe donnés, l'autre indirect de rendement également donné et de classe T.

On aura donc deux valeurs d'utilances à relever :



La formule permettant de calculer le flux total à installer devient :

$$F = \frac{E_4 \times a \times b \times d}{(U' \times \eta_{si}) + (U'' \times \eta_{ss})} \quad \eta_{si} \text{ et } \eta_{ss} \text{ étant les rendements hémisphérique inférieur et hémisphérique supérieur figurant sur le catalogue.}$$

Uniformité et espacements

Les éclairagements recommandés sont des éclairagements moyens sur toute la surface du plan utile, ce qui permet d'utiliser toute cette surface avec une grande souplesse dans la répartition des emplacements de travail.

Pour cela, il faut que soit respectée une certaine uniformité d'éclairage sur l'ensemble du plan utile.

L'uniformité dépend de la courbe de répartition des luminaires et de leur espacement (par rapport à leur hauteur au-dessus du plan utile).

Nous donnons pour chaque type d'appareil les espacements à ne pas dépasser pour obtenir le facteur d'uniformité défini par :

$$\frac{\text{éclairage mini}}{\text{éclairage moyen}} \geq 0,8$$

Pour les luminaires qui ne sont pas de révolution, tels que les luminaires pour lampes tubulaires fluorescentes, par exemple, les courbes de répartition des intensités peuvent être très différentes dans le plan longitudinal et dans le plan transversal.

Aussi donne-t-on les valeurs des 2 espacements qui permettent d'obtenir cette uniformité de 0,8 (el et et).

Exemple pratique

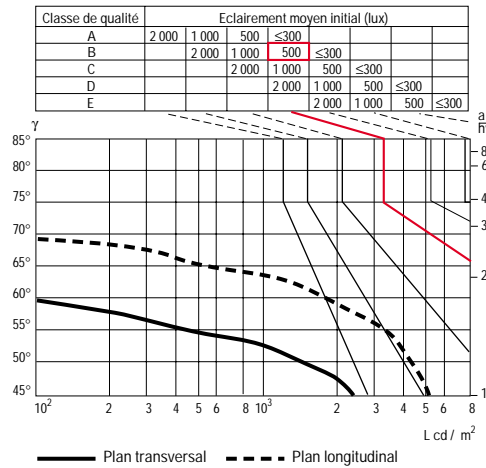
Données du local

Type : bureau polyvalent.	Hauteur du plan utile : 0,80 m.
Dimensions : 7,50 m x 5 m.	Eclairage moyen à maintenir : 400 lux.
Hauteur : 2,80 m.	Facteur compensateur de dépréciation : 1,25.
Facteur de réflexion : plafond70%. murs50%. plan utile.....30%.	

Calculs

On vérifie sur les abaques de Bodmann et Söllner qu'un luminaire 4 x 18 W convient bien pour :

- une classe de qualité B,
- un niveau d'éclairage de 500 lux (valeur la plus proche).



$$h = 2,80 - 0,80 = 2 \text{ m} ; h' = 0$$

On calcule l'indice du local K et le rapport de suspension j :

$$K = \frac{a \times b}{h(a + b)} = \frac{7,50 \times 5}{2 \times (7,50 + 5)} = 1,50$$

$$j = \frac{h'}{h + h'} = 0$$

On recherche la valeur U dans le tableau :

• J = 0 / Classe

• Pour K = 1,50

et les facteurs de réflexion : 753

U = 0,95

LUMINAIRE CLASSE B														
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0														
Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511								
	871	771	751	711	531	331	311	000						
0.60	80	74	79	73	68	65	60	56	64	59	56	59	56	55
0.80	89	81	87	80	76	72	67	63	71	66	63	66	63	61
1.00	96	86	93	85	84	78	73	70	77	73	69	72	69	67
1.25	102	91	99	89	90	84	79	76	82	78	75	77	75	73
1.50	106	94	103	92	95	87	83	80	86	82	79	81	79	77
2.00	113	98	109	97	103	93	90	87	91	88	86	87	85	83
2.50	117	101	113	100	107	96	94	91	95	92	90	91	89	87
3.00	120	103	116	101	111	99	97	95	97	95	94	94	93	90
4.00	123	104	119	103	115	102	100	98	100	98	97	97	96	93
5.00	125	106	121	104	118	103	102	101	101	100	99	98	98	95

Calcul du nombre minimum de luminaires

Calcul du nombre minimum de luminaires.

• Espacement maximum dans le sens longitudinal : $e_l = 1,50^* \times 2 = 3 \text{ m}$

• Espacement maximum dans le sens transversal : $e_t = 1,35^* \times 2 = 2,70 \text{ m}$

• Luminaires parallèles à la longueur :

$$\left\{ \begin{array}{l} n_l = \frac{a}{e_l} = \frac{7,50}{3} = 2,50 \text{ arrondi à } 3 \\ n_t = \frac{b}{e_t} = \frac{5}{2,7} = 1,85 \text{ arrondi à } 2 \end{array} \right.$$

• Luminaires parallèles à la largeur :

$$\left\{ \begin{array}{l} n_l = \frac{a}{e_t} = \frac{7,50}{2,7} = 2,75 \text{ arrondi à } 3 \\ n_t = \frac{b}{e_l} = \frac{5}{3} = 1,65 \text{ arrondi à } 2 \end{array} \right.$$

* Informations indiquées à chaque page produit dans le tableau des rendements. Espacement max. uniformité 0,8 longitudinal et transversal.

Quel que soit le sens d'orientation des luminaires, le nombre minimum à installer est :

$$N = 3 \times 2 = 6$$

Calcul du flux total F

Le facteur compensateur de dépréciation d est pris égal à 1,25 (empoussièrement faible).

$$F = \frac{E \times a \times b \times d}{U \times \eta_s} = \frac{400 \times 7,50 \times 5 \times 1,25}{0,95 \times 0,63}$$

Le rendement de l'appareil est pris égal à 0,63.

$$F = \frac{18\,750}{0,5985} = 31\,330 \text{ lm}$$

Calcul du flux unitaire

On choisit le modèle à 4 lampes de 18W haut rendement :

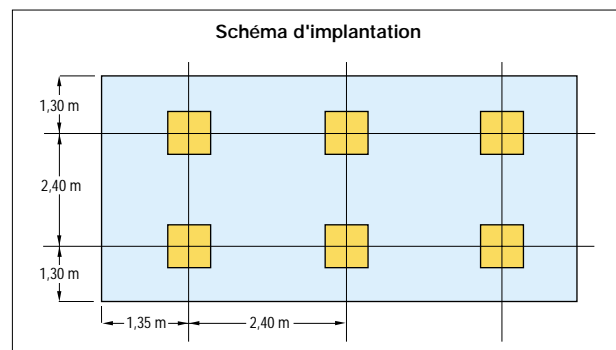
$$f = \frac{F}{N} = \frac{31\,330}{6} = 5\,220 \text{ lm}$$

Flux : $4 \times 1350 = 5400 \text{ lm}$

Calcul de l'éclairement

L'installation de 6 plafonniers avec optique DOB 4 x 18W disposés régulièrement donnera un niveau d'éclairement moyen maintenu E' :

$$E' = \frac{400 \times 5\,400}{5\,220} = 415 \text{ lux}$$



Tableaux d'utilance

LUMINAIRE CLASSE A
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	88	81	87	81	78	74	70	67	74	70	67	70	67	66
0.80	95	87	94	86	85	80	76	73	79	75	73	75	72	71
1.00	102	91	99	90	91	85	81	78	84	81	78	80	78	76
1.25	107	95	104	94	96	89	86	83	88	85	82	84	82	80
1.50	110	97	108	96	100	92	89	86	91	88	86	87	85	84
2.00	116	101	113	100	107	97	94	92	95	93	91	92	90	89
2.50	119	103	116	102	111	100	98	96	98	96	95	95	94	92
3.00	122	105	118	104	114	102	100	99	100	99	98	98	97	95
4.00	125	106	121	105	118	104	103	102	102	101	100	100	99	97
5.00	126	107	122	106	120	105	104	104	103	103	102	101	101	98

LUMINAIRE CLASSE A
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	85	79	84	79	76	73	70	67	73	69	67	69	67	66
0.80	91	85	90	84	82	79	75	72	78	75	72	75	72	71
1.00	97	89	96	89	88	84	80	78	83	80	78	80	77	76
1.25	103	93	101	92	93	88	85	82	87	84	82	84	82	80
1.50	106	96	105	95	97	91	88	85	90	87	85	87	85	84
2.00	112	100	110	99	103	96	93	91	94	92	90	92	90	89
2.50	116	102	114	101	108	99	97	95	97	96	94	95	93	92
3.00	119	104	116	103	111	101	99	98	100	98	97	97	96	95
4.00	122	105	119	105	115	103	102	101	102	101	100	99	99	97
5.00	124	106	121	105	117	104	103	103	103	102	101	101	100	98

LUMINAIRE CLASSE B
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	80	74	79	73	68	65	60	56	64	59	56	59	56	55
0.80	89	81	87	80	76	72	67	63	71	66	63	66	63	61
1.00	96	86	93	85	84	78	73	70	77	73	69	72	69	67
1.25	102	91	99	89	90	84	79	76	82	78	75	77	75	73
1.50	106	94	103	92	95	87	83	80	86	82	79	81	79	77
2.00	113	98	109	97	103	93	90	87	91	88	86	87	85	83
2.50	117	101	113	100	107	96	94	91	95	92	90	91	89	87
3.00	120	103	116	101	111	99	97	95	97	95	94	94	93	90
4.00	123	104	119	103	115	102	100	98	100	98	97	97	96	93
5.00	125	106	121	104	118	103	102	101	101	100	99	98	98	95

LUMINAIRE CLASSE B
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	76	71	75	71	66	64	59	56	63	59	56	59	56	55
0.80	84	78	83	78	74	71	66	63	70	66	63	66	62	61
1.00	91	84	90	83	81	77	72	69	76	72	69	72	69	67
1.25	98	89	96	88	87	82	78	75	81	77	74	77	74	73
1.50	102	92	100	91	92	86	82	79	85	81	79	81	78	77
2.00	109	97	107	96	99	92	88	86	90	88	85	87	85	83
2.50	114	100	111	99	104	95	93	90	94	92	90	91	89	87
3.00	117	102	114	101	108	98	96	94	97	95	93	94	92	90
4.00	120	104	117	103	112	101	99	97	99	98	96	96	95	93
5.00	123	105	119	104	115	102	101	100	101	100	98	98	97	95

LUMINAIRE CLASSE C
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	71	66	70	65	58	55	49	44	54	48	44	48	44	42
0.80	82	74	80	73	68	64	58	53	63	57	53	57	53	51
1.00	90	81	87	79	76	71	65	61	70	65	60	64	60	58
1.25	97	86	94	85	84	77	72	68	76	71	67	70	67	65
1.50	102	90	99	88	89	82	77	73	80	76	72	75	72	70
2.00	109	95	105	93	97	88	84	81	86	83	80	82	79	77
2.50	113	98	110	96	103	92	89	85	90	87	84	86	83	81
3.00	116	100	112	98	106	95	92	89	93	90	88	89	87	84
4.00	120	102	116	101	111	98	95	93	96	94	92	92	90	88
5.00	122	103	118	102	113	99	97	95	97	96	94	94	92	90

LUMINAIRE CLASSE C
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	67	63	66	62	55	53	48	44	53	48	44	48	44	42
0.80	77	72	76	71	65	62	57	53	62	56	53	56	53	51
1.00	85	78	84	77	73	69	64	60	69	64	60	63	60	58
1.25	92	84	91	83	80	76	71	67	75	70	67	70	66	65
1.50	98	88	96	87	86	80	76	72	79	75	72	74	71	70
2.00	105	93	103	92	94	87	83	79	86	82	79	81	78	77
2.50	110	96	107	95	99	91	87	84	89	86	84	85	83	81
3.00	113	99	110	98	103	94	91	88	92	89	87	88	86	84
4.00	117	101	114	100	108	97	94	92	95	93	91	92	90	88
5.00	120	103	116	101	111	99	96	94	97	95	93	94	92	90

LUMINAIRE CLASSE D
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	66	61	64	60	51	49	42	37	48	42	37	41	37	35
0.80	77	70	75	68	62	58	51	46	57	51	46	50	46	44
1.00	85	76	83	75	70	66	59	54	64	58	53	57	53	51
1.25	93	82	90	81	78	73	66	61	71	65	61	64	60	58
1.50	98	86	95	85	84	77	72	67	76	71	66	69	66	64
2.00	106	92	102	91	93	85	80	76	83	78	75	77	74	72
2.50	111	96	107	94	99	89	85	81	87	83	80	82	79	77
3.00	114	98	110	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	81
4.00	118	101	114	99	109	96	93	90	94	91	89	90	88	85
5.00	121	102	117	101	112	98	96	94	96	94	92	92	91	88

LUMINAIRE CLASSE D
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	62	58	61	57	49	47	41	37	47	41	37	41	37	35
0.80	72	67	71	66	59	56	50	46	56	50	45	50	45	44
1.00	80	74	79	73	67	64	58	53	63	57	53	57	53	51
1.25	88	80	86	79	75	71	65	60	70	64	60	64	60	58
1.50	94	84	92	83	81	76	70	66	75	70	66	69	65	64
2.00	102	91	99	89	90	83	78	75	82	77	74	77	74	72
2.50	107	94	104	93	96	88	84	80	86	83	80	82	79	77
3.00	111	97	108	96	101	91	88	84	90	86	84	85	83	81
4.00	116	100	112	99	106	95	92	89	93	91	88	89	87	85
5.00	119	102	115	100	110	98	95	93	96	93	91	92	90	88

Tableaux d'utilance

LUMINAIRE CLASSE E
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	61	56	59	55	45	43	35	30	42	35	30	35	30	28
0.80	72	65	70	64	56	53	45	39	51	44	39	43	39	36
1.00	80	72	78	71	64	60	53	47	59	52	46	51	46	44
1.25	89	79	85	77	73	68	60	55	66	59	54	58	54	51
1.50	94	83	91	82	80	73	66	61	71	65	60	64	60	57
2.00	103	90	99	88	89	81	75	71	79	74	70	73	69	67
2.50	108	94	105	92	96	86	81	77	84	80	76	78	75	73
3.00	112	96	108	95	101	90	86	82	88	84	81	83	80	77
4.00	117	100	113	98	107	94	91	88	92	89	87	88	85	83
5.00	120	102	116	100	111	97	94	92	95	93	90	91	89	86

LUMINAIRE CLASSE E
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	56	53	55	52	43	41	34	30	41	34	30	34	30	28
0.80	67	62	66	61	53	50	43	38	50	43	38	43	38	36
1.00	75	69	74	68	61	58	51	46	57	51	46	50	46	44
1.25	84	76	82	75	69	66	59	54	64	58	54	58	53	51
1.50	90	81	88	80	76	71	65	60	70	64	60	64	59	57
2.00	99	88	96	86	86	79	74	70	78	73	69	72	69	67
2.50	105	92	102	91	93	85	80	76	83	79	75	78	75	73
3.00	109	95	106	94	98	89	84	81	87	83	80	82	79	77
4.00	115	99	111	97	104	93	90	87	92	89	86	87	85	83
5.00	118	101	114	100	108	96	93	91	94	92	90	90	89	86

LUMINAIRE CLASSE F
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	57	52	55	51	40	38	30	24	37	30	24	29	24	22
0.80	70	64	68	62	54	51	42	36	49	42	36	41	36	34
1.00	80	72	77	70	64	60	52	46	58	51	46	50	46	43
1.25	89	79	86	78	74	68	61	56	67	60	55	59	55	53
1.50	96	84	92	83	81	74	68	63	73	67	62	66	62	59
2.00	104	91	101	89	92	83	78	73	81	76	72	75	72	69
2.50	110	95	106	93	98	88	83	79	86	82	79	81	78	75
3.00	113	97	110	96	103	91	87	84	89	86	83	84	82	79
4.00	118	100	114	99	108	95	92	89	93	90	88	89	87	84
5.00	120	102	116	100	111	98	95	92	95	93	91	91	90	87

LUMINAIRE CLASSE F
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	52	49	51	48	38	36	29	24	36	29	24	29	24	22
0.80	65	60	64	59	50	48	41	36	48	41	36	41	36	34
1.00	75	69	73	68	61	58	51	46	57	50	45	50	45	43
1.25	84	77	82	75	70	66	60	55	65	59	55	59	55	53
1.50	91	82	89	81	78	73	67	62	71	66	62	65	61	59
2.00	101	89	98	88	88	81	76	72	80	75	72	75	71	69
2.50	106	93	103	92	95	87	82	78	85	81	78	80	77	75
3.00	110	96	107	95	99	90	86	83	89	85	82	84	81	79
4.00	115	99	112	98	105	94	91	88	93	90	87	88	86	84
5.00	118	101	114	100	109	97	94	92	95	92	90	91	89	87

LUMINAIRE CLASSE G
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	58	53	56	52	42	40	32	26	39	31	26	31	26	24
0.80	68	62	66	61	51	48	40	34	47	39	34	39	33	31
1.00	77	69	74	67	59	56	47	41	54	46	41	46	40	38
1.25	84	75	81	73	68	63	55	48	61	54	48	52	47	45
1.50	90	80	87	78	74	68	60	54	66	59	54	58	53	50
2.00	99	86	95	84	84	76	69	64	74	68	63	66	62	59
2.50	104	90	100	88	91	81	75	70	79	74	69	72	68	66
3.00	109	93	104	91	96	85	80	75	83	78	74	77	73	70
4.00	114	97	109	95	102	90	86	82	88	84	81	82	79	77
5.00	117	99	112	97	106	93	90	86	91	88	85	86	83	81

LUMINAIRE CLASSE G
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	53	50	52	49	39	38	31	26	37	31	26	30	26	24
0.80	63	59	62	58	48	46	39	33	46	38	33	38	33	31
1.00	71	65	70	64	56	53	46	40	52	45	40	45	40	38
1.25	79	72	77	71	64	60	53	47	59	52	47	52	47	45
1.50	86	77	83	76	70	66	59	53	65	58	53	57	53	50
2.00	95	84	92	83	80	74	68	63	73	67	62	66	62	59
2.50	101	89	98	87	87	80	74	69	78	73	69	72	68	66
3.00	105	92	102	90	93	84	79	74	82	77	73	76	73	70
4.00	111	96	107	94	99	89	85	81	87	83	80	82	79	77
5.00	115	98	111	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	81

LUMINAIRE CLASSE H
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	57	52	55	51	40	38	30	24	37	29	24	29	24	22
0.80	66	60	64	59	49	46	37	31	45	37	31	36	31	28
1.00	74	67	71	65	57	53	44	37	51	43	37	42	37	34
1.25	82	73	79	71	64	59	51	44	57	50	44	49	43	41
1.50	87	77	84	75	70	65	56	50	62	55	49	54	49	46
2.00	96	83	92	81	80	72	65	59	70	63	58	62	57	54
2.50	101	87	97	86	86	78	71	65	75	69	64	68	63	60
3.00	105	90	101	89	91	81	75	70	79	74	69	72	68	65
4.00	111	94	106	92	98	87	81	77	84	79	75	78	74	71
5.00	114	97	110	95	103	90	85	81	87	83	80	82	78	75

LUMINAIRE CLASSE H
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	52	48	51	48	37	36	29	24	36	29	24	29	24	22
0.80	61	57	60	56	46	44	36	31	43	36	31	36	31	28
1.00	69	63	67	62	53	51	43	37	50	42	37	42	37	34
1.25	77	70	75	68	61	57	49	43	56	49	43	48	43	41
1.50	83	74	80	73	67	62	55	49	61	54	49	53	48	46
2.00	92	81	89	80	76	70	63	58	69	62	57	61	57	54
2.50	98	86	94	84	83	76	69	64	74	68	63	67	63	60
3.00	102	89	99	87	88	80	74	69	78	73	68	72	67	65
4.00	108	93	104	92	95	85	80	76	83	79	75	77	74	71
5.00	112	96	108	94	100	89	84	80	87	83	79	81	78	75

Tableaux d'utilance

LUMINAIRE CLASSE I I

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	52	48	50	46	34	32	24	17	31	23	17	23	17	15
0.80	63	58	61	56	45	43	34	27	41	33	27	32	26	24
1.00	73	65	70	63	55	51	42	35	49	41	35	40	34	32
1.25	81	72	78	70	64	59	50	44	57	49	43	48	43	40
1.50	88	78	85	76	71	65	57	51	63	56	50	55	50	47
2.00	97	85	94	83	82	74	67	61	72	66	61	65	60	57
2.50	104	89	100	88	90	80	74	69	78	73	68	71	67	64
3.00	108	93	104	91	95	85	79	74	82	77	73	76	72	69
4.00	114	97	109	95	102	90	86	82	88	84	80	82	79	76
5.00	117	99	113	97	106	93	90	86	91	88	85	86	83	81

LUMINAIRE CLASSE I I

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	46	44	46	43	31	30	23	17	30	22	17	22	17	15
0.80	58	54	57	53	42	40	32	26	40	32	26	32	26	24
1.00	67	62	66	61	51	49	40	34	48	40	34	40	34	32
1.25	76	69	74	68	60	57	49	43	56	48	43	48	43	40
1.50	83	75	81	73	68	63	56	50	62	55	50	54	49	47
2.00	93	83	90	81	79	73	66	60	71	65	60	64	60	57
2.50	100	88	97	86	86	79	73	68	77	72	67	71	67	64
3.00	105	91	101	90	92	83	78	73	81	77	73	75	72	69
4.00	111	96	107	94	99	89	84	81	87	83	80	82	79	76
5.00	115	98	111	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	81

LUMINAIRE CLASSE J J

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	51	47	49	45	33	32	23	17	31	22	16	22	16	14
0.80	61	55	59	54	42	40	30	23	38	30	23	29	23	20
1.00	69	62	66	60	50	46	37	29	44	36	29	35	29	26
1.25	76	68	73	66	57	53	43	36	51	42	35	41	35	32
1.50	82	72	78	70	63	58	49	41	56	47	40	46	40	37
2.00	90	79	86	76	72	66	57	49	63	55	49	54	48	45
2.50	96	83	92	81	79	71	63	56	68	61	55	59	54	51
3.00	100	86	96	84	84	75	67	61	72	65	60	64	59	55
4.00	106	90	101	88	91	80	74	67	77	72	66	70	65	62
5.00	109	93	105	91	96	84	78	72	81	76	71	74	70	66

LUMINAIRE CLASSE J J

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	46	43	45	42	31	30	22	16	29	22	16	21	16	14
0.80	55	51	54	50	39	37	29	23	37	29	23	28	23	20
1.00	63	58	61	57	46	44	35	29	43	35	28	34	28	26
1.25	71	64	69	63	53	50	42	35	49	41	35	40	34	32
1.50	77	69	74	68	59	56	47	40	54	46	40	45	39	37
2.00	86	76	83	74	69	64	55	48	62	54	48	53	48	45
2.50	92	81	89	79	76	69	61	55	67	60	54	59	53	51
3.00	97	84	93	82	81	73	66	60	71	64	59	63	58	55
4.00	103	89	99	87	88	79	72	67	77	71	66	69	65	62
5.00	107	92	103	90	93	83	77	72	80	75	70	74	69	66

LUMINAIRE CLASSE T T

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	47	44	40	37	30	29	23	19	20	16	14	10	8	0
0.80	56	51	48	44	38	36	30	26	25	21	18	12	11	0
1.00	63	57	53	48	44	41	35	31	28	25	22	15	13	0
1.25	70	62	59	53	50	46	41	37	32	29	26	17	15	0
1.50	74	65	63	56	54	50	45	41	35	31	29	19	17	0
2.00	81	70	68	60	61	55	51	47	38	36	33	21	20	0
2.50	85	73	72	63	65	59	55	51	41	38	36	23	21	0
3.00	88	75	74	65	68	61	58	55	42	40	38	24	23	0
4.00	92	78	77	67	73	64	61	59	45	43	41	25	25	0
5.00	94	80	80	69	76	66	64	62	46	45	43	26	26	0

LUMINAIRE CLASSE T T

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	28	26	25	23	14	14	9	6	11	6	4	4	2	0
0.80	37	35	33	30	21	20	13	9	15	10	7	7	4	0
1.00	45	41	39	36	26	25	18	13	18	13	9	9	6	0
1.25	52	47	45	41	32	31	23	18	22	17	13	11	8	0
1.50	58	52	50	46	37	35	28	22	25	20	15	13	9	0
2.00	67	59	57	51	46	42	35	29	30	25	20	15	12	0
2.50	73	64	62	56	51	47	40	35	34	28	24	18	14	0
3.00	77	67	66	58	56	51	44	39	36	31	27	19	16	0
4.00	83	72	71	62	62	56	50	46	39	35	32	21	19	0
5.00	87	75	74	65	67	59	54	50	42	38	35	23	21	0