

Code de Bonne Pratique en **Eclairage Intérieur**

0	Introduction	5
0.1	Normes et documents de référence	5
1	Concepts / glossaire	7
1.1	Les zones et surfaces de référence	7
1.1.1	Définitions	7
1.1.2	Définitions complémentaires	8
1.1.3	Exemples concrets de zones et surfaces à considérer	9
1.2	Les éclairagements et uniformités	13
1.2.1	Définitions	13
1.2.2	Définitions complémentaires	13
1.3	Application à un cas concret	14
1.3.1	Détermination des zones et surfaces - exemple	14
1.3.2	Détermination des éclairagements – exemple	15
1.4	Le facteur de maintenance	17
1.5	L'UGR	18
2	Un projet de qualité selon ses priorités	23
2.1	Le confort visuel	23
2.2	L'utilisation rationnelle de l'énergie	24
2.2.1	La puissance installée	24
2.2.2	La gestion de l'éclairage	24
3	Le dimensionnement du projet	26
3.1	La détermination des points de maillage	26
3.1.1	Maillage par défaut	26
3.1.2	Les installations sportives	27
3.2	Les coefficients de réflexion des parois	28
3.2.1	Coefficients de réflexion par défaut	28
3.2.2	Coefficients de réflexion spécifiques	28
4	Annexes	29
4.1	Fiche technique d'un luminaire	29
4.2	Fiche technique - type	30
4.3	Vérification sur site	32
5	Références	34
6	Crédits photographiques	34

0 Introduction

Avec la parution en 2003 NBN EN 12464-1 Eclairage des lieux de travail – Partie 1: Lieux de travail intérieur en 2003, certaines normes nationales belges en contradiction avec celle-ci ont dû être retirées, leur retrait entraînant la perte d'informations pratiques utiles à l'élaboration d'un projet d'éclairage intérieur. Par ailleurs, cette norme, qui fournit les indications générales pour une installation d'éclairage de qualité, n'entre pas dans le détail de l'ensemble des aspects du projet, ce qui peut mener sur le terrain à des compréhensions différentes.

Le code de bonne pratique proposé ici se veut donc être un complément à la norme NBN EN 12464-1, d'une part en abordant plus profondément des notions telles que celles de l'espace, l'éclairement, le facteur de maintenance, l'UGR, ..., et d'autre part en traitant également des aspects complémentaires tels que ceux du dimensionnement, de l'utilisation rationnelle de l'énergie et de la vérification des performances de l'installation d'éclairage.

Ce code de bonne pratique concerne les espaces de travail intérieurs, tels que considérés dans la NBN

EN 12464-1. Il n'inclut en aucune manière l'éclairage de secours, l'éclairage sportif ou les mises en lumière.

Le présent document n'a pas pour but de fournir des solutions spécifiques, ni de restreindre la liberté d'innovation technique ou matérielle.

Il est destiné aux bureaux d'études, éclairagistes, architectes, concepteurs, fabricants, entrepreneurs, organismes vérificateurs,... S'il n'est pas contraignant au sens propre du terme, il se veut malgré tout être un outil de référence au niveau national. Ce document est également complété, en annexe, de deux documents non directement liés à la norme NBN EN 12464-1: la fiche technique d'un luminaire et l'explicatif de la vérification sur site. Il a semblé utile d'annexer ces deux documents types de manière à pouvoir faciliter le travail connexe à la norme NBN EN 12464-1 que sont le choix des luminaires sur base comparative ainsi que la vérification des niveaux d'éclairements assurés.

Ce présent document a été rédigé par le groupe B de l'Institut Belge de l'Eclairage – IBE-BIV.

Ont contribué à la rédaction de ce document :

Billy Jean-Louis	Tractebel Development Engineering
Bodart Magali	Université Catholique de Louvain – Architecture et Climat
Collard Bénédicte	Sibelga
D'Herdt Peter	Centre Scientifique et Technique de la Construction - CSTC
Deneyer Arnaud	Centre Scientifique et Technique de la Construction - CSTC
Pillmeyer Pierre	Tractebel Development Engineering
Vanden Bosch Marc	Laborelec
Vandermeersch Guy	Institut Belge d'Eclairage - IBE-BIV

0.1 Normes et documents de référence

CIE 17.4	Vocabulaire international de l'éclairage
CIE 52	Calculation for interior lighting – Applied method
CIE 97	Maintenance des systèmes électriques d'éclairage intérieur
CIE 117	Discomfort glare in interior lighting
CIE 121	The photometry and goniophotometry of luminaires
CIE S015	Lighting of outdoor work places
ISO 9241-7	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals – Post 7: Requirements for display with reflections
NBN EN 12464-1	Lumière et éclairage – Eclairage des lieux de travail – Partie 1 : Lieux de travail intérieur
NBN EN 12193	Lumière et éclairage – Eclairage des installations sportives

NBN EN 12665	Lumière et éclairage – Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage
NBN EN 13032-1	Eclairagisme – Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires – Partie 1 : Mesurage
NBN EN 13032-2	Eclairagisme – Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires – Partie 2 : Présentation des données utilisées dans les lieux de travail intérieurs et extérieurs
NBN L13-001	Eclairage intérieur des bâtiments – Principes généraux
NBN L14-001	Eclairage intérieur des bâtiments – Constructions lumineuses en éclairage artificiel
NBN L14-002	Méthodes de prédétermination des éclairements, des luminances et des indices d'éblouissement en éclairage artificiel d'espaces clos
NBN EN 1837	Sécurité des machines – Eclairage intégré aux machines
RTV 01	Guide du vocabulaire en éclairage



1 Concepts / glossaire

Pour qu'un projet d'éclairage s'inscrive dans la logique du présent document et pour éviter tout problème de compréhension dans la pratique, il est nécessaire d'utiliser une terminologie qui n'entre pas en conflit avec les définitions données par les normes existantes.

C'est ainsi que, en ce qui concerne les surfaces de références, certains termes comme le terme « effectif » ont été introduits.

1.1 Les zones et surfaces de référence

1.1.1 Définitions

Ce paragraphe reprend les définitions des surfaces de référence les plus utiles qui sont à considérer dans la pratique.

NOTIONS EN 3 DIMENSIONS

- **Lieu de travail**
Lieu où se déroule un travail (local dans son entièreté).

NOTIONS EN 2 DIMENSIONS

- **Plan utile** (NBN L13-001)
Surface de référence constituée par le plan sur lequel s'effectue normalement le travail. Sauf indication contraire, ce plan est, par convention, un plan horizontal situé à 0,85 m du sol et limité par les parois du local.
- **Plan de travail**
Partie du plan utile se limitant au poste de travail (généralement, le plan horizontal limité par les extrémités du mobilier).
- **Plan de travail effectif**
Surface du poste de travail où la tâche visuelle principale est exécutée. Dans un bureau, il s'agit le plus souvent de lecture, d'écriture, de dactylographie ou de dessin. Le plan de travail effectif englobe généralement le sous-main et le clavier de l'ordinateur. Il est souvent identifié comme identique à la zone de travail. C'est alors sur cette surface que l'éclairage est imposé.

- **Zone de travail** (NBN EN 12464-1)
Partie du lieu de travail dans laquelle la tâche visuelle est exécutée.
- **Zone environnante immédiate** (NBN EN 12464-1)
Bande de 0,5 m de large au moins entourant la zone de travail dans le champ visuel.

Les exigences définies dans la norme NBN EN 12464-1 s'appliquent à la zone de travail et à la zone environnante immédiate.

A défaut de prescriptions particulières, pour les plans de travail et plans de travail effectifs horizontaux, on considérera une hauteur de 0,85 m.

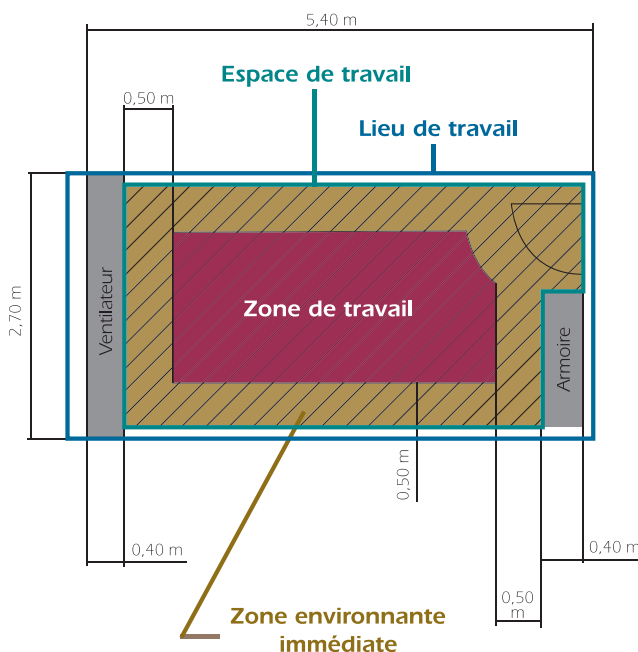


Figure 1: Cas où le poste de travail est inconnu

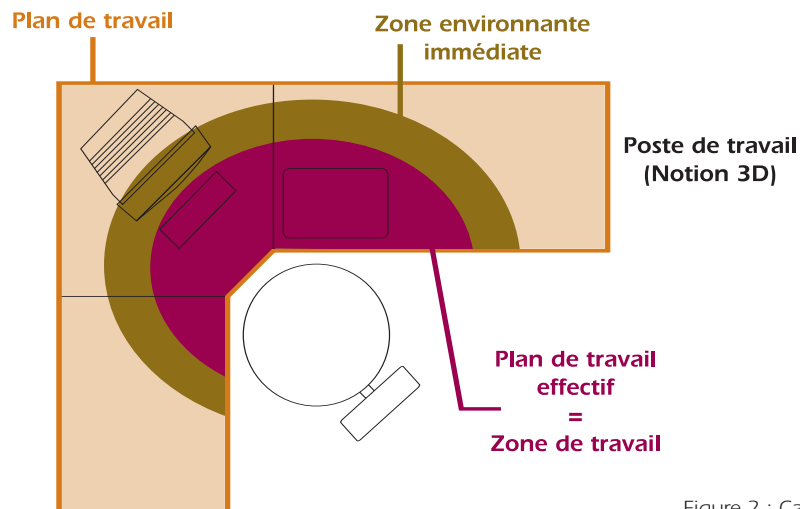


Figure 2 : Cas où le poste de travail est défini

1.1.2 Définitions complémentaires

Ce paragraphe reprend différentes définitions complémentaires aux définitions reprises au point précédent. Ces définitions sont utiles pour la bonne mise en œuvre des prescriptions.

- **Espace de travail**
Espace à l'intérieur duquel une activité peut effectivement être exécutée (espace utilisable du lieu de travail, du local - notion en 3 dimensions).
- **Tâche visuelle** (NBN EN 12464-1)
Ensemble des éléments visuels du travail effectué.
- **Poste de travail**
Ensemble des éléments mobiliers nécessaires pour effectuer la tâche.
- **Surface de référence** (NBN EN 12665)
Surface sur laquelle on mesure ou spécifie l'éclairement. Elle doit être précisée. Dans beaucoup de cas, la surface de référence peut être identique au plan de travail effectif ou à la zone de travail.
- **Zone environnante (de la zone de travail)**
La zone environnante de la zone de travail est définie par la soustraction de la zone de travail à l'espace de travail. Cette zone se compose, de manière générale, au minimum d'une bande de 0,5 m le long des parois et/ou mobilier du local.

1.1.3 Exemples concrets de zones et surfaces à considérer

Légende :

-  Zone de travail
-  Zone environnante immédiate
-  Plan de travail

CAS COURANTS



Figure 3 : Bureau



Figure 4 : Ecole



Figure 5 : Centre de tri postal – poste de travail



Figure 6 : Hall de production – poste de travail

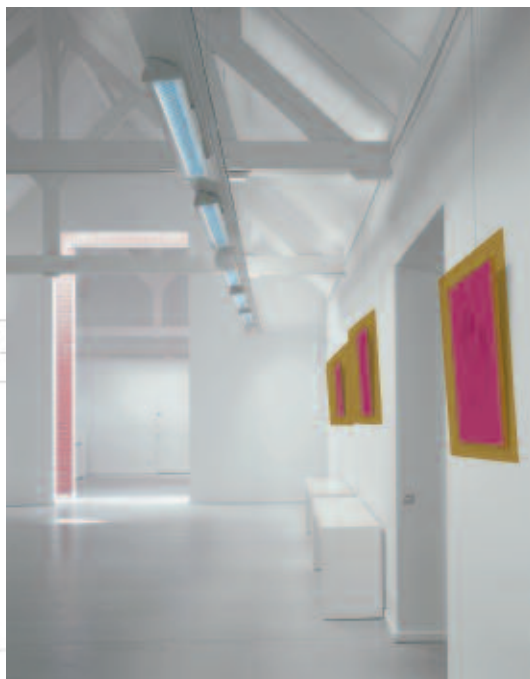


Figure 7 : Musée – salle d'exposition

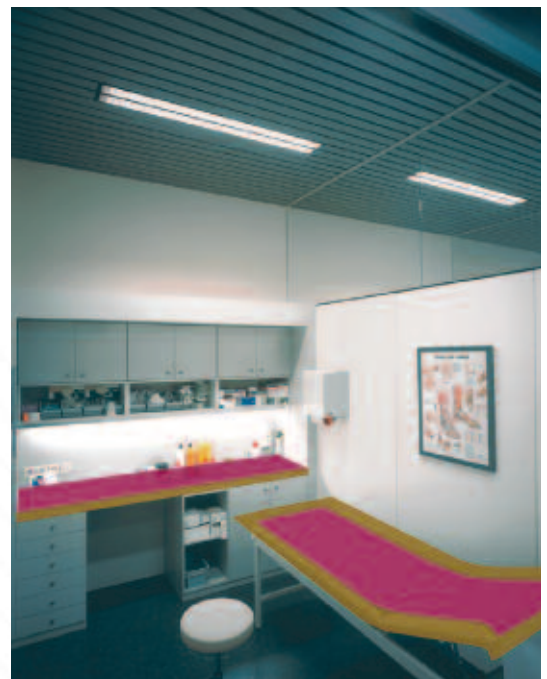


Figure 8 : Hôpital – chambre d'examen

CAS PARTICULIERS

A. Les rayonnages

Par défaut, pour les rayonnages, le plan de travail sera pris vertical et affleurant le rayonnage.

Si l'on connaît la position exacte des éléments devant être observés par rapport au bord du rayonnage, on peut alors travailler avec un plan vertical passant par les éléments devant être vus (tranche

des livres dans une bibliothèque, positionnement de la face avant des produits dans un magasin, position des caisses dans une zone de stockage,...)

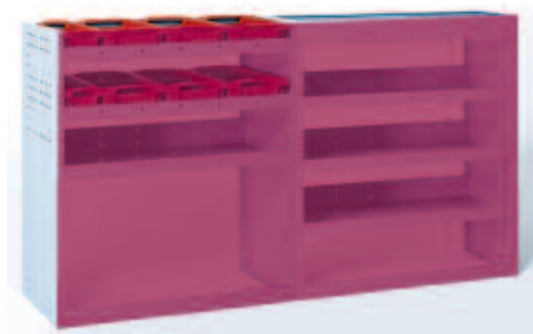


Figure 9 : Rayonnage vertical – Plan vertical par défaut



Figure 10 : Rayonnage vertical – Plan vertical



Figure 11 : Rayonnage vertical – Plan vertical par défaut

B. L'objet observé n'est pas plan

Il s'agit ici, typiquement, d'un exemple de travail sur un poste machine.

Si la tâche visuelle a trait à l'intérieur d'un objet (travail dans un moteur,...), il convient de considérer l'éclairage dans un plan perpendiculaire à la direction principale du regard de l'observateur, ce plan passant par le centre de l'objet considéré.

Si au contraire, la tâche visuelle se fait par rapport à la surface d'un objet, 2 possibilités sont envisageables :

Soit l'objet observé est majoritairement constitué d'un nombre limité de surfaces planes. Dans ce cas, les exigences sont à rencontrer sur ces surfaces. (ex : travail sur un poste machine).



Figure 12 : Hall de production – poste de travail

Soit l'objet est difficilement caractérisable par quelques surfaces planes. Dans ce cas, le travail se fera sur la surface plane apparente perpendiculaire à l'axe du regard de l'observateur, généralement tangente à l'objet observé. (ex : vérification des coutures d'un ballon de football).

POSTE DE TRAVAIL INCONNU

Si le poste de travail est inconnu, il convient alors de considérer le plan de travail comme équivalent

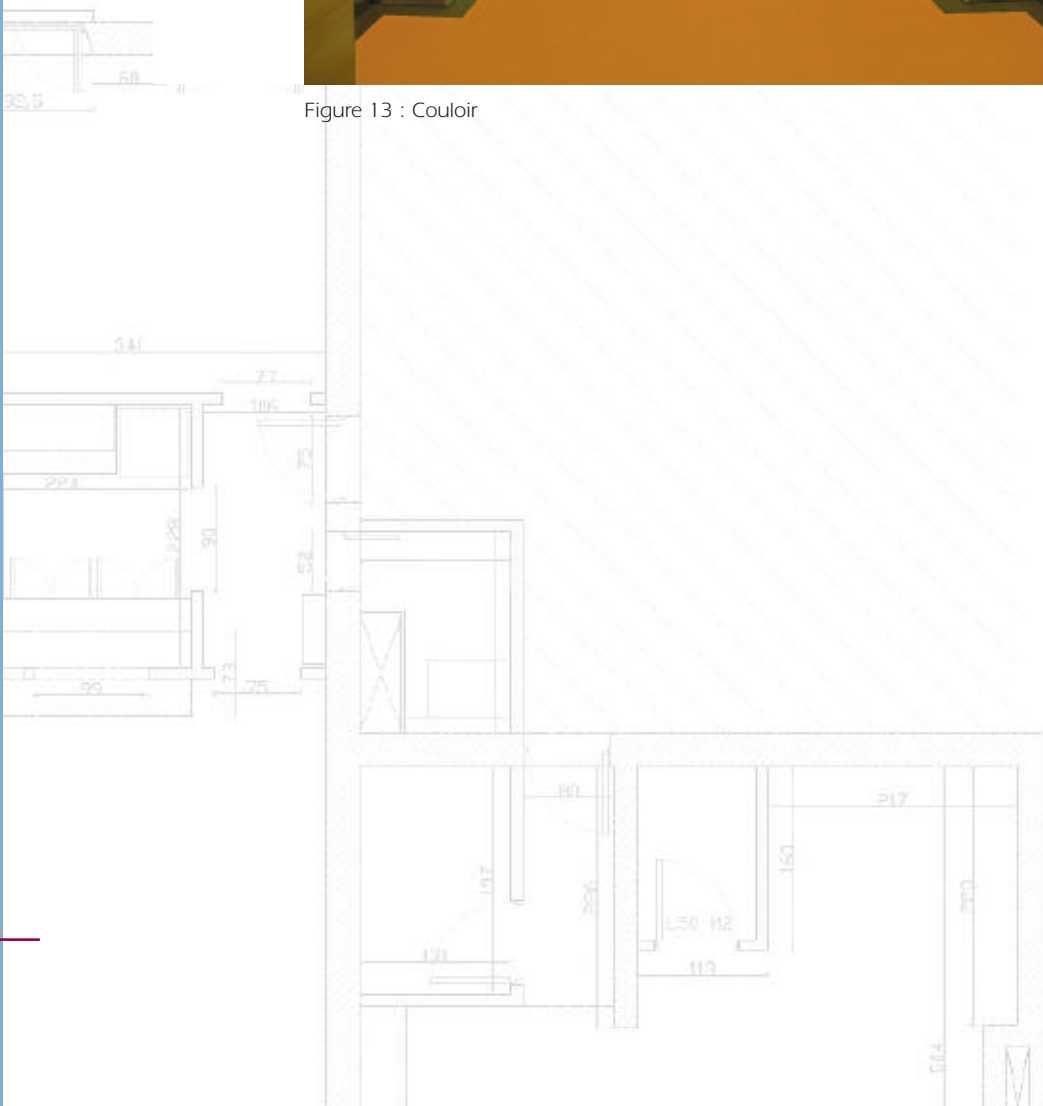
au plan utile auquel on a retranché 50 cm sur le bord, la zone de travail étant alors prise égale au plan de travail (dans ce cas les 2 notions sont confondues).

LES COULOIRS

En ce qui concerne les couloirs, il faut considérer la zone de travail à 0,1 m de hauteur du sol en y retranchant une zone de 0,5 m le long des parois du local.



Figure 13 : Couloir



1.2 Les éclairagements et uniformités

1.2.1 Définitions

Ce paragraphe reprend les définitions normatives régulièrement utilisées qui sont à considérer dans la pratique.

Eclairement à maintenir - E_m - NBN EN 12464-1
Valeur en dessous de laquelle l'éclairement moyen de la surface considérée ne peut pas descendre.

C'est l'éclairement moyen au moment où la maintenance doit être effectuée (NBN EN 12665).

La norme NBN EN 12464-1 travaille avec les valeurs d'éclairement à maintenir suivantes :

20	30	50	75
100	150	200	300
500	750	1000	1500
2000	3000	5000	

Eclairement maximal - E_{max} - NBN EN 12665
Eclairement le plus élevé aux points représentatifs de la surface spécifiée.

Eclairement minimum - E_{min} - NBN EN 12665
Plus faible éclairement aux points représentatifs de la surface spécifiée.

Eclairement moyen - E - NBN EN 12665
Eclairement moyenné sur la surface spécifiée.

En pratique, il peut être obtenu soit en divisant le flux total reçu par la surface totale de cette surface, soit en calculant la moyenne des éclairagements relevés en un certain nombre de points représentatifs de la surface. Dans les anciennes normes belges, il est noté E_{moy} .

Uniformité de l'éclairement - U - NBN EN 12464-1
Rapport de l'éclairement minimal à l'éclairement moyen d'une surface.

$$U = \frac{E_{min}}{E} \quad [-]$$

1.2.2 Définitions complémentaires

Ce paragraphe reprend différentes définitions complémentaires aux définitions reprises au point précédent et que l'on peut rencontrer dans la pratique.

Eclairement d'exploitation - E_δ - NBN L13-001
Quand les hypothèses de la norme NBN L14-002 «Méthode de prédétermination des éclairagements, des luminances et des facteurs d'éblouissement en éclairage artificiel d'espaces clos» sont vérifiées, l'éclairement d'exploitation est donné par la relation :

$$E_\delta = \frac{\Phi \times u \times \delta}{S} \quad [lx]$$

Dans laquelle :

Φ est le flux total émis par les lampes de tous les luminaires

u est le facteur d'utilisation

δ est le facteur de maintenance

S est la superficie du plan utile en m^2 .

Attention, il convient aujourd'hui d'utiliser le symbole MF pour le facteur de maintenance et non δ .

Eclairement de service - E_s - NBN L13-001
Moyenne pondérée des éclairagements moyens mesurés sur le plan utile à des intervalles de temps réguliers entre deux remplacements de lampes si le remplacement est fait systématiquement par groupes ou après un temps égal à la durée de vie utile médiane des lampes si le remplacement est individuel.

Eclairement initial - E_i - NBN EN 12665
Eclairement moyen lorsqu'une installation est à l'état neuf.
Il est lié à l'éclairement à maintenir et au facteur de maintenance du luminaire.

$$E_m = E_i \times MF$$

U_d - CIE S015

Rapport de l'éclairement minimal E_{min} à l'éclairement maximal E_{max} sur une surface donnée.

$$U_d = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad [-] \text{ (en anglais, nommé : Illuminance diversity)}$$

Cette valeur est également appelée **Facteur d'uniformité général** dans la NBN L13-001 où elle est notée g_1 .

Facteur d'uniformité moyenne - g_2 - Addendum NBN L13-001

Rapport de l'éclairement minimal $E_{\min}$ à l'éclairement moyen E_{moy}

$$g_2 = \frac{E_{\min}}{E_{\text{moy}}} \quad [-]$$

Avec, de manière approchée :

$$g_2 = \frac{2 \cdot E_{\min}}{E_{\min} + E_{\max}} \quad [-]$$

Soit : $g_1 = \frac{g_2}{2 - g_2} \quad [-]$

Facteur de maintenance - δ - NBN L13-001

Rapport entre l'éclairement moyen sur le plan utile après une certaine durée d'utilisation d'une installation d'éclairage et l'éclairement moyen obtenu dans les mêmes conditions pour l'installation neuve.

Note importante :

L'utilisation du terme δ est à proscrire vu le risque de confusion avec celui défini par la CIE 97 qui définit le Facteur de Maintenance MF.

Facteur de maintenance - MF - CIE 97 : 2006

Facteur de réduction permettant de prendre en compte la diminution de l'éclairement réalisé du à plusieurs phénomènes liés au vieillissement de l'installation et des locaux.

$$MF = \frac{E_m}{E_i} \quad [-]$$

Facteur d'utilisation - u - NBN L13-001

Notion utilisée en éclairage artificiel exprimant le rapport entre le flux lumineux utile reçu par le plan utile et le flux émis par les lampes.

1.3 Application à un cas concret

Dans un but illustratif, nous appliquerons ici la délimitation des surfaces et la sélection des niveaux d'éclairement à exiger dans le cas d'un bureau où sont effectuées des tâches d'écriture, de lecture et de dactylographie.

1.3.1 Détermination des zones et surfaces - exemple

Le lieu de travail est défini comme le local dans son ensemble.

L'espace de travail est défini comme le local auquel on a retiré les volumes dits « non accessibles ». Dans ce cas-ci, il s'agit des armoires et des radiateurs.

Les postes de travail sont identifiés comme étant les différents bureaux (meubles) où sont installés les occupants.

Le plan de travail de chaque poste de travail est ici identifié comme la surface complète des bureaux sur lesquels les occupants effectuent diverses tâches visuelles.

Le plan de travail effectif est la partie du plan de travail où l'occupant exercera l'activité visuelle principale (dans ce cas ci, il est identique à la zone de travail).

La zone environnante immédiate est ici définie comme une zone de 0,5 m entourant le plan de travail effectif.

Le plan utile est identifié ici comme le plan horizontal situé à 0,85 m du sol. Il est limité par les parois du local. Si aucun poste de travail ou plan de travail effectif ne sont définis ou référencés, il convient de l'utiliser, par défaut en y retranchant une bande de 0,5 m, pour fixer les éclairagements.

La tâche visuelle est identifiée comme composée d'écriture, de dactylographie, de lecture et de traitement de données.



Figure 14 : Bureau



Figure 15 : Bureau

1.3.2 Détermination des éclairagements – exemple

SUR LA TÂCHE

La norme NBN EN 12464-1 recommande, pour le type de tâche considéré (écriture, dactylographie, lecture et traitement de données) de se référer à la section 3.2 du tableau 5.3 relatif à l'éclairage des bureaux. Dans ce tableau, 3 exigences sont reprises quant à l'éclairage à maintenir E_m , l'UGR_L limite et l'indice de rendu des couleurs (R_a).

La valeur requise par la norme comme éclairage à maintenir sur la zone de travail (ici équivalente au plan de travail effectif) est de 500 lx.

Le facteur de maintenance (dépréciation) de l'installation étant, par défaut, fixé à 0,85, il importe d'imposer un éclairage initial supérieur à l'éclairage moyen à maintenir.

Eclairage à maintenir : $E_m = 500$ lx.

Facteur de maintenance : MF = 0,85

$$E_m = 0,85 \times E_i \text{ [lx]}$$

Il faut donc, lors de la mise en service de l'installation, assurer un éclairage initial supérieur.

$$E_i = \frac{500}{0,85} = 588 \text{ [lx]}$$

Tableau 5.3: Éclairage des bureaux					
3	Bureaux				
Ref. no.	Type d'intérieur, tâche ou activité	E_m	UGR _L	R_a	Remarques
3.1	Classement, transcription	300	19	80	
3.2	Écriture, dactylographie, lecture, traitement de données	500	19	80	Pour le travail sur écran, voir 4.11
3.3	Dessin industriel	750	16	80	
3.4	Stations de travail de conception assistée par ordinateur	500	19	80	Pour le travail sur écran, voir 4.11
3.5	Salles de conférence et de réunion	500	19	80	Il est recommandé un contrôle de l'éclairage
3.6	Réception	300	22	80	
3.7	Archives	200	25	80	

Figure 16 : Extrait de la norme NBN EN 12464-1

L'uniformité U requise par la norme NBN EN 12464-1 étant de 0,7 sur la zone de travail, c'est la valeur de l'éclairage moyen initial qui doit valoir 588 lx et non l'éclairage en tout point de la zone de travail.

$$U = \frac{E_{\min}}{E_m} \geq 0,7 \quad [-]$$

Dans le cas présenté, lors de la mise en service :

$$\frac{E_{\min}}{E_i} \geq 0,7$$

$$\frac{E_{\min}}{588} \geq 0,7$$

$$E_{\min} \geq 0,7 \times 588 \quad [\text{lx}]$$

$E_{\min} \geq 412$ lx pour un éclairage moyen à maintenir de 500 lx.

Dans cet exemple, au droit de la zone de travail où la tâche visuelle est exécutée, l'éclairage lors de la mise en service de l'installation doit, en tout point, être supérieur à 412 lx si l'éclairage moyen initial est de 588 lx.

L'éclairage de la zone environnante immédiate requis par la norme est, quant à lui, plus faible.

SUR LA ZONE ENVIRONNANTE IMMÉDIATE

L'éclairage à maintenir dans la zone environnante immédiate est de 300 lx pour la tâche visuelle retenue.

Ceci correspond à une valeur de 353 lx une fois le facteur de maintenance 0,85 pris en compte.

Comme explicité à la Figure 17, il s'agit d'une valeur d'éclairage initial moyen dont l'uniformité ne doit plus être que de 0,5 (et non 0,7).

$$U = \frac{E_{\min}}{E_m} \geq 0,5$$

L'éclairage minimum dans la zone environnante immédiate se doit donc d'être, lors de la mise en service de l'installation, supérieur à 176 lx.

En effet :

$$\frac{E_{\min}}{E_i} \geq 0,5$$

$$\frac{E_{\min}}{353} \geq 0,5$$

$$E_{\min} \geq 0,5 \times 353 \quad [\text{lx}]$$

$E_{\min} \geq 176$ lx pour un éclairage moyen à maintenir de 300 lx.

Le plan de travail étant plus grand que le plan de travail effectif, le niveau d'éclairage demandé à cet endroit n'est plus repris au tableau 5.3. « Eclairage des bureaux » de la norme NBN EN 12464-1. Il importe alors d'évaluer si il n'existe pas d'autres activités dans les espaces restants et, le cas échéant, d'appliquer à nouveau le même raisonnement.

Tableau 1: Rapport des éclairages et uniformités entre les zones environnantes immédiates et la zone de travail

Éclairage de la tâche (lx)	Éclairage des zones environnantes immédiates (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{\text{tâche}}$
Uniformité: $\geq 0,7$	Uniformité: $\geq 0,5$

Figure 17 : Extrait de la norme NBN EN 12464-1

1.4 Le facteur de maintenance

Pour assurer l'éclairage au cours du temps, il est nécessaire de tenir compte d'une diminution de l'éclairage réalisé due à plusieurs phénomènes liés au vieillissement de l'installation et des locaux.

C'est pourquoi, de manière à prendre en compte cette dépréciation, la notion de facteur de maintenance a été introduite. Elle se traduit par l'utilisation d'un facteur multiplicatif, symbolisé MF, que l'on combine à l'éclairage initial (E_i) lors du dimensionnement de l'installation pour obtenir l'éclairage à maintenir (E_m).

$$E_m = E_i \times MF \quad [lx]$$

Le facteur de maintenance est fonction de plusieurs phénomènes liés au vieillissement de l'installation et des locaux. Il remplace le facteur de dépréciation global utilisé auparavant et tient compte :

- de la diminution du flux lumineux des lampes;
- de la fréquence des pannes des lampes sans remplacement immédiat;
- de la diminution du rendement des luminaires (liée à leur encrassement);
- de l'encrassement du local.

Ces quatre éléments se retrouvent dans la définition du facteur de maintenance au travers de quatre facteurs multiplicatifs.

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF \quad [-]$$

Où

- LLMF est le facteur de maintenance du flux lumineux de la lampe;
- LSF est le facteur de survie de la lampe;
- LMF est le facteur de maintenance du luminaire;
- RSMF est le facteur de maintenance des parois du local.

Le graphique de la Figure 18 illustre l'évolution relative de l'éclairage assuré par un système pour différentes configurations. Son interprétation permet de mettre en évidence l'importance de l'inspection et de l'entretien réguliers des installations d'éclairage.

Dans le cas d'une installation sans aucune maintenance (configuration C), la dépréciation de l'éclairage est continue. La configuration B présente l'éclairage assuré par cette même installation mais pour laquelle un nettoyage des luminaires est effectué tous les deux ans. La configuration A renseigne, quant à elle, le comportement de l'éclairage lorsque l'on combine nettoyage des parois du local (après 6 ans) à celui des luminaires (tous les 2 ans).

Ces trois exemples montrent l'importance de la maintenance systématique des installations d'éclairage (des diminutions de rendement lumineux de l'ordre de 50 % pouvant être observées) et justifient la prise en compte, lors de la conception de l'installation, d'un facteur de maintenance représentatif de la situation future.

Le calcul détaillé du facteur de maintenance MF est possible pour chaque configuration mais, dans la pratique, il est possible d'utiliser les valeurs par défaut suivantes :

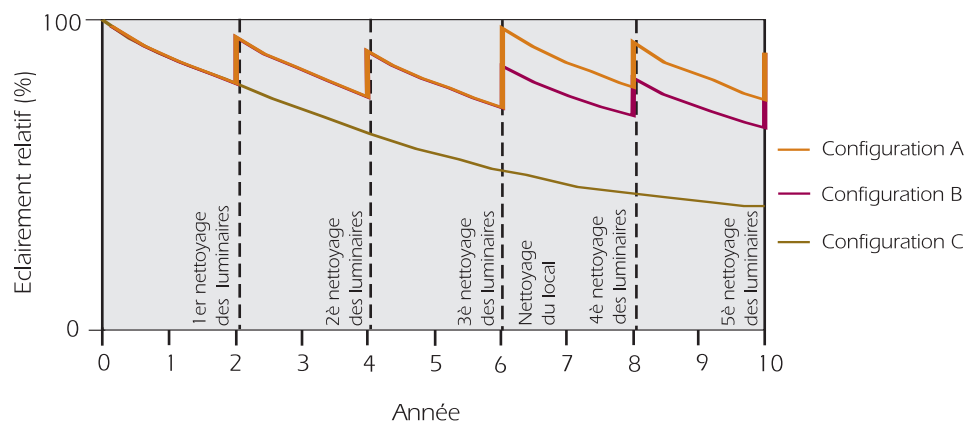


Figure 18 : Dépréciation de l'éclairage relatif au cours du temps

MF	Degré d'encrassement			
	Minimal	Faible	Moyen	Elevé
Luminaires ouverts pour un éclairage direct (downlights)				
T5 ou T8 – série 800				
Remplacement du groupe	0,85	0,80	0,75	0,70
Remplacement des lampes en panne + remplacement du groupe	0,90	0,85	0,80	0,70
Facteur de correction pour				
Luminaires avec plaque de recouvrement pour un éclairage direct	MF × 0,95			
Luminaires avec réflecteur peint	MF × 0,90			
Luminaires assurant un éclairage indirect (up-light)				
T5 ou T8 – série 800				
Remplacement du groupe	0,85	0,70	0,65	0,65
Remplacement des lampes en panne + remplacement du groupe	0,90	0,75	0,70	0,65
Luminaires avec plaque de recouvrement	MF × 0,95		MF × 0,90	
Facteur de correction pour luminaires avec réflecteur peint	MF × 0,90			
Montage suspendu avec éclairage direct et indirect (up-light et downlight)				
T5 ou T8 – série 800				
Remplacement du groupe	0,85	0,75	0,70	0,65
Remplacement des lampes en panne + remplacement du groupe	0,90	0,80	0,75	0,70
Luminaires avec plaque de recouvrement	MF × 0,95			
Facteur de correction pour luminaires avec réflecteur peint	MF × 0,90			

Tableau 1 : Valeurs par défaut du Facteur de Maintenance

1.5 L'UGR

L'UGR - Unified Glare Rating (Indice unifié de l'éblouissement direct) - est un indice unifié au niveau international, développé par la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) pour l'évaluation de l'éblouissement direct en fonction de la disposition des appareils d'éclairage, des caractéristiques du local (dimensions, réflexions) et du point d'observation des occupants.

De manière concrète, une valeur d'UGR est calculée pour une position donnée de l'observateur dans un local et cette valeur est comparée à une valeur limite : l'éblouissement d'inconfort limite (de l'installation d'éclairage) qui est la valeur limite de l'éblouissement fixée par la norme, permettant d'éviter toute gêne lors de l'accomplissement de la tâche.

Pour une position donnée d'un observateur, l'UGR est calculé sur base de la formule suivante :

$$UGR = 8 \times \log \left[\frac{0.25}{L_b} \times \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right]$$

Où :

- L_b est la luminance d'arrière fond [cd/m^2] et est calculée sur base de l'éclairage direct des surfaces induit par les luminaires;
- L est la luminance des parties lumineuses du luminaire [cd/m^2] et est déterminée sur base de l'intensité lumineuse du luminaire dans la direction de l'observateur;
- ω est l'angle solide de vue de l'observateur exprimé en stéradians [sr];
- p est l'indice de position de Guth [-]. Cet indice de position est fonction de la position relative

de l'observateur par rapport au luminaire et est obtenu par interpolation de la table donnée par le rapport technique CIE 117.

Vu la discrétisation des angles d'observation, le calcul précis de l'UGR se fait généralement, pour une position donnée d'un observateur, sur base d'un calcul informatique. Il est cependant possible d'utiliser une méthode simplifiée pour effectuer le calcul de l'UGR : **la méthode tabulaire**.

Cette méthode tabulaire est celle qu'il convient d'utiliser en première approximation. Elle se base sur la détermination de l'éblouissement, dans un local rectangulaire, pour deux positions d'observation théoriquement les plus défavorables. Ces deux positions sont centrées sur les parois du local et visent chacune des directions perpendiculaires nommées respectivement longitudinale (endwise) et transversale (crosswise).

La direction d'observation longitudinale est parallèle aux plans C 90/C270 et la direction d'observation transversale est celle parallèle aux plans C0/C180, ces plans étant définis conformément à la norme NBN EN 13032-1.

La méthode tabulaire repose sur l'utilisation de la table d'UGR (fournie par le fabricant du luminaire) qu'il convient, le cas échéant, de corriger. Cette méthode requiert différentes données quant à la géométrie du local, à la position des luminaires et aux coefficients de réflexion des parois. La détermination des valeurs d'UGR pour les deux directions d'observation (longitudinale et transversale) se fait en exprimant les dimensions du local par rapport à H, la distance verticale entre les yeux de l'observateur et le plan de montage des luminaires.

Ainsi, pour un local de 12 m de long sur 6 m de large et de 2,7 m de haut, il convient de déterminer H comme suit :

- Hauteur de montage des luminaires : 2,7 m (hauteur sous plafond);
- Hauteur des yeux de l'observateur : 1,2 m (hauteur des yeux d'une personne assise);
- Hauteur au-dessus des yeux : $H = 1,5$ m.

Les dimensions du local peuvent donc être exprimées comme suit:

Vue transversale : $x = 6$ m $\Rightarrow x = 4$ H
 $y = 12$ m $\Rightarrow y = 8$ H

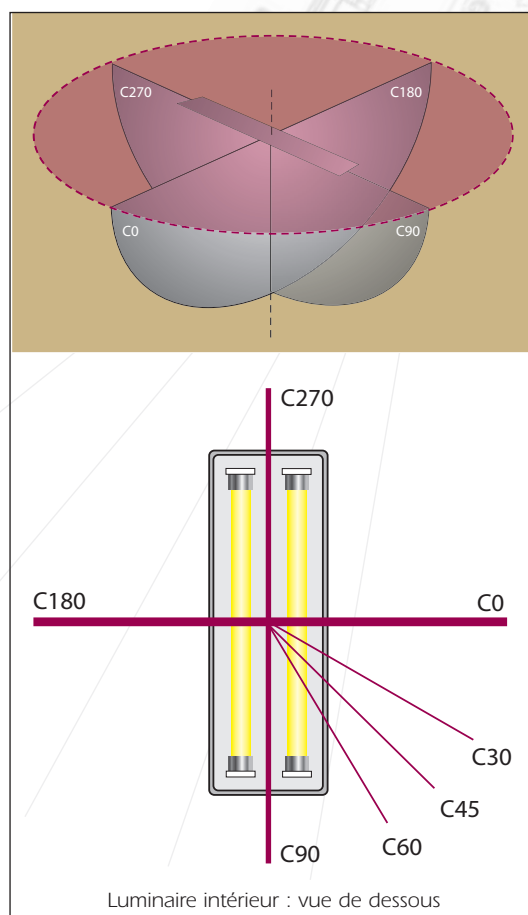


Figure 19 : Plans C0/C180 et C90/C270

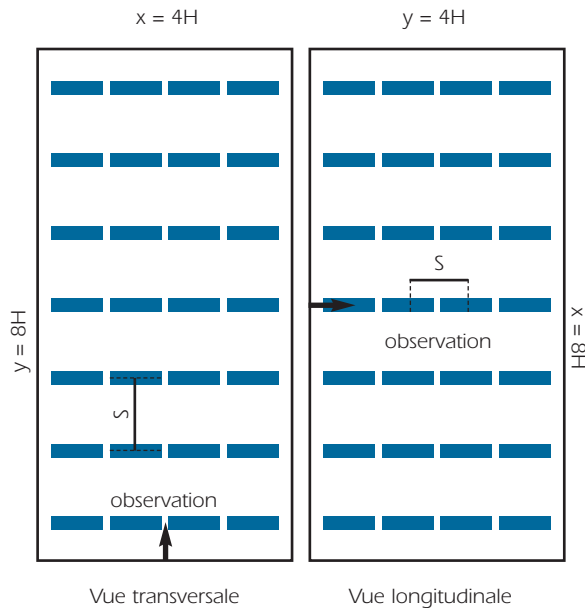
Vue longitudinale : $x = 12$ m $\Rightarrow x = 8$ H
 $y = 6$ m $\Rightarrow y = 4$ H

Note : la dimension x est prise perpendiculairement à la direction d'observation et y est prise parallèlement à la direction d'observation.

Une fois les valeurs x et y déterminées en fonction de H, les valeurs d'UGR sont extraites de la table en fonction des coefficients de réflexion du local.

Si les coefficients de réflexion du plafond sont fixés à 70 %, ceux des murs à 50 % et ceux du sol à 20 %, les valeurs d'UGR que l'on retirera des tables sont respectivement égales à 14,0 pour la vue transversale (parallèle aux plans C0/C180) et 13,1 pour la vue longitudinale (parallèle aux plans C90/C270). Voir Figure 21.

Si la table ne fait l'objet d'aucune indication spécifique, les valeurs d'UGR qu'elle reprend sont des valeurs non corrigées, la table par défaut étant en effet établie pour une lampe d'une puissance don-



Vue transversale

Vue longitudinale

Figure 20 : Vues longitudinales et transversales

née, présentant un flux lumineux de 1.000 lm (comme c'est le cas dans cet exemple).

Il convient de corriger les valeurs d'UGR en fonction des performances réelles des lampes mises en œuvre car les valeurs données par la table d'UGR peuvent servir pour la détermination de l'UGR de luminaires semblables mais équipés de lampes de puissance et de flux lumineux différents.

Dans le cas d'une lampe de 36 W qui possède un flux lumineux de 3.250 lm, un premier facteur de correction est induit par la valeur reprise dans la Figure 22 (0 dans ce cas).

La seconde correction est introduite pour prendre en compte le flux lumineux total de la lampe (3250 lm). Additionnée aux valeurs d'UGR, elle est calculée comme suit :

$$8 \times \log \left(\frac{\Phi}{\Phi_0} \right) = 8 \times \log \left(\frac{3.250}{1.000} \right) + 4,1$$

Reflectances:		0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
ceiling/cavity walls		0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
working plane		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Room dimensions:		Viewed crosswise					Viewed endwise				
x = 2H	y = 2H	14,4	15,4	14,6	15,6	16,0	13,5	14,5	13,7	14,7	15,1
	3H	14,3	15,3	14,6	15,5	15,8	13,3	14,3	13,6	14,5	14,8
	4H	14,2	15,1	14,5	15,3	15,6	13,2	14,1	13,5	14,3	14,6
	6H	14,0	14,8	14,4	15,1	15,4	13,0	13,8	13,4	14,1	14,4
	8H	14,0	14,8	14,4	15,1	15,4	13,0	13,8	13,4	14,1	14,4
	12H	14,0	14,8	14,3	15,0	15,4	13,0	13,8	13,3	14,0	14,4
4H	2H	14,4	15,3	14,7	15,5	15,8	13,6	14,5	13,9	14,7	15,0
	3H	14,3	15,1	14,6	15,3	15,7	13,4	14,2	13,7	14,4	14,8
	4H	14,1	15,0	14,5	15,2	15,7	13,2	14,1	13,6	14,3	14,8
	6H	14,1	14,7	14,6	15,1	15,6	13,2	13,8	13,7	14,2	14,7
	8H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	12H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
8H	4H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	6H	14,0	14,5	14,5	14,9	15,3	13,1	13,6	13,6	14,0	14,4
	8H	13,9	14,3	14,4	14,7	15,3	13,0	13,4	13,5	13,8	14,4
	12H	13,9	14,3	14,4	14,6	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4
	4H	14,0	14,6	14,6	15,0	15,5	13,1	13,7	13,7	14,1	14,6
	6H	13,9	14,3	14,4	14,7	15,3	13,0	13,4	13,5	13,8	14,4
12H	13,9	14,3	14,4	14,6	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4	
Variations with the observer position at spacings:											
S = 1H		+0,9 / -2,1					+0,8 / -1,5				
1,5H		+2,2 / -7,9					+2,6 / -12,1				
2H		+4,0 / -16,0					+4,0 / -22,9				
Corrections for other luminaires of the same type:											
1 x 18W: +2,4				1 x 36W: 0				1 x 58W: -0,8			

Figure 21 : Tableau type d'UGR

	Transversal (Crosswise)	Longitudinal (Endwise)
UGR non corrigé	14	13,1
Correction type de lampe	0	0
Correction flux lumineux de la lampe	4,1	4,1
UGR moyen	18,1	17,2

Tableau 2 : Calcul de l'UGR moyen

Les valeurs d'UGR telles que calculées sont des valeurs moyennes. De manière à prendre en compte les variations de position et à calculer l'UGR maximum, une correction supplémentaire fonction de l'interdistance entre luminaires dans la direction d'observation est ajoutée. Cette correction est d'autant plus importante que l'interdistance est élevée. En effet, lorsque les luminaires sont peu espacés, l'uniformité des luminances est importante. Ce n'est que lorsque l'interdistance augmente que la luminance varie de manière plus marquée et que le contraste induit procure des risques d'éblouissement plus importants. La détermination de la correction liée à l'interdistance, appelée S, se fait en exprimant l'interdistance en fonction de la grandeur H, utilisée précédemment.

Note : Par interdistance, il faut comprendre la distance de centre à centre entre deux luminaires voisins.

Dans notre exemple, si l'interdistance entre luminaires est de 1,5 m, elle correspondra à 1 H. S sera donc égale à 1 H.

Les deux valeurs référencées permettent de calculer l'UGR max et l'UGR min pour chaque direction d'observation. Ce sont ces deux valeurs d'UGR max calculées en appliquant cette correction liée à l'interdistance entre luminaires qu'il convient de prendre en considération et qui doivent être inférieures à la valeur recommandée dans la norme NBN EN 12464-1.

	8H	13,9	14,3	14,4	14,6	15,3	13,0	13,4	13,5	13,7	14,4
Variations with the observer position at spacings:											
S = 1H			+0,9 / -2,1					+0,8 / -1,5			
1,5H			+2,2 / -7,9					+2,6 / -12,1			
2H			+4,0 / -16,0					+4,0 / -22,9			
Corrections for other luminaires of the same type:											
	1 x 18W: +2,4			1 x 36W: 0				1 x 58W: -0,8			

Figure 22 : Tableau type d'UGR

	Transversal	Longitudinal
UGR non corrigé	14	13,1
Correction type de lampe	0	0
Correction flux lumineux	4,1	4,1
UGR moyen	18,1	17,2
Correction S min	- 2,1	- 1,5
Correction S max	0,9	0,8
UGR min	16,0	15,7
UGR max	19,0	18,0

Tableau 3 : Calcul des UGR corrigés

Concrètement, plus la valeur est basse et plus l'éblouissement direct est faible. Des valeurs d'UGR inférieures à 10 n'entraînent aucun éblouissement perceptible. Ce n'est qu'aux alentours de 22 que l'éblouissement devient gênant.

C'est au-delà de 28 que l'éblouissement est même insoutenable.

Typiquement, la norme NBN EN 12464-1 propose les valeurs suivantes :

Bureaux	UGR ≤ 19
Bureaux où un travail de détail est effectué (ex : dessin technique)	UGR ≤ 16
Salles de réunions	UGR ≤ 19
Réception	UGR ≤ 22
Escaliers	UGR ≤ 25
Couloirs	UGR ≤ 28

Tableau 4 : Valeurs d'UGR types

Au niveau des exigences UGR, la norme travaille avec des valeurs types, réparties en classes : 16, 19, 22, 25 et 28.

Pour les postes de travail équipés d'écran de visualisation, la norme NBN EN 12464-1 renseigne également une limite de luminance moyenne des

luminaires pour des angles d'élévation allant de 65° à 85° dans toutes les directions d'observation que l'on ne peut déterminer avec cette méthode approchée. Il faut s'adresser au fabricant de luminaires pour obtenir cette information ou effectuer des calculs plus poussés.

Classes d'écrans selon ISO 9241-7	I	II	III
Qualité de l'écran	bonne	moyenne	faible
Luminance moyenne des luminaires qui sont réfléchis dans l'écran	$\leq 1000 \text{ cd/m}^2$		$\leq 200 \text{ cd/m}^2$

Tableau 5 : Classes d'écran selon ISO-9241-7

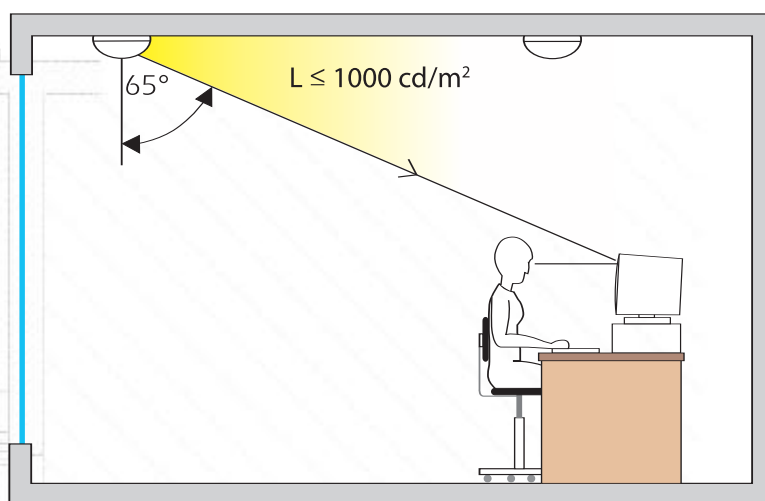


Figure 23 : Limite de la luminance pour un angle supérieur à 65°.

2 Un projet de qualité selon ses priorités

Un projet d'éclairage de qualité rencontre deux exigences: assurer le confort visuel de manière satisfaisante tout en visant les économies d'énergie.

La première exigence, celle du confort visuel, est l'objectif à atteindre. La seconde, l'utilisation rationnelle de l'éclairage, est une logique qui doit être intégrée du début à la fin du projet.

Au-delà des exigences définies dans la NBN EN 12464-1, les paramètres à prendre en considération pour ces deux exigences seront différents.

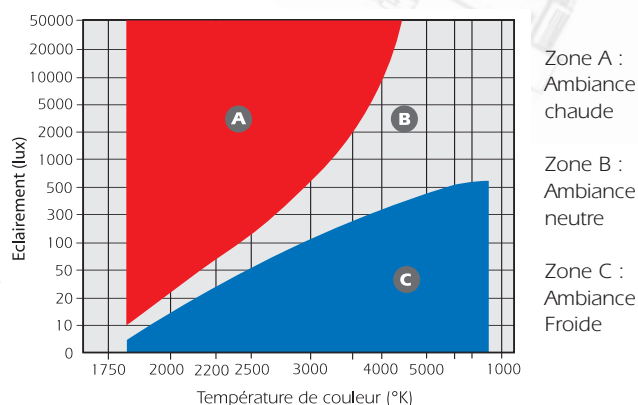


Figure 24 : Diagramme de Kruithoff

2.1 Le confort visuel

En plus des exigences reprises dans la NBN EN 12464-1 (niveau d'éclairage moyen, uniformité, UGR et indice de rendu des couleurs), d'autres facteurs interviennent pour atteindre un confort visuel satisfaisant :

- L'équilibre des luminances dans l'ensemble du local (luminances des différentes parois, des surfaces de travail, des écrans d'ordinateur, ...);
- La température de couleur. Si ce paramètre intègre une notion d'ordre psychologique, la tendance naturelle est de privilégier des sources avec une température de couleur proximale faible pour les espaces faiblement éclairés et une température de couleur proximale élevée pour des niveaux d'éclairage importants;
- Outre la température de couleur et l'indice de rendu des couleurs, dans le cas d'applications particulières (telles que boucheries, poissonneries,...), il est important d'opter pour des sources ayant un excellent rendu des couleurs pour la couleur principale des éléments manipulés;
- L'absence de papillotement est également primordiale pour garantir le confort visuel. Ceci dépendra fortement de la fréquence d'alimentation des sources. A 30.000 Hz, aucun problème de papillotement ne sera perceptible par les occupants du local;
- L'absence d'ombres - y compris d'ombres portées par les occupants ou d'éventuels éléments mobiliers -, dans la zone de travail, ou d'éblouissement par reflets sur des surfaces brillantes, ou par effet de voile.

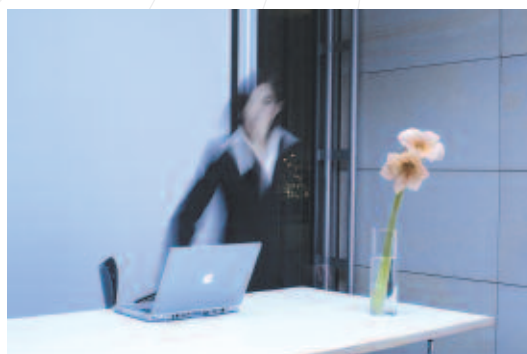


Figure 25 : Lumière de couleur froide (5.000 K)

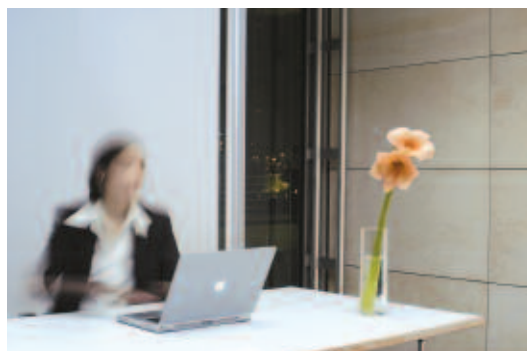


Figure 26 : Lumière de couleur neutre (3.500 K)



Figure 27 : Lumière de couleur chaude (2.500 K)

2.2 L'utilisation rationnelle de l'énergie

L'utilisation rationnelle de l'énergie est un élément qui doit être pris en compte dès la phase de conception de l'installation d'éclairage. Le concepteur veillera à :

- respecter les valeurs de la norme NBN EN 12464-1 sans les excéder outre mesure. Il est conseillé de ne pas obtenir un éclairement moyen supérieur de plus de 20 % du niveau d'éclairement moyen à maintenir repris dans la norme;
- Opter pour du matériel de qualité (lampes, ballast¹ et luminaire);
- Limiter le flux hémisphérique supérieur des luminaires dans les locaux où l'éclairage indirect n'est pas indispensable;
- Veiller, dans la mesure du possible, à combiner intelligemment l'éclairage général du local à l'éclairage dédié aux zones de travail;
- ne fournir que la **quantité** de lumière **nécessaire**, là où elle est nécessaire et **quand** elle est nécessaire. Il faut donc privilégier une gestion de l'éclairage en fonction de l'activité, de la présence, de l'apport d'éclairage naturel, ...

2.2.1 La puissance installée

La manière la plus directe d'agir sur l'installation est de limiter la puissance installée de l'installation tout en veillant à garantir le confort des occupants: la puissance électrique définie par calcul pour l'ensemble des luminaires installés dans un local (y compris les luminaires décentralisés) sera la plus faible possible.

A titre indicatif, nous renseignons ici quelques puissances installées révélatrices d'une installation d'éclairage énergétiquement que l'on peut considérer comme énergétiquement bien conçue :

- max. 2 à 2,5 W/m² par 100 lux pour les locaux de bureaux, les salles de cours, ...
- max. 3,5 W/m² par 100 lux pour les grands halls (la hauteur n'excédant toutefois pas 5 m)
- max. 3,5 W/m² par 100 lux pour les circulations

Une autre manière de limiter la consommation énergétique de l'installation d'éclairage est d'assurer une bonne gestion de l'éclairage, l'idéal étant d'associer les deux.

2.2.2 La gestion de l'éclairage

La gestion de l'éclairage est un paramètre important d'une bonne installation d'éclairage. Une bonne gestion permet à la fois d'améliorer le confort visuel (réponse à la demande des utilisateurs) et d'effectuer des économies d'énergie.

Citons ainsi, entre autre :

- Le zonage;
- Le contrôle horaire;
- La détection de présence ou d'absence;
- La gestion du flux lumineux en fonction de la disponibilité d'éclairage naturel;
- La programmabilité.

Le zonage avec gestion séparée des luminaires peut, typiquement, être réalisé près des baies vitrées, dans les grands bureaux ou dans les salles de réunion.

La gestion horaire permet de couper l'éclairage en tout ou en partie à des heures où le bâtiment n'est pas occupé (ex : extinction automatique à 19h00).

La détection de présence et/ou d'absence permet d'allumer ou d'éteindre l'éclairage en fonction de l'occupation de locaux (locaux techniques faiblement utilisés, bureaux paysagers,...).

La gestion du flux lumineux en fonction de la disponibilité de lumière naturelle peut se faire, de manière locale (par luminaire) ou centrale (par groupe de luminaire) au moyen de la mesure de l'éclairement sur le plan de travail ou de la luminance de la baie voire, parfois, en fonction de l'éclairement extérieur.

La manière dont la gestion des luminaires est effectuée est toutefois fonction du type de luminaires installés et du type de contrôle.

En effet, la gestion sur base de commande analogique (tension de 1 à 10 V) ou digitale (systèmes communiquant l'information au moyen de protocoles de communication de type DALI ou autre) pourra avoir un impact sur le câblage et/ou sur la flexibilité future du contrôle.

¹ Pour les ballasts, il est nécessaire de se conformer à la directive européenne 2000/55/CE qui interdit depuis novembre 2005 l'usage de ballast de catégorie C et D ainsi qu'aux arrêtés royaux d'application.

On peut classer les commandes d'éclairage en commandes d'allumage ou de modulation, commandes manuelles ou automatiques, et commandes centralisées ou décentralisées.

Même si pratiquement toutes les combinaisons sont possibles, les systèmes les plus utilisés sont l'interrupteur automatique décentralisé couplé à la détection de présence, l'interrupteur à minuterie, la compensation locale automatique en fonction de la lumière du jour et, bien entendu, les interrupteurs manuels classiques, qui peuvent être centralisés ou décentralisés.

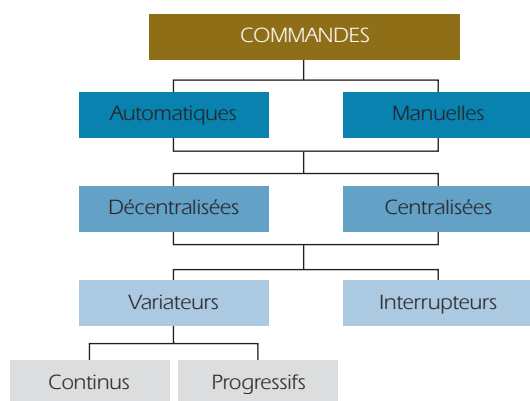


Figure 28 : Classification des systèmes de commande de l'éclairage

La technologie des commandes automatiques d'éclairage évolue rapidement et des systèmes de plus en plus sophistiqués apparaissent sur le marché, offrant des opportunités pour améliorer les performances, la flexibilité des bureaux, la satisfaction des occupants et le rendement énergétique.

Les arguments en faveur de l'installation de commandes automatiques sont principalement :

- l'économie d'énergie : diminution du temps d'allumage en dehors des périodes d'occupation du local, exploitation de la lumière naturelle ;
- le plus haut degré de satisfaction et de confort de l'occupant qui a une maîtrise supérieure sur l'environnement visuel ;
- la plus grande flexibilité des locaux (particulièrement marquée dans le cas de plateaux), car les fonctions d'allumage et de variation deviennent indépendantes du câblage physique d'alimentation. Lorsqu'on déplace les cloisons entre les modules de bureaux ou les postes de travail, les

luminaires et les interrupteurs peuvent aisément être réorganisés en fonction des besoins par programmation du système de gestion ;

- les possibilités étendues de gestion, certains systèmes permettant de modifier, de manière centralisée ou décentralisée, les réglages des commandes, les performances et les informations relatives à la maintenance ;
- la simplification de la conception et de l'installation, car l'électronique, les circuits d'alimentation et les télécommandes peuvent souvent s'installer indépendamment de la disposition des locaux.

D'une manière générale, la gestion d'une installation d'éclairage au moyen de senseurs et d'unités de contrôle permet d'assurer des économies d'énergie. Il importe toutefois de faire attention à la consommation parasite de l'ensemble qui peut, pour certains systèmes, être non négligeable voire extrêmement énergivore.

3 Le dimensionnement du projet

3.1 La détermination des points de maillage

Lors de la phase de dimensionnement du projet, lorsque l'on désire dimensionner l'installation sur base de calculs, il est nécessaire d'adapter le maillage de la grille de calcul en fonction des dimensions de la surface à calculer.

Il importe ici de rappeler que le maillage type que l'on appliquera ici par défaut diffère de celui des installations sportives qui est déterminé dans la NBN EN 12193.

3.1.1 Maillage par défaut

La détermination du maillage se fait, par défaut, en considérant les deux directions principales d'observation (longitudinale et transversale). Pour chaque direction d'observation un pas (p) de maillage est calculé.

Note : Le pas du maillage est par définition la distance entre deux points de mesure ou de dimensionnement.

Ce pas varie, pour les 2 directions d'observation, en fonction des dimensions du local. Il est fixé sur base du calcul du nombre de points de maillage n (voir Figure 29).

Si la longueur du local, dans la direction considérée est supérieure à 20 mètres, le nombre de points

de maillage dans cette direction sera déterminé en utilisant la formule suivante :

$$n = (0,375 \times d) + 12,5 \quad [-]$$

où d est la longueur du local, dans la direction considérée, exprimée en mètre.

Si la longueur du local, dans la direction considérée est comprise entre 5 et 20 mètres, le nombre de points de maillage dans cette direction sera déterminé en utilisant la formule suivante :

$$n = \frac{2}{3} \times (d + 10) \quad [-]$$

où d est la longueur du local, dans la direction considérée, exprimée en mètre.

Si la longueur du local, dans la direction considérée est comprise entre 2 et 5 mètres, le nombre de points de maillage dans cette direction sera déterminé en utilisant la formule suivante :

$$n = \frac{1}{3} \times [(4 \times d) + 10] \quad [-]$$

où d est la longueur du local, dans la direction considérée, exprimée en mètre.

Si la longueur du local, dans la direction considérée est inférieure à 2 mètres, le nombre de points de maillage dans cette direction sera déterminé en utilisant la formule suivante :

$$n = 3 \times d \quad [-]$$

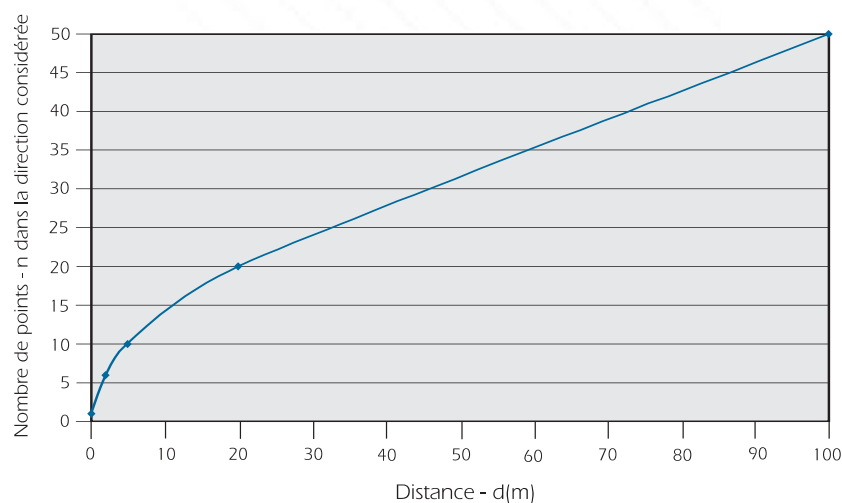


Figure 29 : Nombre de point du maillage en fonction de la dimension du local pour la direction d'observation considérée

où d est la longueur du local, dans la direction considérée, exprimée en mètre.

$$p = \frac{d}{n} \quad [m]$$

La détermination du pas (distance entre les points de calcul des éclairagements) se fait en divisant la distance d par la nombre de points du maillage dans cette direction.

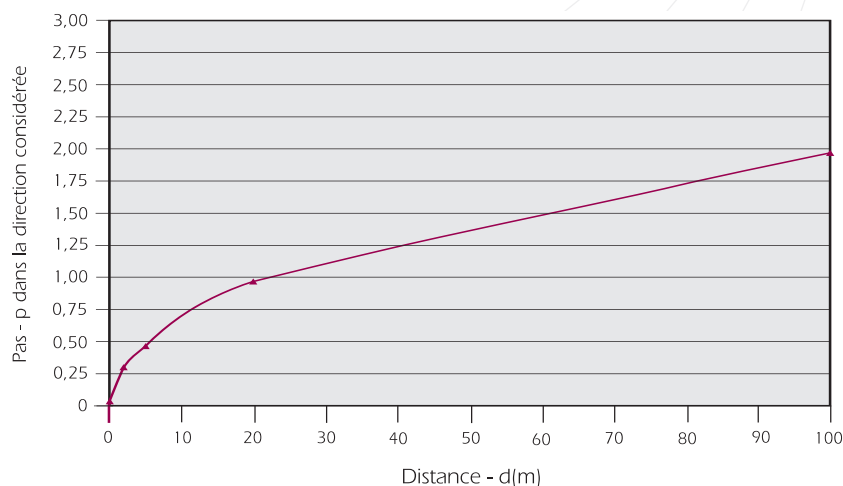


Figure 30 : Pas du maillage en fonction de la dimension du local pour la direction d'observation considérée

Quelle que soit la surface considérée, il faut que les points de maillage soient, dans la mesure du possible, disposés de manière à ce que l'intervalle entre un point de la périphérie du maillage et le bord de l'espace étudié soit égal à la moitié du pas utilisé dans cette direction.

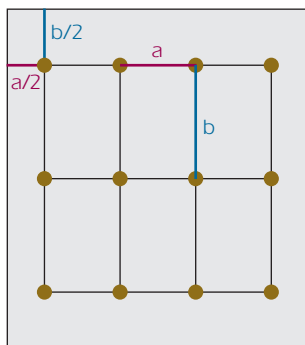


Figure 31 : Maillage type de pas a et b dans les directions longitudinale et transversale

Remarque : Le nombre de points de maillage n à utiliser pour la détermination du pas est la valeur obtenue par les formules ci-dessus, arrondie à l'unité supérieure. (par exemple, si $n = 4,3333$, le nombre de points n à considérer est arrondi à 5).

Les dimensions du local appelées respectivement d_1 et d_2 sont exprimées en mètre.

Il est bien évidemment toujours autorisé de prendre en compte un plus grand nombre de points.

3.1.2 Les installations sportives

Dans le cas du dimensionnement des installations sportives, le pas du maillage (distance entre deux points de mesure ou de calcul, exprimée en mètre), utilisé pour le dimensionnement et pour le calcul, varie, ce qui diffère quelque peu des habitudes de dimensionnement de l'éclairage intérieur.

Pour les installations sportives, le pas du maillage (p) est fonction :

- du sport pratiqué;
- de la géométrie de l'installation;
- de la distribution lumineuse des luminaires installés;
- de la précision attendue.

Vu la difficulté pratique de déterminer le maillage en fonction de ces paramètres, il peut être estimé à l'aide de la formule suivante :

$$p = 0,2 \times 5^{\log(d)}$$

où

- p est le pas du maillage (exprimé en mètre) ;
- d est la plus grande dimension de l'aire de référence (exprimée en mètre), les valeurs des plus grandes dimensions de l'aire de référence étant fixées pour chaque sport (parmi les sports le plus couramment pratiqués en Europe).

C'est ainsi que l'on a :

p = 0,2 m pour d = 1 m

p = 1 m pour d = 10 m

p = 5 m pour d = 100 m.

Le nombre de points de maillage dans la plus grande direction est donné par l'entier le plus proche du rapport d/p.

Nous renverrons le lecteur à l'annexe 4.3 *Vérification sur site* pour la détermination du maillage lors de la vérification sur site.

3.2 Le coefficient de réflexion des parois

Les coefficients de réflexion des parois $\rho(\%)$ est un élément très important au niveau de la perception du confort visuel. Il est défini comme la quantité d'énergie lumineuse réfléchie par cette surface par rapport à celle reçue par celle-ci.

3.2.1 Coefficients de réflexion par défaut

A défaut de prescriptions spécifiques, lors du dimensionnement d'un projet, les coefficients suivants seront pris comme valeurs de référence.

Coefficient de réflexion par défaut	
Plafond	0,7
Parois	0,5
Sol	0,3

Tableau 6 : Coefficient de réflexion à considérer par défaut

Ces surfaces seront considérées, par défaut, comme parfaitement diffusantes, ce qui, certes, est une approximation, mais ne s'écarte pas trop de la réalité, la majorité des matériaux de construction étant généralement fortement diffus (à l'exception de surface de type pierre polie ou de revêtement de type Inox,...)

3.2.2 Coefficients de réflexion spécifiques

Si l'on désire effectuer des calculs plus détaillés sur base des vraies valeurs, il convient de prendre en considération les coefficients de réflexion réels des parois, telles qu'elles seront mises en œuvre.

Cette information peut être obtenue auprès des fournisseurs de matériaux ou sur base de mesure.

L'information obtenue auprès des fournisseurs consistera, par exemple, en un code RAL (code de couleur) qui permet, via conversion vers l'espace colorimétrique, d'obtenir les coordonnées Yxy et donc, via Y, le coefficient de réflexion hémisphérique.

La mesure colorimétrique des matériaux permettra, quant à elle, d'obtenir directement les coordonnées colorimétriques Yxy du matériau considéré et donc, via Y, de connaître le coefficient de réflexion hémisphérique réel à prendre en compte.

4 Annexes

4.1 Fiche technique d'un luminaire

De manière à maîtriser le confort visuel et l'installation d'éclairage artificiel, il importe de détailler le mieux possible les luminaires installés.

Pour ce faire, il est conseillé de :

- détailler les références du luminaire (type de matériel, marque, références du constructeur) ;
- décrire succinctement le luminaire (caractéristiques générales);
- spécifier si l'appareil possède des certificats de conformité ou labels de qualité;
- décrire en détail les différents éléments le com-

posant (lampe, ballast et auxiliaires, embase, réflecteur et/ou optique);

- de spécifier les caractéristiques photométriques du luminaire (diagramme polaire d'intensité lumineuse en cd/1.000 lm suivant les plans C0/C180 et C90/C270, tableau d'intensité lumineuse en cd/1.000 lm, tableau de luminance pour le flux lumineux nominal de la lampe, rendements hémisphériques suivant classification CIE 100, codes flux CIE selon le rapport technique CIE 52, codes flux CEN selon la norme NBN EN 13032-2, surface lumineuse, UGR selon le rapport technique CIE 117).

Ci-après se trouve un exemple de fiche technique qui peut être utilisée pour caractériser un luminaire.

4.2 Fiche technique - type

Fiche Technique n° x	
Date : xx/xx/20xx	
Référence	
Matériel	:
Marque de l'appareil	:
Référence constructeur	:
Description succincte du luminaire	
Conformité	
Le matériel présenté :	
☐ fait l'objet d'un certificat de conformité constructeur	
Type de certificat	Série :
Date de mise en vigueur :	Date de finalisation :
☐ fait l'objet de labels de qualité du Constructeur	
Type de label :	
☐ a été fabriqué dans une usine certifiée :	
☐ a été fabriqué suivant la classe de protection :	
☐ a été fabriqué suivant la classe de résistance au choc IK-- : --	
Description	
D.1. Lampe	
- Marque :	
- Type :	
- Puissance nominale	: W
- Flux lumineux * nominal après 100 h de fonctionnement	: lm
- Température de couleur *	: K
- Indice de rendu de couleur *	:
- Température ambiante pour fonctionnement optimal	: °C
- Durée de vie moyenne*	: heures
* avec ballast précisé en D.2	
D.2. Auxiliaires (ballast)	
- Marque	:
- Type	:
☐ Ballast ferro - magnétique	
• Classe selon directive 2000/55/CE	:
• Puissance du système	: W
☐ Ballast électronique	
• Classe selon directive 2000/55/CE	:
• Puissance du système	: W
- Ballast lumen factor (BLF selon CIE 121)	:

D.3. Luminaire

- Descriptif du corps du luminaire : (Exemple : tôle, épaisseur tôle, anticorrosion, peinture, positions lampes, dimensions du luminaire,....)
- Descriptif du système optique : (Exemple : type de réflecteur, qualité de l'aluminium, forme de ventelles, fixation du réflecteur à l'embase, angles de défilement, raccordement à la terre du réflecteur,....)
- Descriptif du système de montage : (Exemple : par tiges filetées ou par appui sur un profilé,....)

Photos et plans de détails en annexe (nombre) :

Caractéristiques photométriques du luminaire**E.1. Diagramme polaire d'intensité lumineuse en cd/1000 lm**

Suivants les plans C0/C180 et C90/C270

E.2. Tableau d'intensité lumineuse en cd/1000 lm

Suivants les plans Gamma C0 - C15 - C30 - C45 - C60 - C75 - C90 pour les plans pris de 5° en 5°.

E.3. Tableau de luminance pour le flux lumineux nominale de la lampe

(Dans les mêmes plans que E.2.)

E.4. Rendements hémisphériques suivant classification CIE 100

- | | | | |
|-------------|---|-------|---|
| - Supérieur | : | ..... | % |
| - Inférieur | : | ..... | % |
| - Total | : | ..... | % |

E.5. Codes Flux CIE – CEN

Codes Flux CIE selon CIE 52

- | | | | |
|-------------------|---|-------|----|
| - .N1 (= FC1/FC4) | : | ..... |  |
| - .N2 (FC2/FC4) | : | ..... |  |
| - .N3 (FC3/FC4) | : | ..... |  |
| - .N4 (FC4/F) | : | ..... |  |
| - .N5 (F/PHIS) | : | ..... |  |
| - PHIS | : | ..... | lm |

Codes CEN abrégés selon NBN EN 13032-2

- | | | |
|-------------|---|-------|
| - FCL1/FCL4 | : | ..... |
| - FCL2/FCL4 | : | ..... |
| - FCL3/FCL4 | : | ..... |
| - DFF | : | ..... |
| - LOR | : | ..... |

E.6. Surface lumineuse

- | | | | |
|---------------------|---|-------|-----------------|
| - Longueur | : | ..... | mm |
| - Largeur | : | ..... | mm |
| - Surface lumineuse | : | ..... | mm ² |

E.7. Evaluation de l'éblouissement selon UGR selon CIE 117 (table)

Il convient, pour la table des UGR, de spécifier le type de lampe ainsi que le flux de lampe auquel correspond la table référencée.

4.3 Vérification sur site

En cas de nécessité d'une mesure sur site de l'éclairement moyen et de l'uniformité de l'éclairement, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Les mesures doivent être faites après que l'installation ait au moins fonctionné une centaine d'heures au total.
- Le local doit être dégagé de tout mobilier dont la présence n'était pas précisée dans le cahier des charges spécifiques.
- En cas de mesure pour contestation, les coefficients de réflexion des parois doivent correspondre à ceux préconisés dans le cahier des charges spécifiques. A défaut, des simulations informatiques complémentaires devront être effectuées.
- L'installation doit être mise en fonctionnement au moins 1 heure avant de commencer les mesures. Pour les lampes à incandescence et halogènes, 15 minutes de préchauffage sont suffisantes.
- Avant de procéder aux mesures d'éclairement, il est indispensable de mesurer la tension d'alimentation des appareils d'éclairage (celle-ci doit atteindre au minimum 220 V) et la température ambiante du local (à défaut de prescriptions précises dans le cahier des charges spécifiques) doit être comprise entre 18 et 25°C. Si ces deux exigences ne sont pas rencontrées, les mesures d'éclairement ne peuvent être effectuées.
- Pour déterminer les points de mesure, il faut circonscrire la zone de travail à mesurer, telle qu'elle a été prise en compte dans le cahier des charges initial. Idéalement, la zone de travail sera limitée par un rectangle.
 - Pour les surfaces de travail de plus de 10 m², on adoptera une interdistance maximale d'1 m entre les points de mesure (conformément à l'Addendum 1 de la NBN L14-002). Aucune mesure ne sera toutefois effectuée à moins de 0,5 m d'une paroi, de manière à éviter tout effet de bord.
 - Pour les surfaces de travail plus petites ou celles ne pouvant être limitées par un rectangle, on reprendra la position des points de calcul utilisés lors du dimensionnement. A défaut, une interdistance de 30 cm est conseillée.
- Les points de mesure seront disposés symétriquement dans l'espace.
- Le luxmètre utilisé doit être un luxmètre $V(\lambda)$ - sensibilité de l'œil humain- étalonné et corrigé en $\cos(\varphi)$ -correction relative à l'incidence des rayons lumineux-. Par ailleurs, les valeurs mesurées sur site devront être corrigées en intégrant un facteur de correction tenant compte du type de sources.
- La mesure d'éclairement est faite en chaque point de maillage tel que défini ci-dessus, le luxmètre étant placé parallèlement à la surface éclairée (horizontalement dans le cas d'une surface de travail horizontale, verticalement pour un tableau, en oblique pour un poste de travail ou une table à dessin inclinés, ...). Pour l'éclairement horizontal, la hauteur de mesure est celle de la hauteur de plan de travail.
- Pour les mesures dans des locaux bénéficiant d'éclairage naturel, le plus simple est d'effectuer les mesures de nuit, en occultant les éventuels apports de lumière artificielle extérieurs. Si ce n'est pas possible, les mesures d'éclairement devront être faites en 2 étapes, aussi proches que possible dans le temps : une première étape durant laquelle la mesure est faite en présence d'éclairage naturel diffus (ciel couvert), avec l'installation d'éclairage artificiel allumée, et une deuxième étape en présence de l'éclairage naturel seul. La différence entre les résultats obtenus en un même point donne l'apport d'éclairage artificiel en ce point.
- Lorsque toutes les mesures ont été prises et corrigées par les facteurs ad hoc, la moyenne arithmétique des valeurs obtenues aux différents



Figure 32 : Luxmètre $V(\lambda)$

points de maillage équivaut à l'éclairement moyen. La précision de mesure ainsi atteinte est évaluée à 5 %. L'uniformité est le rapport entre la valeur mesurée la plus faible et l'éclairement moyen.

- Il est important de collationner toutes les informations dans un rapport (tension mesurée, température ambiante, âge de l'installation, durée de fonctionnement avant mesure, croquis d'implantation, luxmètre utilisé, facteurs de correction intégrés, type de sources en présence, coefficient de réflexion des parois, ...).



Figure 33 : Occultation des baies au moyen de bâches



Figure 34 : Mise à niveau du luxmètre

5 Références

Baker N., Fanchiotti A., Steemers K., « Daylighting in Architecture, A European Reference Book », James & James, 1993.

Baker N., Steemers K., « Daylight Design of Buildings », James & James, 2003, 250 pages.

Bodart Magali, De Herde André, « Guide d'aide à l'utilisation de l'éclairage artificiel en complément à l'éclairage naturel », Ministère de la Région Wallonne, DGTRE - Division Energie, 1999, 197 pages.

Les cahiers techniques du bâtiment - n°261 - mai 2006.

CSTC, « Probe : Pistes pour la rénovation des immeubles de bureaux - un meilleur confort avec moins d'énergie », CSTC Rapport N°6, 2002, 75 pages.

Reiter Sigrid, De Herde André, « L'éclairage naturel des bâtiments », Ministère de la Région Wallonne, DGTRE - Division Energie, 2002, 265 pages.

Rapport Technique RTV 01 - Guide du vocabulaire en éclairage, IBN, septembre 2001.

6 Crédits photographiques

Nous remercions les sociétés suivantes pour leurs crédits photographiques et illustratifs :

- Architecture et Climat - UCL, pages: 23,33
- CSTC - WTCB, pages: 7, 8, 17, 19, 25, 32, 33
- ETAP N.V., pages: 9, 10, 11, 15
- Mitralux, pages: 10, 12, 15
- Philips Lighting, pages: 9, 11, 23



Institut Belge de l'Éclairage

Informations et contacts

Secrétariat de l'IBE-BIV
c/o VUB - TW - ETEC
2, Boulevard de la Plaine
1050 Bruxelles

Tél: +32/(0)2-629.28.19
Fax: +32/(0)2-629.36.20
E-Mail: ibe-biv@vub.ac.be
www.ibe-biv.be