

Roger Cadiergues

L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL



(Guide RefCad nR27.a)



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

TABLE DES MATIÈRES DU GUIDE

| <i>Contenu</i> | <i>page</i> |
|---|-------------|
| 1. Le cadre de l'éclairage | 3 |
| 1.1. La normalisation de l'éclairage | 3 |
| 1.2. Le vocabulaire de l'éclairage | 3 |
| 1.3. Les concepts essentiels | 5 |
| 1.4. Les normes de l'éclairage | 5 |
| 1.5. La norme éclairage des lieux de travail | 6 |
| 1.6. La norme éclairage des installations sportives | 6 |
| 1.7. La norme énergétique de l'éclairage | 7 |
| 1.8. Les dispositions réglementaires | 7 |
| 2. Les installations d'éclairage artificiel | 8 |
| 2.1. Les sources de lumière | 8 |
| 2.2. Les méthodes de dimensionnement | 8 |
| 2.3. Le plan utile et les indices | 9 |
| 2.4. Les réflectances des parois | 10 |
| 2.5. Les types d'éclairage | 10 |
| 2.6. Les utilisances | 10 |
| 2.7. Les éclairagements recommandés | 12 |

| <i>Contenu</i> | <i>page</i> |
|---|-------------|
| 2.8. Rendements et facteurs de dépréciation | 12 |
| 2.9. Le confort visuel et l'éblouissement | 13 |
| 2.10. Contraste et uniformité | 14 |
| 2.11. L'introduction des couleurs | 14 |
| 2.12. Les consommations | 16 |
| 3. Les sources d'éclairage artificiel | 18 |
| 3.1. Les projets d'éclairage | 18 |
| 3.2. Les grandes catégories de lampes | 19 |
| 3.3. Le choix des lampes | 19 |
| 3.4. La technologie des lampes | 20 |
| 3.5. Les diodes électro-luminescentes | 23 |
| 3.6. La très basse tension de sécurité (TBTS) | 24 |
| 3.7. Le montage électrique des LEP | 25 |
| 3.8. La structure des LEP | 25 |
| 4. Le cadre réglementaire | 27 |
| 4.1. Les textes officiels pris en compte | 27 |
| 4.2. Les textes «du travail» | 27 |
| 4.3. Les textes des «ERP» | 31 |

LE CADRE DE CE GUIDE

Pour les notions de bas reportez-vous au guide (chapitre 1) :
nR14. La qualité des ambiances.

Chapitre 1

1. LE CADRE DE L'ÉCLAIRAGE

1.1. LA NORMALISATION DE L'ÉCLAIRAGE

LE RÔLE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE (C.I.E.)

En éclairage, depuis de nombreuses années, les normalisations et unifications internationales ont eu pour origine les travaux de la **Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.)**, qui sont résumés dans la publication suivante (1987) :

Publication CIE 17.4 : *Vocabulaire International de l'Éclairage*

Nous donnons, à l'encadré ci-dessous, la liste d'autres publications de cet organisation.

LISTE INDICATIVE DE PUBLICATIONS DE LA C.I.E.

CIE Publication 13.3. *Method of measuring and specifying colour rendering of light sources.*
CIE Publication 15.2. *Colorimetry.*
CIE Publication 16. *Daylight.*
CIE Publication 29.2. *Guide on interior lighting.*
CIE Publication 49. *Guide on the emergency lighting of building interiors.*
CIE Publication 67. *Guide for the photometric specification and measurement of sports lighting installations.*
CIE Publication 68. *Guide to the lighting of exterior working areas.*
CIE Publication 69. *Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters*
CIE Publication 83. *Guide for the lighting of sports events for colour television and film systems.*
CIE Publication 97. *Maintenance of indoor electric lighting installations.*
CIE Publication 112. *Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting.*
CIE Publication 117. *Discomfort glare in interior lighting.*
CIE Publication 121. *The photometry and goniophotometry of luminaires.*

LES NORMES FRANÇAISES ET EUROPÉENNES (NF EN.)

Ces normes sont de deux catégories :

1. les **normes générales** (les seules reprises à la suite)

- NF EN 12665 (novembre 2002) : Lumière et éclairage - Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage : voir § **1.2**,

- NF EN 12464-1 (juin 2003) : Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur : voir § **1.3**,

- NF EN 12193 (mars 2008) : Lumière et éclairage - Éclairage des installations sportives : voir § **1.4**,

- NF EN 15193 (novembre 2007) : Performance énergétique des bâtiments - Exigences énergétiques pour l'éclairage : voir § **1.5** ;

2. les **normes** concernant les **appareils d'éclairage** (non utilisées dans ce guide)

- NF EN 13032-1 (octobre 2004) : Lumière et éclairage - Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 1 : mesure et format de données,

- NF EN 13032-2 (avril 2005) : Lumière et éclairage - Mesure et présentation des caractéristiques photométriques des lampes et luminaires - Partie 2 : présentation des données utilisées dans les lieux de travail intérieurs et extérieurs,

- NF EN 13032-3 (décembre 2007) : Lumière et éclairage - Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 3 : présentation des données pour l'éclairage de sécurité des lieux de travail.

1.2. LE VOCABULAIRE DE L'ÉCLAIRAGE

LE CONTENU DE LA NORME NF EN 12665

Cette norme, extrêmement importante, définit tous les termes utilisés en éclairage. Elle comporte les différentes parties indiquées par l'encadré suivant (**I** : page suivante).

I. LE CONTENU GLOBAL DE LA NORME NF EN 12665
NF EN 12665 Novembre 2002 Lumière et éclairage
Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage

- 1 Domaine d'application
- 2 Références normatives
- 3 Termes et définitions
 - 3.1 Oeil et vision
 - 3.2 Lumière et couleur
 - 3.3 Matériel d'éclairage
 - 3.4 Lumière du jour
 - 3.5 Installations d'éclairage
 - 3.6 Mesures en éclairage
- 4 Guide pour la spécification d'exigences en éclairagisme

LES DÉFINITIONS DE LA NORME NF EN 12665

La norme précitée précise les définitions adoptées en éclairage, définitions réparties comme il est indiqué à l'encadré suivant (II).

II. LES DÉFINITIONS CONTENUES DANS LA NORME NF EN 12665

- 3.1 Oeil et vision (Adaptation, Accommodation, Acuité visuelle, Luminosité, Contraste, Contraste de luminosité, Contraste de couleur, Eblouissement, Papillotement, Champ de vision, Performance visuelle, Confort visuel)
- 3.2 Lumière et couleur (Flux lumineux (Φ) ; Intensité lumineuse (d'une source, dans une direction donnée) (I) ; Luminance (lumineuse) ; luminance visuelle (dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive), (L) ; Luminance moyenne (L-) ; Luminance minimale (Lmin) ; Luminance maximale (Lmax) ; Luminance à maintenir (L-m) ; Luminance initiale (L-i) ; Contraste de luminance ; Uniformité de luminance ; Eclairage (lumineux) (en un point d'une surface) (E) ; Eclairage moyen (E-) ; 3.2.13 Eclairage minimal (Emin) ; Eclairage maximal (Emax) ; Eclairage à maintenir (E-m) ; Eclairage initial (E-i) ; Eclairage sphérique (en un point) (Eo) ; Eclairage hémisphérique (en un point) (Ehs) ; Eclairage cylindrique (en un point, pour une direction) (Ez) ; Eclairage semi-cylindrique (en un point) (Esz) ; Uniformité d'éclairage ; Surface de référence ; Eblouissement perturbateur ; Eblouissement inconfortable ; Réflexions-voile ; Ambiance lumineuse ; Rendu des couleurs ; Indice général de rendu des couleurs cie 1974 [Ra] ; Stimulus de couleur ; Composantes trichromatiques (d'un stimulus de couleur) ; Coordonnées trichromatiques ; Chromaticité ; Température de couleur (Tc) ; Température de couleur proximale (Tcp) ; Fréquence de fusion, fréquence critique de papillotement (dans des conditions données) ; Facteur de réflexion (pour un rayonnement incident de composition spectrale, polarisation et répartition géométrique données) (ρ) ; Facteur de transmission (pour un rayonnement incident de composition spectrale, polarisation et répartition géométrique données) (τ) ; Facteur d'absorption (α) ; Photométrie)
- 3.3 Matériel d'éclairage (Lampe, Ballast ; Luminaire ; Ballast de référence ; Lampe de référence ; Flux lumineux assigné (d'un type de lampe) ; Efficacité lumineuse d'une source (η) ; Rendement normalisé (d'un luminaire) ; Rendement en service (d'un luminaire) (η_w) ; Facteur de flux (lumineux) d'un ballast ; Rendement normalisé inférieur (d'un luminaire) ; Rendement normalisé supérieur (d'un luminaire) ; Répartition (spatiale) de l'intensité lumineuse (d'une source) ; Facteur d'utilisation (d'une installation, pour une surface de référence) ; Utilance (d'une installation, pour une surface de référence) (u) ; Facteur de dépréciation du flux lumineux d'une lampe ; Facteur de survie d'une lampe ; Facteur de dépréciation d'un luminaire ; Défilement ; Angle de défilement (d'un luminaire))
- 3.4 Lumière du jour (Rayonnement solaire ; Rayonnement solaire direct ; Rayonnement diffus du ciel ; Rayonnement solaire global ; 3.4.5 Lumière solaire ; Lumière du ciel ; Lumière du jour ; Facteur de lumière du jour (D))
- 3.5 Installations d'éclairage (Eclairage général ; Eclairage localisé ; Eclairage local ; Espacement (dans une installation d'éclairage) ; Rapport espacement-hauteur ; Eclairage de secours ; Eclairage direct ; Eclairage semi-direct ; Eclairage (mixte) direct-indirect ; Eclairage semi-indirect ; Eclairage indirect ; Eclairage dirigé ; Eclairage diffusé ; Illumination ; Eclairage ponctuel ; Effet stroboscopique ; Puissance installée ; Facteur de dépréciation ; facteur de maintenance (déconseillé) ; Facteur de dépréciation des parois d'un local ; Durée de vie d'une installation d'éclairage ; Cycle de maintenance ; Plan de maintenance)
- 3.6 Mesures en éclairage (Photomètre ; Colorimètre ; Luxmètre ; Luminancemètre ; Réflectomètre ; Champ de mesure (d'un photomètre) ; Correction $V(\lambda)$; Correction du cosinus)

UN COMPLÉMENT DE LA NORME NF EN 12665

La norme précitée contient un guide à adopter si l'on veut spécifier les exigences concernant les points suivants :

Eclairage, Luminance, Eblouissement (Eblouissement perturbateur, Eblouissement inconfortable), Couleur (Rendu des couleurs ; Couleur de la source de lumière), Energie, Dépréciation, Mesurages, Exactitude.

1.3. LES CONCEPTS ESSENTIELS

L'éclairage entraîne à l'utilisation d'un vocabulaire très spécifique, qui est présenté plus en détail aux différents chapitres suivants. Le tableau ci-dessous les résume.

| III. LES PRINCIPAUX CONCEPTS | | | |
|--------------------------------------|---------|-------------------------|-------------------|
| Grandeur | | Unité | |
| - | symbole | - | symbole |
| - puissance (énergétique) | P | watt | W |
| - efficacité visuelle | - | - | - |
| - efficacité lumineuse | η | - | - |
| - flux lumineux | Φ | lumen | lm |
| - éclairement | E | lux | lx |
| - intensité lumineuse | I | candela | cd |
| - luminance | L | candela par mètre carré | cd/m ² |
| - facteur de réflexion | r | - | - |
| - contraste | - | - | - |
| - uniformité | - | - | - |
| - température de couleur | T_c | kelvin | K |
| - indice de rendu de couleur | IRC | - | - |
| - durée de vie | D | heure | h |
| - facteur de ciel facteur de jour | F | - | - |

1.4. LES NORMES DE L'ÉCLAIRAGE

En dehors de la norme NF EN 12665 traitée précédemment, un certain nombre de normes traitant de l'éclairage ont également été diffusées. En voici la liste.

LES NORMES DE BASE

NF EN 12464-1 (juin 2003) : Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur : voir § 1.5

NF EN 12193 (mars 2008) : Lumière et éclairage - Eclairage des installations sportives : voir § 1.6

NF EN 15193 (novembre 2007) : Performance énergétique des bâtiments - Exigences énergétiques pour l'éclairage : voir § 1.7.

LES NORMES COMPLÉMENTAIRES

La liste suivante est fournie à titre de complément, les normes en cause n'étant pas analysées ici plus en détail.

NF EN 13032-1 (octobre 2004) : Lumière et éclairagisme - Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 1 : mesurage et format de données

NF EN 13032-2 (avril 2005) : Lumière et éclairage - Mesure et présentation des caractéristiques photométriques des lampes et luminaires - Partie 2 : présentation des données utilisées dans les lieux de travail intérieurs et extérieurs

NF EN 13032-3 (décembre 2007) : Lumière et éclairage - Mesurage et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 3 : présentation des données pour l'éclairage de sécurité des lieux de travail

NF EN 15251 (août 2007) : Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique

NF X35-103 (octobre 1990) : Ergonomie - Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail

NF EN 12464-1 (juin 2003) : Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur

Eclairage extérieur et sportif

NF C17-200 (mars 2007) : Installations d'éclairage extérieur

NF EN 12193 (mars 2008) : Lumière et éclairage - Eclairage des installations sportives

Eclairage très basse tension

UTE C15-559 (novembre 2006) : Installations électriques à basse tension - Guide pratique - Installation d'Éclairage en Très Basse Tension

Eclairage de sécurité

NF EN 50172 (décembre 2004) : systèmes d'éclairage de sécurité (Indice de classement : C71-822)

UTE C71-804 (août 2006) : Guide pratique - Éclairage de sécurité par blocs autonomes dans les établissements recevant du public comportant des locaux à sommeil ne disposant pas d'éclairage de remplacement

NF C71-830 (août 2003) : Maintenance des blocs autonomes d'éclairage de sécurité BAES et BAEH (Indice de classement : C71-830)

1.5. LA NORME ÉCLAIRAGE DES LIEUX DE TRAVAIL

L'éclairage des lieux de travail est traité par la norme NF EN 12464 : l'encadré suivant en indique le contenu.

IV. LE CONTENU GLOBAL DE LA NORME NF EN 12665
NF EN 12464-1 Juin 2003 Lumière et éclairage. **Éclairage des lieux de travail.**
Partie 1 : lieux de travail intérieur

- 1 Domaine d'application. 2 Références normatives
- 3 Termes et définitions [Tâche visuelle, Zone de travail, Zone environnante immédiate, Eclairage à maintenir, Angle de protection, Equipement de visualisation, Uniformité d'éclairage]
- 4 Critères relatifs au projet d'éclairage [4.1 Ambiance lumineuse. 4.2 Distribution des luminances. 4.3 Eclairage (Eclairages recommandés sur la zone de travail ; Eclairage des zones environnantes immédiates ; Uniformité d'éclairage). 4.4 Eblouissement (Eblouissement d'inconfort ; Défilement contre l'éblouissement ; Réflexions de voile et éblouissement par réflexion). 4.5 Eclairage directionnel (Modèle ; Eclairage directionnel des tâches visuelles). 4.6 Aspect des couleurs (Apparence colorée ; Rendu des couleurs). 4.7 Papillotement et effets stroboscopiques. 4.8 Facteur de maintenance. 4.9 Considérations énergétiques. 4.10 Lumière du jour. 4.11 Eclairage des postes de travail avec équipement de visualisation, y compris les écrans (Généralités ; Limites de luminance pour luminaires à flux lumineux inférieur prépondérant)]
- 5 Nomenclature des prescriptions relatives à l'éclairage [Composition des tableaux ; Nomenclature des zones intérieures, des tâches et des activités ; Exigences relatives à l'éclairage des zones intérieures, de tâches et d'activités]
- 6 Mode opératoire des contrôles [Eclairage, Eblouissement d'inconfort, Indice de rendu des couleurs, Luminance du luminaire]

1.6. LA NORME ÉCLAIRAGE DES INSTALLATIONS SPORTIVES

L'éclairage des installations sportives est traité par la norme NF EN 12193 : l'encadré suivant en indique le contenu.

V. LE CONTENU GLOBAL DE LA NORME NF EN 12193
NF EN 12193 Mars 2008 Lumière et éclairage **Eclairage des installations sportives**

- 1 Domaine d'application. 2 Références normatives. 3 Termes et définitions
- 4 Données à produire
- 4.1 Données essentielles des lampes [Généralités ; Code de la lampe ; Dimensions de la lampe ; Puissance nominale de la lampe (Wlamp) ; Flux lumineux ; Facteur de maintenance du flux de la lampe en lumens (LLMF) ; Facteur de survivance de la lampe (LSF) ; Indice général de rendu des couleurs (Ra) ; Température de couleur corrélée (T_{cp})]
- 4.2 Données utiles des lampes [Généralités ; Classe d'efficacité énergétique de la lampe (LEEC)]
- 4.3 Données essentielles des luminaires [Généralités ; Code du luminaire ; Tableaux d'intensité normalisés ; Facteurs de correction ; Dimensions des parties lumineuses du luminaire]
- 4.4 Données utiles du luminaire [Généralités ; Diagramme d'intensité ; Facteur de luminance du luminaire ; Rapports espacement / hauteur ; Tableau de facteurs d'utilisation]
- 4.5 Données essentielles pour l'installation [Dimensions des terrains : pour obtenir les dimensions réelles voir l'Annexe A ; Facteur de réflexion de la surface (nécessaire pour les calculs d'éblouissement) ; Facteur de maintenance]
- 5 Principes généraux de l'installation d'éclairage
- 5.1 Maillage de référence pour les calculs et les mesures (Généralités ; Pas des maillages de calcul et de mesure pour chaque sport ; Pas des maillages de calcul et de mesure pour les installations omnisports ; 5.1.4 Application)
- 5.2 Instruments de mesure. 5.3 Rapport de mesure. 5.4 Différences admises. 5.5 Maintenance. 5.6 Éclairage des zones où se trouvent les spectateurs. 5.7 Sauvegarde des participants et continuation d'une action en cas de défaillance de l'éclairage (Éclairage de sauvegarde des participants ; Continuation d'un sport]. 5.8 Limitation de l'éblouissement . 5.9 Couleurs de surface et propriétés réfléchissantes. 5.10 Lumière indésirable
- 6 Exigences pour l'éclairage des sports les plus pratiqués [6.1 Exigences générales, 6.2 Exigences par sport, 6.3 Exigences spécifiques pour la télévision couleur et les films spectateurs environnantes]
- Annexe A (normative) Tableaux d'exigences

1.7. LA NORME ÉNERGETIQUE DE L'ÉCLAIRAGE

La consommation d'énergie par les installations d'éclairage est traitée par la norme NF EN 15193 dont l'encadré suivant en indique le contenu.

VI. LE CONTENU GLOBAL DE LA NORME NF EN 12193
NF EN 15193 Novembre 2007 Performance énergétique des bâtiments.
Exigences énergétiques pour l'éclairage

1 Domaine d'application. 2 Références normatives.
 3 Termes et définitions [Puissance (Puissance auxiliaire), Énergie, Temps, Facteurs de dépendance]
 4 Calcul de l'énergie utilisée pour l'éclairage [Énergie totale utilisée pour l'éclairage (Énergie totale estimée ; Énergie totale annuelle utilisée pour l'éclairage), 4.2 Indicateur numérique de l'énergie d'éclairage (LENI)]
 5 Mesures [Généralités, Répartition de la charge, Télémessures]
 6 Calcul de l'énergie d'éclairage dans les bâtiments [6.1 Puissance d'éclairage installée (Généralités ; Luminaire ; Puissance du luminaire (Pi) ; Puissances auxiliaires (Pci et Pei) ; 6.2 Méthodes de calcul (Méthode rapide ; Méthode détaillée ; Détermination du facteur d'éclairement constant Fc]
 7 Référentiel des exigences énergétiques d'éclairage
 8 Conception et pratique en matière d'éclairage
 Annexe A (informative) Mesures du circuit d'éclairage
 Annexe B (informative) Méthode de mesurage de la puissance totale des luminaires et de la puissance auxiliaire associée [Introduction. Mesurage d'essai de la puissance d'un luminaire en fonctionnement normal. Conditions d'essai normalisées. Instruments de mesure électriques. Luminaires soumis à essai. Tension d'essai. Puissance du luminaire (Pi). Puissance auxiliaire d'un luminaire dont les lampes sont éteintes (Ppi). Puissance auxiliaire absorbée d'un luminaire d'éclairage de secours (Pei). Puissance auxiliaire de réserve des systèmes de régulation d'éclairage (Pci). Puissance par défaut du luminaire pour des installations d'éclairage existantes. Énergie auxiliaire par défaut pour des installations d'éclairage existantes]
 Annexe C (informative) Détermination du facteur de dépendance de la lumière du jour FD,n [Généralités. Segmentation du bâtiment : espaces bénéficiant de la lumière du jour. Accès à la lumière du jour : Façades verticales ; Lanterneaux). Régulation de l'éclairage artificiel en fonction de la lumière du jour, FD,C. Méthode mensuelle]
 Annexe D (informative) Détermination du facteur de dépendance de l'occupation FO [Introduction. Détermination détaillée de FO. Motivation du choix des fonctions de FO]
 Annexe E (informative) Détermination du facteur d'éclairement constant FC [Introduction. Puissance pour un facteur d'éclairement constant. Facteur d'éclairement constant (Fc)]
 Annexe F (informative) Valeurs de référence et critères de conception de l'éclairage
 Annexe G (informative) Valeurs par défaut
 Annexe H (informative) Autres considérations [Gradation individuelle. Lumière algorithmique. Conduits de lumière. Installations d'éclairage avec réglage scénique. Guidage de la lumière du jour (Façades verticales ; Lanterneaux)]

1.8. LES DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

Les principales dispositions réglementaires relèvent des documents suivants dont les extraits essentiels sont reproduits au chapitre 5.

Code du travail

CODE DU TRAVAIL (Nouvelle Partie Réglementaire) : Titre 1er Obligations du maître d'ouvrage pour la conception des lieux de travail - Chapitre 3 Eclairage, insonorisation et ambiance thermique - Articles R4213-1 à R4213-9

CODE DU TRAVAIL (Nouvelle Partie Réglementaire) : Titre 2 Obligations de l'employeur pour l'utilisation des lieux de travail - Chapitre 3 Éclairage, ambiance thermique - Articles R4223-1 à R4223-15

Circulaire du 11 avril 1984 relative au commentaire technique des décrets 83-721 et 83-722 du 2 août 1983 relatifs à l'éclairage des lieux de travail

Établissements recevant du public

Règlement de sécurité incendie dans les ERP (approuvé par arrêté du 25 juin 1980 et modifié) : Livre 2 Dispositions applicables aux établissements des quatre premières catégories - Titre 1 Dispositions générales - Chapitre 8 Eclairage - Articles EC1 à EC15

Arrêté du 2 octobre 1978 relatif aux blocs autonomes d'éclairage de sécurité utilisés dans les établissements recevant du public (ERP)

Eclairages de sécurité

Circulaire n° 87-48 du 4 juin 1987 relative à l'éclairage de sécurité dans les parcs de stationnement couverts annexes des bâtiments d'habitation (arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation)

Chapitre 2

2. LES INSTALLATIONS D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

2.1. LES SOURCES DE LUMIÈRE

LE DOMAINE DE L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

Dans le domaine de l'éclairage artificiel les sources de lumière sont les lampes, qui sont étudiées plus en détail au chapitre 3.

LES TROIS CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES SOURCES

En dehors de caractéristiques examinées ultérieurement chaque source est d'abord caractérisée par deux caractéristiques de base :

- . la **puissance** (énergétique) P de la source, mesurée en **watt** [W],
- . le **flux lumineux** Φ émis par cette source, mesuré en **lumen** [lm].

A partir de ces trois caractéristique il est possible de déduire :

- . l'**efficacité lumineuse** de la source, η , exprimée en **lumen par watt** [lm/W].

Toutes ces grandeurs doivent être indiquées par le *fournisseur de la lampe*, mais vous trouverez des indications générales concernant l'efficacité au chapitre 3. Cette efficacité, qui varie essentiellement avec le type de lampe, correspond à la formule de définition suivante :

$$\eta = \Phi / P$$

2.2. LES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

LES PRINCIPES

Le *calcul de base des installations d'éclairage* (le dimensionnement proprement dit) est *essentiel*. Ce calcul fait appel à des méthodes plus plus ou moins complexes, qui ont un peu évolué au cours du temps.

LES NORMES DE RÉFÉRENCE

Aujourd'hui il existe deux normes de dimensionnement des installations d'éclairage :

- . la **norme NF S 40-001** qui peut être considérée comme la référence, servant essentiellement aux fabricants et distributeurs de luminaires pour établir les tables de calcul de leurs appareils ;
- . la **norme NF C 71-121**, qui simplifie un peu l'application de la norme précédente, mais reste utilisée dans les mêmes conditions que la précédente.

De nombreuses tables figurent dans ces normes mais nous ne les reproduisons pas ici telles qu'elles : nous adopterons une démarche compatible, mais plus simple et plus rapide, que nous allons maintenant présenter.

LA FORMULE DE BASE

La procédure ici choisie repose sur l'adoption d'une même formule de base, laquelle fournit, pour un local donné, le flux lumineux Φ [lm] total de l'ensemble des lampes à installer dans le local :

$$\Phi = (E A \delta) / (\eta U)$$

Nous utiliserons, en fait (en vue d'en faciliter l'emploi par regroupement des caractéristiques des lampes et luminaires,) la formule dérivées suivante :

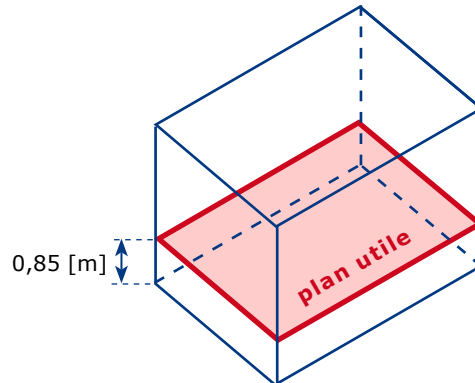
$$\Phi = (E A / U) \cdot (\delta / \eta)$$

formule où :

- . Φ [lm] : est le **flux lumineux à fournir**,
- . A [m²] : est la **surface du plan utile** (voir à la suite),
- . U : est l'**utilance**, caractéristique du local et du système d'éclairage définie (voir à la suite),
- . E [lx] : est l'**éclairage prévu** pour le local (voir à la suite),
- . δ : est le **facteur de dépréciation** des lampes et luminaires (voir à la suite),
- . η : est le **rendement** des luminaires (voir à la suite).

2.3. LE PLAN UTILE ET LES INDICES

En général l'objectif est d'obtenir - selon le type d'activité visuelle pratiquée dans le local examiné - un **éclairage** de ce qu'on appelle le **plan utile**. Sauf cas très particulier le **plan utile** est, par convention, le plan horizontal fictif situé à 0,85 [m] au-dessus du sol réel, mais il existe des exceptions,



Exemples d'exceptions :

- . **Ecoles et assimilés** : le plan utile (vertical en général) est celui du tableau (noir ou blanc) ;
- . **Commerces** : le plan utile est celui du niveau des produits exposés, par exemple :
 - plan du sol pour les commerces de *sports*,
 - plan du sol pour les commerces de *légumes ou fruits* (en général),, etc.

C'est sur ces plans utiles que l'on doit respecter les éclairagements recommandés présentés à la suite.

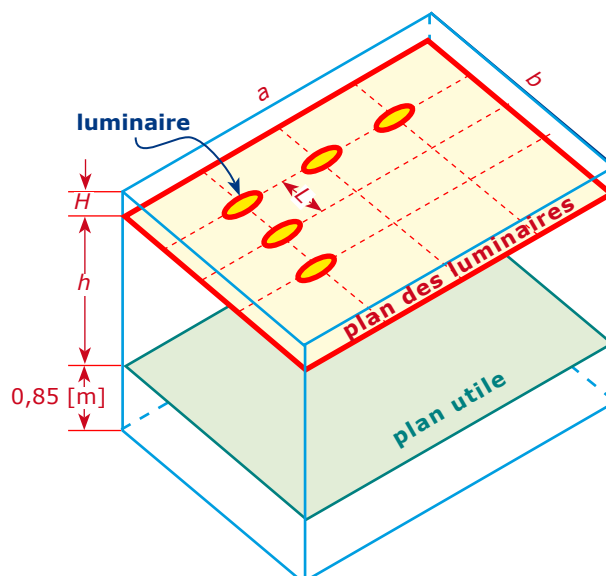
LE PLAN DES LUMINAIRES

On peut être amené à définir d'autres «plans» intervenant dans le calcul : c'est ainsi, par exemple qu'on peut définir le «**plan des luminaires**», situé à la hauteur h au-dessus du plan utile, tout ces plans permettant de définir le paramètre essentiel intervenant dans les calculs : *l'indice du local*.

L'INDICE DE LOCAL

L'indice de local est une des caractéristiques essentielles du calcul. Noté K c'est un paramètre sans dimension, établi à partir de la formule suivante, à partir des dimensions du schéma ci-dessous :

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



LES AUTRES INDICES

Surtout utilisés par les fabricants de luminaires, il existe d'autres indices (*que nous ne présenterons pas ici en détail*), relatifs à la disposition des luminaires, qui prennent en compte les dimensions indiquées au schéma ci-dessus.

2.4. LES RÉFLECTANCES DES PAROIS

Les **réflectances**, ou *facteurs de réflexion*, notés ρ , utilisés dans les calculs sont généralement :

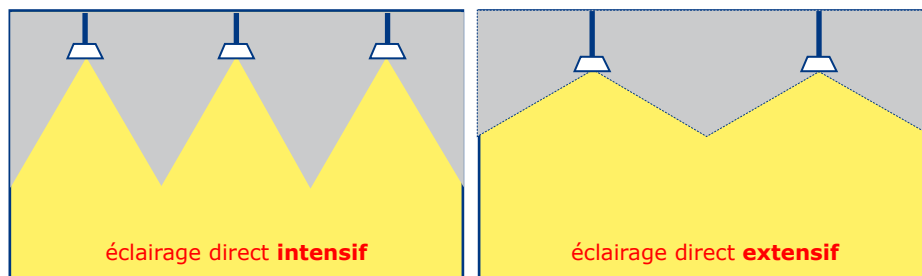
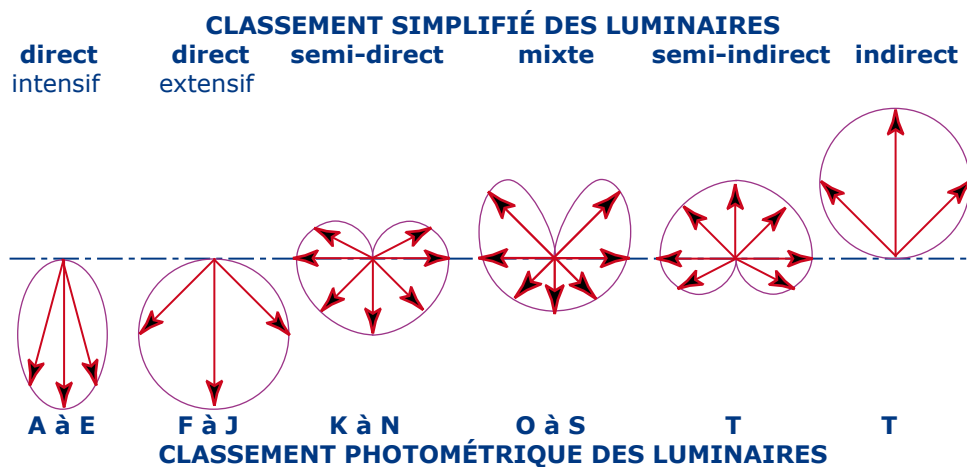
- . la réflectance moyenne du plafond,
- . la réflectance moyenne des parois verticales.

Pour déterminer ces valeurs on pourra se servir du tableau *suivant*.

| II. FACTEURS DE RÉFLEXION (RÉFLECTANCES) TYPES (attention : il s'agit de valeurs applicables aux rayonnements visibles uniquement) | | | |
|--|----------------------|----------------------------|----------------------|
| couleur | réflectance | couleur | réflectance |
| blanc très clair, plâtre | $\rho = 0,8$ | briques (selon couleur) | $\rho = 0,3$ à $0,5$ |
| blanc (en général) | $\rho = 0,7$ à $0,8$ | gris (selon clarté) | $\rho = 0,2$ à $0,4$ |
| couleurs très claires | $\rho = 0,7$ | couleurs vives | $\rho = 0,3$ |
| Pierre de taille | $\rho = 0,5$ | chêne | $\rho = 0,2$ |
| jaune, ver clair | $\rho = 0,5$ | acajou | $\rho = 0,1$ |
| béton | $\rho = 0,4$ | couleurs foncées, vitrages | $\rho = 0,1$ |

2.5. LE TYPE D'ÉCLAIRAGE

Pour continuer les calculs il faut définir le type d'éclairage, en fait la répartition des flux vers la haut et vers le bas du plan des luminaires. Pour ce faire on peut utiliser les classements suivants.



ÉCLAIRAGES DIRECTS

2.6. LES UTILANCES

Les **utilances** - jadis appelées «coefficient d'utilisation» - servent au calcul des installations d'éclairage artificiel intérieur. On peut procéder à leur calcul, mais il est généralement suffisant de se borner à utiliser des tables telles que celle qui est fournie à la page suivante.

III. LES UTILANCES (U)

(ρ_p = réflectance du plafond, ρ_m = réflectance des parois verticales)

| | Indice <i>K</i> | $\rho_p = 0,7$ | | | $\rho_p = 0,5$ | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | $\rho_m = 0,5$ | $\rho_m = 0,3$ | $\rho_m = 0,1$ | $\rho_m = 0,5$ | $\rho_m = 0,3$ | $\rho_m = 0,1$ |
| ECLAIRAGE DIRECT réflecteur alu ballon fluorescent | 0,6 | <i>U = 0,49</i> | <i>U = 0,42</i> | <i>U = 0,39</i> | <i>U = 0,46</i> | <i>U = 0,42</i> | <i>U = 0,39</i> |
| | 0,8 | 0,58 | 0,51 | 0,48 | 0,54 | 0,51 | 0,48 |
| | 1,0 | 0,64 | 0,56 | 0,53 | 0,59 | 0,55 | 0,53 |
| | 1,5 | 0,73 | 0,64 | 0,61 | 0,65 | 0,63 | 0,61 |
| | 2,0 | 0,78 | 0,68 | 0,66 | 0,69 | 0,67 | 0,65 |
| | 2,5 | 0,81 | 0,71 | 0,69 | 0,72 | 0,70 | 0,69 |
| | 3,0 | 0,84 | 0,73 | 0,72 | 0,73 | 0,72 | 0,71 |
| | 5,0 | 0,88 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |
| ECLAIRAGE DIRECT réflecteur laqué tubes fluorescents | 0,6 | 0,31 | 0,24 | 0,20 | 0,28 | 0,23 | 0,20 |
| | 0,8 | 0,39 | 0,31 | 0,28 | 0,36 | 0,31 | 0,27 |
| | 1,0 | 0,45 | 0,37 | 0,33 | 0,41 | 0,36 | 0,33 |
| | 1,5 | 0,56 | 0,46 | 0,43 | 0,50 | 0,45 | 0,42 |
| | 2,0 | 0,62 | 0,52 | 0,49 | 0,55 | 0,51 | 0,48 |
| | 2,5 | 0,67 | 0,56 | 0,53 | 0,58 | 0,55 | 0,53 |
| | 3,0 | 0,70 | 0,59 | 0,56 | 0,61 | 0,58 | 0,56 |
| | 5,0 | 0,76 | 0,65 | 0,63 | 0,65 | 0,64 | 0,62 |
| ECLAIRAGE DIRECT luminaire encastré tubes fluorescents | 0,6 | 0,32 | 0,27 | 0,25 | 0,30 | 0,27 | 0,25 |
| | 0,8 | 0,38 | 0,32 | 0,30 | 0,35 | 0,32 | 0,30 |
| | 1,0 | 0,42 | 0,36 | 0,34 | 0,38 | 0,36 | 0,33 |
| | 1,5 | 0,48 | 0,42 | 0,40 | 0,44 | 0,41 | 0,39 |
| | 2,0 | 0,52 | 0,45 | 0,43 | 0,46 | 0,44 | 0,43 |
| | 2,5 | 0,55 | 0,47 | 0,46 | 0,48 | 0,46 | 0,45 |
| | 3,0 | 0,57 | 0,49 | 0,47 | 0,49 | 0,48 | 0,47 |
| | 5,0 | 0,61 | 0,52 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,50 |
| ECLAIRAGE SEMI-DIRECT plafonnier diffuseur tubes fluorescents | 0,6 | 0,20 | 0,15 | 0,13 | 0,18 | 0,14 | 0,12 |
| | 0,8 | 0,26 | 0,20 | 0,17 | 0,23 | 0,19 | 0,16 |
| | 1,0 | 0,30 | 0,24 | 0,21 | 0,26 | 0,22 | 0,20 |
| | 1,5 | 0,37 | 0,31 | 0,27 | 0,32 | 0,28 | 0,26 |
| | 2,0 | 0,42 | 0,35 | 0,32 | 0,35 | 0,32 | 0,30 |
| | 2,5 | 0,45 | 0,38 | 0,35 | 0,38 | 0,35 | 0,33 |
| | 3,0 | 0,48 | 0,40 | 0,37 | 0,39 | 0,37 | 0,35 |
| | 5,0 | 0,53 | 0,44 | 0,43 | 0,42 | 0,41 | 0,40 |
| ECLAIRAGE MIXTE diffuseur verre, base ouverte ou prismatique lampe à incandescence | 0,6 | 0,37 | 0,30 | 0,26 | 0,33 | 0,28 | 0,24 |
| | 0,8 | 0,45 | 0,37 | 0,32 | 0,40 | 0,35 | 0,31 |
| | 1,0 | 0,52 | 0,42 | 0,38 | 0,45 | 0,40 | 0,36 |
| | 1,5 | 0,63 | 0,52 | 0,48 | 0,53 | 0,49 | 0,46 |
| | 2,0 | 0,69 | 0,58 | 0,54 | 0,59 | 0,55 | 0,51 |
| | 2,5 | 0,74 | 0,62 | 0,59 | 0,62 | 0,58 | 0,56 |
| | 3,0 | 0,77 | 0,65 | 0,62 | 0,64 | 0,61 | 0,58 |
| | 5,0 | 0,85 | 0,72 | 0,69 | 0,70 | 0,67 | 0,65 |
| ECLAIRAGE DIRECT-INDI- RECT luminaire suspendu deux tubes fluorescents | 0,6 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 0,19 | 0,15 | 0,13 |
| | 0,8 | 0,28 | 0,22 | 0,19 | 0,24 | 0,20 | 0,18 |
| | 1,0 | 0,33 | 0,27 | 0,23 | 0,29 | 0,24 | 0,22 |
| | 1,5 | 0,42 | 0,35 | 0,31 | 0,35 | 0,32 | 0,29 |
| | 2,0 | 0,48 | 0,40 | 0,37 | 0,40 | 0,36 | 0,33 |
| | 2,5 | 0,53 | 0,44 | 0,41 | 0,43 | 0,39 | 0,37 |
| | 3,0 | 0,56 | 0,47 | 0,44 | 0,45 | 0,42 | 0,39 |
| | 5,0 | 0,63 | 0,53 | 0,51 | 0,49 | 0,47 | 0,45 |

2.7. LES ÉCLAIREMENTS RECOMMANDÉS

Il s'agit des éclairagements du plan de travail (le plan utile).

IV. LES LOCAUX COURANTS (éclairagements E types)

| | E [lx] |
|-------------------------------------|----------|
| Circulations | |
| . couloirs | 100 |
| . escaliers | 150 |
| Habitat | |
| . en général | 300 |
| . cuisine | 300 |
| . chambre (éclairage localisé) | 200 |
| . salle de bains | 300 |
| Hôtels | |
| . réception, halls | 200 |
| . salles à manger | 200 |
| . cuisines | 300 |
| . chambres et annexes | 300 |
| Bureaux et locaux administratifs | |
| . en général | 500 |
| . secrétariat, postes informatiques | 500 |
| . bureaux paysagés | 750 |
| . salles de dessin | 1000 |

| | E [lx] |
|--|----------|
| Enseignement | |
| . salles de classe (éclairage général) | 300 |
| . amphithéâtres (éclairage général) | 300 |
| . tableaux | 500 |
| . laboratoires | 500 |
| . salles de dessin d'art | 500 |
| . salles de dessin technique | 1000 |
| . bibliothèques | 500 |
| Magasins | |
| . éclairage général | 300 |
| . vitrines : ad libitum | - |
| Salles de spectacle | |
| . salles de cinéma | 50 |
| . amphithéâtres | 100 |
| . salles des fêtes | 300 |
| . foyers | 150 |
| Entrepôts | |
| . stockages (entrepôts compris) | 150 |

V. LES LOCAUX PROFESSIONNELS (EXEMPLES) (éclairagements E types)

| | E [lx] |
|--|----------|
| Bâtiments agricoles | |
| . étable : couloir d'alimentation | 30 |
| . poulailler | 50 |
| . étable : salle de traite | 150 |
| . préparation des aliments du bétail | 150 |
| Industries alimentaires | |
| . confiserie : préparation | 150 |
| . brassage, laiterie | 300 |
| . confiserie : conditionnement | 500 |
| . conserverie | 500 |
| Industrie du tabac | |
| . | 500 |
| Industries du bois | |
| . scieries | 150 |
| . travail à l'établi | 300 |
| . travail aux machines, finitions | 500 |
| . contrôle final | 750 |
| Industries céramiques | |
| . fours | 150 |
| . moulage, presses | 300 |
| . vernissage, décoration | 500 |
| Industries chimiques | |
| . circulation | 200 |
| . broyeurs, malaxeurs | 300 |
| . calendrage, injection, contrôles, labos, comparaison de couleurs | 500 |
| | 1000 |

| | E [lx] |
|--|----------|
| Industrie du verre | |
| . chaufferie, composition | 150 |
| . soufflage, moulage | 300 |
| . décoration, gravure | 500 |
| Fonderies | |
| . nettoyage, modelage grossier | 200 |
| . sablerie | 300 |
| . modelage fin, fabrication des noyaux | 500 |
| Mécanique générale | |
| . établi, machine-outil, soudure | 300 |
| . travail de pièces moyenne | 500 |
| . travail de petites pièces | 750 |
| . travail très délicat / très petites pièces | 1500 |
| Industries du cuir et des vêtements | |
| . vernissage (cuir) | 500 |
| . couture, pique, contrôle | 1000 |
| . comparaison de couleurs (cuir) | 1000 |
| Industrie textile | |
| . cardage, étirage, bobinage | 300 |
| . filage, tissage gros ou clair | 500 |
| . tissage fin ou foncé | 750 |
| . comparaison de couleurs | 1000 |
| Industrie du livre | |
| . typographie, informatique, reliure | 500 |
| . pupitre de composition classique | 750 |
| . lithographie | 1000 |

2.8. RENDEMENTS ET FACTEURS DE DÉPRÉCIATION

Le dimensionnement exige de fixer :

- . δ le facteur de dépréciation de l'ensemble source + luminaire,
- . et η le rendement du luminaire.

Normalement ces valeurs sont indiquées par les fournisseurs, mais vous pouvez également, au moins en avant-projet, utiliser les valeurs suivantes.

Lampes à incandescence

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,15$) : $\delta/\eta = 1,20$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,25$) : $\delta/\eta = 1,30$
- . au bout de 18 mois ($\delta = 1,32$) : $\delta/\eta = 1,40$

 Tubes fluorescents

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,15$) : $\delta/\eta = 1,30$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,25$) : $\delta/\eta = 1,40$
- . au bout de 18 mois ($\delta = 1,32$) : $\delta/\eta = 1,45$

Lampes fluocompactes

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,15$) : $\delta/\eta = 1,30$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,25$) : $\delta/\eta = 1,40$
- . au bout de 18 mois ($\delta = 1,32$) : $\delta/\eta = 1,45$

Réflecteur laqué blanc sans grille ou émaillé ($\eta = 0,7$)

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,15$) : $\delta/\eta = 1,65$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,20$) : $\delta/\eta = 1,70$

Réflecteur laqué blanc avec grille ($\eta = 0,55$)

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,25$) : $\delta/\eta = 2,30$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,35$) : $\delta/\eta = 2,50$

Plafonnier diffuseur ($\eta = 0,5$)

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,35$) : $\delta/\eta = 2,70$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,50$) : $\delta/\eta = 3,00$

Projecteur étanche ($\eta = 0,35$)

- . au bout de 6 mois ($\delta = 1,15$) : $\delta/\eta = 3,30$
- . au bout de 12 mois ($\delta = 1,20$) : $\delta/\eta = 3,40$

2.9. LE CONFORT VISUEL ET L'ÉBLOUISSEMENT

L'INTENSITÉ ET LA LUMINANCE

Une source lumineuse ne distribue généralement pas la lumière d'une façon identique dans toutes les directions. La grandeur photométrique caractérisant ce phénomène est l'**intensité lumineuse**, mesurée en candela [cd]. L'intensité lumineuse n'étant pas une grandeur de manipulation très aisée., on préfère le plus souvent utiliser un autre concept, celui de **luminance**, grandeur qui caractérise l'aspect lumineux d'une source dans une direction donnée. La luminance se mesure en *candela par mètre carré* [cd/m²].

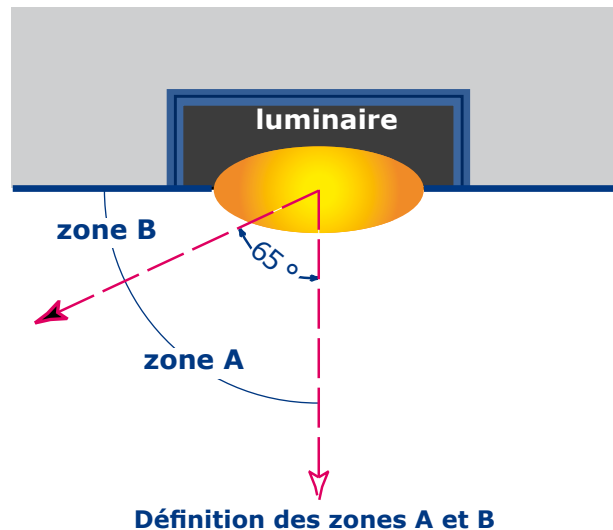
LES DEUX CRITÈRES DE QUALITÉ

En *éclairage* les deux critères essentiels de qualité sont :

- . l'**éclairage** des *objets*, étudié antérieurement
- . la **luminance** *L* des *sources*.

La *luminance* [cd/m²] dans chaque direction sert en particulier à évaluer les risques d'éblouissement. Malgré l'existence de procédures confirmées (plus ou moins complexes), le calcul des luminances étant souvent assez délicat, des recommandations pratiques peuvent être préférables, surtout avec les multiples équipements modernes à base d'écrans (télévision, ordinateur, etc.).

Par exemple, si - en éclairage artificiel - vous utilisez les références adoptées par le schéma ci-dessous, vous pouvez utiliser les critères suivants, l'objectif de limitation des luminances étant d'éviter l'atteinte directe des yeux, ou la réflexion sur un écran.



LES DEUX CRITÈRES TYPES DE BASE

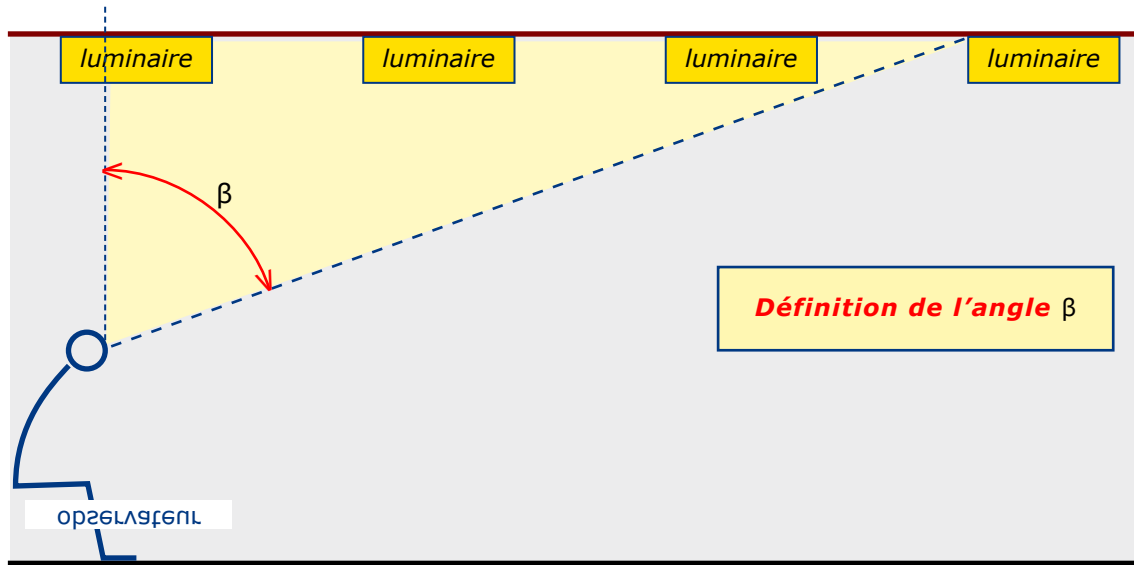
En exploitant le schéma ci-dessus voici comment on peut opérer

A. Dans la zone A (0 à 65 °) **calculer l'éclairage** : il suffit que celui-ci atteigne une valeur suffisante (voir, par exemple, les valeurs indiquées au paragraphe 2.7.

B. Dans la zone B (65 à 90 °) **limiter la luminance**. Avec des luminaires modernes, correctement conçus, on peut adopter la limite suivante, si les écrans possèdent un fond blanc : 1500 [cd/m²]. Mais on peut opérer de façon un peu différente, et plus fine, comme indiqué à la suite.

UNE RÈGLE SIMPLE

Pour vérifier, à partir des données constructeurs ou des calculs, que la luminance d'une source, dans une direction est satisfaisante, vous pouvez utiliser le schéma et le tableau suivants.

**VI. LUMINANCES MAXIMALES (LUTTE CONTRE L'ÉBLOUISSEMENT)**

| angle de vue β [deg] | < 45 | 45 | 48 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | > 75 |
|---|--------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| luminance maximale [cd/m ²] | inapplicable | 12000 | 10000 | 8000 | 7000 | 6000 | 5000 | 4000 | 3000 | inapplicable |

2.10. CONTRASTE ET UNIFORMITÉ**LE CONTRASTE**

Cette notion n'est guère utilisée que pour les projets, le contraste correspondant à la luminance de l'objet examiné (L_o) par rapport à celle du fond (L_f) :

$$\text{contraste} = (L_o - L_f) / L_f.$$

L'UNIFORMITÉ

Cette notion peut être utile dans les projets assez courants, concernant l'uniformité des éclairagements caractérisée par le rapport de l'éclairé minimum (E_{\min}) à l'éclairé moyen (E_{moy}) :

$$\text{uniformité} = E_{\min} / E_{\text{moy}}.$$

Les valeurs généralement recommandées sont les suivantes :

- . pour les circulations : 0,50,
- . pour les zones plus sensibles (salles de classe, etc...) : 0,80,
- . avec - éventuellement des valeurs intermédiaires telles que 060 pour les magasins de fleuristes.

2.11. L'INTRODUCTION DES COULEURS**LES PRINCIPES**

Chaque rayonnement est caractérisé, non seulement par son *intensité* (en lumens), mais également par sa *couleur*, notion beaucoup plus difficile à prendre en compte. Pour le moment la solution la plus simple - pour caractériser la couleur - est d'utiliser des coefficients spectraux.

LES COORDONNÉES COLORIMÉTRIQUES

Ce qui conduit, pour chaque longueur d'onde (λ) concernée (entre 0,38 et 0,78 μm), à définir, outre son **efficacité lumineuse** présentée au paragraphe précédent, trois **coordonnées colorimétriques spectrales** :

$$x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda),$$

qui permettent - selon les valeurs fixées par La Commission Internationale de l'Éclairage, de caractériser la couleur du rayonnement (voir page suivante).







LES VALEURS TYPES DES COORDONNÉES

Le tableau **II** ci-dessous illustre quelques valeurs repères.

| II. Coordonnées spectrales | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| λ [μm] | $x(\lambda)$ | $y(\lambda)$ | $z(\lambda)$ |
| 0,400 | 0,0143 | 0,0004 | 0,0679 |
| 0,450 | 0,3362 | 0,0380 | 1,7721 |
| 0,500 | 0,0049 | 0,3230 | 0,2720 |
| 0,550 | 0,4334 | 0,9950 | 0,0087 |
| 0,600 | 1,0622 | 0,6310 | 0,0008 |
| 0,650 | 0,2835 | 0,1070 | 0,0000 |
| 0,700 | 0,0114 | 0,0041 | 0,0000 |
| 0,750 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0000 |

LES VALEURS TYPES

Comme déjà indiqué il faut classer les rayonnements, selon la longueur d'onde, dans l'une des trois catégories fondamentales que sont l'**ultraviolet** (longueurs d'onde de moins de 0,38 μm), le **visible** (longueurs d'onde comprises entre 0,38 et 0,78 μm), l'**infrarouge** (longueurs d'onde de plus de 0,78 μm). Dans la partie du rayonnement située dans le visible, la lumière se traduit par des **couleurs** différentes selon la longueur d'onde, ainsi que l'indique la table ci-dessous, limitée à des valeurs types.

| LES COULEURS TYPES | | |
|---|-------------------------|--|
| couleur type | couleur au sens courant | longueurs d'onde types [μm] |
|  | violet | 0,38 à 0,42 |
|  | bleu | 0,47 |
|  | vert | 0,52 |
|  | jaune | 0,58 |
|  | orange | 0,61 |
|  | rouge | 0,65 à 0,78 |

LE RENDU DES COULEURS : UN PREMIER CLASSEMENT

Le rendu des couleurs, qui permet de mesurer l'adaptation d'un éclairage au rendu colorimétrique, est une notion surtout utilisée en éclairage artificiel. Cette notion repose sur un classement conventionnel noté de 0 à 100, ce nombre dépendant de la forme du spectre dans la zone visuelle.

Les valeurs obtenues peuvent, schématiquement, se classer comme suit :

- . **rendu de plus de 90** : excellent rendu des couleurs (appréciation aussi exacte que possible)
- . **rendu de 80 à 90** : rendu de qualité, valeur type recommandée
- . **rendu de 70 à 80** : rendu acceptable
- . **rendu de 60 à 70** : n'est acceptable que dans des ambiances industrielles peu exigeantes
- . **rendu inférieur à 60** : n'est acceptable qu'en ambiance industrielle sans véritable exigence en matière de couleur.

LES TEMPÉRATURES DE COULEUR : UN DEUXIÈME CLASSEMENT

Avec les nouvelles sources de lumière la couleur joue un rôle croissant, ce qui conduit à introduire le concept de **température de couleur**. Cette dernière, mesurée en kelvin [K], est celle du rayonnement propre le plus proche, en couleur apparente, de celle de la source examinée. C'est ainsi, que la lumière de chaque type de lampe est caractérisée par sa température de couleur. Cette température de couleur, notée ici T_c , exprimée en kelvin [K], est liée à l'impression visuelle, et peut être exprimée comme suit :

- . Teinte «**chaude**» : $T_c < 3300$ [K]
- . Teinte **neutre** : $T_c = 3300$ à 5500 [K]
- . Teinte «**froide**» : $T_c > 5500$ [K].

La température de couleur doit être, si possible, choisie en fonction de l'ambiance à créer, par exemple :

- . pour l'habitat $T_c = 3000$ à 4500 [K]
- . pour les salles de classe : $T_c = 3000$ à 4000 [K]
- . pour les magasins de vente selon activité,
 - boulangerie ou boucherie : 3000 à 3500 [K]
 - pharmacie : 4500 à 5000 [K]
 - fleuriste : 4000 à 6500 [K].

2.12. LES CONSOMMATIONS

LES OBJECTIFS

Les calculs (prévisions) des consommations d'éclairage peuvent se faire dans trois cadres différents, ce chapitre se bornant à l'énumération des principes.

1. Ou bien il s'agit de prévoir la **consommation annuelle d'éclairage** [kWh/an].
2. Ou bien il s'agit de prévoir les **apports d'hiver** qui réduisent les besoins de chauffage.
3. Ou bien il s'agit de prévoir les **apports** liées à l'éclairage (en période chaude) à faire intervenir dans les prévisions de consommation des installations de climatisation ou de conditionnement d'air.

Dans les trois cas la consommation est obtenue en multipliant la *puissance installée* en éclairage par la **durée de fonctionnement de l'éclairage**, qui est généralement le paramètre le plus délicat à fixer.

LA MÉTHODE DE CALCUL CONSEILLÉE

Dans tous les cas nous conseillons d'opérer **mois par mois**. Lorsque la commande de l'éclairage est **automatique** (à partir d'une mesure de l'éclairage naturel) on peut plus facilement se rapprocher des valeurs probables, mais dans le cas de commande **non automatique** les résultats sont plus incertains. Afin d'éviter des erreurs plus ou moins graves nous conseillons de veiller à tenir compte de ce que de telles consommations ne sont valables que si le soleil est levé. Les heures de lever et de coucher du soleil sont donc importantes, ce qui - avec les heures légales - fait intervenir la *latitude* du site (que nous forfaitisons, en France, par la zone climatique), et la *longitude* (forfaitisée également).

| Région | Départements | Zone | Région | Départements | Zone |
|---------------------------|---|-----------|-----------------------------|--|-----------|
| Nord | tous | A2 | Franche-Comté | tous | A1 |
| Picardie | tous | A2 | Poitou-Charentes | Deux-Sèvres, Vienne | A2 |
| Basse-Normandie | tous | A2 | | Charente Mar., Charente | C2 |
| Haute-Normandie | tous | A2 | Limousin | tous | C2 |
| Région parisienne | tous | A2 | Auvergne | Allier | A1 |
| Champagne-Ardennes | tous | A1 | | Puy de Dôme, Cantal, Haute Loire | C1 |
| Lorraine | tous | A1 | | Rhône-Alpes | tous |
| Alsace | tous | A1 | Aquitaine | tous | C2 |
| Bretagne | Finistère | B | Midi-Pyrénées | tous | C2 |
| | Côte d'Armor, Ille-et-Vilaine, Morbihan | A2 | Languedoc-Roussillon | tous | C1 |
| Pays de Loire | tous | A2 | Provence-Côte d'Azur | tous | C1 |
| Centre | tous | A2 | Corse | tous | C1 |
| Bourgogne | tous | A1 | | | |

Pour vous aider la table ci-dessous vous permet de fixer l'heure (d'hiver) du **lever** et du **coucher** du soleil. S'il est indiqué «**8,5-17,3**» cela signifie que le lever a lieu à 8,5 [h] et le coucher à 17,3 [h], les temps étant indiqués (pour la moyenne du mois) **en heures légales d'hiver** (et fraction décimale).

| LEVERS ET COUCHERS DU SOLEIL (mois par mois) | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Zone | jan. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. |
| A1 | 8,5- 17,3 | 7,7- 18,2 | 6,8- 18,8 | 5,8- 19,6 | 5,0- 20,2 | 4,8- 20,6 | 5,2- 20,4 | 5,8- 19,7 | 6,6- 18,7 | 7,2- 17,6 | 8,1- 16,9 | 8,6- 16,8 |
| A2 | 8,8- 17,6 | 8,0- 18,5 | 7,1- 19,2 | 6,1- 19,9 | 5,4- 20,6 | 5,1- 20,9 | 5,5- 20,8 | 6,2- 20,0 | 7,0- 19,0 | 7,6- 18,0 | 8,4- 17,2 | 8,9- 17,1 |
| B | 9,0- 17,9 | 8,3- 18,7 | 7,4- 19,5 | 6,3- 20,2 | 5,6- 20,8 | 5,4- 21,2 | 5,7- 21,0 | 6,4- 20,2 | 7,2- 19,3 | 7,8- 18,2 | 8,6- 17,4 | 9,2- 17,3 |
| C1 | 8,2- 17,4 | 7,5- 18,2 | 6,7- 18,7 | 5,8- 19,4 | 5,2- 19,9 | 5,0- 20,5 | 5,3- 20,1 | 5,9- 19,4 | 6,5- 18,6 | 7,0- 17,6 | 7,7- 17,0 | 8,2- 16,9 |
| C2 | 8,5- 17,8 | 7,8- 18,5 | 7,0- 19,1 | 6,1- 19,7 | 5,5- 20,3 | 5,3- 20,8 | 5,6- 20,4 | 6,2- 19,8 | 6,9- 19,0 | 7,4- 18,0 | 8,1- 17,3 | 8,6- 17,2 |

PRÉSENTATION COMPLÉMENTAIRE

Le niveau plus ou moins élevé d'éclairage naturel influe sur l'utilisation de l'éclairage artificiel, mais les études in situ révèlent des comportements très variés des occupants. De sorte que les calculs qui suivent ne sont vraiment adaptés que si l'allumage de l'éclairage artificiel est automatisé. Dans ces conditions, en France métropolitaine, à chaque heure (solaire) correspondent des valeurs climatologiques d'éclairage naturel fournies plus loin.

EXEMPLE D'APPLICATION

- . Site : Paris, assimilé à France-Nord
- . Facteur de jour minimal (base d'automate) : 0,01
- . Eclairage intérieur d'allumage : 100 [lx]
- . Niveau extérieur d'allumage : $100/0,01 = 10\ 000$ [lx]
- . Périodes d'allumage éventuel (exprimées en heures solaires) : 6-18 (total = 13 heures)
- . Calcul de la durée d'éclairage artificiel (supposé fonctionnant 7 jours sur 7) :
 $275 + 210 + 160 + 120 + 90 + 70 + 120 + 160 + 210 + 275 = 1780$ [h]

Attention, ce calcul suppose un allumage 7 jours sur 7, jours fériés compris : corriger éventuellement au prorata.

| FRÉQUENCES D'ÉCLAIREMENT EXTÉRIEUR | | | | | | | |
|------------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| heure solaire | Nombre de jours par an où le niveau d'éclairage extérieur horizontal est inférieur à ... | | | | | | |
| | 2000 lx | 3000 lx | 4000 lx | 5000 lx | 6000 lx | 8000 lx | 10 000 lx |
| 5 ou 19 | 275 - 290 | 285 - 295 | 300 - 300 | 310 - 300 | 315 - 300 | 320 - 300 | 325 - 305 |
| 6 ou 18 | 200 - 200 | 215 - 205 | 230 - 215 | 245 - 220 | 250 - 225 | 265 - 230 | 275 - 235 |
| 7 ou 17 | 125 - 100 | 140 - 110 | 160 - 125 | 175 - 140 | 190 - 145 | 200 - 155 | 210 - 160 |
| 8 ou 16 | 60 - 20 | 80 - 40 | 100 - 50 | 120 - 65 | 130 - 75 | 150 - 85 | 160 - 90 |
| 9 ou 15 | 25 - 5 | 40 - 10 | 55 - 15 | 70 - 20 | 85 - 25 | 105 - 35 | 120 - 45 |
| 10 ou 14 | 10 - 0 | 20 - 5 | 30 - 5 | 40 - 10 | 50 - 10 | 70 - 20 | 90 - 25 |
| 11 ou 13 | 5 - 0 | 10 - 5 | 20 - 5 | 25 - 5 | 30 - 10 | 50 - 15 | 70 - 20 |
| 12 | 0 - 0 | 5 - 0 | 10 - 0 | 15 - 0 | 15 - 5 | 25 - 10 | 40 - 15 |

La table ci-dessus indique la fréquence en jour, avec deux valeurs (exemple : «275-290» : la première valeur correspond au Nord de la France (275 = Valenciennes) et la deuxième valeur au Sud (290 = Toulon).

Attention : cette table - pour des raisons de compacité, est exprimée **en jours**, alors que le calcul se base sur les heures.

Chapitre 3

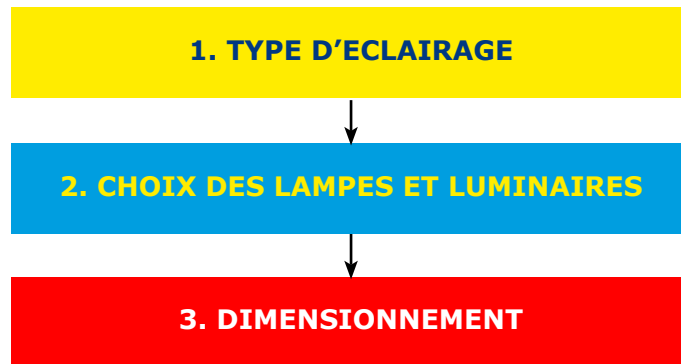
3. LES SOURCES D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

3.1. LES PROJETS D'ÉCLAIRAGE

L'ORGANISATION DES PROJETS

Un projet complet d'éclairage comporte normalement les trois phases suivantes :

1. le choix du **type d'éclairage**,
2. le choix des **lampes** et des **luminaires**, ce qui implique en particulier le choix de la **couleur**,
3. le dimensionnement de l'installation (calcul du nombre de lampes et luminaires permettant d'atteindre l'**éclairement** désiré).



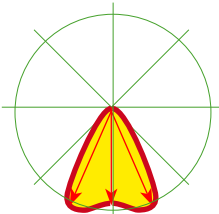
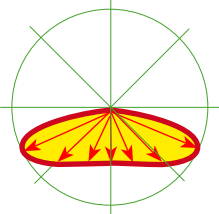
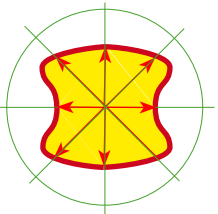
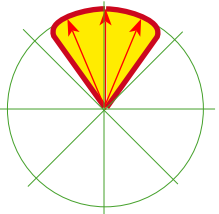
LE CHOIX DU TYPE D'ÉCLAIRAGE

Le choix du luminaire se fait en fonction du type d'éclairage choisi a priori, ce type définissant la répartition du flux lumineux dans l'espace, aspect déjà évoqué au livret **mD02 : Les sources de lumière**. Le classement adopté s'appuie sur les trois répartitions suivantes de base :

- . «(très) intensive» lorsque le flux lumineux est dirigé vers un point précis de l'espace,
- . «semi-intensive» lorsque la situation est intermédiaire,
- . «extensive» lorsque le flux lumineux est diffusé dans un large faisceau.

En pratique la majorité des constructeurs utilisent le **tableau ci-dessous** (pratiquement reproduit du livret R12), qui fixe les **quatre classes fondamentales** utilisées pour les projets :

- . **direct intensif** et **direct extensif** pour les flux lumineux dirigés *vers le bas*,
- . **semi-direct** lorsque le flux lumineux est dirigé en partie *vers le bas* et en partie *vers le haut*,
- . **indirect** lorsque le flux lumineux est uniquement dirigé *vers le haut*.

| CLASSEMENT SYNTHÉTIQUE DES LUMINAIRES | | | | |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| LUMINAIRE : | DIRECT INTENSIF | DIRECT EXTENSIF | SEMI-DIRECT | INDIRECT |
| RÉPARTITION D'INTENSITÉ : |  |  |  |  |

3.2. LES GRANDES CATÉGORIES DE LAMPES

LES LAMPES ACTUELLES

Jusqu'à une date relativement récente il existait trois types essentiels de lampes :

- . celles qui émettaient de la lumière en portant à l'**incandescence** un filament de tungstène,
- . celles produisant du rayonnement visible par **décharge** électrique dans un gaz,
- . celles, également à décharge, mais produisant du rayonnement ultraviolet qui est transformé en rayonnement visible par la couche fluorescente des parois (les lampes **fluorescentes**).

Plus récemment sont apparues les **diodes électroluminescentes** (les **LED**).

Bien que ce classement soit relativement simple, il existe en fait un très grand nombre de modèles, de performances différentes, en particulier sur les plans de la *puissance*, de l'*efficacité lumineuse*, de la *couleur* et de la *durée de vie*.

LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

Toutes les lampes à décharge, fluorescentes comprises, exigent la présence d'un circuit électrique annexe, dit «**ballast**», destiné à leur permettre de démarrer et opérer convenablement, consommant 10 à 20 % d'énergie, de plus en plus souvent électronique. La plupart de ces lampes fonctionnent directement sur le courant alternatif (50 Hz en Europe), courant normalement basse tension bien que certaines lampes de cette catégorie puissent fonctionner à très haute fréquence, à 30 kHz par exemple.

Les diodes électroluminescentes (les LED), surtout été utilisées jusqu'ici pour la signalisation et pour la décoration, voient leur champ d'application s'élargir progressivement. Point particulier : les LED sont alimentées en électricité très basse tension (TBT), avec un circuit approprié décrit par la suite.

LES EFFICACITÉS LUMINEUSES TYPES

L'efficacité lumineuse, critère essentiel sur le plan énergétique, possède les valeurs suivantes.

| EFFICACITÉS LUMINEUSES TYPES | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Type de lampe | Efficacité lumineuse [lm/W] |
| à incandescence classique | 8 - 12 |
| halogène | 12 - 24 |
| fluocompacte | 50 - 85 |
| fluorescente classique (tubulaire) | 65 - 100 |
| sodium haute pression | 65 - 140 |
| LED | 70 plus |
| sodium basse pression | 100 - 190 |

LES LUMINAIRES

Les luminaires sont, outre leur rôle de support et de protection, des organes de contrôle optique, grâce à la présence de déflecteurs ou de réflecteurs, chaque luminaire absorbant plus ou moins de lumière, ce qui fait donc intervenir son rendement lumineux.

Une fois le type de luminaire choisi il faut généralement en mettre en place plusieurs, le choix des emplacements visant à la fois le flux lumineux sur le plan utile et l'aspect esthétique des appareils.

LES ÉQUIPEMENTS ANNEXES ET LES COMMANDES

Les *équipements annexes* sont généralement les ballasts, décrits plus haut : ils dépendent du type de lampe utilisée, et sont décrits sommairement à la suite. Les *commandes* peuvent, elles, être très différentes selon les besoins : localisées ou centralisées, automatiques ou manuelles, etc.

3.3. LE CHOIX DES LAMPES

LE CLASSEMENT ADOPTÉ À LA SUITE

1. Lampes à incandescence :

- 1a. **lampes standard** (classiques),
- 1b. **lampes halogènes**

2. Lampes à décharge à vapeur de mercure basse pression (fluorescentes) :

- 2a. **lampes rectilignes** (tubes),
- 2b. **lampes compactes** (fluocompactes)

3. Lampes à décharge haute pression :

- 3a. à **vapeur d'halogénures**,
- 3b. à **vapeur de sodium**

4. Diodes électroluminescentes (LED) .

COMMENT CHOISIR LES LAMPES

Une fois le type choisi (voir § 3.1), avant de dimensionner l'installation, il faut choisir les lampes en se basant sur les critères de **couleur** et sur ceux d'**éclairage** :

- selon le type de local (voir table **A**),
- et selon le type de lampe, essentiellement selon la **couleur** (voir table **B**),

| A RECOMMANDATIONS de l'Association Française de l'Éclairage [A.F.E.], et de PROMOTELEC | | | | |
|---|---------------------------|----------------|---------------|-------------------|
| locaux | | couleur | | éclairage |
| secteur | activité type | IRC | Tc [K] | moyen [lx] |
| Enseignement | salle de classe | 85 | 3 000 - 4 000 | 500 |
| | tableau | 85 | 3 000 - 4 000 | 600 |
| | couture | 85 | 3 000 - 4 000 | 625 |
| | dessin d'art | 90 | 3 000 - 4 000 | 625 |
| | dessin industriel | 85 | 3 000 - 4 000 | 950 |
| Bureaux | bureau classique | 85 | 4 000 | 500 |
| | bureau paysager | 85 | 4 000 | 750 |
| | dessin technique | 90 | 4 000 - 5 000 | 950 |
| | salle de conférence | 80 | 3 000 - 4 000 | 300 |
| | informatique | 85 | 4 000 | 20 - 500 |
| Magasins (vente) | alimentation | 80 - 90 | 3 000 - 4 000 | 500 |
| | épicerie fine | 80 - 90 | 3 000 - 4 000 | 300 - 500 |
| | boulangerie | 80 - 90 | 2 700 - 3 000 | 300 |
| | boucherie, charcuterie | 90 - 100 | 4 000 - 6 500 | 500 - 800 |
| | textile, maroquinerie | 90 - 100 | 5 000 - 6 500 | 500 - 800 |
| | horlogerie, bijouterie | 90 - 100 | 4 000 - 5 000 | 500 - 800 |
| | fleuriste | 90 - 100 | 4 000 - 5 000 | 500 |
| | coiffeur, salon de beauté | 90 - 100 | 4 000 - 5 000 | 500 - 750 |
| Hotellerie | hall de réception | 80 | 3 000 | 300 |
| | comptoir | 80 | 3 000 | 500 |
| | salle à manger | 85 - 90 | 3 000 | 300 |
| | cuisine | 85 - 90 | 4 000 | 500 |
| | chambres et annexes | 85 | 3 000 | 300 |
| | caféteria, salons | 85 | 3 000 | 200 - 300 |

| B DONNEES TYPES SUR LES SOURCES CLASSIQUES | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|
| type de source | puissance [W] | efficacité [lm/W] | T. de couleur[K] | IRC | durée de vie [h] |
| INCANDESCENCE | | | | | |
| standard | 15 - 1000 | 8 - 18 | 2600 - 2900 | 100 | 1000 |
| halogène basse tension | 50 - 2000 | 8 - 18 | 3000 | 100 | 2000 |
| halogène très basse tension | 15 - 100 | 8 - 18 | 3000 | 100 | 2000 - 4000 |
| FLUORESCENCE | | | | | |
| tubes fluorescents | 18/36/58 | 8 - 18 | 2700 - 6500 | 66-98 | 8000 - 12000 |
| fluocompactes de substitution | 5-23 | 8 - 18 | 2700 - 3000 | 85 | 8000 |
| fluocompactes d'intégration | 5-55 | 8 - 18 | 2700 - 4000 | 85 | 8000 - 12000 |
| À DÉCHARGE | | | | | |
| aux halogénures métalliques | 20 - 2000 | 15 - 1000 | 3000 - 6000 | 65-85 | 6000 - 8000 |
| à vapeur de sodium haute pression | 35 - 1000 | 15 - 1000 | 2000 - 2500 | 80 | 8000 - 24000 |

3.4. LA TECHNOLOGIE DES LAMPES

Voir suite page suivante ...

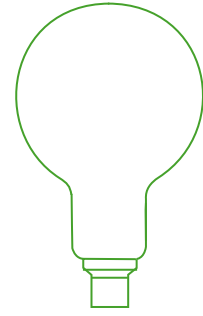
LES LAMPES CLASSIQUES (À INCANDESCENCE)

Le courant électrique, traversant un filament de tungstène, porte celui-ci à une température suffisante pour qu'il y ait émission de lumière. Elles se branchent directement sur le réseau électrique (220 [V], 50 [Hz]).

Ces lampes, selon les cas les plus courants, ont :

- . des **puissances** de 40 à 1000 [W],
- . des **efficacités lumineuses** de 8 à 18 [lm/W],
- . des **températures de couleur** de 2600 à 2900 [K], avec un **indice de rendu de couleur (IRC)** DE 100,
- . des **durées de vie** moyennes de l'ordre de 1000 [h].

D'efficacité lumineuse faible elles sont en voie obligatoire de disparition.



LES LAMPES HALOGÈNES BASSE TENSION

De forme généralement plus tubulaire que les lampes standards les lampes halogènes sont des lampes à incandescence où l'atmosphère neutre (argon et azote dans les lampes standard) contient également des halogènes (de l'iode ou du brome) dans l'enveloppe (en quartz). Sauf celles dites «très basse tension» (sur courant 12 V) elles se branchent directement sur le réseau électrique (220 [V], 50 [Hz]). Ces lampes présentent en général :

- . des **puissances** de 50 à 2000 [W] et des **efficacités lumineuses** de 13 à 20 [lm/W],
- . des **températures de couleur** de 3000 [K], avec un **indice de rendu de couleur (IRC)** DE 100,
- . des **durées de vie** moyennes de l'ordre de 2000 [h].

Les lampes halogènes sont surtout utilisées en éclairage commercial, plus rarement en éclairage général.



LA DISPARITION DE CERTAINES LAMPES

Le 8 décembre 2008 la commission européenne a mis au point le calendrier suivant (actuellement en présentation au Parlement européen) de disparition, dans le commerce, des lampes suivantes.

- . **1 septembre 2009.** Interdiction de toutes les lampes à incandescence dépolies et des lampes à incandescence claires de 80 W et plus.
- . **1 septembre 2010.** Interdiction des lampes à incandescence claires de plus de 65 W.
- . **1 septembre 2011.** Interdiction des lampes à incandescence claires de plus de 45 W.
- . **1 septembre 2012.** Interdiction des lampes à incandescence claires de plus de 7 W.
- . **1 septembre 2013.** Interdiction des lampes dites linolite (forme tubulaire, à filament).
- . **1 septembre 2016.** Interdiction des lampes claires d'efficacité C (les lampes halogènes resteront autorisées au moins jusqu'en 2016 dans la limite où elles sont au moins de classe C).

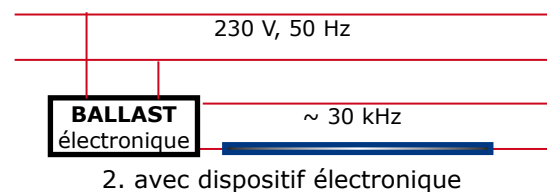
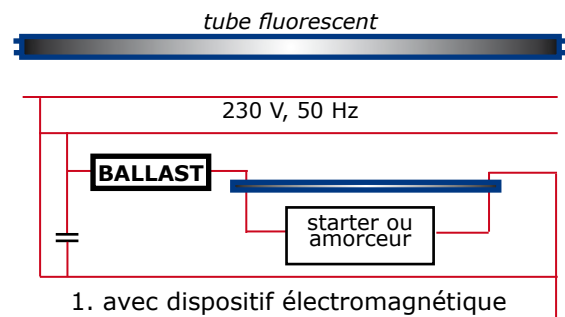
LES TUBES FLUORESCENTS

Les sources fluorescentes se présentent sous la forme d'ampoules tubulaires, généralement rectilignes contenant de la vapeur de mercure au sein laquelle des électrodes provoquent une émission ultraviolette. Une couche de poudres fluorescentes appliquées sur la face interne de l'ampoule, excitée par l'ultraviolet, transforme cette émission en lumière visible.

Ces tubes, de diamètre 16, 25 ou 38 [mm] :

- . ont des **puissances** de 18, 26 ou 58 [W],
- . des **efficacités lumineuses** de 60 à 100 [lm/W],
- . des **températures de couleur** très variables selon la couleur de la lumière produite) de 2700 à 6500 [K], avec un **indice de rendu de couleur (IRC)** de 66 à 98,
- . des **durées de vie** moyennes de 8000 à 12000 [h].

Ces lampes nécessitent un **dispositif d'allumage**, un **starter** (ou amorceur), et un limiteur de courant (le **ballast**), les deux montages principaux (électromagnétique et électronique) indiqués ci-contre.



LES LAMPES FLUOCOMPACTES

Les **lampes fluocompactes** sont constituées de tubes fluorescents mis en forme de façon à n'occuper qu'un volume analogue à celui d'une ampoule classique (incandescente), ou - à la rigueur et selon les destinations - à s'en rapprocher. Les lampes fluocompactes sont de deux catégories :

- . les **lampes de substitution**, destinés au remplacement de l'incandescence,
- . les **lampes d'intégration**, destinées à des montages neufs.

LES LAMPES DE SUBSTITUTION

Ces lampes :

- . ont des **puissances** de 5 à 23 [W],
 - . des **efficacités lumineuses** de 40 à 60 [lm/W],
 - . des **températures de couleur** de 2700 à 3000 [K],
- avec un **indice de rendu de couleur (IRC)** de 85,
- . des **durées de vie** moyennes de 8000 à 10000 [h].

LES LAMPES D'INTÉGRATION

Ces lampes :

- . ont des **puissances** de 5 à 55 [W],
 - . des **efficacités lumineuses** de 50 à 95 [lm/W],
 - . des **températures de couleur** de 2700 à 4000 [K],
- avec un **indice de rendu de couleur (IRC)** de 85,
- . des **durées de vie** moyennes de 8000 à 12000 [h].

LES ACCESSOIRES ET LES CULOTS

Les lampes fluocompactes relèvent des mêmes **branchements électriques** que les tubes fluorescents.

1. Les **lampes de substitution** sont composées, outre la tube fluorescent miniature :
 - . d'un **ballast** (intégré ou débrochable),
 - . et d'un **culot** identique à celui des systèmes utilisant des ampoules à incandescence (à vis ou à ergots).
2. Les **lampes d'intégration** sont composées, outre la tube fluorescent :
 - . d'un **starter**, intégré ou non dans le tube,
 - . d'un **ballast**, normalement intégré au luminaire, de sorte qu'en fin de vie seule la source est à changer.

LES LAMPES À DÉCHARGE HAUTE PRESSION

Les sources à décharge sont essentiellement destinées aux espaces de grande hauteur, exigeant en principe des niveaux d'éclairage assez élevés. La lumière est alors produite par une décharge électrique dans une ampoule contenant des vapeurs :

- . soit d'halogénures métalliques,
- . soit de sodium haute pression.

1. Ces sources ne peuvent être directement raccordées au réseau, obligeant à utiliser des accessoires d'alimentation : ballast, amorçeur, etc.
2. L'allumage et le fonctionnement exigent une tension d'alimentation qui soit très proche de la tension nominale (à + 5 % près en général).
3. A la mise en route ces sources appellent une intensité de courant supérieure à la valeur de régime. C'est cette valeur qui doit servir aux calculs électriques.
4. En cas de coupure plus ou moins brève ces sources exigent un certain temps de refroidissement avant d'être réamorçées (sauf dispositif spécial, mais nuisant alors à la durée de vie).

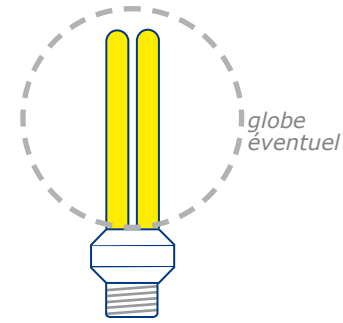
Les lampes à décharge haute pression nous concernant appartiennent à l'une des deux catégories suivantes :

- . celle des sources, dites souvent «à vapeur de mercure haute pression», dont l'atmosphère contient des **halogénures métalliques** (pour adapter la couleur),
- . celle des sources contenant de la **vapeur de sodium à très haute pression**.

1. LES SOURCES UTILISANT DES HALOGÉNURES MÉTALLIQUES

Ces lampes, certaines seulement étant utilisables en intérieur (**IRC** > 80) :

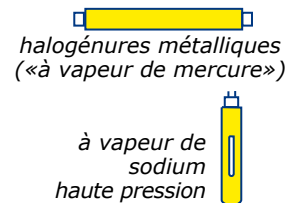
- . sont normalement de forme tubulaire,
- . ont des **puissances** de 50 à 2000 [W],
- . des **efficacités lumineuses** de 70 à 100 [lm/W],
- . des **températures de couleur** de 3000 à 6000 [K], avec un **indice de rendu de couleur (IRC)** compris entre 65 et 85,
- . des **durées de vie** moyennes de 6000 à 8000 [h].



FLUOCOMPACTE DE SUBSTITUTION
(exemple, avec culot à vis)



FLUOCOMPACTE D'INTÉGRATION
(starter incorporé)



2. LES SOURCES UTILISANT DE LA VAPEUR DE SODIUM

- Ces lampes, de forme tubulaire ou ovoïde,
- ont des **puissances** de 35 à 1000 [W],
- des **efficacités lumineuses** de 50 à 150 [lm/W],
- des **températures de couleur** de 2000 à 2500 [K], avec un *indice de rendu de couleur (IRC)* de 80,
- des **durées de vie** moyennes de 8000 à 24000 [h].

LES DIODES ÉLECTROLUMINESCENTES (LED)

Les **diodes électroluminescentes**, souvent dénommées «**LED**» d'après leur désignation anglaise (*light emitting diode*) appartiennent à une technique de développement relativement récent, de sorte qu'il n'est pas possible d'en fournir, dès maintenant, une vue définitive, ni d'en fixer définitivement les caractéristiques. Jusqu'ici les LED ont surtout servi aux éclairages décoratifs de petite puissance, mais les *fabrications destinées à l'éclairage courant connaissent actuellement un développement industriel fort.*

Le principe, très schématique, des LED est illustré au schéma ci-dessous. Sur le plan pratique les LED sont utilisés en très basse tension, et exigent donc un examen particulier (au plan électrique) : vous trouverez plus de détails aux paragraphes suivants.

3.5. LES DIODES ÉLECTRO-LUMINESCENTES

HISTORIQUE SOMMAIRE

Les premières sources de lumière «solides», sous forme de diodes émettrices de lumière ont utilisé des semiconducteurs inorganiques connus sous le nom de «diodes électro-luminescentes», en abrégé les «LED». Depuis un certain nombre d'années ont été développées des diodes organiques électroluminescentes (OLED) qui sont probablement l'avenir essentiel.

LES QUALITÉS DES LED ET DES OLED

Les LED (et OLED) possèdent les avantages suivants :

- ce sont des sources de lumière très efficaces (voir plus loin), ceci étant essentiellement dû à ce que les LED n'émettent pas de rayonnements infra-rouges ou ultra-violettes inutiles en éclairage courant,
- la durée de vie des LED est élevée (15000 à 20000 h) et leur maintenance facile et peu coûteuse,
- les LED ne contiennent pas de mercure, au contraire de la majorité des autres sources actuelles.

L'EFFICACITÉ LUMINEUSE DES LED

Le premier avantage des LED est leur efficacité. Alors que :

- les lampes à incandescence - d'ailleurs aujourd'hui en voie d'abandon - ne transforment guère que 8 % de leur énergie en énergie lumineuse (efficacité de l'ordre de 14 lm/W),
- que les tubes fluorescents ne transforment guère que de l'ordre de 21 % de leur énergie en lumière (efficacité lumineuse courante de l'ordre de 80 à 85 lm/W, 100 lm/W pour les plus efficaces),
- les LED transforment de l'ordre de 15 à 25 % de l'énergie électrique fournie en énergie lumineuse, leur efficacité, aujourd'hui encore de l'ordre de 70 à 75 lm/W pourrait être portée (avec de nouvelles diodes) aux alentours de 130 lm/W.

LES DÉFAUTS ET LES DÉFIS DES LED

Malgré ces avantages il est encore difficile d'utiliser les LED en éclairage général :

- par suite de leur puissance lumineuse limitée,
- par suite des caractéristiques un peu étroites de leur faisceau lumineux,
- par suite de leurs caractéristiques colorimétriques, assez difficiles à maîtriser,
- par suite de leurs coûts.

Il faut y ajouter leur mauvaise résistance aux fortes températures, ce qui peut obliger à prévoir des dispositifs de rafraîchissement, en particulier parce que la chaleur dégagée est beaucoup plus concentrée dans les LED qu'avec les autres types de lampes,

LES CARACTÉRISTIQUES LUMINEUSES DES LED

Alors que le rayonnement lumineux, avec les lampes classiques, se répartit plus ou moins dans toutes les directions (d'où les luminaires), les LED fournissent normalement un flux lumineux très directionnel. Mais ce flux lumineux n'est pas naturellement «blanc». Pour obtenir une lumière de couleur acceptable il faut généralement combiner plusieurs couches lumineuses, par exemple (voir fiche **md03.3**) : une diode bleue, une diode verte et une diode rouge.

L'ennui est que les trois puces de couleurs différentes n'ont pas exactement le même comportement dans le temps, ce qui entraîne une certaine évolution de la couleur dans le temps, le blanc ne restant pas strictement identique.

Actuellement le **rendu des couleurs** des diodes lumineuses correspond à un indice de rendu de couleur allant de 75 à 85. On espère, néanmoins, pouvoir le porter à 85-90, voire même 95.

LE COÛT DES LED

- A flux lumineux égal les LED coûtent actuellement (2010) :
- près de 500 fois ce que coûtent des lampes à incandescence,
- plus de 80 fois ce que coûtent les lampes fluo-compactes.

Le seul espoir du développement accéléré des LED est que leur prix baisse rapidement, si possible au rythme actuel où les prix sont régulièrement divisés par deux chaque année. La situation économique des LED devrait, donc, plus ou moins rapidement évoluer.

3.6. LA TRÈS BASSE TENSION DE SÉCURITÉ (TBTS)

LA NORME FONDAMENTALE

Les LED (et OLED) doivent être alimentés en électricité très basse tension, de sorte qu'il faut appliquer, non pas la norme NF C 15-100, mais le guide suivant :

- UTE C 15-559 (novembre 2006). Installations électriques à basse tension. Guide pratique Installations d'Éclairage en Très Basse Tension.

D'une façon générale la «très basse tension» (TBT) correspond à une tension inférieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu, mais avec les LED c'est une définition plus stricte puisqu'il s'agit de «**TBTS**», dite «**très basse tension de sécurité**», qui - par principe et obligation de base - doit être telle qu'elle rende techniquement improbable tout défaut entre le circuit primaire basse tension (BT) et le circuit secondaire (TBTS). Sur le plan pratique les circuits doivent répondre aux obligations de la table suivante, la tension normale avec les LED étant de **12 [V]**.

| PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS | | |
|--|-----------------------|-------------------|
| Tension alternative | U ≤ 25 | 25 < U ≤ 50 |
| Tension continue | U ≤ 60 | 60 < U ≤ 120 |
| Protection contre les contacts directs | <i>pas nécessaire</i> | <i>nécessaire</i> |

LES SOURCES ÉLECTRIQUES

Entre l'alimentation classique (BT) et le réseau TBTS se trouve une **source** normalement soumise à des obligations strictes de protection. Cette source, rendant improbable tout défaut entre le circuit primaire basse tension (BT) et les circuits secondaires (TBTS), peut être :

- soit un **transformateur**,
- soit un **convertisseur** (de sécurité).

L'UTILISATION DES TRANSFORMATEURS

Le **circuit primaire** (normalement BT 230 V) doit être protégé contre les surcharges et les courts-circuits. Les fusibles classiques et les disjoncteurs ne sont pas soumis à des obligations spéciales, mais il est prudent de se prémunir contre des déclenchements intempestifs dus aux transformateurs : adopter -pour les transformateurs - le type C en général (> 450 [VA]) ou D.

Les **circuits secondaires** (TBTS) ne sont soumis à aucune obligation autre que celles prévues plus haut, sauf si la longueur dépasse 2 [m] - cas dans lequel il est recommandé une étude spéciale du fournisseur.

L'UTILISATION DES CONVERTISSEURS

La seule protection à prévoir, en général, pour le **circuit primaire** (normalement BT 230 V) est la protection classique contre les courts-circuits. Quant à la sécurité des **circuits secondaires**, les recommandations indiquées pour les transformateurs (ci-dessus) restent globalement valables.

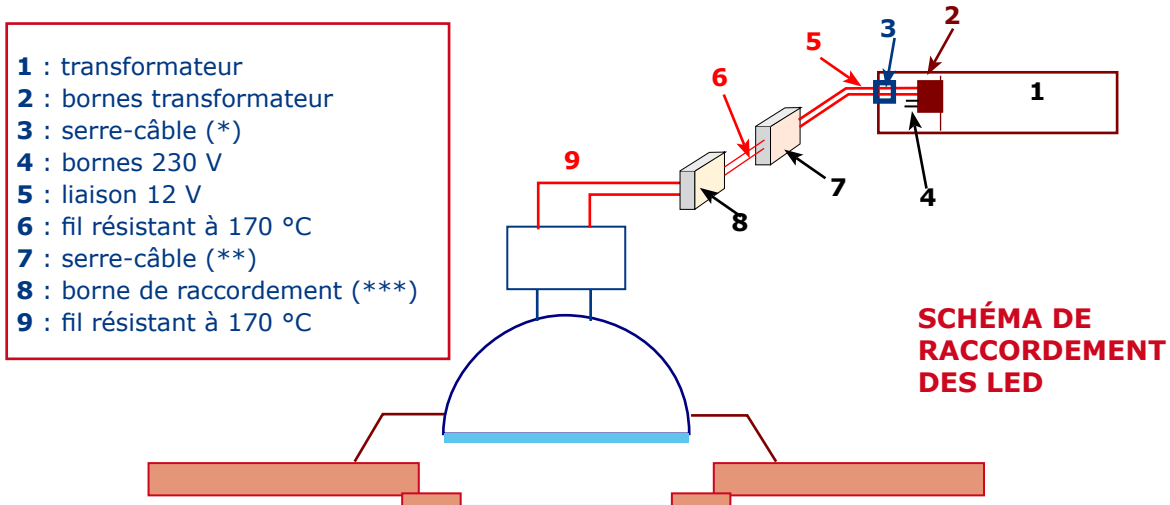
PRÉCAUTIONS GÉNÉRALES POUR LES CIRCUITS SECONDAIRES

1. Les circuits TBTS, devant présenter une isolation renforcée vis à vis des circuits BT, doivent être mis en oeuvre dans des conduits distincts.
2. L'intensité étant particulièrement élevée (du fait de la faible tension) il faut y limiter la chute de tension (calcul des sections) à au plus 5%. Pour les circuits alimentés par des convertisseurs, et pour un courant maximal de 8,5 [A], on peut réduire la section à 0,5 [mm²].
3. Les conducteurs isolés peuvent être collés directement sur les parois sous les réserves indiquées par le guide UTE (ambiance normale, conduits inaccessibles au toucher).
4. Il convient généralement de prévoir des dispositifs d'arrêt de traction à chaque extrémité des conducteurs des circuits secondaires.
5. Les appareils d'éclairage eux-mêmes sont soumis à des règles d'installation très particulières : vous en trouverez les détails à la suite.

3.7. LE MONTAGE ÉLECTRIQUE DES LED

LE SCHÉMA DE RÉFÉRENCE

Les appareils d'éclairage (LED) doivent respecter, selon le guide UTE, les dispositions illustrées au schéma suivant.



Remarques sur le schéma ci-dessus :

(*) : serre-câble solidaire du transformateur

(**) : serre-câble solidaire de l'appareil d'éclairage (obligatoire s'il faut retirer l'appareil du plafond ou du faux-plafond pour changer la lampe)

(***) : borne de raccordement résistant à 125 °C.

LE MONTAGE DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

Le montage des appareils contenant des LED est soumis aux conditions suivantes concernant les contacts avec les appuis.

1. Le montage est autorisé au contact des matériaux de classe au feu **M0**, et ce quelle que soit la température des LED.
2. Le montage est autorisé au contact de matériaux de classes au feu **M1**, **M2** ou **M3** sous réserve que la température des LED soit inférieure à 90 °C.
3. Le montage n'est pas autorisé au contact des matériaux de classe **M4**.

LE MONTAGE EN FAUX-PLAFOND : LES CIRCUITS SECONDAIRES

A chaque extrémité du conducteur de circuit secondaire, le montage doit comporter un dispositif d'arrêt de traction afin d'éviter toute déconnexion électrique accidentelle en faux-plafond.

LE MONTAGE EN FAUX-PLAFOND : L'ACCESSIBILITÉ DU TRANSFORMATEUR

Les liaisons entre luminaires et transformateurs, ou convertisseurs doivent être capables de résister à une température de 170 °C.

Le transformateur (ou convertisseur) placé dans un faux-plafond doit rester accessible. Ce qui implique les précautions suivantes :

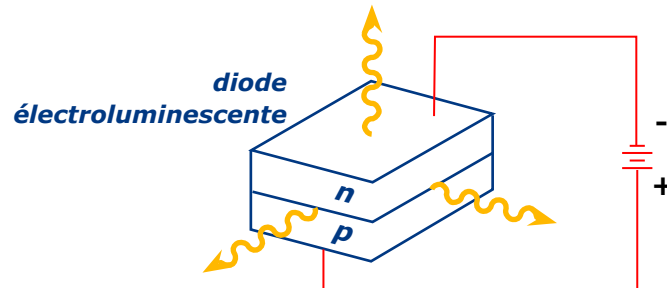
1. Dans le cas où le faux-plafond est **démontable** le transformateur doit être placé sur la partie fixe ;
2. Dans le cas où le faux-plafond n'est **pas démontable**, et s'il s'agit d'**un seul appareil**, l'orifice recevant l'appareil d'éclairage est considéré comme une trappe d'accès ;
3. Dans le cas où le faux-plafond n'est **pas démontable** et où il y a **plusieurs appareils**, l'installation doit comporter une **trappe d'accès**.

3.8. LA STRUCTURE DES LED

Nous indiquons page suivante, à titre informatif, et en préparation des évolutions à venir, les schémas de principe et de fonctionnement des diodes électro-luminescentes (LED).

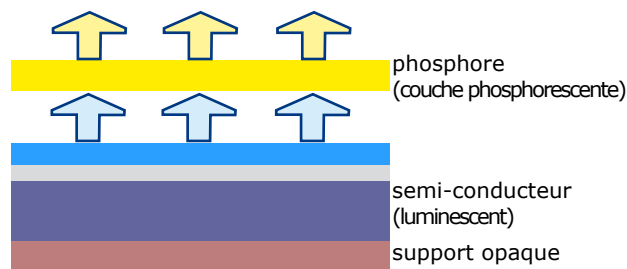
LE SEMI-CONDUCTEUR DE BASE DES LED

Les diodes électroluminescentes utilisent, en noyau, des semi-conducteurs particuliers, *la majorité des produits utilisés étant à base de gallium*. Le matériau adopté doit être fondamentalement un produit de très grande pureté, mais il a reçu des «impuretés» de deux catégories qui vont animer la génération de lumière. La première catégorie d'impuretés conduit à un excès d'électrons (matériau de type **n**), alors que la deuxième catégorie conduit à un manque d'électrons («trous» positifs : matériau de type **p**). Les deux sont diffusées dans le même semi-conducteur, créant au sein de celui-ci une interface entre les régions **n** et **p**. Si une tension continue est appliquée de telle sorte que la zone **n** soit négative et que la zone **p** soit positive, les trous et les électrons se combinent à l'interface, et produisent alors des **photons**.



LA STRUCTURE COMPLÈTE DES LED MONOCHROMES

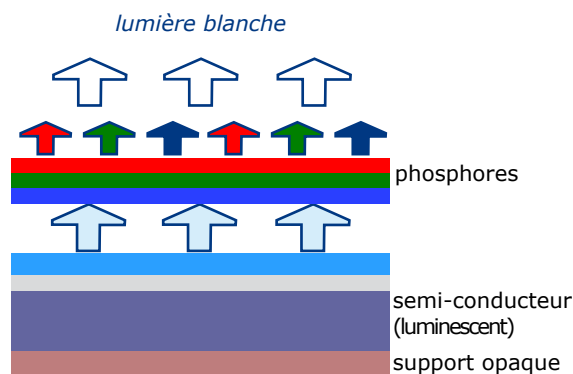
Les LED comportent un certain nombre de couches, comme l'indique le schéma ci-dessous, le semi-conducteur luminescent n'en étant qu'un des éléments, celui dont part la lumière.



Plus de 90 % des LED actuels fonctionnent selon le principe de fluorescence d'un **phosphore**. Le fonctionnement est alors le suivant : la puce semi-conductrice (où circule un courant continu de quelques dizaines d'ampères) génère une lumière, bleue dans l'exemple précédent. Elle traverse ensuite un phosphore, jaune dans le cas précédent, phosphore qui va fournir la lumière jaune.

LA STRUCTURE COMPLÈTE DES LED «BLANCHES»

Les LED réelles, fournissant de la lumière blanche, fonctionnent normalement en utilisant trois (et non un) phosphores de couleurs différentes (bleu, vert, rouge). Le schéma ci-dessous en indique le principe, étant entendu qu'il s'agit d'une voie encore en développement.



Chapitre 4

4. LE CADRE RÉGLEMENTAIRE

4.1. LES TEXTES OFFICIELS PRIS EN COMPTE

TEXTES RELEVANT DE L'HABITATION (*Eclairages de sécurité*)

Circulaire n° 87-48 du 4 juin 1987 relative à l'éclairage de sécurité dans les parcs de stationnement couverts annexes des bâtiments d'habitation (arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation)

TEXTES RELEVANT DU «TRAVAIL»

Les textes officiels notés à la suite sont les suivants.

- . CODE DU TRAVAIL : Titre 1er Obligations du maître d'ouvrage pour la conception des lieux de travail - Chapitre 3 Eclairage, insonorisation et ambiance thermique - Articles R4213-1 à R4213-9
- . CODE DU TRAVAIL : Titre 2 Obligations de l'employeur pour l'utilisation des lieux de travail - Chapitre 3 Éclairage, ambiance thermique - Articles R4223-1 à R4223-15
- . Circulaire du 11 avril 1984 relative au commentaire technique des décrets 83-721 et 83-722 du 2 août 1983 relatifs à l'éclairage des lieux de travail

TEXTES RELEVANT DES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

Le texte officiel noté à la suite est le suivant.

- . Règlement de sécurité incendie dans les ERP : Livre 2 Dispositions applicables aux établissements des quatre premières catégories - Titre 1 Dispositions générales - Chapitre 8 Eclairage - Articles EC1 à EC15

Le texte officiel suivant n'est pas repris

- . Arrêté du 2 octobre 1978 relatif aux blocs autonomes d'éclairage de sécurité utilisés dans les établissements recevant du public (ERP) : *pour mémoire*.

4.2. LES TEXTES «DU TRAVAIL»

2A. Code du travail

CODE DU TRAVAIL (Nouvelle partie Réglementaire) 4ème Partie : Santé et sécurité au travail

Livre 2 Dispositions applicables aux lieux de travail. Titre 1^{er} Obligations du maître d'ouvrage pour la conception des lieux de travail. Chapitre 3 Eclairage, insonorisation et ambiance thermique.

Section 1. Eclairage

Article R4213-1. Le maître d'ouvrage conçoit et réalise les bâtiments et leurs aménagements de façon à ce qu'ils satisfassent aux règles d'éclairage prévues aux articles *suivants*.

Article R 4213-2. Les bâtiments sont conçus et disposés de telle sorte que la lumière naturelle puisse être utilisée pour l'éclairage des locaux destinés à être affectés au travail, sauf dans les cas où la nature technique des activités s'y oppose.

Article R 4213-3. Les locaux destinés à être affectés au travail comportent à hauteur des yeux des baies transparentes donnant sur l'extérieur, sauf en cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées.

Article R 4213-3. Le maître d'ouvrage consigne dans une notice d'instructions qu'il transmet à l'employeur les niveaux minimum d'éclairement, pendant les périodes de travail, des locaux, dégagements et emplacements, ainsi que les informations nécessaires à la détermination par l'employeur des règles d'entretien du matériel.

CODE DU TRAVAIL (Nouvelle partie Réglementaire) 4ème Partie : Santé et sécurité au travail

Livre 2 Dispositions applicables aux lieux de travail. Titre 2 Obligations de l'employeur pour l'utilisation des lieux de travail.

Chapitre 3 Éclairage, ambiance thermique

Article R4223-1 . Les dispositions de la présente section fixent les règles relatives à l'éclairage et à l'éclairement :

1. Des locaux de travail et de leurs dépendances, notamment les passages et escaliers ;
2. Des espaces extérieurs où sont accomplis des travaux permanents ;
3. Des zones et voies de circulation extérieures empruntées de façon habituelle pendant les heures de travail.

Article R4223-2. L'éclairage est assuré de manière à :

1. Eviter la fatigue visuelle et les affections de la vue qui en résultent ;
2. Permettre de déceler les risques perceptibles par la vue.

Article R4223-3. Les locaux de travail disposent autant que possible d'une lumière naturelle suffisante.

Article R4223-4. Pendant la présence des travailleurs dans les lieux mentionnés à l'article R 4223-1, les niveaux d'éclairage mesurés au plan de travail ou, à défaut, au sol, sont au moins égaux aux valeurs indiquées dans le tableau suivant :

| <i>Locaux affectés au travail et à leurs dépendances</i> | <i>Valeurs minimales d'éclairage</i> |
|--|--|
| Voies de circulation intérieures | 40 lux |
| Escaliers et entrepôts | 60 lux |
| Locaux de travail, vestiaires, sanitaires | 120 lux |
| Locaux aveugles affectés au travail permanent | 200 lux |

| <i>Espaces extérieurs</i> | <i>Valeurs minimales d'éclairage</i> |
|--|--|
| Zones et voies de circulation extérieures | 10 lux |
| Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent | 40 lux |

Article R4223-5. Dans les zones de travail, le niveau d'éclairage est adapté à la nature et à la précision des travaux à exécuter.

Article R4223-6. En éclairage artificiel, le rapport des niveaux d'éclairage, dans un même local, entre celui de la zone de travail et l'éclairage général est compris entre 1 et 5. Il en est de même pour le rapport des niveaux d'éclairage entre les locaux contigus en communication.

Article R4223-7. Les postes de travail situés à l'intérieur des locaux de travail sont protégés du rayonnement solaire gênant soit par la conception des ouvertures, soit par des protections fixes ou mobiles appropriées.

Article R4223-8. Les dispositions appropriées sont prises pour protéger les travailleurs contre l'éblouissement et la fatigue visuelle provoqués par des surfaces à forte luminance ou par des rapports de luminance trop importants entre surfaces voisines. Les sources d'éclairage assurent une qualité de rendu des couleurs en rapport avec l'activité prévue et ne doivent pas compromettre la sécurité des travailleurs. Les phénomènes de fluctuation de la lumière ne doivent pas être perceptibles ni provoquer d'effet stroboscopique.

2B. Circulaire du 11 avril 1984

Décret n° 83-721 du 2 août 1983 (obligations des chefs d'établissement)

Son article 1^{er} substitue aux dispositions de la sous-section 3 (Eclairage) de la section première (Locaux affectés au travail) du chapitre II (Hygiène) du titre III (Hygiène et sécurité) du livre II (Deuxième partie) du Code du travail des dispositions nouvelles visant à donner aux travailleurs, grâce à une amélioration de l'éclairage des établissements visés ... de meilleures conditions de travail. ... Les nouvelles dispositions développent et élargissent les prescriptions de l'ancien article R. 232-6. En effet, l'obligation d'éclairage n'est plus limitée aux locaux fermés affectés au travail, mais également à certains espaces extérieurs, et les conditions d'éclairage ne visent plus exclusivement la sécurité du travail et de la circulation, mais aussi le confort visuel. En raison de l'intérêt qui s'attache à ce que ces mesures puissent être appliquées dans les délais prévus avec toute l'efficacité désirable, il paraît nécessaire d'appeler l'attention sur certains points particulièrement importants ou certaines novations essentielles.

Art. R 232-6 : L'alinéa 2° de cet article fait état des «Espaces extérieurs où sont effectués des travaux permanents». Les mots « travaux permanents » impliquent qu'il n'est pas obligatoire d'installer un éclairage fixe assurant un niveau d'éclairage au moins égal à 40 lux pour les espaces extérieurs dès lors qu'il n'y sera effectué de nuit que des travaux occasionnels. En revanche, cette précision n'exclut pas l'obligation d'éclairage, pour le travail de nuit, des zones de travail extérieures à l'aide d'installations mobiles ou d'équipements individuels, même s'il s'agit d'un travail occasionnel. Enfin, l'alinéa 3 fait état des « zones et voies de circulation extérieures empruntées de façon habituelle pendant les heures de travail » : il s'agit notamment d'espaces extérieurs de service utilisés de nuit par les piétons ou les véhicules non munis de dispositifs d'éclairage prévus par le code de la route.

Art. R 232-6-2 : Les niveaux d'éclairage indiqués dans le tableau de cet article sont des valeurs minimales. Pour que ces valeurs soient respectées à tout moment et en tout point des lieux concernés, les assujettis auront intérêt à tenir compte, lors de la conception et de la mise en service des installations, des variations prévisibles des niveaux d'éclairage dans l'espace et dans le temps, dues notamment :

- à la répartition inégale de la lumière au niveau du plan de travail ;
- aux différents facteurs entraînant la réduction de l'éclairage dans le temps, notamment l'empoussièrement et le vieillissement des luminaires, l'usure des lampes, l'empoussièrement et le vieillissement des parois du local ;
- à la fréquence de l'entretien qui sera effectué.

De plus, ces niveaux d'éclairage concernent l'éclairage général. Ils ne sont suffisants que pour des tâches ne nécessitant pas la perception du détail. C'est pourquoi le dernier alinéa précise la nécessité de l'adaptation à la nature et à la précision des travaux à exécuter. La zone de travail citée au dernier alinéa est la région de l'espace où se trouve la tâche à accomplir et où il faut distinguer le détail à percevoir et le fond sur lequel il se détache.

Le tableau suivant donne des exemples de valeurs d'éclairage minimal pour certaines activités, l'éclairage pouvant être obtenu par des éclairages localisés de la zone de travail en complément de l'éclairage général.

| Eclairage minimal | Type d'activité |
|--------------------------|---|
| 200 lux | Mécanique moyenne, dactylographie, travail de bureau |
| 300 lux | Travail de petites pièces, bureau de dessin, mécanographie |
| 400 lux | Mécanique fine, gravure, comparaison de couleurs, dessin difficile, industrie du vêtement |
| 600 lux | Mécanique de précision, électronique fine, contrôles divers |
| 800 lux | Tâches très difficiles de l'industrie ou des laboratoires |

Il est souhaitable de modifier les niveaux d'éclairage en fonction de certaines conditions rencontrées et notamment les possibilités visuelles des travailleurs. Ces mesures peuvent être proposées par le médecin du travail. La norme NF X 35-103 donne des exemples d'éclairages moyens en service, recommandés par type d'établissement, ainsi que les adaptations à apporter aux éclairages en fonction de différentes conditions rencontrées. Cependant, ces éclairages ne peuvent être directement comparés à ceux du décret ou à ceux figurant ci-dessus, car il s'agit d'éclairages moyens en service, donc supérieurs aux valeurs minimales correspondantes. Il est rappelé, en outre, que l'orientation des rayons lumineux permet de créer des ombres donnant aux objets à observer un certain relief qui contribue à la bonne perception des formes. Il va de soi que les niveaux d'éclairage fixés à cet article ne pourront être imposés dans les locaux où manifestement les activités techniques ne permettent pas un tel éclairage (les labo-photos ou certains postes de commande par exemple). Il pourra être demandé des mesures compensatoires, après avis du médecin du travail, s'il s'avère que les conditions d'éclairage provoquent une fatigue visuelle ou un danger pour la vue. Pour l'application des niveaux d'éclairage minimaux, la notion de locaux de travail et d'entrepôt a donné lieu à interrogation. D'une façon générale les valeurs minimales s'appliquent sur l'ensemble de la surface des locaux. Toutefois, dans le cas des grands halls, certaines surfaces où il n'est effectué aucun travail permanent pourront être assimilées selon le cas à des voies de circulation intérieures ou à des entrepôts, sous réserve que les rapports des niveaux d'éclairage et les écarts de luminance soient conformes aux prescriptions des articles R 232-6-3 et R 232-6-5. Pour ce qui concerne les entrepôts il va de soi que les valeurs minimales d'éclairage ne sont suffisantes que pour les activités d'un entrepôt classique et que chaque fois que les activités nécessitent la perception du détail (zone d'emballage par exemple), il sera nécessaire d'adapter les éclairages dans la zone où s'effectue ce travail.

Art. R 232-6-2 : Les prescriptions de cet article ont pour but de limiter les rapports d'éclairage et par suite, compte tenu des facteurs de réflexion, les rapports de luminance visés également à l'article R 232-6-5. Ainsi, si le niveau d'éclairage des zones de travail d'un local est de 1 000 lux, l'éclairage général de ce local ne pourra être inférieur à 200 lux.

Art. R 232-6-4 : La pénétration des rayons solaires sur les zones de travail peut entraîner les inconvénients suivants :

- éblouissement du fait d'un éclairage localisé trop important entraînant des rapports de luminance trop grands ;
- inconfort possible dû à l'effet thermique provenant de l'absorption du rayonnement solaire direct.

Toutefois, si la pénétration des rayons solaires est épisodique et ne provoque pas d'inconfort ou d'éblouissement aux postes de travail, les mesures de protection peuvent ne pas être nécessaires. L'attention est attirée sur les effets thermiques apportés par les protections intérieures, qui ne réduisent pas l'effet de serre des vitrages, ce qui peut entraîner une élévation de température trop importante à l'intérieur des locaux de petit volume.

Art. R 232-6-5 : La difficulté des mesures de luminance a conduit à ne pas fixer de valeurs limites dans le décret. **I.** D'une manière générale, la luminance d'une surface doit être d'autant plus faible que ses dimensions apparentes sont plus grandes et que sa position est plus proche du centre du champ visuel de l'observateur. Ainsi, dans le champ visuel central d'un observateur :

- . la luminance d'une source lumineuse ne devrait pas excéder 3 000 cd/m² ;
- . la luminance d'une surface lumineuse de grande dimension (mur, plafond lumineux) ne devrait pas excéder 600 cd/m² ;
- . enfin, la luminance d'une surface lumineuse ne devrait pas dépasser 50 fois la luminance des surfaces sur lesquelles elle apparaît, avec une tolérance à 80 fois dans le cas de grand volume dont le niveau d'éclairage ne dépasse pas 300 lux.

Suite page suivante

Toutes ces valeurs limites concernent également les images réfléchies des sources. Pour plus de précision, on pourra s'inspirer utilement de la norme X 35-103, qui fixe, à l'aide d'abaques, des valeurs de luminance plus précises en fonction de différents facteurs, tels que :

- le type de source lumineuse ;
- la position et l'orientation des sources ;
- la valeur de l'éclairage de la tâche ;
- la difficulté de la tâche, et qui donne d'autres rapports de luminance et d'éclairage entre plan utile, plafond et parois latérales.

II. En éclairage naturel, la luminance des prises de jour dépend de l'éclairage extérieur ; toutefois, on pourra agir sur les facteurs suivants :

La disposition des postes de travail (suppression des prises de jour dans le champ visuel lorsque les yeux sont dirigés vers la zone de travail) ;

- . la disposition des ouvertures ;
- . l'atténuation de la lumière par rideaux, stores, verres filtrants.

On pourra aussi réduire les écarts de luminance :

- . par le choix des facteurs de réflexion des parois et celui en particulier des parties opaques adjacentes aux prises de jour ;
- . par la diffusion de la lumière par grands rideaux, couvrant toute la surface des parois vitrées ;
- . par l'éclairage artificiel des parties opaques adjacentes aux prises de jour.

III . Cas des locaux où s'effectue un travail sur écrans cathodiques.

La faible luminance des écrans nécessite, pour un confort visuel convenable :

- non seulement qu'aucune surface à luminance élevée ne se trouve dans le champ visuel de l'opérateur ou ne provoque de reflets sur l'écran visibles par l'opérateur ;
- mais que la luminance moyenne dans le champ visuel soit faible.

Ces impératifs conduisent à un niveau d'éclairage général faible (de l'ordre de 300 lux) et de préférence modulaire et réglable avec l'utilisation de luminaires à basse luminance, l'éclairage des tables de travail étant complété par un éclairage localisé. Ils impliquent aussi de veiller à l'orientation des écrans par rapport aux prises de jour et d'installer des protections permettant de régler la pénétration de la lumière. Enfin, d'une façon générale, il faut éviter toute surface brillante pour les revêtements des parois, des sols, des plafonds, du mobilier et des équipements et les couleurs très claires pour les sols, le mobilier et les équipements.

IV Rendu des couleurs : La Commission internationale de l'éclairage a défini un indice général de rendu des couleurs Ra dont la valeur maximale est 100. L'installateur ou le fabricant est normalement en mesure de fournir la valeur de cet indice pour les différents types de lampes. Une valeur de Ra supérieure à 80 assure un éclairage agréable et, d'une manière générale, un rendu des couleurs convenable ; une valeur de Ra inférieure à 60 ne peut convenir sur le plan sécurité et confort qu'à une activité ne nécessitant aucune exigence de rendu des couleurs.

V Les phénomènes de fluctuation sont spécifiques aux lampes à décharges. Les fluctuations perceptibles proviennent en général d'un mauvais entretien, d'un matériel défectueux (tube, starter, ballast) ou d'un mauvais contact. Les fluctuations non perceptibles mais pouvant provoquer des effets stroboscopiques ont pour origine l'alternance du courant électrique. Le déphasage de l'alimentation des lampes ajouté à la rémanence des revêtements des lampes supprime presque totalement ces fluctuations. Les prescriptions de l'article R 232-6-5 n'interdisent pas l'emploi des effets stroboscopiques pour l'exécution de certaines tâches ; toutefois, ceux-ci doivent être obtenus avec des sources lumineuses indépendantes de l'éclairage et limités aux zones d'utilisation.

Art. R 232-6-6 : Pour les problèmes de brûlure par contact, les normes NF C 71-110 et NF C 71-111 fixent les températures limites acceptables des luminaires.

Art. R 232-6-7 : Les organes de commande d'éclairage doivent être de préférence placés au voisinage des issues ou à proximité des zones de circulation. Les voyants lumineux des organes de commande de l'éclairage doivent être sûrs et durables (par exemple à lampe néon ou à luminescence).

Art. R 232-6-8 : Le premier alinéa de cet article vise principalement l'accessibilité du matériel d'éclairage, de façon à rendre moins pénibles et moins dangereuses les tâches d'entretien (nettoyage et remplacement des lampes). De plus, un bon choix de matériel d'éclairage peut réduire la fréquence de l'entretien et le temps nécessaire aux opérations d'entretien et de nettoyage.

Art. R 232-6-10 : Les dispositions concernant les rapports des niveaux d'éclairage, la protection contre le rayonnement solaire, les fortes luminances ou les rapports de luminance ne sont pas applicables aux chantiers de bâtiment et de génie civil, compte tenu du caractère précaire des installations de chantier ; en revanche, les dispositions concernant les niveaux d'éclairage, le rendu des couleurs, la fluctuation de la lumière, les effets thermiques, les brûlures, l'entretien restent applicables aux chantiers.

Décret n° 83-721 du 2 août 1983 (obligations des maîtres d'ouvrage)

Le décret n° 83-722 du 2 août 1983 est pris pour l'exécution de l'article L 235-1 du code du travail. ...Il détermine les règles et les modalités d'application auxquelles sont tenus de se conformer, dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité des travailleurs, les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle, commerciale ou agricole. C'est le premier décret qui, dans le but d'intégrer l'hygiène et la sécurité dès la conception des bâtiments à usage industriel, commercial ou agricole, permet de fixer des obligations aux maîtres d'ouvrage. ... Il convient de rappeler tout d'abord que :

1. Par maître d'ouvrage on entend la personne physique ou morale qui décide de faire l'ouvrage et en assure ou fait assurer le financement ;
2. Pour les travaux exécutés sur les constructions existantes le permis de construire est obligatoire ... pour les travaux qui ont pour effet d'en changer la destination, de modifier leur aspect extérieur ou leur volume, ou de créer des niveaux supplémentaires.

L'application des dispositions du chapitre V aux opérations ne nécessitant pas de permis de construire a pour conséquence qu'un maître d'ouvrage, dès lors qu'il remplace ou modifie des installations ou des aménagements visés par ces dispositions, doit les respecter. Ainsi, par exemple, la suppression de l'éclairage naturel ou de la vue sur l'extérieur dans des locaux de travail qui en bénéficiaient n'est pas autorisée, sauf si cela est justifié par une incompatibilité avec la nature des activités envisagées.

Art. R 235-2 et 235-2-1 : Sauf incompatibilité avec la nature des activités, justifiée par le maître d'ouvrage, de nouveaux locaux de travail ne pourront être aménagés :

1. Sans utilisation de la lumière naturelle ;
2. Sans vue sur l'extérieur.

Il faut remarquer que les deux objectifs, qui répondent à des besoins fondamentaux de l'homme, ont été distingués l'un de l'autre car ils peuvent être obtenus par des aménagements différents. Ainsi un lanterneau apportera la lumière naturelle sans offrir de vue sur l'extérieur. Il n'a pas été fixé de valeur minimale d'éclairage naturel, car cet éclairage ne dépend pas exclusivement des dispositions architecturales des locaux mais également des conditions extérieures de site, cela particulièrement dans le cas de l'éclairage latéral. Cependant, chaque fois que cela sera possible, il est recommandé d'assurer un niveau d'éclairage naturel par temps clair, supérieur aux valeurs minimales de l'article R 232-6-2. Il n'a pas été fixé de surface minimale pour les baies transparentes. Toutefois, il est recommandé, pour les zones occupées par le personnel, que les surfaces vitrées représentent au moins le quart de la superficie de la plus grande paroi du local donnant sur l'extérieur, en ne considérant que les surfaces en dessous de 3 mètres de hauteur. De plus, chaque fois qu'il n'y aura pas d'indication précise sur les postures de travail, la hauteur d'allège ne devrait pas dépasser 1 mètre (la hauteur d'allège est la hauteur de la partie fixe et pleine comprise entre le sol et le vitrage).

Art. R 235-2-2 : Il faut noter qu'il n'est pas fait obligation au maître d'ouvrage de livrer un bâtiment avec l'installation d'éclairage artificiel terminée, surtout s'il ignore l'usage qui sera fait du bâtiment. Toutefois, les installations ou parties d'installation qu'il réalise doivent satisfaire aux dispositions des articles R 232-6-1 à R 232-6-8.

Art. R 235-2-3 : Il va de soi qu'un maître d'ouvrage livrant un bâtiment sans installation d'éclairage n'est pas tenu de transmettre le document prévu à cet article. Le document transmis par le maître d'ouvrage qui a réalisé l'installation d'éclairage permet :

- . d'une part, d'informer l'employeur sur les conditions d'éclairage prévues et sur l'entretien de l'installation à prévoir
- . d'autre part, de bien préciser quelles sont les parties de l'installation qui ont été réalisées respectivement par le maître d'ouvrage ayant entrepris la construction, par les maîtres d'ouvrage ayant procédé à des aménagements, par l'employeur.

Par exemple, un éclairage insuffisant peut provenir :

- . d'une installation trop sommaire ;
- . d'un mauvais entretien (nettoyage non réalisé ou remplacement de lampes non appropriées) ;
- . d'une modification ultérieure de l'installation ;
- . d'un changement de facteur de réflexion des parois ou du plafond (modification des peintures ou des revêtements).

Pénalités ... (partie non reproduite)

4.3. LES TEXTES DES «ERP»

Il s'agit du texte suivant concernant les établissements recevant du public (ERP)

3C. Arrêté du 25 juin 1980

Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public. Dispositions applicables aux établissements des quatre premières catégories. Dispositions générales. Eclairage.

Section 1 Généralités

Article EC 1 Objectifs Les dispositions du présent chapitre ont pour objectifs :

- . d'assurer une circulation facile ;
- . de permettre l'évacuation sûre et facile du public ;
- . d'effectuer les manoeuvres intéressant la sécurité.

Article EC 2 Règles générales

§ 1. L'éclairage comprend : l'éclairage normal ; l'éclairage de sécurité ; éventuellement l'éclairage de remplacement.

§ 2. L'éclairage doit être électrique. Les installations d'éclairage électrique doivent être conçues, réalisées et entretenues conformément aux dispositions du chapitre VII du présent titre et répondre, en outre, aux conditions ci-après.

Article EC 3 Définitions des différents éclairages On appelle :

- . éclairage normal : éclairage qui est alimenté par la source normale ;
- . éclairage de sécurité : éclairage qui est alimenté par une source de sécurité en cas de disparition de la source normale ;
- . éclairage de remplacement : tout ou partie de l'éclairage normal alimenté par la source de remplacement ;
- . état de repos des blocs autonomes de l'éclairage de sécurité : état d'un bloc autonome qui a été éteint intentionnellement lorsque l'alimentation normale est interrompue et qui, dans le cas du retour de celle-ci, revient automatiquement à l'état de veille ;
- . état de veille : état dans lequel les sources d'éclairage de sécurité sont prêtes à intervenir en cas d'interruption de l'alimentation de l'éclairage normal ;
- . état de fonctionnement en sécurité : état dans lequel l'éclairage de sécurité fonctionne, alimenté par sa source de sécurité ;
- . état d'arrêt : état dans lequel le système d'éclairage de sécurité est mis hors service volontairement.

Article EC 4 Documents à fournir En application de l'article GE 2, § 2, les indications relatives aux différents éclairages doivent figurer au dossier des renseignements de détail prévu à l'article EL 2. Le schéma unifilaire de l'éclairage doit permettre de vérifier le respect des dispositions de l'article EC 6, § 2.

Article EC 5 Appareils d'éclairage

§ 1. Les luminaires doivent être conformes aux normes de la série NF EN 60-598 les concernant.

§ 2. Les parties externes des luminaires fixes ou suspendus doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent défini dans les normes en vigueur (Normes de la série NF EN 60695 2-1), la température du fil incandescent étant de :

- . 850 °C, pour les luminaires d'éclairage de sécurité ;
- . 850 °C, pour les luminaires d'éclairage normal des circulations horizontales enclouées et des escaliers ;
- . 850 °C, pour les luminaires d'éclairage normal des locaux accessibles au public lorsque la surface apparente totale des luminaires est supérieure à 25 % de la surface du local ;
- . 750 °C, pour les autres luminaires d'éclairage normal des autres locaux accessibles au public.

L'essai au fil incandescent ne s'applique pas aux parties externes de luminaires constitués en métal, verre ou céramique.

§ 3. Les lampes d'éclairage normal et les lampes d'éclairage de sécurité doivent être implantées dans des luminaires distincts.

§ 4. Les appareils d'éclairage fixes ou suspendus doivent être reliés aux éléments stables de la construction.

Ceux qui sont placés dans les passages ne doivent pas faire obstacle à la circulation. Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus qui sont pris en compte pour le calcul de la résistance au feu des planchers attenants.

§ 5. Les appareils d'éclairage mobiles ne constituent qu'un éclairage d'appoint. Ils doivent être placés en dehors des axes de circulation et alimentés dans les conditions de l'article EL 11, § 7.

Section 2 Eclairage normal

Article EC 6 Règles de conception et d'installation

§ 1. Les locaux et dégagements, les objets faisant obstacle à la circulation, les marches ou gradins, les portes et sorties, les indications de balisage visées à l'article CO 42, etc., doivent être éclairés. Les dégagements ne doivent pas pouvoir être plongés dans l'obscurité totale à partir des dispositifs de commande accessibles au public ou aux personnes non autorisées ou à partir de détecteurs de présence ou de mouvement.

§ 2. Le schéma général unifilaire de l'éclairage normal doit être conçu de façon à permettre les coupures générales ou divisionnaires des circuits spécifiques à l'éclairage normal des dégagements et des locaux nécessitant un éclairage de sécurité. Cette disposition permet la réalisation de la mesure visée à l'article EC 12, § 6.

§ 3. Dans le cas d'une gestion automatique centralisée de l'éclairage, toute défaillance de la commande centralisée » doit entraîner ou maintenir le fonctionnement de l'éclairage normal.

§ 4. Dans tout local pouvant recevoir plus de cinquante personnes, l'installation d'éclairage normal doit être conçue de façon que la défaillance d'un élément constitutif n'ait pas pour effet de priver intégralement ce local d'éclairage normal. En outre, un tel local ne doit pas pouvoir être plongé dans l'obscurité totale à partir de dispositifs de commande accessibles au public ou aux personnes non autorisées. Lorsque la protection contre les contacts indirects est assurée par des dispositifs de protection à courant différentiel résiduel, il est admis de regrouper les circuits d'éclairage des locaux accessibles au public de façon à n'utiliser pour ces locaux que deux dispositifs de protection différentiels tout en respectant, dans les locaux pouvant recevoir plus de cinquante personnes, la règle générale de l'alinéa ci-dessus.

§ 5. Les appareils d'éclairage doivent être fixes ou suspendus.

§ 6. L'éclairage normal ne doit pas être réalisé uniquement avec des lampes à décharge d'un type tel que leur amorçage nécessite un temps supérieur à 15 secondes.

Section 3 Eclairage de sécurité

Article EC 7 Conception générale L'éclairage de sécurité doit être à l'état de veille pendant l'exploitation de l'établissement. L'éclairage de sécurité est mis ou maintenu en service en cas de défaillance de l'éclairage normal/remplacement. En cas de disparition de l'alimentation normal/remplacement, l'éclairage de sécurité est alimenté par une source de sécurité dont la durée assignée de fonctionnement doit être de 1 heure au moins. Il comporte :

- . soit une source centralisée constituée d'une batterie d'accumulateurs alimentant des luminaires ;
- . soit des blocs autonomes.

Article EC 8 Fonctions de l'éclairage de sécurité

§ 1. L'éclairage de sécurité a deux fonctions : l'éclairage d'évacuation ; l'éclairage d'ambiance ou d'anti-panique.

§ 2. L'éclairage d'évacuation doit permettre à toute personne d'accéder à l'extérieur, en assurant l'éclairage des cheminements, des sorties, des indications de balisage visées à l'article CO 42, des obstacles et des indications de changement de direction. Cette disposition s'applique aux locaux recevant cinquante personnes et plus et aux locaux d'une superficie supérieure à 300 m² en étage et au rez-de-chaussée et 100 m² en sous-sol. »

§ 3. L'éclairage d'ambiance ou d'anti-panique doit être installé dans tout local ou hall dans lequel l'effectif du public peut atteindre cent personnes en étage ou au rez-de-chaussée ou cinquante personnes en sous-sol.

Article EC 9 Eclairage d'évacuation

§ 1. Les indications de balisage visées à l'article CO 42 doivent être éclairées par l'éclairage d'évacuation, si elles sont transparentes par le luminaire qui les porte, si elles sont opaques par les luminaires situés à proximité.

§ 2. Dans les couloirs ou dégagements, les foyers lumineux ne doivent pas être espacés de plus de 15 mètres.

§ 3. Les foyers lumineux doivent avoir un flux lumineux assigné d'au moins 45 lumens pendant la durée de fonctionnement assignée.

Article EC 10 Eclairage d'ambiance ou d'anti-panique

§ 1. L'éclairage d'ambiance ou d'anti-panique doit être allumé en cas de disparition de l'éclairage normal/remplacement.

§ 2. Cet éclairage doit être basé sur un flux lumineux minimal de 5 lumens par mètre carré de surface du local pendant la durée assignée de fonctionnement. Le rapport entre la distance maximale séparant deux foyers lumineux voisins et leur hauteur au-dessus du sol doit être inférieur ou égal à 4.

Article EC 11 Conception de l'éclairage de sécurité à source centralisée constituée d'une batterie d'accumulateurs

§ 1. Les luminaires alimentés par une source centralisée constituée d'une batterie d'accumulateurs doivent être admis à la marque NF AEAS ou faire l'objet de toute autre certification de qualité en vigueur dans un Etat membre de la Communauté économique européenne. Cette certification devra alors présenter des garanties équivalentes à celles de la marque NF AEAS, notamment en ce qui concerne l'intervention d'une tierce partie indépendante et les performances prévues dans les normes correspondantes.

§ 2. Les lampes d'éclairage d'évacuation sont alimentées à l'état de veille par la source normal/remplacement, à l'état de fonctionnement par la source de sécurité, les lampes étant connectées en permanence à cette dernière.

§ 3. Les lampes d'éclairage d'ambiance ou d'antipanique peuvent être éteintes à l'état de veille et sont alimentées par la source de sécurité à l'état de fonctionnement. Si elles sont éteintes à l'état de veille, leur allumage automatique doit être assuré à partir d'un nombre suffisant de points de détection de défaillance de l'alimentation normal/remplacement.

§ 4. L'installation alimentant l'éclairage de sécurité doit être subdivisée en plusieurs circuits au départ d'un tableau de sécurité conforme à l'article EL 15.

§ 5. Les circuits des installations d'éclairage de sécurité doivent satisfaire aux prescriptions de l'article EL 16 et ne comporter aucun dispositif de commande autre que celui prévu au § 5 de l'article EL 15.

§ 6. Aucun dispositif de protection ne doit être placé sur le parcours des canalisations des installations d'éclairage de sécurité.

§ 7. L'éclairage d'ambiance de chaque local ainsi que l'éclairage d'évacuation de chaque dégagement d'une longueur supérieure à 15 m doivent être réalisés en utilisant chacun au moins deux circuits distincts suivant des trajets aussi différents que possible et conçus de manière que l'éclairage reste suffisant en cas de défaillance de l'un des deux circuits. Il est admis de regrouper les circuits d'éclairage d'ambiance ou d'antipanique de plusieurs locaux et ceux d'éclairage d'évacuation de plusieurs dégagements de façon à n'utiliser, au total, pour chaque type d'éclairage, que deux circuits tout en respectant, dans chaque local et chaque dégagement d'une longueur supérieure à 15 m, la règle de l'alimentation par deux circuits distincts, de l'éclairage d'ambiance, d'une part, et de l'éclairage d'évacuation, d'autre part.

§ 8. La source centralisée constituée d'une batterie d'accumulateurs doit être conforme à la norme NF C71-815. La valeur de la tension de sortie de la batterie d'accumulateurs doit être compatible avec la tension nominale des lampes.

§ 9. Dans le cas d'utilisation d'un convertisseur centralisé, celui-ci doit délivrer un courant sous la même tension et la même fréquence que la source normale.

Article EC 12 Conception de l'éclairage de sécurité par blocs autonomes

§ 1. Les blocs autonomes d'éclairage de sécurité doivent être conformes aux normes de la série NF C 71-800 les concernant et admis à la marque NF AEAS ou faire l'objet de toute autre certification de qualité en vigueur dans un Etat membre de la Communauté économique européenne. Cette certification devra alors présenter des garanties équivalentes à celles de la marque NF AEAS, notamment en ce qui concerne l'intervention d'une tierce partie indépendante et les performances prévues dans les normes correspondantes.

§ 2. Les câbles ou conducteurs d'alimentation et de commande doivent être de la catégorie C 2 selon la classification et les modalités d'attestation de conformité définies dans l'arrêté du 21 juillet 1994.

§ 3. La canalisation électrique alimentant le bloc autonome doit être issue d'une dérivation prise en aval du dispositif de protection et en amont du dispositif de commande de l'éclairage normal du local ou du dégagement où est installé ce bloc. Lorsque les fonctions de commande et de protection sont assurées par un même dispositif, le bloc d'éclairage de sécurité peut être alimenté en amont de ce dispositif si celui-ci est équipé d'un accessoire qui coupe l'alimentation du bloc en cas de coupure automatique de la protection. »

§ 4. Les blocs autonomes utilisés pour l'éclairage d'évacuation doivent être : à fluorescence de type permanent ; à incandescence ; à fluorescence de type non permanent obligatoirement équipé d'un système automatique de test intégré (SATI) conforme à la norme en vigueur NF C71-820.

§ 5. Les blocs autonomes utilisés pour l'éclairage de sécurité d'ambiance doivent être à fluorescence de type non permanent ou à incandescence.

§ 6. L'installation de blocs autonomes doit posséder un ou plusieurs dispositifs permettant une mise à l'état de repos centralisée qui doivent être disposés à proximité de l'organe de commande générale ou des organes de commande divisionnaires prévus à l'article EC 6.

§ 7. L'éclairage d'évacuation de chaque dégagement conduisant le public vers l'extérieur, d'une longueur supérieure à 15 mètres, doit être assuré par au moins deux blocs autonomes.

§ 8. L'éclairage d'ambiance ou d'antipanique doit être réalisé de façon que chaque local ou hall soit éclairé par au moins deux blocs autonomes.

Article EC 13 Maintenance

En complément de l'article EL 18, les dispositions suivantes sont applicables :

- . L'exploitant de l'établissement doit pouvoir disposer en permanence de lampes de rechange correspondant aux modèles utilisés dans l'éclairage de sécurité, que celui-ci soit alimenté par une source centralisée ou constitué de blocs autonomes ;
- . Une notice descriptive des conditions de maintenance et de fonctionnement doit être annexée au registre de sécurité. Elle devra comporter les caractéristiques des pièces de rechange ;
- . La maintenance de blocs autonomes doit être réalisée conformément aux dispositions de la norme NF C 71-830.

Article EC 14 Exploitation

§ 1. L'éclairage de sécurité doit être mis à l'état de veille pendant les périodes d'exploitation.

§ 2. L'éclairage de sécurité doit être mis à l'état de repos ou d'arrêt lorsque l'installation d'éclairage normal est mise intentionnellement hors tension. Dans le cas d'une source centralisée constituée d'une batterie d'accumulateurs, l'exploitant agit sur les dispositifs de mise à l'état d'arrêt des alimentations électriques de sécurité prévus à l'article EL 15. Dans le cas de blocs autonomes, l'exploitant doit, après ouverture du ou des dispositifs de protection générale visés à l'article EC 6, mettre à l'état de repos les blocs autonomes qui sont passés à l'état de fonctionnement, en agissant sur le ou les dispositifs de mise à l'état de repos visés à l'article EC 12.

§ 3. L'exploitant doit s'assurer périodiquement :

- une fois par mois :
 - . du passage à la position de fonctionnement en cas de défaillance de l'alimentation normale et à la vérification de l'allumage de toutes les lampes (le fonctionnement doit être strictement limité au temps nécessaire au contrôle visuel) ;
 - . de l'efficacité de la commande de mise en position de repos à distance et de la remise automatique en position de veille au retour de l'alimentation normale ;
- une fois tous les six mois : de l'autonomie d'au moins 1 heure.

Dans les établissements comportant des périodes de fermeture, ces opérations doivent être effectuées de telle manière qu'au début de chaque période d'ouverture au public l'installation d'éclairage ait retrouvé l'autonomie prescrite. Ces opérations peuvent être effectuées automatiquement par l'utilisation de blocs autonomes comportant un système automatique de test intégré (SATI) conforme à la norme en vigueur NF C 71-820. Les interventions ci-dessus et leurs résultats doivent être consignés dans le registre de sécurité.

Article EC 15 Vérifications Les installations d'éclairage doivent être vérifiées dans les conditions de l'article EL 19.