

# NORME FRANCAISE NF X 35-103

octobre 1990

## ergonomie

### principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail

E : ergonomics - ergonomical principles applicable to the lighting of workplaces for visual comfort

D : ergonomie - auf die beleuchtung der arbeitsplätze anwendbare ergonomische grundsätze zur visuellen behaglichkeit

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 20 septembre 1990 pour prendre effet le 20 octobre 1990.

Remplace la norme expérimentale X 35-103 de juin 1980.

**correspondance** A la date de publication de la présente norme, il existe la norme internationale ISO 8995 : 1989 différente sur certains spécifications de la présente norme française.

### La présente norme présente les règles à respecter pour adapter, en vision photopique, les ambiances lumineuses des systèmes de travail aux caractéristiques psychophysiologiques des opérateurs.

**descripteurs Thésaurus International Technique** : ergonomie, poste de travail, éclairage, effet physiologique, luminance, lumière visible, sensibilité, oeil, éclairement lumineux, couleur, forme.

**modifications** La présente norme reprend en norme homologuée la norme expérimentale X 35-103 de 1980 dont elle constitue une remise à jour rédactionnelle, sans présenter de différences techniques fondamentales.

© AFNOR 1990

### Membres de la commission de normalisation chargée de l'élaboration du présent document

Président : M METZ

Secrétaire : MME VITTE - AFNOR

M

AMPHOUXAPAS MT

AUBERTININRS

MME BACHELARD      SNCF

M

BARBIER CTBA

BERTHOLIER      NCR FRANCE SA

BLOT      UGAP

BOGOPOLSKY

BRIAND      Ecole Nationale d'Ingénieurs

CNOCKAERT      INRS

COBLENTZ      Faculté de Médecine de Paris - Labo. Anthropologie Ecologie Hum.

COUDERTUGAP

CROCHART      France Telecom CNET

DE SAXCEAFNOR

DECOSTER      RNUR

DELHAYE SNCF

DEMANGECTBA

DIEN      EDF-DER

DUBOS      BULL SA

ETIENNE ASSECO CFDT

GATTEGNO	IBM FRANCE
GAUDEMER	LNE
GODEFROY	CNAM
GUERIN	ANACT
KAPITANIAK	CNRS
KAUFFMAN	HEWLETT PACKARD

MME KRAVEL	SNCF
------------	------

M

KOUTCHER	RNUR
LACQUEMANT	DCA
LIONNET	INSEE
MAZOYER	BULL SA
MERY	EDF-GDF Médecine du Travail
METZ	Faculté de Médecine de Strasbourg
NOEUVESLISE	CFE-CGC
PERNOLLET	UNM
PIEDNOIR	RANK XEROS SA
PTERNITIS	CERCHAR

MME RIBADEAU-DUMAS	Ministère du Travail - Dion Relations Travail
--------------------	---

M

SEDES	FO
SOUED	CNAM
STEMPFER	CRAM
TAMBOURRATP	
TISSERAND	INRS
VALIN	AFE
VANDEVYVER	INRS
WENDLING	CRAM
	CNRS LPPE
	BNCF
	CNOMO C/O RNUR

## Sommaire

1 objet et domaine d'application

2 références

3 définitions

3.1 accommodation

3.2 acuité visuelle

3.3 axe visuel

3.4 champ visuel (bilatéral)

3.5 chromaticité

3.6 contraste

3.7 convergence des axes visuels

3.8 détails

3.9 éclairement lumineux (en un point d'une surface)

3.10 espace visuel environnant

3.11 facteur de réflexion

3.12 flux lumineux

3.13 indice de rendu des couleurs

3.14 intensité lumineuse (d'une source, dans une direction donnée)

3.15 luminance (en un point d'une surface et dans une direction donnée)

3.16 luminance de voile

3.17 papillotement

3.18 plan utile

3.19 réflexion spéculaire

3.20 température de couleur

3.21 vision mésopique

3.22 vision photopique

3.23 vision scotopique

3.24 zone de travail

3.25 zone périphérique

4 physiologie de la vision - rappel des fonctions psychophysiologiques visuelles

4.1 performance visuelle

4.1.1 sensibilité aux luminances

4.1.2 discrimination des formes

4.2 fatigue visuelle

4.3 champ visuel - répartition de luminances - éblouissement

4.3.1 champ visuel

4.3.2 répartition des luminances

4.3.3 éblouissement

4.4 vision en lumière intermittente

4.5 vision d'éclats brefs

4.6 vision des couleurs

4.6.1 sensibilité de l'oeil aux couleurs

4.6.2 trivariance visuelle

4.6.3 influence des conditions d'observations

4.6.4 rendu des couleurs

5 tâche visuelle et environnement visuel

5.1 contenu intrinsèque de la tâche visuelle

5.1.1 niveaux d'éclairement moyens recommandés

5.1.2 influence des conditions réelles

5.1.3 conditions particulières

5.2 champ de vision rapprochée

5.3 espace environnant

5.3.1 valeurs absolues des luminances

5.3.2 contrastes entre les sources et le fond

5.3.3 luminance des parois

5.4 effet de l'intégration temporelle

5.5 autres influences

6 appareils et méthodes de mesures

6.1 mesure des éclairagements

6.1.1 appareils de mesure

6.1.2 méthode de mesure

6.2 mesure des luminances

6.2.1 appareils de mesure

6.2.2 méthode de mesure

annexe A (ne fait pas partie intégrante de la norme) exemples d'application de la méthode CIE pour le contrôle de l'éblouissement

A.1 1er exemple : vérification des exigences de confort d'un luminaire installé dans un local donné

A.1.1 données du problème

A.1.2 utilisation des abaques

A.2 2e exemple : détermination des limites d'utilisation d'un luminaire donné du point de vue de l'éblouissement

A.2.1 données fournies par le constructeur du luminaire

A.2.2 utilisation des abaques CIE

## 1 objet et domaine d'application

La présente norme prescrit les règles qu'il convient de respecter, pour adapter, en vision photopique, les ambiances lumineuses des systèmes de travail aux caractéristiques psychophysiologiques des opérateurs.

La plupart de ces règles sont applicables à l'éclairage des lieux de travail, que celui-ci soit assuré par un apport de lumière naturelle, de lumière artificielle ou par un apport combiné des deux.

L'éclairage des postes de travail équipés de terminaux à écran de visualisation est traité dans la norme NF X 35-121.

## 2 références

NF C 01-845	Vocabulaire électrotechnique - Chapitre 845 - Eclairage. (Identique à la norme CEI 50-845.)
NF C 42-710	Luxmètres - Détermination des caractéristiques métrologiques, classification selon ces dernières, étalonnage, contrôle des caractéristiques principales susceptibles d'évoluer dans le temps.
NF C 42-711	Luminancemètres - Détermination des caractéristiques métrologiques, classification selon ces dernières, étalonnage, contrôle des caractéristiques principales susceptibles d'évoluer dans le temps.
UTE C 71-121	Méthode simplifiée de prédétermination des éclairagements dans les espaces clos et classification correspondante des luminaires.
NF X 02-206	Normes fondamentales - Grandeurs, unités et symboles des rayonnements électromagnétiques et d'optique. (Equivalente à la norme ISO 31/6.)
X 08-000	Dictionnaire de colorimétrie théorique et technique.
Publication CIE 13-2	Méthode de mesure et de spécification du rendu des couleurs des sources de lumière.
Publications CIE 18-2	The basis of physical photometry.
Publication CIE 19-2	An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance. Volume 1 Technical foundations. Volume 2 Summary and applications guidelines.

## 3 définitions

Certaines définitions, extraites des normes NF C 01-845 et NF X 02-206, sont répétées à titre d'information ; elles ont été quelque peu modifiées pour une meilleure adaptation au présent texte.

### 3.1 accommodation

Augmentation de la puissance optique de convergence de l'oeil, dans la vision rapprochée (moins de 6 m), par diminution du rayon de courbure de la face antérieure du cristallin.

### 3.2 acuité visuelle

Capacité de perception distincte d'objets paraissant très rapprochés. [L'acuité visuelle s'exprime à partir de la valeur du plus petit angle sous lequel l'oeil peut encore percevoir deux objets (points ou lignes) paraissant très rapprochés. Elle est maximale au niveau de la fovéa. Elle est habituellement mesurée à l'aide de tableaux d'optotypes.]

### 3.3 axe visuel

Axe joignant la fovéa au centre optique de l'oeil.

### 3.4 champ visuel (*bilatéral*)

Etendue angulaire des directions de l'espace dans laquelle un objet peut être perçu lorsque la tête et les yeux sont immobiles.

### 3.5 chromaticité

Caractéristiques colorimétriques d'un stimulus de couleur, repérables soit par ses coordonnées trichromatiques (voir X 08-000), soit par sa longueur d'onde dominante (ou complémentaire) et sa pureté.

### 3.6 contraste

Appréciation subjective de la différence d'apparence entre deux parties du champ visuel vues simultanément ou successivement. Il peut s'agir d'un contraste de couleur, d'un contraste de luminance, d'un contraste simultané ou successif.

« Du point de vue physique, le contraste de luminance entre deux plages lumineuses est généralement représenté par la formule :

$$(L_2 - L_1)/L_1$$

$L_1$  et  $L_2$  étant les luminances respectives des deux plages ».

### 3.7 convergence des axes visuels

Orientation des axes visuels vers un même point.

### 3.8 détails

Eléments à percevoir, quelles que soient leurs dimensions, pour l'accomplissement d'une tâche.

### 3.9 éclairement lumineux (en un point d'une surface)

Quotient du flux lumineux reçu par un élément d'une surface par l'aire de cet élément ( $\text{lm.m}^{-2}$ ).

Symbole : E.

Unité : lux (lx).

### 3.10 espace visuel environnant

Totalité de l'espace qui peut être vu depuis le poste de travail, en levant ou en tournant la tête.

### 3.11 facteur de réflexion

Rapport du flux lumineux réfléchi au flux incident.

Symbole :  $\rho$

Ce facteur précise l'aptitude d'une surface à réfléchir la lumière incidente.

### 3.12 flux lumineux

Grandeur dérivée du flux énergétique par l'évaluation du rayonnement d'après son action sur un récepteur sélectif dont la sensibilité spectrale est définie par les efficacités lumineuses spectrales normalisées.

Symbole :  $\Phi$

Unité : lumen (lm).

[Quantité de lumière émise par unité de temps par une source.]

### 3.13 indice de rendu des couleurs

Degré d'accord entre l'aspect coloré des objets éclairés par la source considérée et celui des mêmes objets éclairés par un illuminant de référence, dans des conditions d'observation spécifiées.

[L'indice de rendu des couleurs en usage est l'indice général  $R_a$  défini par la publication n° 13-2 de la CIE. Cet indice qui caractérise la qualité chromatique et la lumière émise par une source s'exprime par un nombre inférieur à 100.]

### 3.14 intensité lumineuse (d'une source, dans une direction donnée)

Quotient du flux lumineux quittant la source et se propageant dans un élément d'angle solide contenant la direction, par cet élément d'angle solide.

Symbole : I.

Unité : candéla (cd).

[Grandeur qui définit l'importance du flux lumineux émis dans une direction donnée par une source ponctuelle.]

### 3.15 luminance (en un point d'une surface et dans une direction donnée)

Quotient de l'intensité lumineuse dans la direction donnée, d'un élément infiniment petit de la surface entourant le point considéré, par l'aire de la projection orthogonale de cet élément sur un plan perpendiculaire à cette direction.

Symbole : L.

Unité : candéla par mètre carré ( $\text{cd.m}^{-2}$ ).

[Grandeur qui détermine l'aspect lumineux d'une surface éclairée ou d'une source, dans une direction donnée et dont dépend la sensation visuelle de luminosité. La luminance L d'une surface mate peut se calculer approximativement à partir de la formule suivante :

$$L = 0,32 \rho E$$

où :

E est l'éclairement exprimé en lux et

$\rho$  est le facteur de réflexion de la surface concernée.].

### 3.16 luminance de voile

Effet de voile produit par des sources ou des surfaces éblouissantes situées dans le champ visuel qui conduit à une réduction du contraste perçu, dont à une diminution de la performance visuelle et de la visibilité.

### **3.17 papillotement**

Impression de fluctuation de la luminance ou de la couleur se produisant lorsque la variation du stimulus lumineux se situe entre quelques hertz et la fréquence de fusion des images (50 à 75 Hz).

### **3.18 plan utile**

Surface de référence constituée par un plan sur lequel s'effectue normalement un travail. [En éclairage intérieur et sauf indication contraire ce plan est par convention un plan horizontal situé à 0,85 m du sol et limité par les parois du local.]

### **3.19 réflexion spéculaire**

Réflexion sans diffusion obéissant aux lois optiques valables pour les miroirs.

[C'est ce type de réflexion que l'on constate sur des surfaces brillantes (verre, métal poli, papier glacé, peinture laquée, etc.).]

### **3.20 température de couleur**

Température du corps noir qui émet un rayonnement ayant la même chromaticité que le rayonnement considéré.

Unité : Kelvin (K)

Symbole :  $T_c$ .

[Pour les sources dont la chromaticité n'est pas identique à celle du corps noir, on définit cependant une température de couleur proximale, celle du corps noir dont la chromaticité est la plus voisine de celle de la source.]

### **3.21 vision mésopique**

Vision intermédiaire entre la vision photopique et la vision scotopique.

[Le passage de la vision photopique à la vision scotopique n'est pas instantané, et se fait selon une courbe d'adaptation.]

### **3.22 vision photopique**

Vision de l'oeil normal lorsqu'il est adapté à des niveaux de luminance d'au moins plusieurs candélas par mètre carré (vision en plein jour ou en lumière artificielle).

[Dans ces conditions, la perception fovéale est prédominante ; l'acuité visuelle et la vision des couleurs sont maximales.]

### **3.23 vision scotopique**

Vision de l'oeil normal lorsqu'il est adapté à des niveaux de luminance inférieurs à quelques centièmes de candéla par mètre carré (vision de nuit).

[Dans ces conditions, l'acuité visuelle est très faible et les couleurs ne sont pas perçues.]

### **3.24 zone de travail**

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.

### **3.25 zone périphérique**

Portion de l'espace environnant qui est perçue au-delà de la zone de travail lorsque les yeux sont dirigés vers la tâche.

## **4 physiologie de la vision - rappel des fonctions psychophysiologiques visuelles**

### **4.1 performance visuelle**

La performance visuelle dont la finalité est l'identification d'un signal optique situé dans l'environnement visuel fait appel à deux processus physiologiques ou psychophysiologiques : la sensibilité aux luminances et la discrimination des formes.

#### **4.1.1 sensibilité aux luminances**

La sensation de « clarté », c'est-à-dire le fait qu'une plage est perçue plus ou moins lumineuse, est la première et la plus simple des sensations visuelles.

Cette sensation dépend :

- du caractère physique du signal (éclairage produit sur la pupille),
- de la transmission physique du signal à la rétine (pour un état d'accommodation donné),
- du traitement du signal par la rétine et le cerveau (vision photopique - scotopique - mésopique - adaptation).

L'oeil a la faculté de s'adapter aux différents niveaux de luminance mais au prix d'une performance elle-même variable. Le temps d'adaptation n'est pas le même dans le sens de l'augmentation des luminances

ou dans le sens décroissant : par exemple dans le premier cas, elle est de quelques dixièmes de seconde, dans l'autre, elle peut atteindre plusieurs dizaines de minutes.

En cas de travail en luminance faible, les courbes d'adaptation permettent d'évaluer la durée minimale d'adaptation nécessaire pour ne pas se trouver « aveugle » dans un environnement pouvant présenter des dangers.

#### **4.1.2 discrimination des formes**

La discrimination des formes, processus psychophysiologique complexe de reconnaissance visuelle de l'environnement, fait appel, entre autres, à trois fonctions : la vision des contrastes, l'acuité visuelle et la perception des profondeurs et des distances.

##### **4.1.2.1 vision des contrastes**

L'information visuelle existe quand il est possible de détailler le contenu de deux plages contiguës et donc de voir une différence de luminance entre ces deux plages contiguës (détail sur fond).

Sauf sur les luminances faibles, le seuil de contraste ou seuil différentiel de luminance est proportionnel à la luminance du fond.

##### **4.1.2.2 acuité visuelle**

L'acuité visuelle résume en un acte simple des conceptions très complexes sur le sens des formes.

Sa valeur dépend à la fois des performances physiologiques de l'appareil de vision et des caractéristiques de l'environnement.

Facteurs de variation

##### **a oeil**

Les caractéristiques de l'oeil déterminent fondamentalement l'acuité visuelle ; elle dépend notamment :

- des qualités optiques de l'oeil : dimensions et sphéricité de l'oeil, transparence des milieux, courbure des surfaces et accommodations ;
- des facteurs rétiniens : région de la rétine et intégrité de celle-ci ; la région de la fovéa et de la macula permet la meilleure acuité tandis que la rétine périphérique est moins performante ;
- de l'intégrité des voies nerveuses et du cortex ;
- tous ces facteurs peuvent être influencés par la pathologie et la sénescence.

La forme est, en général appréhendée comme un tout, mais elle peut être analysée et sa reconnaissance met donc en jeu les pouvoirs de discrimination.

##### **b environnement**

- luminance (l'acuité passe par un maximum en fonction de la luminance) ;
- contraste (l'acuité augmente avec le contraste) ;
- espace environnant (l'optimum est obtenu lorsque la luminance de l'espace environnant est égale à celle du fond sur lequel est vu le détail).

##### **4.1.2.3 perception des profondeurs et des distances**

Elle dépend à la fois de fonctions physiologiques telles que la variation de convergence par exemple, et de fonctions psychologiques ou intellectuelles telles que le souvenir de la taille et la forme d'objets connus.

L'intégration cérébrale de la perception visuelle est nécessaire à l'évaluation mentale des profondeurs et des distances dans le champ environnant.

Facteurs qui interviennent :

- vision binoculaire entraînant une disparité physiologique des images rétiniennes droite et gauche et variation de convergence ;
- mémorisation de la dimension approximative d'objets connus ;
- occultation des objets les uns par rapport aux autres ;
- mouvement apparent des objets en fonction des mouvements de la tête.

#### **4.2 fatigue visuelle**

La fatigue visuelle est surtout liée à la sollicitation excessive de la musculature de l'oeil (accommodation, variations du diamètre pupillaire, mouvements du globe oculaire). Dans la vision de près, deux facteurs de fatigue musculaire se combinent : accommodation et convergence des axes visuels.

#### **4.3 champ visuel - répartition des luminances - éblouissement**

##### **4.3.1 champ visuel**

Dans le champ visuel, on peut distinguer :



- la zone de travail,
- la zone périphérique.

La notion d'acuité visuelle et sa mesure s'entendent, en vision centrale dans la région fovéale ou périfovéale de la rétine.

Le champ visuel périphérique est sollicité dans les tâches d'alerte et de vigilance.

#### 4.3.2 répartition des luminances

La perception des détails dépend non seulement de la luminance de fond sur lequel ils se détachent, mais aussi de la répartition des luminances dans l'ensemble du champ visuel.

#### 4.3.3 éblouissement

« L'éblouissement perturbateur » ou incapacité par éblouissement trouve sa cause dans l'existence d'une source brillante dans le champ visuel. Cette source brillante agit comme si un voile s'interposait entre l'oeil et la tâche visuelle : c'est la luminance de voile (voir définition 3.16 ). Celle-ci provoque une baisse de l'acuité visuelle et de la sensibilité lumineuse. Elle dépend du flux lumineux incident sur l'oeil et de l'angle que forme la direction de la source avec l'axe visuel.

L'« éblouissement inconfortable » n'entraîne pas d'incapacité visuelle mais une simple gêne, qui contribue à terme à la fatigue. Le désagrément est une fonction directe de la luminance de la source, de l'angle solide sous lequel elle est vue, de son contraste avec le fond et une fonction inverse de l'angle, que forme la direction de la source avec l'axe visuel.

#### 4.4 vision en lumière intermittente

La perception du mouvement d'un objet éclairé par une source intermittente est modifiée par effet stroboscopique : il peut en résulter une apparence de ralentissement, d'immobilité ou d'inversion de sens, qui, s'ils ne sont pas recherchés pour eux-mêmes, sont des facteurs potentiels du risque.

Les fluctuations de la lumière sont perçues si la fréquence de fluctuation est suffisamment faible. C'est le phénomène du « papillotement » ressenti généralement comme une gêne et facteur de fatigue visuelle.

#### 4.5 vision d'éclats brefs

Les éclats brefs sont perçus avec un certain retard et avec la persistance de la sensation. Leur luminosité paraît plus forte que celle d'une source qui se maintiendrait plus longtemps avec la même luminance.

#### 4.6 vision des couleurs

La vision photopique colorée ou vision des couleurs correspond à la zone centrale, de la rétine tapissée de cônes.

Les cônes se répartissent en trois catégories caractérisées du point de vue de la réception de l'énergie électromagnétique par absorptions spectrales préférentielles dans trois régions du spectre sensiblement centrées sur les longueurs d'onde :

- 450 nm bleu,
- 530 nm vert,
- 580 nm jaune.

Au niveau du cortex cérébral, la perception des couleurs est beaucoup plus fine que ne le laisse prévoir l'appareil récepteur. D'autre part, elle est caractérisée par une instabilité qui se traduit par la désaturation progressive des objets colorés longuement examinés et des objets très éclairés, ainsi que par des difficultés de la mémorisation des couleurs.

##### 4.6.1 sensibilité de l'oeil aux couleurs

À énergie égale, les radiations qui excitent les trois groupes de récepteurs déclenchent une sensation visuelle résultante dont l'intensité dépend de la longueur d'onde  $\lambda$ .

La sensation maximale correspond à la longueur d'onde 555 nm.

Si on lui accorde la valeur 1, on pourra pour chaque longueur d'onde définir une grandeur sans dimension, l'efficacité lumineuse relative spectrale  $V(\lambda)$  qui varie de 1 à 0.

Pour calculer le passage de l'énergie à la sensation visuelle, on évalue le flux lumineux du rayonnement par la relation :

$$\sum_{\lambda} 683 \times V_{\lambda} \times \Phi_{e\lambda}$$

$\Phi_{e\lambda}$  étant la mesure du flux énergétique,

$V_{\lambda}$  a été définie en 1924 par la CIE pour un observateur photométrique moyen.

Le coefficient 683 correspond, d'après la définition des unités photométriques, à l'efficacité lumineuse exprimée en lumens par watt d'un rayonnement monochromatique de longueur d'onde égale à 555 nm.

#### **4.6.2 trivariance visuelle**

La variance désigne le nombre de grandeurs indépendantes qui est nécessaire et suffisant pour décrire d'un certain point de vue un phénomène.

Pour un rayonnement monochromatique, il faut en vision photopique deux grandeurs :

- la longueur d'onde,
- une donnée énergétique (flux ou luminance énergétique).

Pour un rayonnement à spectre continu, il faudra outre le flux lumineux, deux grandeurs supplémentaires : le phénomène est trivariant.

En fait dans la vision de l'objet coloré, la sensation chromatique dépend de nombreux facteurs : lumière renvoyée par cet objet, dimensions, environnement, conditions générales d'éclairage, etc.

En colorimétrie, on simplifie le problème en faisant regarder l'objet par une ouverture percée dans un écran pour obtenir des résultats reproductibles obéissant à la loi de la trivariance.

#### **4.6.3 influence des conditions d'observations**

La vision des couleurs, contrairement à la colorimétrie, doit tenir compte non seulement des conditions qui ont permis l'établissement d'un observateur de référence photométrique et colorimétrique, mais également des conditions réelles d'observation :

- dimensions des plages examinées,
- niveaux de luminance,
- effets de contrastes colorés,
- états d'adaptation chromatique,
- mémorisation de couleurs d'objets connus.

Par exemple, si les plages colorées occupent un plus grand champ visuel, la saturation de leur teinte dominante semble augmenter.

Les lois colorimétriques restent valables tant que l'éblouissement n'apparaît pas. Les sensations changent, mais les identités chromatiques (métamérismes) subsistent.

L'adaptation à une lumière donnée joue un rôle important dans la sensation de couleur. Une plage blanche est toujours perçue blanche après un temps d'adaptation quelle que soit la composition spectrale de la lumière qui l'éclaire à condition que cette dernière soit elle-même perçue comme non colorée.

#### **4.6.4 rendu des couleurs**

L'aspect coloré des objets dépend à la fois de la répartition spectrale de la lumière qui les éclaire et de l'adaptation chromatique de l'observateur.

Lors d'un changement d'illuminant, l'observateur perçoit une distorsion de couleur. Le rendu des couleurs désigne cette distorsion, ce changement d'aspect d'objets colorés éclairés successivement par une source électrique et par un illuminant de référence.

La source réelle a un bon rendu des couleurs si la distorsion est faible, et mauvais dans le cas contraire.

Cette propriété s'exprime par un nombre inférieur à 100 appelé indice de rendu des couleurs.

Cet indice est une fonction de la distorsion totale de la couleur d'un groupe de huit objets étalons éclairés.

### **5 tâche visuelle et environnement visuel**

#### **5.1 contenu intrinsèque de la tâche visuelle**

##### **5.1.1 niveaux d'éclairement moyens recommandés**

L'influence de l'éclairement sur la performance visuelle est caractérisée expérimentalement par les performances d'observateurs normaux, d'âge compris entre 20 et 30 ans, dans des conditions de référence réalisées au moyen d'une lumière diffuse provenant d'un environnement dont la luminance est uniforme.

De ce fait, il est possible de définir un niveau de luminance de fond adapté à la perception des détails propre à toute tâche mais dans les conditions de référence ci-dessus. Plus simplement, il faut définir un éclairage qui donne au support de la tâche la luminance nécessaire. Ces valeurs d'éclairement sont données dans le tableau 1 .

BATIMENTS INDUSTRIELS	BATIMENTS AGRICOLES	Eclairage moyen en service (lux)
	- Poulaiers	50
	- Etables, salles de traite	150
	- Etables, couloirs d'alimentation	30
	- Préparation des aliments du bétail	150
	- Laiterie	300
	- Brassage	300
	- Préparation du chocolat brut	150
	- Conditionnement bouchées confiserie	500
	- Conserveires, mise en boîte	500
	- Laiteries	300
	- Cuisson	300
	INDUSTRIE DU TABAC, échantillonnage	500
	INDUSTRIES DU BOIS	
	- Scieries	150
	- Travail à l'établi	300
	- Travail aux machines	500
	- Finition, polissage, vernissage	500
	- Contrôle final	750
	INDUSTRIES CERAMIQUES	
	- Fours	150
	- Moulage, presses	300
	- Vernissage	500
	- Décoration	500
	INDUSTRIES CHIMIQUES	
	- Eclairage de circulation	200
	- Broyeurs, malaxeurs	300
	- Calandrage, injection	500
	- Fabrication des pneus	250
	- Salles de contrôle	500
	- Laboratoires	500
	- Comparaisons de couleurs	1 000
	- Vernissage	500
	- Couture	1 000
	INDUSTRIE DU CUIR	
	- Comparaison de couleurs	1 000
	- Montage (par exemple appareils de radio)	750
	- Travail de pièces moyennes	500
	- Travail de petites pièces	750
SUITE TABLEAU... (14B)		1 500 à 2 000

tableau 1 éclairements moyens en service 1<sup>(1)</sup> (exemples)

			Eclairage moyen en service (lux)
EXPOSITIONS, MUSEES	SALLES D'EXPOSITION	- Salles publiques	500
	EXPOSITIONS INSENSIBLES A LA LUMIERE	- Eclairage général	300
	EXPOSITIONS SENSIBLES A LA LUMIERE	- Eclairage général	150
	EXPOSITIONS PARTICULIEREMENT SENSIBLES A LA LUMIERE	- Eclairage général	50
	MAGASINS	- Boutiques	300
		- Libres services	500
		- Grandes surfaces	750
		- Foyers	150
		- Amphithéâtres	100
		- Salles de cinéma	50
LOISIRS, RESIDENCES, LIEUX DE CULTE		- Salles des fêtes	300
	SALLES DE SPECTACLE	- Lecture	300
		- Travail d'écolier	300
	HABITATIONS	- Couture	500 à 750
	Eclairage nécessaire pour les différentes activités :	- Chambre à coucher, éclairage localisé	200
		- Préparations culinaires	300
		- Coin bricolage (suivant activité)	300
		- Réception, halls	300
	HOTELS	- Salles à manger	200
		- Cuisines	300
AIRES DE TRAVAIL EXTERIEURES	EGLISES	- Nef	100
		- Choeur	150
	CIRCULATIONS	- Couloirs, escaliers	100 à 300 et selon locaux desservis
	ESPACES DECOUVERTS	- Entrées, cours, allées	30
		- Voies de circulation couvertes	50
		- Docks et quais	75

tableau 1 éclairements moyens en service 1<sup>(1)</sup> (exemples)

RETOUR TABLEAU... (TAB)		Eclairage moyen en service (lux)
BATIMENTS INDUSTRIELS	FONDERIES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage 200</li> <li>- Modelage grossier 200</li> <li>- Modelage fin 500</li> <li>- Sablerie 300</li> <li>- Fabrication des noyaux 500</li> <li>- Typographie 500</li> <li>- Pupitre de composition 750</li> <li>- Lithographie 1 000</li> <li>- Reliure de livres 500</li> </ul>
	INDUSTRIE DU LIVRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machines-outils et établis, soudure 300</li> <li>- Travail de pièces moyennes 500</li> <li>- Travail de petites pièces 750</li> <li>- Travail très délicat ou très petites pièces 1 500 à 2 000</li> </ul>
	MECANIQUE GENERALE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calandrage 300</li> <li>- Entrepôts 150</li> <li>- Cardage, étirage 300</li> <li>- Bobinage 300</li> <li>- Filage 500</li> <li>- Tissage gros ou clair 500</li> <li>- Tissage fin ou foncé 750</li> <li>- Comparaison de couleurs 1 000</li> </ul>
	INDUSTRIES DU PAPIER	
	STOCKAGE	
	INDUSTRIES TEXTILES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chauffage 150</li> <li>- Composition 150</li> <li>- Soufflage ou moulage 300</li> <li>- Décoration 500</li> <li>- Gravure 500</li> <li>- Piqûre 1 000</li> <li>- Contrôle final 1 000</li> </ul>
	INDUSTRIE DU VERRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bureaux de travaux généraux 500</li> <li>- Dactylographie 500</li> <li>- Salles des ordinateurs 500</li> <li>- Salles de dessin, tables 1 000</li> <li>- Salles de classe 300</li> <li>- Tableaux 500</li> <li>- Amphithéâtres 300</li> <li>- Laboratoires 500</li> <li>- Salles de dessin d'art 500</li> <li>- Bibliothèques, tables de lecture 500</li> </ul>
	INDUSTRIE DU VETEMENT	
	BUREAUX ET LOCAUX ADMINISTRATIFS	
	ETABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT (Selon l'arrêté du 30 mars 1965 du ministre de l'Education nationale )	

tableau 1 éclairagements moyens en service 1<sup>(1)</sup> (exemples)

Elles ont été adoptées, après concertation, par les associations d'éclairagistes européennes. Elles correspondent à l'éclairement moyen en service mesuré au milieu de la période s'étendant de la mise en service au premier entretien. Ceci conduit l'éclairagiste à calculer un éclairement initial en appliquant aux éclairement du tableau 1 un facteur compensateur de dépréciation correspondant à la moitié de la baisse du flux prévisible à la date du premier entretien.

L'éclairage des locaux peut être assuré par un apport de lumière naturelle, de lumière artificielle ou par un apport combiné des deux.

L'éclairage artificiel vient compléter ou se substituer à l'éclairage naturel, quand celui-ci ne peut assurer à lui seul, de façon satisfaisante, l'éclairage des postes de travail. Aussi, les niveaux d'éclairement en éclairage artificiel doivent être prévus en tenant compte des conditions d'éclairage naturel les plus défavorables qui peuvent être rencontrées à ces postes. Ces conditions correspondent en général à l'absence de lumière naturelle : travail d'hiver en fin ou début de journée, travail de nuit.

L'existence de baies vitrées dans un local n'est pas seulement utile pour l'apport de lumière qui en découle, mais aussi pour son incidence psychologique favorable. Il est toutefois important de veiller à ce que les prises de jour ne soient pas à certaines périodes ensoleillées des sources d'inconfort, par l'éblouissement ou le déséquilibre des luminances qu'elles sont susceptibles de provoquer.

### 5.1.2 influence des conditions réelles

Les valeurs d'éclairement qui doivent permettre à l'observateur normal d'accomplir la tâche dans de bonnes conditions, doivent être parfois corrigées, particulièrement en fonction de :

#### 5.1.2.1 l'âge de l'observateur

La performance visuelle s'altère avec l'âge, aussi convient-il, en présence d'observateurs âgés, pour la rétablir, d'augmenter le niveau d'éclairement (voir tableau 2 ).

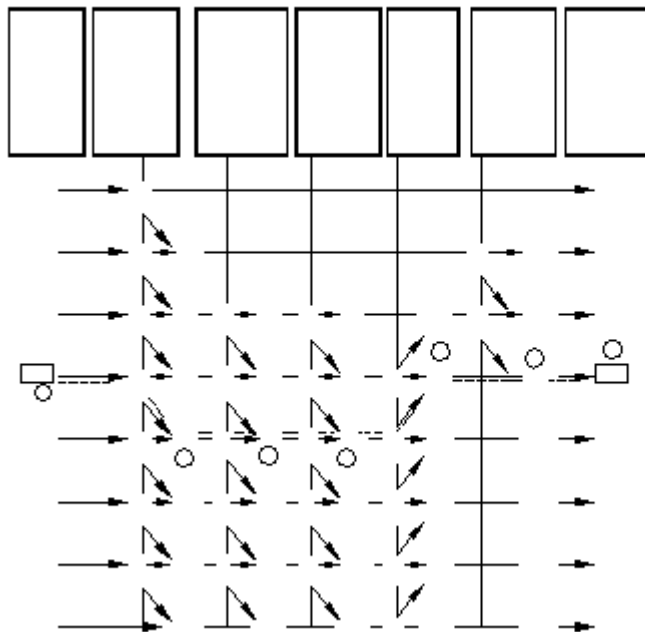


tableau 2 modifications à apporter aux éclairements recommandés en fonction des conditions rencontrées

#### 5.1.2.2 la réflexion du fond

Celle-ci peut provoquer une luminance de voile qui va réduire le contraste intrinsèque de la tâche ; en effet, si l'image de luminance  $L_V$  d'une source s'ajoute à la tâche, le contraste entre la luminance  $L_D$  du détail et la luminance  $L_F$  du fond devient :

$$C = \frac{(L_D + L_V) - (L_F + L_V)}{L_F + L_V} = \frac{L_D - L_F}{L_F + L_V}$$

Le contraste est donc réduit et pour compenser cette perte il est nécessaire de relever le niveau d'éclairement, par apport de lumière en provenance de sources ne se reflétant pas sur la tâche. Il est

possible, par ailleurs, d'éliminer les reflets gênants, en utilisant des surfaces mates et en veillant à la bonne disposition des luminaires.

### 5.1.2.3 la durée de l'observation

Lorsque le nombre de détails à percevoir dans une fixation de 0,1 s dépasse 3 (contrôle de pièces à grande vitesse par exemple), il est recommandé de prévoir un niveau d'éclairement plus élevé.

Le diagramme du tableau 2 donne, à titre indicatif, les échelons dont les éclairagements en service recommandés définis en 5.1.1 (tableau 1) doivent être augmentés ou diminués, quand l'une ou plusieurs des conditions suivantes sont applicables :

- ° le travailleur concerné à plus de 50 ans ;
- ° des facteurs de réflexion et des contrastes particulièrement faibles sont présents dans la tâche concernée ;
- ° des conséquences graves, en termes de risque et de coût, peuvent résulter d'une erreur de perception ;
- ° la tâche est occasionnelle ;
- ° la tâche est située dans un local aveugle et l'éclairement en service recommandé correspondant est inférieur à 500 lx.

### 5.1.3 conditions particulières

Des études de performance visuelle spécifique peuvent être effectuées en utilisant la publication CIE-19.2 (2<sup>e</sup> édition 1981).

### 5.2 champ de vision rapproché

La vision de la tâche est influencée par son entourage immédiat. Dans la zone de travail, il est recommandé de ne pas avoir un rapport entre l'éclairement minimum et l'éclairement moyen en service inférieur à 0,8.

Mais cette précaution n'est pas suffisante car l'intervention des facteurs de réflexion risque d'introduire des contrastes de luminance excessifs.

Il faut de préférence que la luminance moyenne de l'entourage reste inférieure ou égale à celle de la tâche mais reste toujours supérieure au tiers de cette valeur. En l'absence de précision sur la nature exacte de la tâche, les facteurs de réflexion des tables de travail doivent de préférence être choisis entre 0,3 et 0,5.

#### Exemple :

supposons un poste de dactylographie ; l'éclairement moyen en service recommandé pour un tel poste est fixé à 500 lx (a).

La personne occupant ce poste a 55 ans ; selon le tableau 2 , le niveau doit être porté à 750 lx (b). Les facteurs de réflexions et les contrastes sont normaux et les erreurs éventuelles sont sans conséquences graves ; aucune modification supplémentaire n'est de ce fait à apporter (c).

Mais la tâche étant occasionnelle, le niveau est à diminuer d'un échelon, c'est-à-dire à porter à 500 lx (d). Le local ne comporte pas de prises de jour, mais comme le niveau d'éclairement n'est pas inférieur à 500 lux, celui-ci peut être maintenu (e).

En définitive, l'éclairement moyen en service à mettre en oeuvre est de 500 lx (f).

**Note :** pour obtenir les suppléments d'éclairement indiqués, on peut employer un éclairage localisé ; cette solution est particulièrement commode dans le cas d'utilisation de dispositifs optiques auxiliaires tels que loupes binoculaires, verres grossissants, projecteurs de profil, etc.

### 5.3 espace environnant

Aussi bien en position de travail qu'en position de repos visuel (axe de visée légèrement au-dessous de l'horizontale) les luminances présentes dans le champ visuel doivent rester limitées et équilibrées pour éviter l'éblouissement et l'inconfort par contraste excessif de luminance.

#### 5.3.1 valeurs absolues des luminances

Les valeurs absolues des luminances doivent rester limitées.

##### 5.3.1.1 pour éviter un éblouissement perturbateur

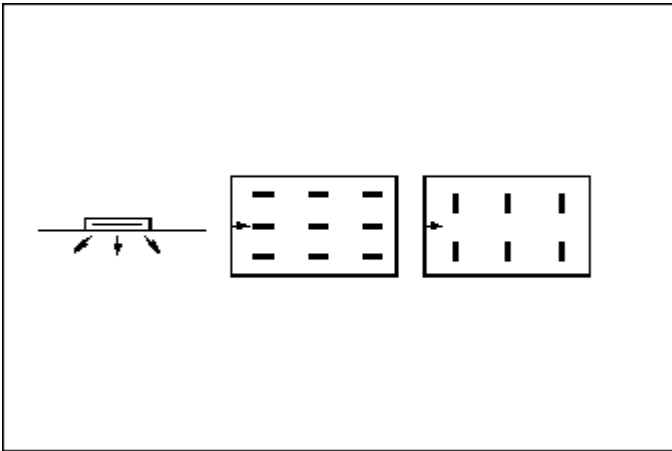
Lorsqu'une source présente une surface apparente très réduite dans la zone de travail du champ visuel (lampe à incandescence ou ballon fluorescent par exemple), sa luminance ne doit pas dépasser 2 000 cd.m<sup>-2</sup>.

Lorsqu'une source occupe une partie importante de la zone de travail du champ visuel (mur, plafond lumineux, baie vitrée...) sa luminance ne doit pas dépasser 500 cd.m<sup>-2</sup>.

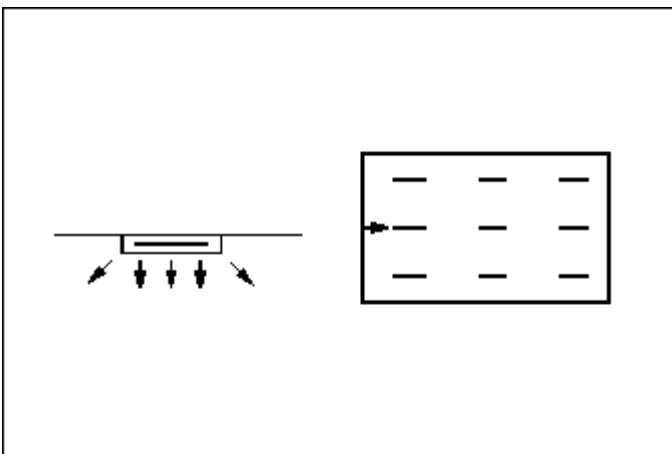
Ces valeurs limites sont également applicables aux images des sources vues par réflexion.

#### 5.3.1.2 pour assurer un bon confort en éclairage artificiel

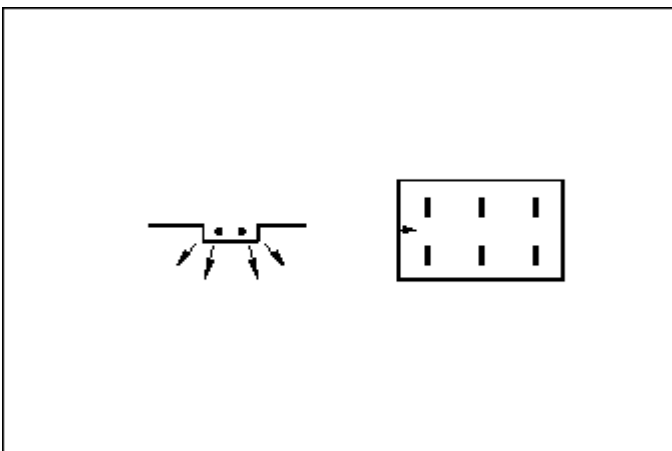
Pour obtenir un bon niveau de confort, c'est-à-dire réduire le risque de fatigue visuelle par éblouissement, la luminance des luminaires doit être limitée en tenant compte de la position et de l'orientation des luminaires dans l'espace, du type de luminaire choisi, de la valeur d'éclairement de la tâche et de la difficulté de la tâche ou performance visuelle demandée.



luminaires sans émission latérale installés parallèlement ou perpendiculairement à la direction d'observation

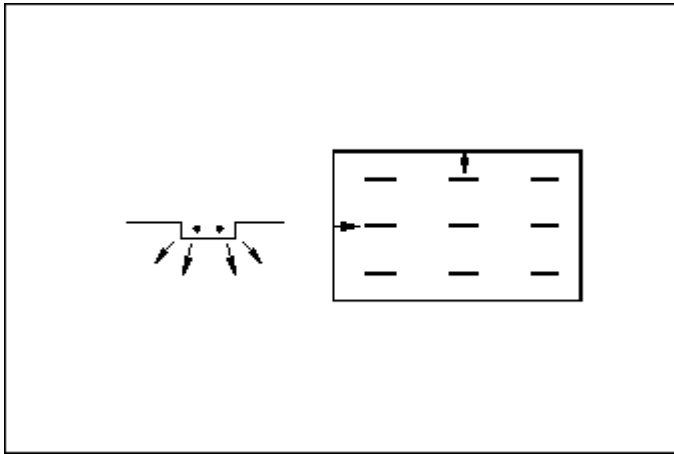


luminaires avec émission latérale installés parallèlement à la direction d'observation



luminaires avec émission latérale sans direction d'observation privilégiée





luminaires avec émission latérale installés perpendiculairement à la direction d'observation

La position du luminaire est repérée par l'angle aigu  $\gamma$  que fait la direction du regard vers le luminaire examiné et la verticale, ou bien par la tangente de cet angle ( $\tan\gamma$ ) c'est-à-dire le rapport entre l'éloignement horizontal du luminaire par rapport à l'oeil ( $a$ ) et la différence de hauteur entre le regard et le luminaire ( $h_v$ ). On examine généralement le luminaire le plus éloigné. Pour un observateur assis, l'oeil est considéré à 1,20 m du sol.

La difficulté de la tâche est classée en degrés :

- le degré I correspond aux tâches visuelles faciles, comme la plupart des tâches industrielles simples, ou plus difficiles mais très occasionnelles ;
- le degré II correspond aux tâches visuelles difficiles du fait en particulier de la finesse des détails, de la faiblesse du contraste, de la brièveté de la durée d'observation.

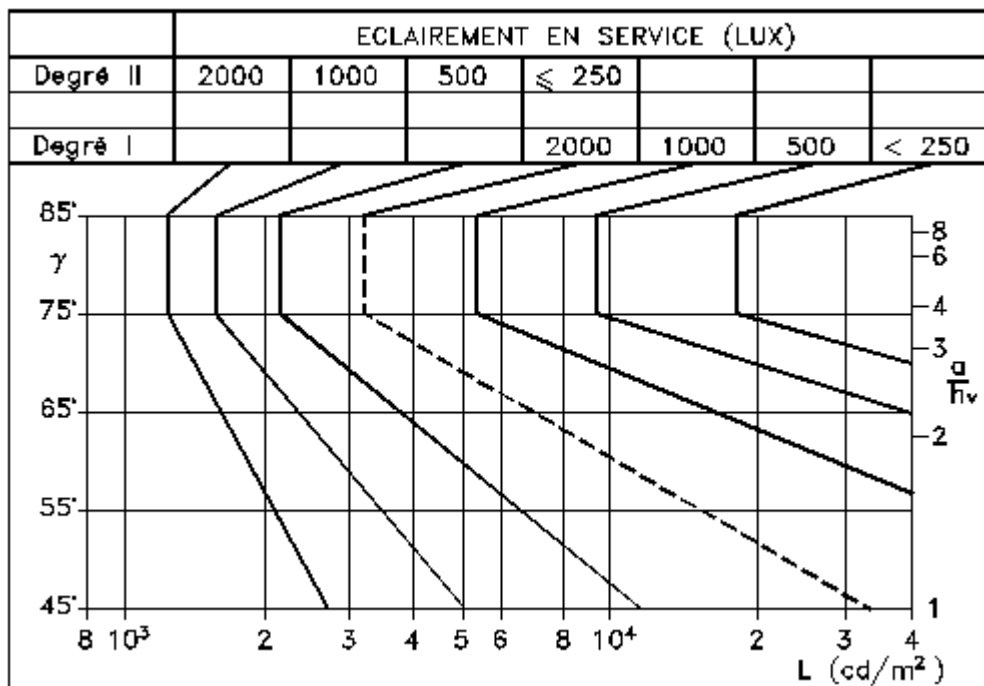
Pour les travaux moyens, une interpolation est possible. La luminance moyenne des luminaires est donnée par un document photométrique établi par le constructeur.

A défaut de cette courbe, on peut généralement, connaissant les dimensions du luminaire, déduire les luminances moyennes de la courbe des intensités, en divisant l'intensité dans chacune des directions par la surface apparente du luminaire dans chacune de ces mêmes directions.

La valeur limite de la luminance est donnée par des courbes définies par la Commission Internationale de l'Eclairage (abaques n<sup>os</sup> 1 et 2 ) pour des angles  $\gamma$  supérieurs à  $45^\circ$  qui seuls se trouvent dans le champ visuel d'un observateur assis dont l'axe du regard est horizontal.

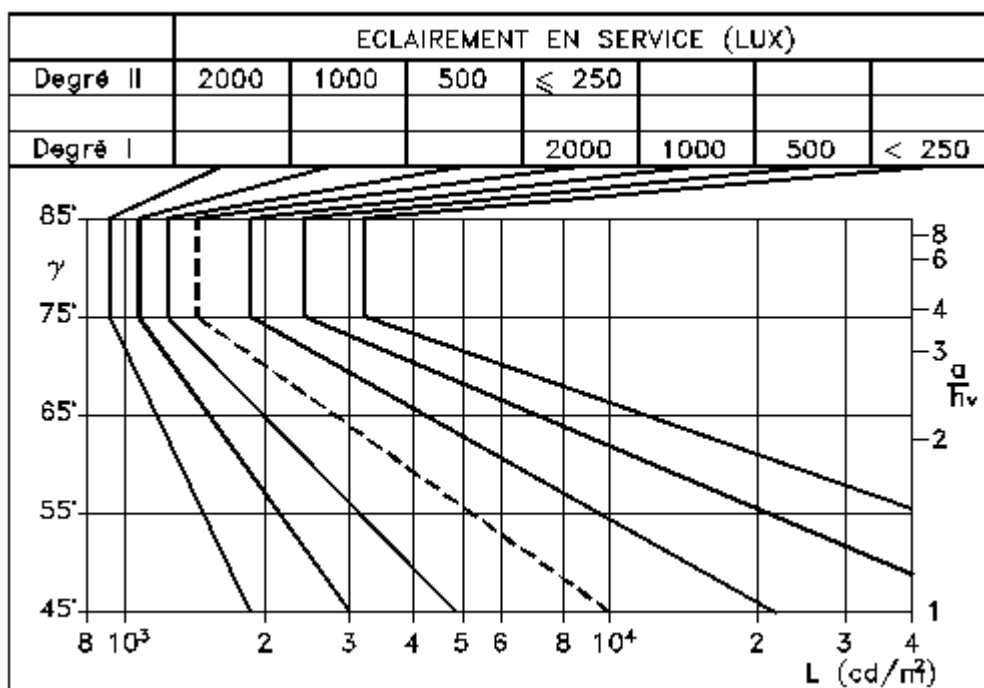
Pour utiliser ces abaques, il faut :

- ° choisir l'abaque convenable en tenant compte de l'orientation et du type de luminaire. Le plus souvent, il n'existe pas de direction d'observation déterminée ; on utilise alors :
  - l'abaque n<sup>o</sup> 1 pour les luminaires sans émission latérale, notamment encastrés ;



abaque n° 1 luminaires sans émission latérale/la courbe en tirets est donnée pour interpolation

- l'abaque n° 2 pour les luminaires avec émission latérale.



abaque n° 2 luminaires avec émission latérale/la courbe en tirets est donnée pour interpolation

- ° Sélectionner la courbe limite qui correspond au degré de difficulté de la tâche et au niveau d'éclairage.
- ° Comparer la luminance du luminaire, établie pour le flux nominal des lampes, avec la courbe limite sélectionnée.

L'éblouissement n'est pas à craindre si la valeur de la luminance du luminaire est inférieure à celle de la courbe limite pour la direction considérée.

C'est toujours le cas si la courbe des luminances moyennes considérée est située entièrement à gauche de la courbe limite. Si elle est entièrement située à droite, l'éclairage du local est à revoir.

Si une courbe de luminances moyennes coupe la courbe limite, il faut vérifier que les luminances sont

inférieures aux luminances limites pour toutes les directions d'observation du luminaire dans le local étudié. Deux exemples d'application de ces abaques sont donnés ci-après.

### 5.3.2 contrastes entre les sources et le fond

Les contrastes entre les sources et le fond sur lequel elles sont vues doivent rester limités.

La luminance moyenne du luminaire ne doit pas dépasser 20 fois celle du plafond pour le plus grand degré de confort recherché (degré II) et 50 dans le cas d'exigences moindres (degré I).

Il serait souhaitable par ailleurs, qu'il en soit de même pour les rapports de luminances entre les prises de jour et les parties opaques adjacentes. Par ailleurs, la luminance du plafond en elle-même doit rester dans des limites définies par rapport à la luminance de la tâche.

Dans les conditions classiques il est prudent que l'éclairement  $E_1$  du plafond par rapport à l'éclairement  $E_4$  du plan soit compris entre les limites :

$$0,3 \leq E_1/E_4 \leq 0,9$$

Ainsi, le plafond ne paraîtra ni trop sombre ni trop lumineux, ce qui le rendrait visuellement instable (difficultés d'adaptation).

### 5.3.3 luminance des parois

Les parois latérales d'un local constituent le lien entre les champs visuels successifs en position de travail et de repos.

L'expérience montre qu'il faut assurer un certain rapport de luminance entre la tâche visuelle et les parois latérales.

Une règle de prudence simplifiée consiste en une limitation du rapport des éclairagements :

$$0,5 < E_3/E_4 < 0,8$$

$E_3$  éclairage des parois latérales,

$E_4$  éclairage du plan utile.

Cette règle n'est évidemment valable que pour des facteurs de réflexion des parois normaux.

soit  $\geq 0,7$  pour le plafond,

0,3 à 0,7 pour les parois latérales,

0,2 à 0,4 pour le sol.

Pour d'autres cas et pour plus de précision, il convient d'utiliser les tableaux 3 et 4 .

Facteur de réflexion des murs	Tâche visuelle						
	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	50	100	150	200	250	400
	Eclairement $E_4$ (lux) (Cf note 1)	200	400	600	800	1 000	1 600
0,3	Valeurs extrêmes de l'éclairement sur les murs $E_3$ (lux) et rapport $E_3/E_4$	175 0,88	310 0,78	430 0,72	550 0,69	670 0,67	1 060 0,66
		265 1,33	470 1,18	645 1,08	820 1,03	1 000 1	1 600 1
		145 0,73	260 0,65	370 0,62	485 0,61	600 0,6	950 0,59
0,5		220 1,1	395 0,99	555 0,93	725 0,91	895 0,9	1 420 0,89
		130 0,65	235 0,59	340 0,57	450 0,56	560 0,56	895 0,56
0,7		195 0,98	350 0,88	510 0,85	675 0,84	840 0,84	1 340 0,84

(note 1) Pour un facteur de réflexion de 0,8 de la tâche visuelle.

tableau 3 éclairage maximum des murs recommandé en fonction de la luminance de la tâche visuelle et du facteur de réflexion des murs (toutes teintes sauf jaune)

Facteur de réflexion des murs	Tâche visuelle						
	Luminance (cd/m²)	50	100	150	200	250	400
	Eclairement E <sub>4</sub> (lux) (Cf note 1)	200	400	600	800	1 000	1 600
0,3	Valeurs extrêmes de l'éclairement sur les murs E <sub>3</sub> (lux) et rapport E <sub>3</sub> /E <sub>4</sub>	160 0,8	265 0,66	360 0,6	460 0,58	590 0,59	1 040 0,65
		240 1,2	400 1	540 0,9	690 0,86	880 0,88	1 560 0,98
0,5		85 0,43	110 0,28	190 0,32	245 0,31	315 0,32	550 0,34
		125 0,63	170 0,43	285 0,48	370 0,46	470 0,47	830 0,52
0,7		55 0,28	85 0,21	121 0,2	155 0,19	195 0,2	345 0,22
		80 0,4	130 0,33	180 0,3	230 0,29	290 0,29	520 0,33
(note 1) Pour un facteur de réflexion de 0,8 de la tâche visuelle.							

tableau 4 éclairage maximum des murs recommandé en fonction de la luminance de la tâche visuelle et du facteur de réflexion des murs (teinte jaune saturé ou moyennement rabattu)

Des mesures expérimentales ont permis d'établir, à titre de guide pratique, les tableaux ci-dessous, qui donnent, en fonction de la luminance de la tâche visuelle, à la fois les valeurs extrêmes de l'éclairement E<sub>3</sub> souhaitable en faisant intervenir la teinte et le facteur de réflexion, et le rapport E<sub>3</sub>/E<sub>4</sub>. Pour permettre une utilisation plus rapide de ce tableau, on a indiqué, sous les luminances de la tâche visuelle la valeur des éclairages correspondant à un facteur de réflexion de 0,8.

#### 5.4 effet de l'intégration temporelle

Dans ce qui précède le travailleur est à son poste de travail. Dans la pratique, il peut avoir à se déplacer dans des zones diversement éclairées. Il importe pour des raisons psychologiques et physiologiques que l'histoire des luminances, donc des éclairages subis par l'oeil, reste dans des limites raisonnables. Depuis l'extérieur du bâtiment de jour ou de nuit, puis dans les halls, les couloirs, les vestiaires, etc., les niveaux d'éclairement doivent rester dans certaines limites. Pour des locaux adjacents il faut être plus strict. Une variation de 1 à 5 est la limite de confort.

#### 5.5 autres influences

- La couleur des objets et des parois est un élément déterminant d'une ambiance. La composition spectrale de la lumière émise par certaines sources à faible indice de rendu des couleurs peut nuire à la qualité de la perception et à l'agrément du local en modifiant les couleurs des surfaces. (Un détail jaune sur fond blanc par exemple peut ne pas être perçu sous la lumière d'une lampe « sodium basse pression »).

Aussi lorsque des travaux nécessitent une appréciation exacte des couleurs (contrôle de tissus, sélection, vente, surveillance sur pupitre de commande...) ou qu'un éclairage agréable est recherché, l'indice de rendu des couleurs des lampes utilisées doit de préférence être supérieur à 80.

- Lorsque aucune précaution particulière n'est prise dans le choix des couleurs des parois et du mobilier, des lampes de température de couleur inférieure à 3 500 K (blancs chauds) sont à utiliser de préférence pour l'éclairage à niveau faible (< 300 lx), par contre, lorsqu'une ambiance à fort niveau d'éclairement (> à 500 lx) s'apparentant à celle de la lumière naturelle est recherchée, l'emploi de lampes à température de couleur > 5 500 K (blancs froids) est conseillé.
- La directivité de la lumière est un élément déterminant lorsque la tâche présente un certain relief. L'ombre contribue à l'identification des formes, en redonnant aux objets un certain modelé, notamment à ceux dont la couleur est uniforme. Le détail de certaines tâches peut aussi être mis en évidence plus nettement par un ajustement approprié de la direction de la lumière que par une augmentation du niveau d'éclairement. L'ombre portée d'un objet peut se substituer à lui pour assurer sa perception.
- Un mauvais entretien des luminaires équipés de lampes à décharge peut conduire à une

instabilité gênante de la lumière émise, aussi faut-il régulièrement changer les lampes et vérifier leur dispositif d'amorçage.

## 6 appareils et méthodes de mesures

### 6.1 mesure des éclairagements

#### 6.1.1 appareils de mesure

Les mesures doivent être réalisées à l'aide de luxmètres bien étalonnés, conformément à la NF C 42-710, possédant un dispositif de correction d'incidence suivant la loi du cosinus pour des incidences comprises entre 0 et 180° par rapport à l'horizontale et ayant une réponse spectrale correspondant à la sensibilité spectrale photopique moyenne de l'oeil, définie par la Commission Internationale de l'Eclairage (publication CIE 18-2).

#### 6.1.2 méthode de mesure

Deux types de mesures sont à effectuer :

- Déterminer l'éclairage moyen général ( $E_m$ ) dans le local. Celui-ci correspond à la moyenne des éclairagements relevés en un certain nombre de points significatifs choisis suivant la méthode définie ci-après ; la cellule du luxmètre étant placée horizontalement à la hauteur du plan utile.

**Choix des points de mesure :**

**Installations avec luminaires régulièrement répartis dans le local (figure 1 )**

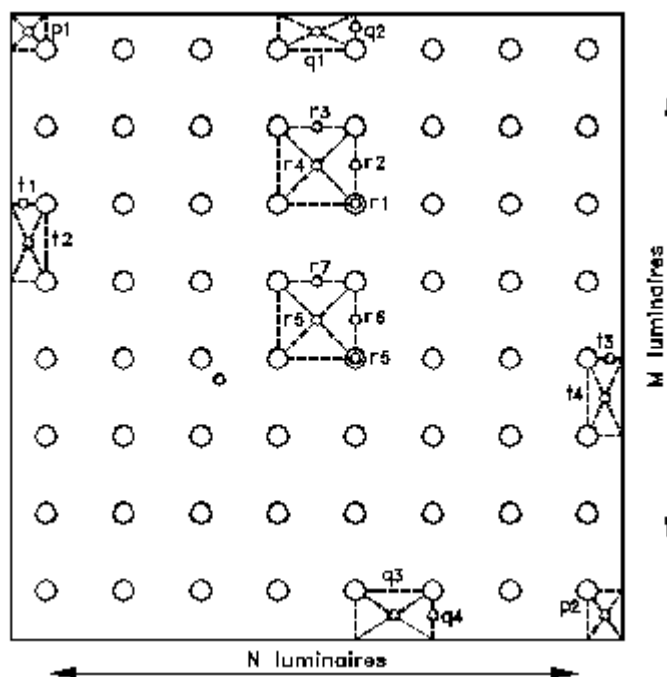


figure 1

$$E_m = \frac{(r_1 + r_2 + \dots + r_8) / 8 \times (N - 1) \times (M - 1) + (q_1 + q_2 + q_3 + q_4) / 4 \times (N - 1) + (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) / 4 \times (M - 1) + (p_1 + p_2) / 2}{N \times M}$$

**Installation en lignes continues régulièrement réparties (figure 2 )**

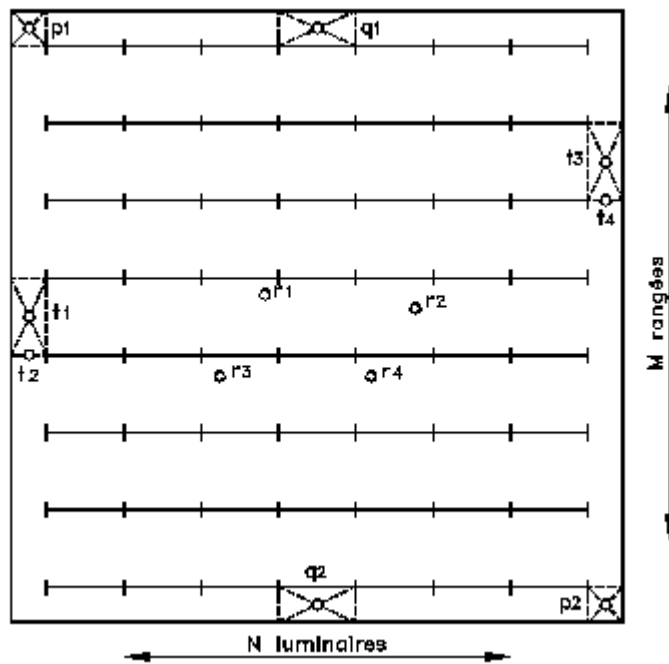


figure 2

Les points  $r_1, r_2, r_3, r_4$  sont choisis dans la partie centrale du local.

$$E_m = \frac{(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / 4 \times N \times (M - 1) + (q_1 + q_2) / 2 \times N + (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) / 4 \times (M - 1) + (p_1 + p_2) / 2}{M \times (N + 1)}$$

Installation comportant une seule ligne de luminaires régulièrement disposés (figure 3 ).

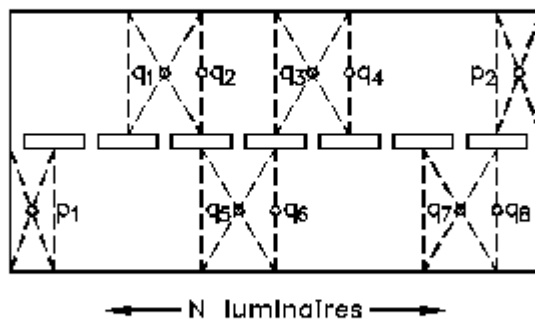


figure 3

$$E_m = \frac{(q_1 + q_2 + \dots + q_8) / 8 \times (N - 1) + (p_1 + p_2) / 2}{N}$$

Installation comportant un luminaire unique au centre du local (figure 4 )

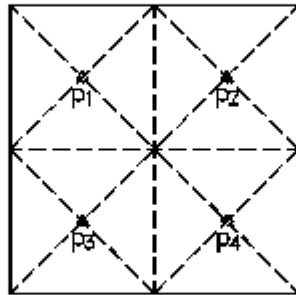


figure 4

$$E_m = (p_1 + p_2 + p_3 + p_4) / 4$$

Installation comportant une seule ligne continue de luminaires (figure 5 )

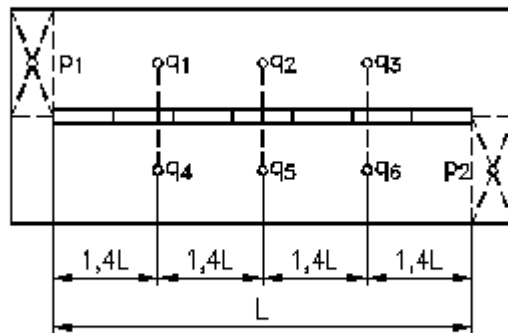


figure 5

$$E_m = \frac{(q_1 + q_2 + \dots + q_6) / 6 \times N + (p_1 + p_2) / 2}{N + 1}$$

Installation d'éclairage par plafond lumineux (figure 6 )

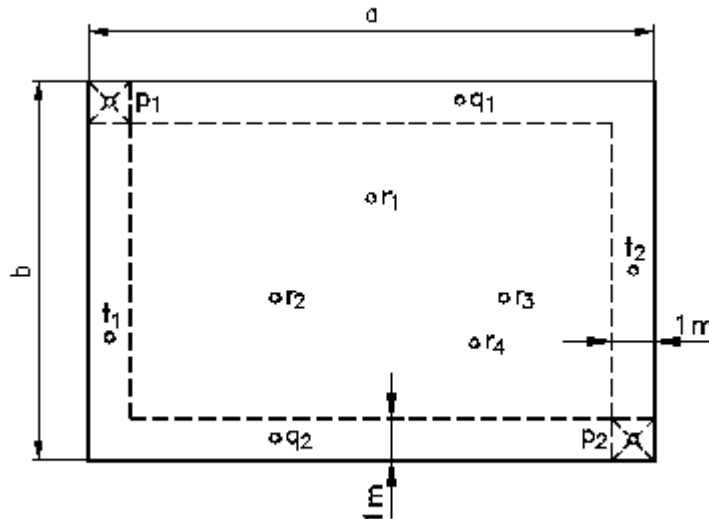


figure 6

Les points  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  et  $r_4$  sont choisis au hasard dans la zone centrale sous le plafond lumineux. Les autres points sont pris sous les bandes qui entourent le plafond lumineux :  $q_1$ ,  $q_2$  dans le sens de la longueur,  $t_1$ ,  $t_2$  dans le sens de la largeur et  $p_1$ ,  $p_2$  aux coins.

L'éclairement moyen est donné par la relation :

$$E_m = \frac{(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / 4 \times (a - 2) \times (b - 2) + (q_1 + q_2) \times (a - 2) + (t_1 + t_2) \times (b - 2) + (p_1 + p_2) \times 2}{a \times b}$$

- b) Vérifier au poste de travail le niveau d'éclairement en plaçant la cellule au niveau des détails et des objets qui doivent être vus pour que la tâche puisse être exécutée (quelle que soit leur position dans l'espace), le travailleur étant à son poste dans sa position habituelle.

La personne chargée de la mesure doit veiller à ne pas modifier par sa présence les conditions d'éclairement du poste de travail.

Si dans le local concerné, des fluctuations de flux lumineux sont prévisibles (variations dues en particulier à l'éclairage naturel), il est important de relever au poste de travail les niveaux d'éclairement à différentes périodes, notamment à celles qui sont considérées comme les plus défavorables.

## 6.2 mesure des luminances

### 6.2.1 appareils de mesure

Les mesures sont effectuées à l'aide de luminancemètres conformes à la NF C 42-711 ayant une réponse spectrale correspondant à la sensibilité spectrale photopique moyenne de l'oeil définie par la CIE et possédant un dispositif de visée réflexe permettant de s'assurer de l'orientation correcte de l'appareil et de connaître avec précision la zone couverte par la visée.

Pour les mesures courantes, les luminancemètres dont l'angle d'ouverture est voisin de  $1^\circ$  conviennent ; toutefois des angles d'ouvertures plus petits (quelques minutes d'angle) sont nécessaires pour des mesures particulières (tâche comportant des détails très fins).

### 6.2.2 méthode de mesure

Le luminancemètre est placé à la hauteur des yeux des travailleurs et orienté dans la direction de la source, du reflet ou de la surface concernée.

## annexe A (ne fait pas partie intégrante de la norme) exemples d'application de la méthode CIE pour le contrôle de l'éblouissement

### A.1 1<sup>er</sup> exemple : vérification des exigences de confort d'un luminaire installé dans un local donné

#### A.1.1 données du problème



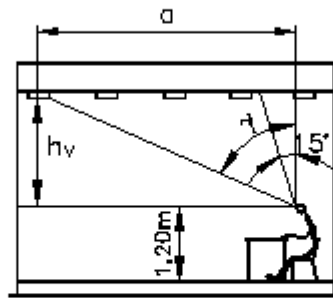


figure sans légende dans: A.1.1 données du problème

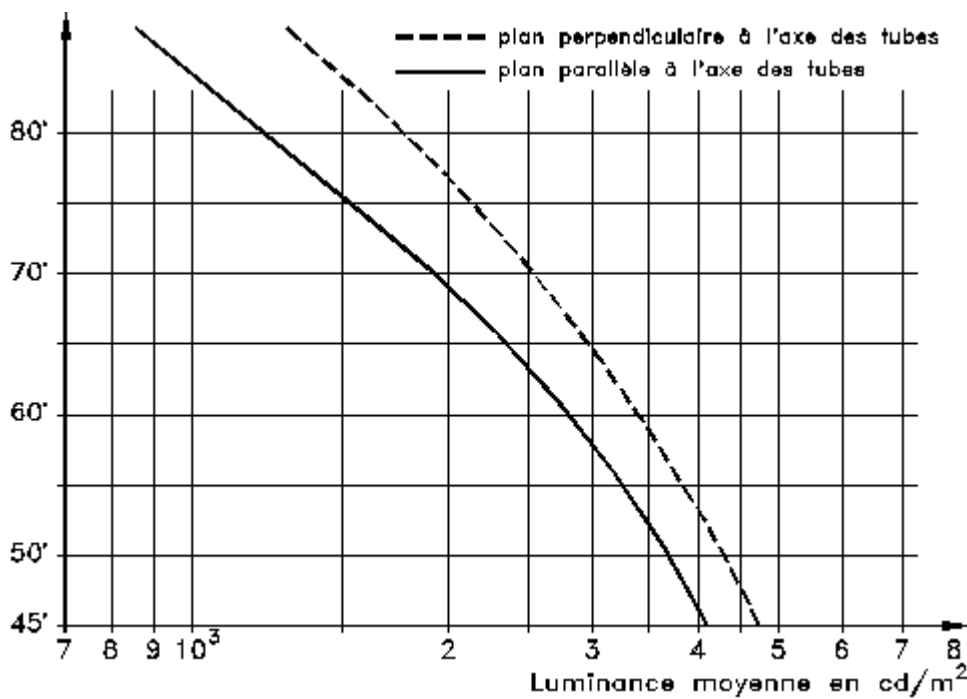


figure A.1 luminaire encastré (sans émission latérale) à vasque diffusante prismatique (1<sup>er</sup> exemple)

- Luminaire encastré à vasque diffusante prismatique, installé parallèlement à la direction habituelle du regard des occupants du local qui effectuent des travaux de bureaux.
- $E = 600 \text{ lx.}$
- $H_v = 1,80 \text{ m.}$
- $a = 9 \text{ m.}$
- Courbes de luminances fournies par le constructeur du luminaire.

#### A.1.2 utilisation des abaques

- Le luminaire étant sans émission latérale, c'est l'abaque n° 1 qui est à considérer.
- Par ailleurs, comme ce luminaire est installé parallèlement à la direction d'observation principale, c'est la courbe de luminance dans le plan longitudinal qui est à reporter sur cet abaque.

La courbe des luminances du luminaire est située entièrement à gauche de la courbe limite correspondant au degré II, 1 000 lx : l'éblouissement n'est pas à craindre pour l'activité considérée et l'éclairage réalisé.

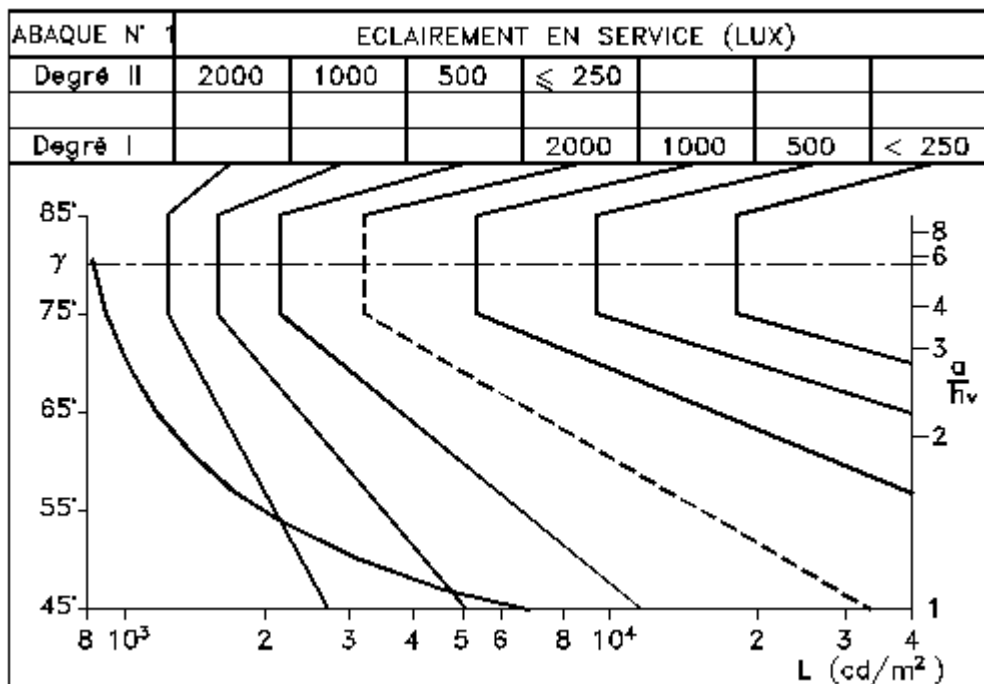


figure A.2 abaque n° 1

## A.2 2<sup>e</sup> exemple : détermination des limites d'utilisation d'un luminaire donné du point de vue de l'éblouissement

### A.2.1 données fournies par le constructeur du luminaire

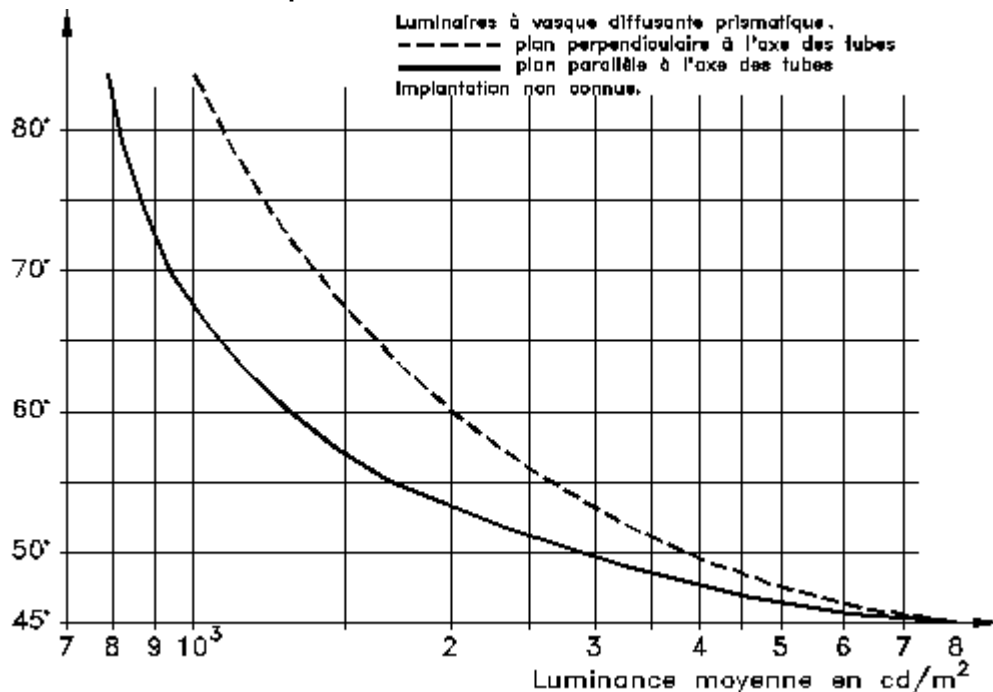
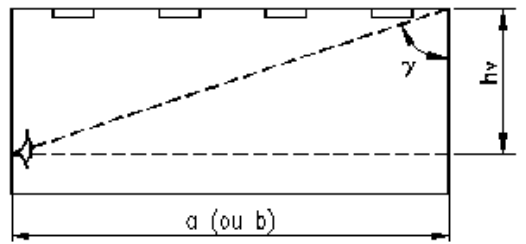


figure A.3 luminaire avec émission latérale



$$h_v = h_{\text{local}}^{-1,20} \cdot m - h_{\text{suspension}}$$

figure sans légende dans: A.2.1 données fournies par le constructeur du luminaire

Dans un local donné, l'occupant est d'autant plus gêné que l'angle entre la ligne horizontale passant par son oeil et celle qui joint celui-ci aux différents luminaires est plus petit ; aussi, ce sont les luminaires les plus éloignés qui sont les plus critiques. Comme dans cet exemple, l'implantation exacte des luminaires n'est pas connue, le cas le plus défavorable sera examiné, c'est-à-dire celui où  $a$  correspond à la longueur (ou à la largeur  $b$ ) du local.

## A.2.2 utilisation des abaques CIE

### A.2.2.1 cas du luminaire installé parallèlement à la direction d'observation

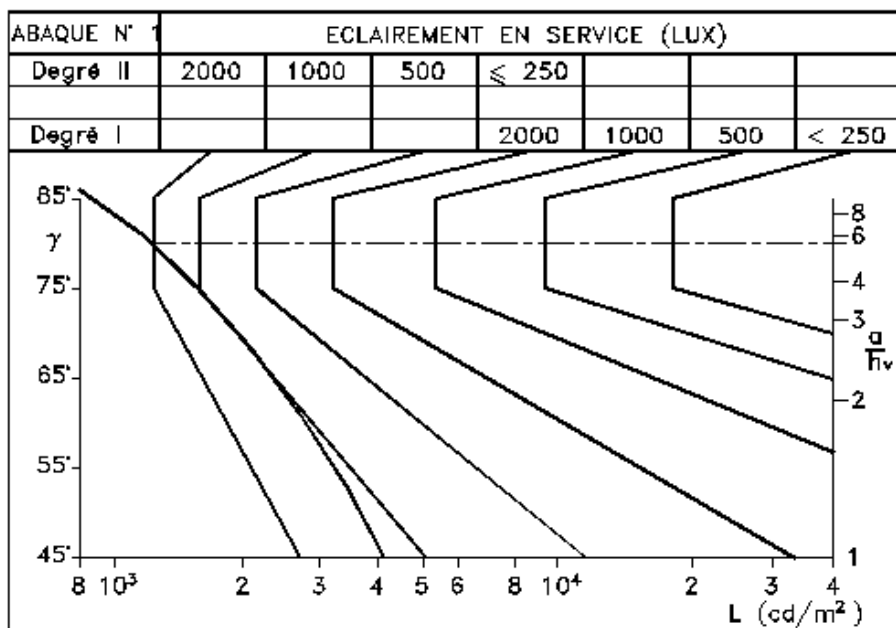


figure A.4

Ce type de luminaire convient

en degré I :

- jusqu'à 2 000 lx sans restriction, quelles que soient les dimensions du local

en degré II :

- jusqu'à 1 000 lx sans restriction, quelles que soient les dimensions du local
- jusqu'à 2 000 lx

### A.2.2.2 cas du luminaire installé perpendiculairement à la direction d'observation

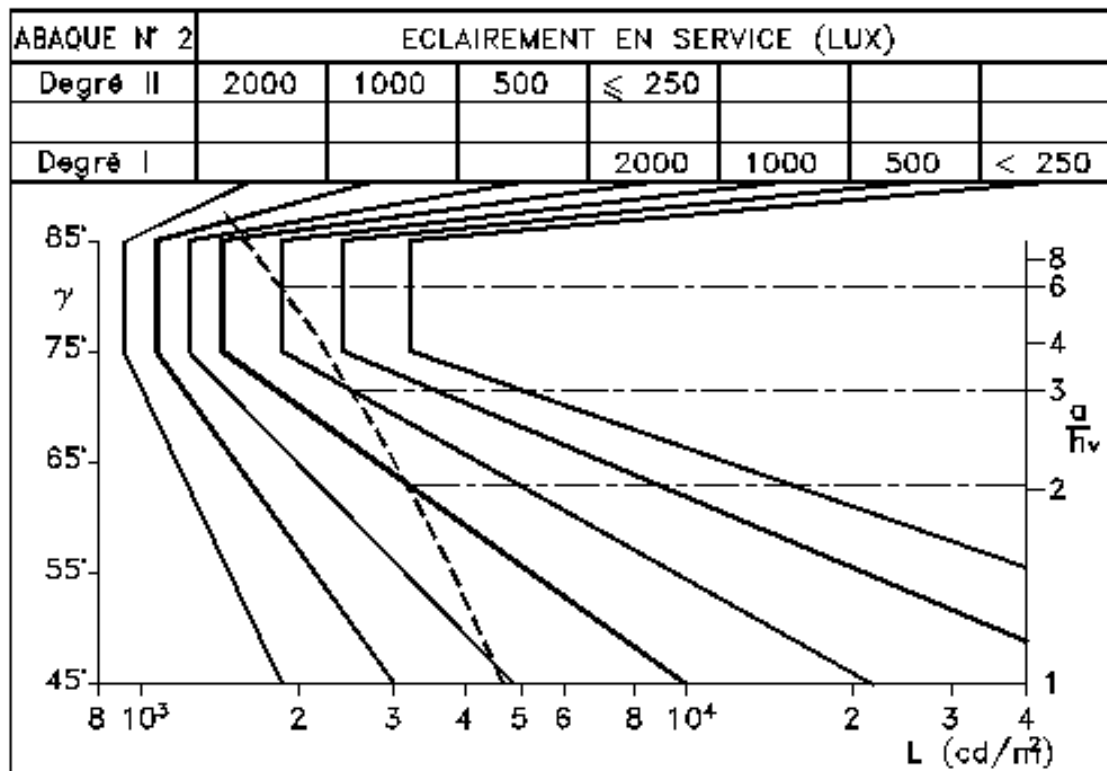


figure A.5

Ce type de luminaire convient :

en degré I :

- jusqu'à 500 lx sans restriction, quelles que soient les dimensions du local,
- jusqu'à 1 000 lx si  $a/h_v < 3$
- jusqu'à 2 000 lx si  $a/h_v < 2$

en degré II :

- jusqu'à 250 lx si  $a/h_v < 2$

### A.2.2.3 cas d'une installation sans direction d'observation privilégiée

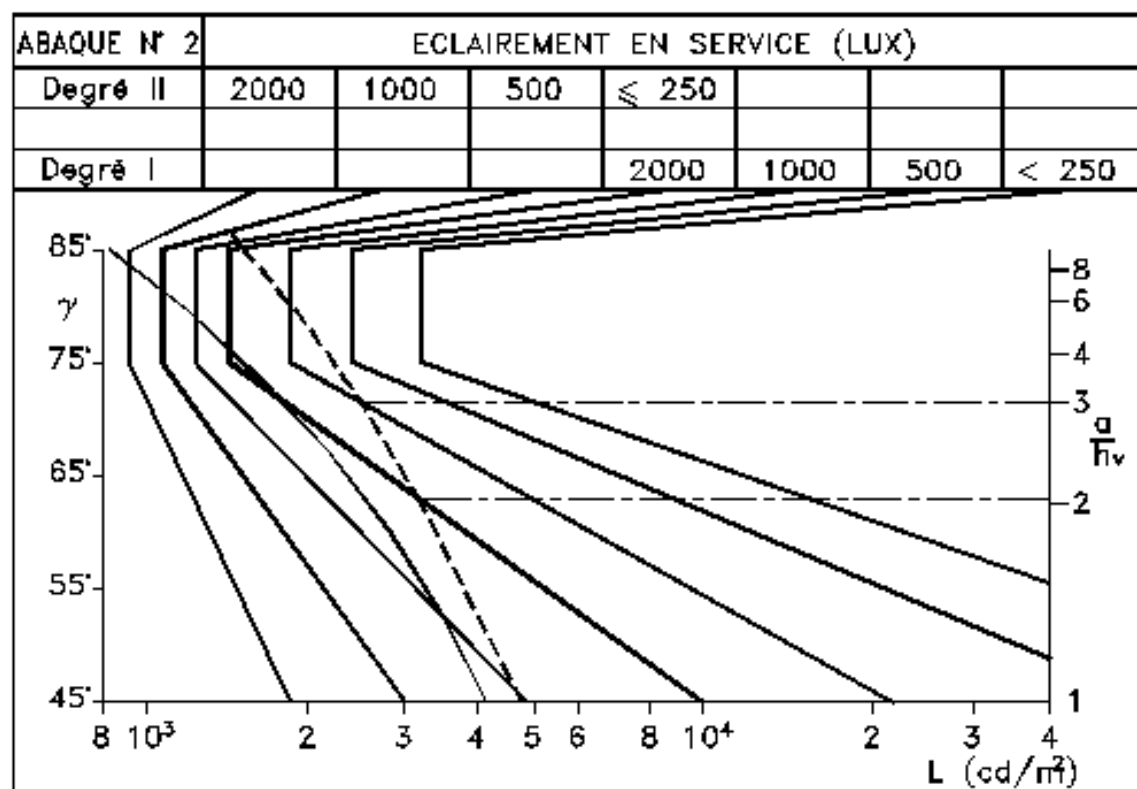


figure A.6

Mêmes conclusions qu'en A.2.2.2