Roger Cadiergues

MémoCad mD20.a

L'ÉCLAIRAGE NATUREL

SOMMAIRE

mD20.1. L'éclairage nazturel
mD20.2. Le calcul du facteur de jour
mD20.3 Le facteur de jour brut
mD20.4. Le facteur de jour corrigé
mD20.5. Les applications des facteurs de jour

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».

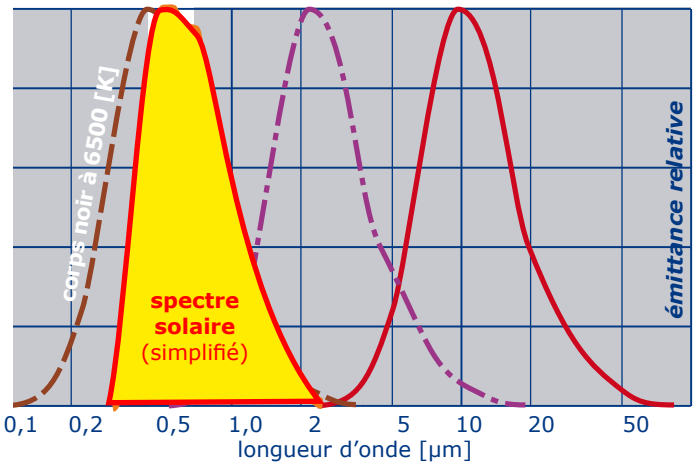
mD20.1. L'ÉCLAIRAGE NATUREL

Les deux composantes du rayonnement naturel

Le *rayonnement naturel* est la combinaison du *rayonnement direct* reçu du soleil et du *rayonnement diffus* reçu de l'atmosphère en dehors du précédent.

1. Le *rayonnement direct* possède un spectre voisin de celui d'un corps noir d'une température de l'ordre de 5000 [K].
2. Le *rayonnement diffus* est celui diffusé par le ciel. Son spectre est très différent du précédent, correspondant à des températures de couler plus élevées.

Le *rayonnement global*, somme (sur une surface quelconque) du flux direct plus le flux diffus, possède un spectre assez affecté par la position du soleil, mais voisin du spectre indiqué ci-dessous..



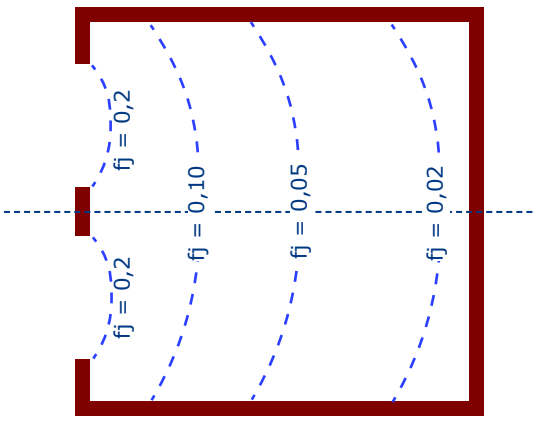
La rôle énergétique de l'éclairage naturel

Même s'il est difficile de rationaliser les choix en la matière, le recours à l'éclairage naturel est une source classique d'économie d'énergie. Malheureusement cela ne doit pas conduire à développer trop fortement l'éclairage naturel car l'augmentant de surface vitrée peut avoir des conséquences thermiques qui peuvent être à la fois souhaitables (en hiver par augmentation des apports) et à la fois regrettables (charges d'***été*** pouvant conduire à des températures intérieures bien trop élevées).

Pour plus de détails sur ces deux aspects consultez le livret sur ***l'ensoleillement*** (à paraître).

La définition et le rôle du facteur de jour

Au lieu d'utiliser les concepts classiques de l'éclairage artificiel (éclairement du plan utile) il faut -en éclairage naturel - utiliser des concepts plus souples, en particulier le «facteur de jour». Ce concept, indépendant des conditions extérieures, est défini comme suit : le **facteur de jour** (ou ***facteur de lumière du jour***) est le rapport entre l'*éclairement intérieur* en un point du plan utile (intérieur) et l'*éclairement extérieur* horizontal dû à la voûte du ciel. L'inconvénient est que ce facteur varie selon le point de définition sur le plan utile, ainsi que le schématise l'exemple ci-dessous (fj = *facteur de jour*).



La fiche suivante indique comment calculer le facteur de jour.

mD20.2. LE CALCUL DU FACTEUR DE JOUR

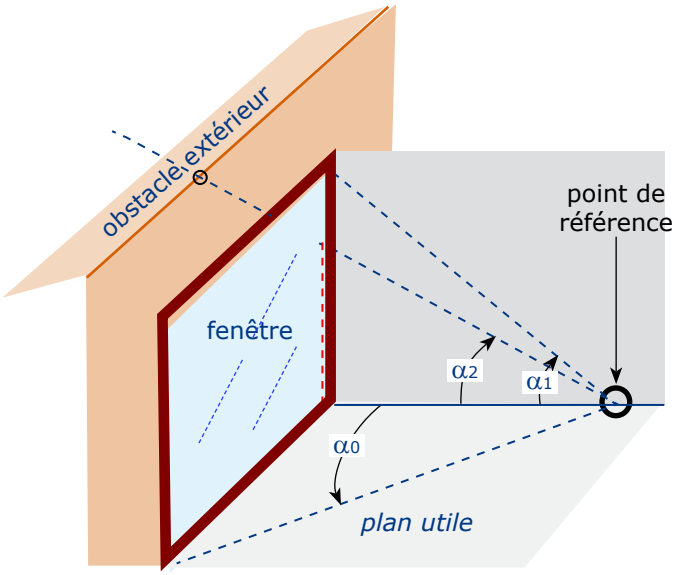
LE CALCUL DU FACTEUR DE JOUR : LES PRINCIPES

Le **facteur de jour**, grandeur géométrique, est le rapport entre l'*éclairement intérieur* ***en un point du plan utile*** et l'*éclairement extérieur* horizontal (dû à la voûte du ciel supposée de luminance uniforme). La méthode de calcul proposée, pour un point donné du plan utile, comporte trois phases :

1. la détermination du, ou des **facteurs de jour élémentaires**, notés ici F_{e1}, F_{e2}, etc.,
2. à partir de là le calcul du **facteur de jour brut**, noté ici F_0 (pour le point du plan utile étudié),
3. à partir de là le calcul du **facteur de jour corrigé** au point de référence précédent, facteur noté ici F.

LES FACTEURS DE JOUR ÉLÉMENTAIRES

Un facteur élémentaire correspond à la configuration indiquée ci-dessous. C'est une configuration très spécifique, mais qui va nous permettre d'évaluer les résultats pour des configurations beaucoup plus générales. La méthode permettant d'évaluer le facteur de jour élémentaire (voir plus loin) est relativement simple, mais comme ce sont souvent les tangentes qui sont aisément connues ce tableau permet également d'utiliser les tangentes. Notez que α_1 et α_2 représentent respectivement la hauteur angulaire de la fenêtre et la hauteur angulaire de l'obstacle extérieur ($\alpha_2 < \alpha_1$).



Une fois les angles α_0, α_1 et α_2 déterminés, vous pouvez calculer le **facteur élémentaire** F_e par la formule :

$$F_e = f(\alpha_0, \alpha_1) - f(\alpha_0, \alpha_2),$$

dans laquelle apparaissent les fonctions $f(\alpha_0, \alpha_1)$ et $f(\alpha_0, \alpha_2)$ dont les valeurs sont fournies, en fonction de α_0 et α_1 (ou α_2), par le tableau du bas de page. Dans la figure ci-contre, figurent les angles permettant de calculer les facteurs de jours élémentaires, correspondant à une position de

EXEMPLE

. $\alpha_0 = 40$ °, $\alpha_1 = 45$ °, $\alpha_2 = 20$ °.

D'après la table ci-dessous :

. $f(\alpha_0, \alpha_1) = f(40, 45) = 0{,}051$

. $f(\alpha_0, \alpha_2) = f(40, 20) = 0{,}011$

. $F_e = f(\alpha_0, \alpha_1) - f(\alpha_0, \alpha_2) = 0{,}040$

		VA LEURS DE LA FONCTION $f(\alpha_0, \ldots)$ ($\alpha_i = \alpha_1$ ou α_2 selon choix)										
	α_i :	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
	tg(α_i) :	0,18	0,27	0,36	0,47	0,58	0,70	0,84	1,00	1,19	1,43	1,73
α_0	tg(α_0)											
10 °	0,18	0,001	0,002	0,003	0,005	0,007	0,009	0,011	0,014	0,016	0,019	0,021
15 °	0,27	0,001	0,003	0,005	0,007	0,010	0,014	0,017	0,021	0,024	0,028	0,031
20 °	0,36	0,002	0,004	0,006	0,010	0,013	0,018	0,022	0,027	0,032	0,037	0,041
25 °	0,47	0,002	0,004	0,008	0,012	0,017	0,022	0,028	0,034	0,040	0,046	0,051
30 °	0,58	0,002	0,005	0,009	0,014	0,019	0,026	0,033	0,040	0,047	0,054	0,061
35 °	0,70	0,003	0,006	0,010	0,016	0,022	0,029	0,037	0,045	0,054	0,062	0,070
40 °	0,84	0,003	0,006	0,011	0,017	0,024	0,033	0,041	0,051	0,061	0,070	0,080
45 °	1,00	0,003	0,007	0,012	0,019	0,027	0,036	0,045	0,056	0,067	0,077	0,088
50 °	1,19	0,003	0,007	0,013	0,020	0,028	0,038	0,049	0,060	0,072	0,084	0,096
55 °	1,43	0,003	0,008	0,014	0,021	0,030	0,040	0,052	0,064	0,077	0,090	0,103
60 °	1,73	0,004	0,008	0,014	0,022	0,031	0,042	0,054	0,067	0,081	0,095	0,110
65 °	2,14	0,004	0,008	0,015	0,023	0,032	0,043	0,056	0,069	0,084	0,099	0,115
70 °	2,75	0,004	0,008	0,015	0,023	0,033	0,044	0,057	0,071	0,086	0,103	0,120
75 °	3,73	0,004	0,008	0,015	0,023	0,033	0,045	0,058	0,072	0,088	0,105	0,122
80 °	5,67	0,004	0,008	0,015	0,023	0,033	0,045	0,058	0,073	0,089	0,106	0,124

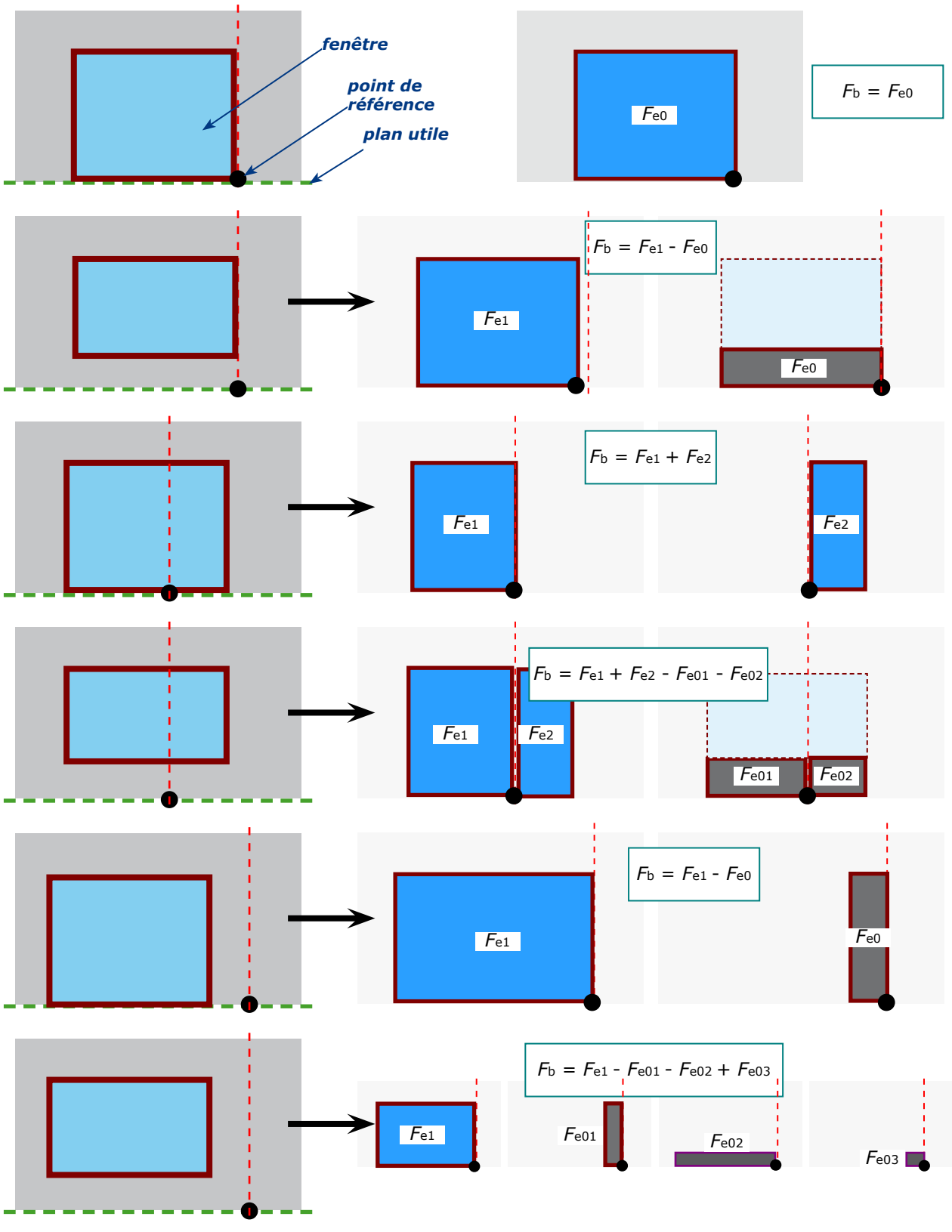
Voyez la suite des démarches de calcul aux fiches suivantes

mD20.3. LE FACTEUR DE JOUR BRUT

LE CALCUL DU FACTEUR DE JOUR BRUT

Le facteur de jour brut F_b se calcule très aisément à partir des facteurs de jour élémentaires (F_{e1}, ...), calcul à organiser selon les schémas ci-dessous, la formule à utiliser dépendant de la configuration.

Attention : *il ne doit être tenu compte que des parties* (fenêtres et murs) *situées au-dessus du plan utile.*



mD20.4. LE FACTEUR DE JOUR CORRIGÉ

Le calcul du facteur de jour final (corrigé)

La méthode adoptée repose sur la formule suivante :

$$\text{Facteur de jour} = c_1\, c_2\, F_b,$$

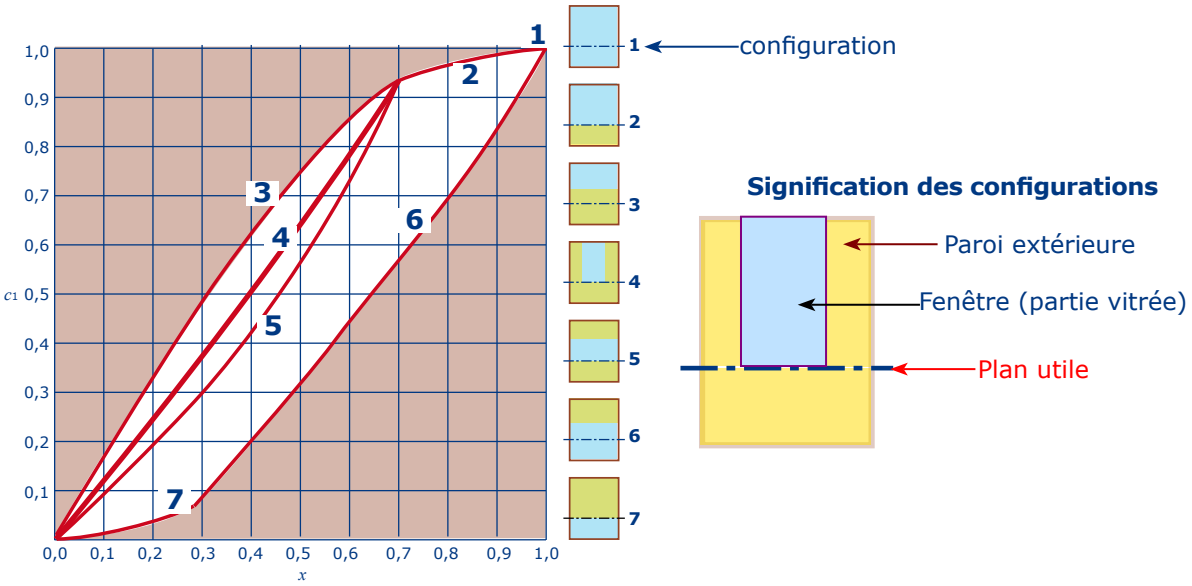
où :

. F_b étant le ***facteur de base*** (voir fiches précédentes), qui ne tient compte que des caractéristiques géométriques de la fenêtre et de la position du point de référence servant à définir le facteur de jour,

. c_1 et c_2 étant des ***correctifs*** tenant à la position de la fenêtre (c_1) et à la nature du vitrage (c_2).

Le correctif de position (c_1)

Pour déterminer ce correctif il faut tenir compte de la configuration du vitrage au sein de la paroi dans laquelle il est placé. Pour ce faire utilisez les diagrammes ci-dessous, qui fournissent la valeur de c_1 en fonction du rapport (x) de la surface vitrée nette à la surface globale de la paroi dans laquelle le vitrage est inclus.



Selon la position de la fenêtre par rapport à la paroi extérieure, nous nous trouvons dans l'une des configurations 1 à 7 illustrée ci-dessus. La valeur de c_1 (en fonction de x) à adopter est celle correspondante.

Le correctif de vitrage (c_2)

Le coefficient c_2, qui tient compte de ce que le rayonnement n'est pas normal à la surface vitrée, possède les valeurs (approchées) suivantes :

. ***simple vitrage*** : $c_2 = 0{,}53$

. ***double vitrage*** : $c_2 = 0{,}45$

. ***triple vitrage*** : $c_2 = 0{,}38$

. ***verre dépoli (simple vitrage)*** : $c_2 = 0{,}45$

. ***verre opale (simple vitrage)*** : $c_2 = 0{,}25$

. ***pavé de verre*** 50 mm : $c_2 = 0{,}25$

. ***pavé de verre*** 65 mm : $c_2 = 0{,}20$

mD20.5. LES APPLICATIONS DU FACTEUR DE JOUR

La *seule application ici retenue* (les autres étant très conventionnelles et pratiquement inappliquées) consiste à utiliser le concept pour calculer les durées d'éclairage artificiel. En fait l'expérience prouve :
. qu'en cas de *commande manuelle* de l'éclairage les occupants présentent des comportements très peu prévisibles et variés, rendant les calculs purement arbitraires,
. qu'en cas de *commande automatique* de l'éclairage on peut, par contre, se baser sur la méthode fournie à la suite.

L'INFLUENCE SUR L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

Le niveau plus ou moins élevé d'éclairage naturel influe sur la durée d'utilisation de l'éclairage artificiel. Malheureusement les études in situ révèlent des comportements très variés des occupants. De sorte que les calculs qui suivent ne sont vraiment utiles que si la mise en service de l'éclairage artificiel est automatisée. Dans ce cas, pour effectuer les calculs, nous conseillons, en France métropolitaine, de se baser sur les éclairements (horizontaux) extérieurs fournis, pour chaque heure (solaire), à la table ci-dessous.
ATTENTION. *Cette table est exprimée en jours, alors que le calcul s'effectue apparemment en heures.*

heure solaire	***Nombre de jours par an où l'éclairement extérieur 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

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

EXEMPLE. . *Site* : Paris, assimilé à France Nord (Valenciennes)
. *Facteur de jour minimal* : 0,01 (1 %)
. *Eclairement intérieur de mise en service* : 100 [lx]
. *Niveau d'éclairement extérieur déclenchant l'allumage* : 100 / 0,01 = 10 000 [lx]
. *Occupation-éclairage* : locaux utilisés 7 jours sur 7, de 7 h solaire à 19h
. *Durée d'éclairage artificiel* : 210+160+120+90+70+70+90+120+160+210+275+325 = 1900 [h/an].

LES FACTEURS DE JOUR RECOMMANDÉS

Il n'existe pas de facteur de jour recommandé, même dans les normes nationales éventuelles, qui ne soufre du caractère extrêmement conventionnel des choix. La plupart du temps les deux bases sont les suivantes :
. une éclairement minimum sur le plan utile en un point de référence,
. un éclairement extérieur pris comme base, 3000 ou 5000 [lx] en général.
Le tableau ci-contre en fournit un exemple (valable pour la France et pour un éclairement extérieur de 5000 lux).

tâche visuelle	**éclairement** [lx] correspondant	**facteur de jour recommandé**
circulation	50	**0,01**
tâche moyenne	100	**0,02**
tâche fine	150	**0,03**
tâche très fine	300	**0,06**