

La radiation lumineuse

La mesure de l'éclairement

Le confort visuel est un paramètre important de la qualité des ambiances.

La radiation lumineuse - grandeurs photométriques

Le flux lumineux d'une source - est l'évaluation, selon la sensibilité de l'oeil, de la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace de cette source. Il s'exprime en **lumen** (lm).

L'intensité lumineuse - est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en **candela** (cd).

La luminance (L) d'une source - est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée. La luminance s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m²).

L'éclairement - caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface, y compris l'effet lumineux produit par une source sur une surface. L'effet dépend de l'intensité de la source de lumière, de la distance entre la source et la surface et des propriétés de la surface (noir, mat absorbent la lumière → effet de lumière faible; glacé, couleur pâle, effet de réflexion augmenté).

Le **lux** est une unité de mesure de l'éclairement lumineux. (symbole: lx). Un lux est l'éclairement d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux d'un lumen par mètre carré.

Ordre de grandeurs

- Éclairement sur une place au soleil à midi en été : 100 000 lux
- Bureau - une salle de cours : 300-500 lux
- Rue piétonne : 2-20 lx

L'œil humain peut s'accommoder à des niveaux d'éclairement très variables, de 130 000 lux (une journée ensoleillée d'été) à 1 lux (une nuit de pleine lune). 5000 lx en éclairage naturel correspond à une valeur faible (temps gris) alors qu'en éclairage artificiel, c'est insupportable. Néanmoins certains niveaux minimal sont requis : par exemple 5 lux pour se déplacer, 150 lux pour la lecture et l'écriture, etc.

La mesure de l' éclairement

La méthode s'appelle **luxmétrie** et l'appareil de mesure de l'éclairement lumineux est le **luxmètre**. Il comporte généralement une partie à cellule photosensible et une partie d'affichage.

Les luxmètres fonctionnent selon le principe d'une cellule photovoltaïque; un circuit intégré reçoit une certaine quantité de lumière (photons constituant le « signal » qui est une énergie de rayonnement) et la transforme en signal électrique (signal analogique). Ce signal est visualisé par le déplacement d'une aiguille, l'allumage d'une diode, l'affichage d'un chiffre.

Les luxmètres peuvent avoir plusieurs échelles pour s'adapter aux faibles ou fortes luminosités (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de lux).

Comment effectuer une mesure

- Tenir le capteur d'une main, le corp de l'appareil de l'autre. Veiller à ne pas plaser la main sur la partie blanche du capteur
- Orienter le capteur vers la source de lumière à mesurer
- Allumer l'appareil en mouvement le bouton gris à partir de la plus faible échelle
- Lire la valeur affichée

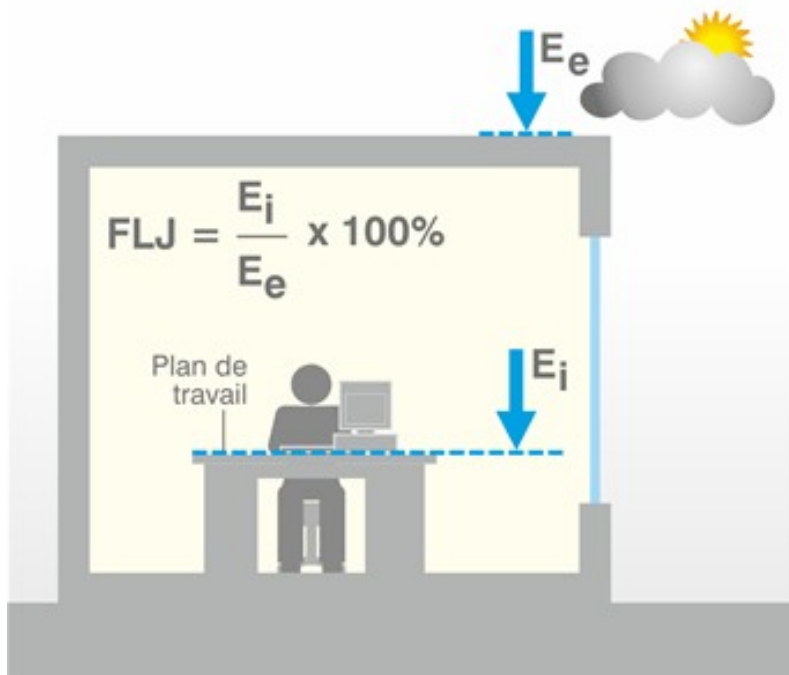
Les niveaux d'éclairage recommandés

- la lecture, le bricolage, la cuisine nécessitent un éclairage de 300 lux (lux = unité de lumière reçue par une surface)
- dans les bureaux et salles de classe, 500 lux procurent un confort visuel satisfaisant tandis que les activités graphiques requièrent de 750 à 1000 lux
- Séjour 100-300 lx
- Salle à manger 100-200 lx
- Chambres 100-200 lx
- Hall d'entrée, couloir, escalier, toilettes: 50 – 100 lx
- Buanderies, cave, débarras, etc. 50-100

Coefficient d'éclairage diurne

Coefficient d'éclairage diurne (CÉD) ou facteur de lumière du jour (FLJ): mesure de l'éclairage naturel dans un espace intérieur, correspondant à la quantité de lumière mesurée en un point de cet espace relativement à la lumière disponible au même moment à l'extérieur.

Figure 1. Coefficient d'éclairage diurne

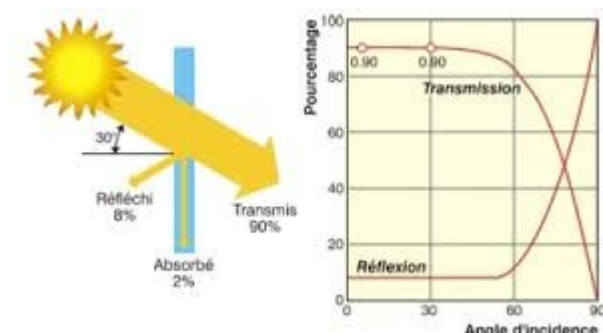


Un CÉD de 1 % est considéré comme un éclairage faible. Un espace doté d'un éclairage moyen a un CÉD de 2 %. Un espace ayant un CÉD de 4 % est perçu comme doté d'un fort éclairage naturel.

Coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS)

Le coefficient d'apport par rayonnement solaire, ou CARS, est une mesure utile de la capacité d'une fenêtre de laisser passer l'énergie solaire. Le CARS d'une fenêtre équivaut au quotient de la quantité d'énergie solaire qu'elle laisse entrer et de l'énergie solaire totale disponible à sa surface extérieure. Plus le CARS est élevé, plus la fenêtre est un capteur d'énergie solaire efficace. On choisira des vitrages dont la transmission lumineuse est maximale (transmission lumineuse pour simple vitrage clair - 90 %).

Figure 2. Coefficient d'apport par rayonnement solaire



Coefficient de réflectances de surface

Coefficient de réflectances de surface est le rapport entre la valeur reflétée par une surface et le niveau d'éclairement sur cette surface.

Réflectances recommandées: plafonds >80 % ; murs 50 à 70 % (ou plus si le mur a une fenêtre); planchers 20 à 40 % ; meubles 25 à 45 %.

Indices subjectifs d'évaluation de l'éclairage

Coefficient de luminosité

Coefficient de luminosité est le rapport entre la surface vitrée et la surface plancher.

Normes

- une surface vitrée correspondant à 1/5 de la surface plancher dans les locaux habitables et à 1/12 de la surface plancher si les surfaces éclairantes sont dans les versants de toiture.

Angle d'incidence

- angle par rapport entre la ligne droite (horizontale) sur la surface de travail et la ligne droite joignant ce point au point le plus haut de la fenêtre (ABC). Norme : minimum 27°.

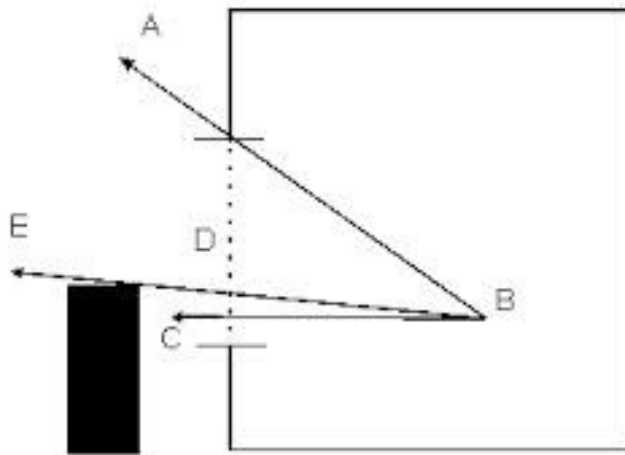
Ombrage par obstruction

Les obstructions peuvent avoir une incidence considérable sur la capacité d'éclairer un espace au moyen de la lumière du jour. Dans le cas des bâtiments de faible à moyenne hauteur, les obstructions sont généralement des immeubles, le terrain ou des arbres. Dans le cas des grands immeubles, les obstructions sont surtout d'autres édifices du même type.

Normes

- La distance entre les bâtiments doit être au moins égale à la hauteur de plus haut bâtiment
- L'angle d'ouverture (ABE) - angle par rapport entre le point le plus haut de l'obstacle (le plus bas du ciel visibles) et le point le plus haut de la fenêtre. Norme : minimum 5°.

Figure 3. Angle d'incidence , angle d'ouverture



Profondeur chambres

Un bon éclairage naturel implique des profondeurs de locaux limitées, ce qui est contraire aux démarches d'économie d'énergie.

On considère qu'une pièce est correctement éclairée jusqu'à une profondeur de 2,5 fois la hauteur du linteau par rapport au sol [m].

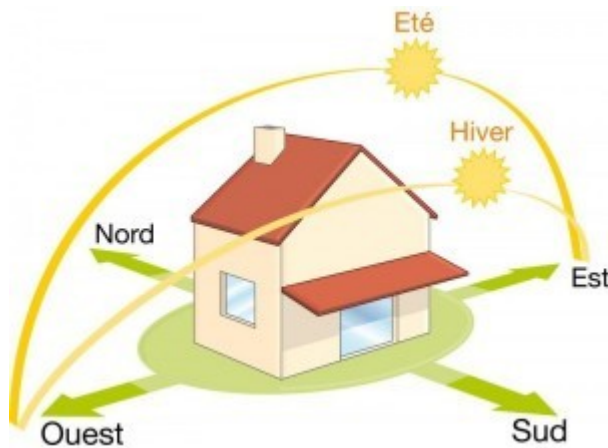
Orientation des fenêtres

Les fenêtres **orientées vers le nord** fournissent un éclairage indirect constant assorti d'un gain thermique minimal, mais peuvent également causer une perte de chaleur et de l'inconfort en saison froide.

Les fenêtres **orientées vers le sud** fournissent un fort ensoleillement direct et indirect. L'intensité lumineuse varie durant la journée, et le contrôle du gain thermique peut être un

problème en saison chaude. Il est facile d'ombrager ces fenêtres avec des dispositifs horizontaux.

Figure 4. Orientation des fenêtres



Les fenêtres **orientées vers l'est et l'ouest** peuvent causer davantage de problèmes d'éblouissement et de gain thermique, et sont plus difficiles à ombrager car le soleil est plus près de l'horizon. Sous nos latitudes nordiques, le soleil est bas dans le ciel durant l'hiver, alors que l'ensoleillement est important pour le chauffage. Pour cette raison, des fenêtres hautes orientées vers le sud sont préférables à des puits de lumière horizontaux montés sur le toit. Cependant, le soleil cause également de l'éblouissement et il est possible qu'il faille prévoir de grandes avancées pour y remédier. En outre, lorsque le soleil est bas, les bâtiments et les arbres font de l'ombrage, ce qui peut être avantageux une saison et désavantageux une autre. Il est important de noter que les surfaces orientées vers le sud reçoivent plus d'énergie l'hiver et moins l'été que les surfaces orientées vers l'est ou l'ouest. Une stratégie générale pour pallier la surchauffe consiste à maximiser la surface des fenêtres au sud, et à réduire au minimum celle des fenêtres à l'est et à l'ouest. Dans les régions très nuageuses où la surchauffe est peu probable, de plus grandes fenêtres (y compris sur la façade nord) peuvent favoriser l'éclairage d'un bâtiment. Il faut toutefois savoir qu'un apport supplémentaire de lumière du jour peut avoir pour conséquence d'accroître les pertes de chaleur. Dans les régions très ensoleillées, l'éblouissement et le gain thermique sont plus problématiques. Sous un ensoleillement direct, de petites fenêtres peuvent fournir un éclairage adéquat. La lumière directe peut également être reflétée et/ou diffusée au moyen de dispositifs d'ombrage des fenêtres.

Règles générales d'orientation des fenêtres:

- déterminer la taille, la hauteur et le traitement du vitrage des fenêtres de chaque façade
- maximiser l'exposition au sud
- optimiser l'exposition au nord
- réduire au minimum l'exposition au soleil couchant à l'ouest, qui risque de causer de l'éblouissement et de la surchauffe. Les fenêtres peuvent être orientées dans un plan différent de celui du mur.

Orientation de l'ouverture

Pour nos latitudes tempérées, on peut distinguer 5 orientations principales qui tiennent compte des déséquilibres de température entre matin et après-midi.

Nord : jamais de soleil direct; importance des réflexions extérieures

Sud : soleil haut quand les apports énergétiques sont importants

Est : même caractéristiques que Ouest mais sans surchauffe de la journée

Ouest : apport énergétique le plus élevé, (après-midi) ; soleil bas

Questions

1. Qu'est que c'est l'éclairement?
2. Déterminez l'éclairement sur votre surface de travail; rapportez les valeurs aux niveaux d'éclairement recommandés
3. Calculez le coefficient d'éclairage diurne, coefficient d'apport par rayonnement solaire, coefficient de réflectances de murs dans la salle de classe. Interpretez les résultats.
4. Qu'est que c'est le coefficient de luminosité ?
5. Spécifiez les normes pour: l'angle d'incidence, l'angle d'ouverture, la distance entre les bâtiments, profondeur chambres, l'orientation des fenêtres.
6. Jusqu'à quelle distance la lumière pénètre-t-elle généralement dans un espace qui a des fenêtres dont le sommet est 2,4 mètres au-dessus du plancher ?
7. Identifiez trois difficultés liées aux fenêtres ouest.
8. Analysez l'éclairage dans la salle de classe (calculez le coefficient de luminosité, profondeur chambres etc).
9. Une chambre avec $L=7\text{m}$, $l=3\text{m}$, $h=4\text{m}$. La fenêtre, orienté ouest, est situé sur la largeur de la chambre avec $L_f=2\text{m}$, $l_f=1,5\text{m}$, le sommet est 3 mètres au-dessus du plancher (la hauteur du linteau par rapport au sol), Analysez l'éclairage dans la chambre. Jusqu'à quelle distance la lumière pénètre-t-elle correctement dans l'espace?
10. Évaluer l'éclairage d'une maison où les valeurs d'éclairage suivantes ont été mesurées:
 - La cuisine : 100 lx ;
 - Le bureau : 100 lx.
 - La salle à manger: 50 lx ;