

Éclairage des bureaux à aire ouverte

par G.R. Newsham, J.A. Veitch, C.F. Reinhart et D.M. Sander

Un bon éclairage de bureau est un facteur clé de la satisfaction et du rendement des travailleurs. Ce numéro fournit des conseils en matière d'éclairage des bureaux à aire ouverte, fondés sur les meilleures pratiques actuelles et les résultats des recherches effectuées par l'Institut de recherche en construction du CNRC.

Ce numéro poursuit l'analyse entamée dans le n° 60, qui résumait les conclusions du projet Planification rentable des aires ouvertes (PRAO). Les partenaires de l'IRC, dans le cadre du projet PRAO, étaient les suivants : Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, le Forum sur le transfert de la technologie du bâtiment, la société USG, la Société immobilière de l'Ontario, la British Columbia Buildings Corporation, la société Steelcase Incorporated et Ressources naturelles Canada. Pour plus d'information sur le projet PRAO, se rendre à l'adresse <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/cope/indexf>. Trois numéros connexes des *Solutions constructives* traitent des questions d'éclairage, d'acoustique et de ventilation-qualité de l'air.

La fonction traditionnelle de l'éclairage de bureau est d'assurer la visibilité des tâches effectuées sur les surfaces de travail (surfaces horizontales des bureaux de travail). De nombreuses autres considérations concourent toutefois à un bon éclairage, dans les bureaux modernes, où la plus grande partie du travail est effectuée à des écrans d'ordinateur (surfaces verticales et lumineuses).

Ces questions ont été traitées par la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) dans son récent guide sur l'éclairage (*Lighting Design Guide*). L'IESNA a inclus ce guide tant dans son manuel (*IESNA Handbook*¹) que dans ses pratiques recommandées en matière d'éclairage de bureau². L'Institut de recherche en construction du CNRC a mené plusieurs projets de recherche axés spécifiquement sur l'éclairage des bureaux à aire ouverte modulaires (cubicules), projets qui complètent ou modifient l'information fournie par l'IESNA. S'appuyant sur les résultats de ces recherches, l'IRC a élaboré des recommandations en vue d'améliorer la qualité de l'éclairage dans les bureaux à aire ouverte. Ce numéro traite de ces recommandations.

Définitions

L'**éclairement** est la quantité de lumière qui atteint une surface. Il se mesure en lux.

La **luminance** est la quantité de lumière émise par une surface. Elle se mesure en candelas par mètre carré (cd/m^2). La luminance est fonction de la lumière qui atteint une surface (son éclairement) et des propriétés réfléchissantes de cette surface.

Choix de l'éclairement

Jusqu'à la parution du *Lighting Design Guide* de l'IESNA, l'éclairement horizontal sur les surfaces de travail était le principal critère numérique de conception, en matière d'éclairage des bureaux. Comme les tâches de bureau ne sont plus fondées sur l'utilisation du papier, mais sur le travail à l'ordinateur, le niveau d'éclairement horizontal recommandé a été réduit. L'IESNA recommande 300 lux si le travail à l'ordinateur est intensif, et 500 lux si le travail à l'ordinateur est intermittent. L'IRC a toutefois déterminé, à la suite d'études effectuées dans des bureaux où les occupants utilisaient des gradateurs pour le réglage de leurs conditions d'éclairage, que les éclairages moyens choisis se situent entre 400 et 500 lux³, même lorsque les occupants font un usage intensif de leur ordinateur.

La conception du poste de travail peut influencer considérablement sur l'éclairage du bureau. Pour une installation d'éclairage donnée, les dimensions du poste de travail, la hauteur et la couleur des cloisons sont des facteurs qui influent sur l'éclairement de la surface de travail⁴. La figure 1 montre qu'une augmentation de la hauteur des cloisons de 1,65 m à 2,60 m (42 po à 66 po) peut diminuer l'éclairement sur la surface de travail d'environ 20 %. L'effet varie selon le type d'éclairage ambiant (luminaire) utilisé. Les luminaires à paralume parabolique dirigent la lumière directement sur la surface de travail et sont donc ceux sur lesquels la hauteur des cloisons a l'incidence la plus faible. Les luminaires à éclairage indirect ou direct/indirect utilisent la réflexion sur le plafond et les autres surfaces pour l'éclairage des surfaces de travail, et sont donc ceux sur lesquels la hauteur des cloisons a l'incidence la plus

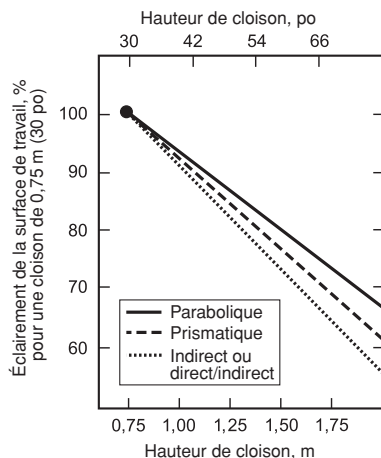


Figure 1. Effet de la hauteur des cloisons sur l'éclairement sur la surface de travail. Les résultats montrés s'appliquent à un poste de travail de 3,05 m sur 3,05 m (10 pi sur 10 pi) avec des réflectances de surface de 50 %.

On trouvera une description des types de luminaire à l'adresse http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/cope/04-2-Lighting_Satisfaction.html.

élevée. Les luminaires à lentilles prismatiques se situent entre les deux. Une réduction de la réflectance des postes de travail de 50 % à 20 % ou une diminution de la grandeur des postes de travail de 3,05 m sur 3,05 m (10 pi sur 10 pi) à 2,4 m sur 2,4 m (8 pi sur 8 pi) peuvent entraîner une réduction additionnelle de l'éclairement d'environ 10 %.

Le champ de vision d'un employé de bureau inclut habituellement des surfaces verticales derrière l'écran d'ordinateur, comme les cloisons et les murs. L'IESNA recommande une intensité de 50 lux pour l'éclairement des surfaces verticales. Les recherches menées par l'IRC suggèrent cependant que les travailleurs préfèrent un éclairage plus élevé se situant en moyenne autour

de 200 à 300 lux, pour les surfaces à réflectance moyenne⁵.

Réglage individuel de l'éclairage

Les éclairages moyens ci-dessus ne tiennent pas compte du large éventail des préférences individuelles, en matière de conditions d'éclairage³. Au cours d'une expérience menée dans un bureau à aire ouverte expérimental, on a fourni à 94 participants des gradateurs commandant les luminaires à éclairage direct et les luminaires à éclairage indirect, ainsi qu'un interrupteur de commande d'un luminaire d'appoint fixé sous une tablette. Les conditions d'éclairage choisies ont produit

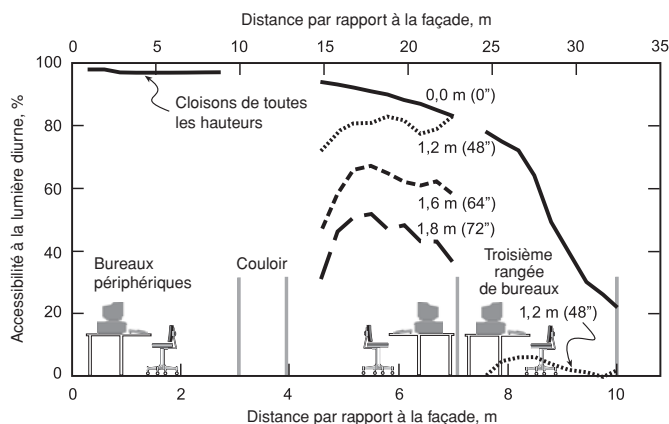


Figure 3. Effet de la hauteur des cloisons sur l'accessibilité des postes de travail à la lumière du jour. L'« accessibilité à la lumière diurne » est le pourcentage d'heures de travail à la lumière du jour suffisante (150 lux). Dans cet exemple, les postes de travail mesurent 3,05 m sur 3,05 m (10 pi sur 10 pi), les réflectances sont de 50 % et le périmètre est constitué d'un mur rideau avec des fenêtres allant du niveau des surfaces de travail au plafond.

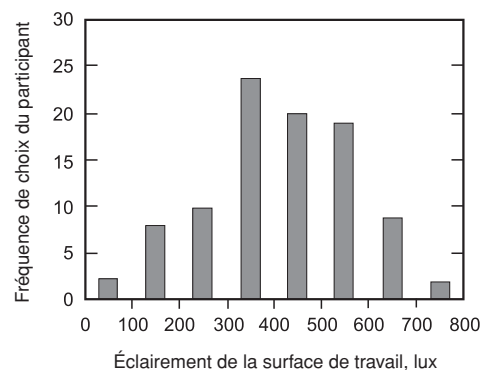


Figure 2. Niveaux d'éclairage des surfaces de travail choisis par les participants dans un local expérimental.

des éclairages sur la surface de travail allant de moins de 100 lux jusqu'à 800 lux (figure 2).

Si les besoins d'éclairage des travailleurs ne sont pas comblés, cela peut avoir des répercussions négatives sur leur satisfaction et leur moral⁵. Il est préférable de prévoir une forme ou une autre de réglage individuel de l'éclairage – idéalement, une commande à gradateur permettant de régler l'éclairage associé à chaque poste de travail. Les avantages des commandes individuelles ne se limitent pas à une amélioration de la satisfaction – ces commandes peuvent permettre des économies d'énergie de 10 % à 30 %⁵.

Éclairage assuré par la lumière du jour

Avec une bonne conception, la lumière du jour peut fournir une partie ou la totalité de l'éclairage requis, ce qui offre plusieurs avantages. En premier lieu, on peut économiser l'énergie en baissant ou en éteignant l'éclairage pendant les périodes où la lumière du jour est disponible : avec des systèmes de commande appropriés, des économies d'énergie de 25 % à 60 % sont possibles près du pourtour du bâtiment. Deuxièmement, la satisfaction des occupants augmente en raison tant des qualités de la lumière du jour comme source lumineuse que de la vue sur l'extérieur offerte par les fenêtres. Troisièmement, des recherches ont démontré que la lumière du jour procurait des avantages pour la santé. Pour un fonctionnement approprié des rythmes circadiens et de la production hormonale qui en résulte, le corps a besoin d'un niveau relativement élevé de lumière d'un spectre déterminé à certains moments de la journée. Si le niveau, le moment et le spectre exacts font actuellement l'objet de recherches, la lumière du jour semble correspondre assez bien aux exigences en la matière⁶.

Le défi est donc de concevoir des bureaux à aire ouverte qui optimisent l'accès à la lumière du jour. Des cloisons basses et de couleur claire, et des plafonds élevés sont tous des éléments qui augmentent la pénétration de la lumière du jour jusqu'aux postes de travail éloignés des fenêtres⁴. La figure 3 montre l'effet de la hauteur des cloisons sur la pénétration de la lumière du jour dans les postes de travail à mesure que l'on s'éloigne des fenêtres.

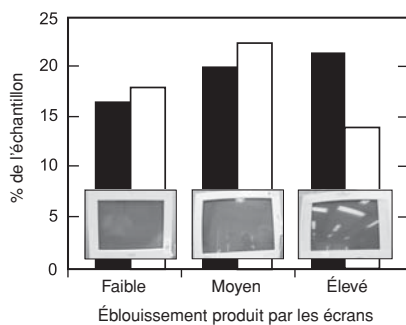


Figure 4. Pourcentage d'employés de bureau, dans le cadre de l'étude sur le terrain du projet PRAO, qui étaient grandement satisfaits (blanc) ou grandement insatisfaits (noir) de leur éclairage du point de vue de l'éblouissement en provenance de l'écran d'ordinateur.

Luminance

La luminance est un autre aspect important de l'éclairage de bureau. C'est la luminance, et non l'éclairement, qui produit l'impression de luminosité. De manière générale, les personnes préfèrent les espaces bien éclairés, à la condition que l'éblouissement soit limité. La luminance des principales surfaces dans un bureau³ devrait être d'au moins 30 cd/m². Les choix de conception des bureaux qui augmentent

l'éclairement pour une installation d'éclairage donnée (grands postes de travail et cloisons basses de couleur claire) augmentent également la luminance⁴. En particulier, les surfaces foncées devraient être limitées à de petites superficies, dans les bureaux. Des surfaces claires sont nécessaires à l'obtention des valeurs recommandées tant pour la luminance que pour l'éclairement.

Éblouissement

L'éblouissement est une quantité excessive de luminance au mauvais endroit. L'éblouissement rend les conditions de travail inconfortables et réduit la satisfaction des occupants^{4,7}. L'éblouissement peut provenir d'une source lumineuse vive qui arrive directement dans les yeux, ou de la lumière réfléchi sur une surface brillante comme un écran d'ordinateur ou une feuille de magazine. Les sources lumineuses vives placées directement au-dessus des occupants peuvent également causer de l'inconfort. La figure 4 montre le pourcentage de travailleurs, dans l'étude sur le terrain du projet PRAO, qui étaient grandement satisfaits ou grandement insatisfaits de leur éclairage du point de vue de l'éblouissement sur les écrans d'ordinateur.

L'éblouissement devrait être éliminé à sa source. Pour ce faire, on choisira des luminaires qui n'émettent pas de lumière dans des angles susceptibles de créer un éblouissement direct ou réfléchi, en particulier sur les écrans d'ordinateur. On peut éliminer l'éblouissement causé par le soleil en utilisant des stores de bonne qualité et à réglage facile. Pour réduire davantage l'éblouissement résiduel sur les écrans d'ordinateur, il suffit de placer les écrans de façon qu'ils ne soient pas face aux sources d'éblouissement. Les écrans d'ordinateur devraient également être dotés d'un enduit anti-réfléchissant; les écrans ACL (affichage à cristaux liquides) plats sont moins vulnérables à l'éblouissement que les écrans classiques TRC (tubes à rayons cathodiques). Pour le travail à l'ordinateur lui-même, l'utilisation de caractères foncés sur un fond clair réduit l'intensité de l'éblouissement réfléchi.

Uniformité

Si la plupart des personnes n'aiment pas les locaux sombres ni les locaux où la luminosité ou l'éblouissement sont excessifs, ils apprécient par contre une certaine variation de la luminance dans une pièce. L'IESNA recommande que le ratio entre la luminance maximale et la luminance minimale, dans l'ensemble du champ de vision d'une personne, ne dépasse pas 10:1. Les résultats des recherches menées par l'IRC indiquent que des ratios jusqu'à 20:1 peuvent être acceptables³ s'ils sont justifiés – par exemple, pour souligner une aire ou des objets présentant un intérêt visuel. Dans le voisinage de l'aire de travail principale d'un occupant, des ratios plus bas sont préférés. L'IESNA recommande que le ratio de luminance entre une aire de travail et les environs immédiats ne dépasse pas 3:1 (ou le contraire); les recherches menées par l'IRC suggèrent des ratios encore plus bas^{3,5}. Lorsque les participants pouvaient choisir les niveaux d'éclairage en se servant de gradateurs, leurs choix ont résulté en un ratio de luminance moyen, entre la surface de travail et le fond, de 1,5:1 à 2:1, et un ratio de luminance moyen, entre l'écran d'ordinateur et le fond, de 0,8:1 à 1,2:1.

Les choix de conception, en matière d'aménagement des bureaux, qui réduisent l'éclairement (petits postes de travail, et cloisons hautes et foncées) réduisent également l'uniformité⁴. Il est à noter que des ratios de luminance supérieurs aux ratios susmentionnés sont souvent acceptables lorsque l'éclairage est assuré par la lumière du jour.

Papillotement

Le papillotement des lampes est un problème fréquent, dans les installations d'éclairage fluorescent. On l'associe à une incidence accrue de maux de tête et de fatigue oculaire, et à une performance réduite en matière d'accomplissement des tâches⁷. Les lampes fluorescentes utilisent des composants appelés ballasts pour convertir l'électricité sous la forme nécessaire à l'allumage et au fonctionnement des lampes. Il existe essentiellement deux types de ballasts : les ballasts magnétiques (une technologie assez ancienne) et les ballasts électroniques (une technologie nouvelle). Ce sont les ballasts magnétiques qui causent le papillotement. La fréquence des lampes fluorescentes fluctue et peut aller jusqu'à 120 Hz, soit deux fois la fréquence du courant alternatif fourni. Certaines personnes peuvent détecter cette oscillation directement; d'autres ne perçoivent pas le papillotement visuellement, mais des études ont démontré que le système neurologique le perçoit et que cela peut causer des problèmes.

Les ballasts électroniques éliminent le papillotement en fonctionnant à une fréquence beaucoup plus élevée qui rend les oscillations indétectables. Ce type de ballast est plus onéreux que le type magnétique, mais réduit la consommation d'énergie d'environ 15 %.

Entretien

Quelle que soit l'excellence de sa conception, une installation d'éclairage requiert un bon entretien. Par exemple, la détérioration du réflecteur et de la surface de la lentille, et l'accumulation de poussière peuvent réduire d'environ 10 % le flux lumineux produit par un luminaire. Un nettoyage régulier peut compenser ces pertes. Le flux lumineux des lampes diminue également avec le temps, entraînant une réduction de l'efficacité énergétique. Un remplacement en groupe des très vieilles lampes est recommandé. Le remplacement en groupe des lampes est moins coûteux qu'un remplacement ponctuel. Les lampes défectueuses ou grillées devraient être remplacées le plus vite possible, et des lampes identiques devraient être utilisées dans les luminaires identiques, dans une aire donnée, pour éviter les différences de couleur ou de luminance distrayantes. On s'assurera également que les lampes et ballasts utilisés ensemble sont de conception compatible; les combinaisons incompatibles réduisent le flux lumineux et l'efficacité énergétique.

Un réaménagement du bureau pourrait modifier de façon substantielle l'environnement lumineux. Les changements à apporter à l'installation d'éclairage pour contrer ces effets devraient toujours être pris en compte dans le réaménagement d'un bureau.

Interrelations et compromis

Certains choix, en matière de conception de bureau, susceptibles de contribuer à un bon éclairage peuvent avoir un effet négatif sur d'autres aspects de l'environnement intérieur. Par exemple, des cloisons basses améliorent la pénétration de la lumière du jour, l'accès à une vue sur l'extérieur et la distribution de la lumière électrique. Elles améliorent également la satisfaction par rapport à la ventilation, mais elles augmentent la transmission du bruit et réduisent l'intimité.

Si la proximité d'une fenêtre augmente la satisfaction par rapport à l'éclairage, et peut favoriser les économies d'énergie et les avantages pour la santé, elle risque également d'exposer les travailleurs à des variations de température importantes. Des dispositifs visant à réduire l'inconfort thermique pourront en conséquence être requis.

Résumé des recommandations

L'information contenue dans les guides des meilleures pratiques et les résultats des recherches récentes effectuées à l'IRC indiquent que le réglage individuel des niveaux de lumière est le choix idéal, du point de vue de la satisfaction des travailleurs. Lorsque cette solution n'est pas possible, les lignes directrices quantitatives ci-dessous devraient être suivies pour l'éclairage et la luminance :

- éclairage sur les surfaces de travail : 400 lux à 500 lux
- luminance sur les principales surfaces : > 30 cd/m²

ratios de luminance :

- de 1,5:1 à 2:1 entre la surface de travail et l'arrière-plan;
- de 0,8:1 et 1,2:1 entre l'écran d'ordinateur et l'arrière-plan;
- jusqu'à 20:1 dans l'ensemble du champ de vision, à la condition que les variations de luminance épousent les caractéristiques du local.

Le respect des lignes directrices ci-dessous augmentera la satisfaction des travailleurs par rapport à l'éclairage du bureau :

- utiliser des revêtements non brillants et de couleur claire (réflectance de 50 % pour les murs, de 80 % pour les plafonds);
- concevoir l'installation d'éclairage en fonction de la lumière du jour et fournir une vue sur une fenêtre au plus grand nombre possible de personnes;
- éliminer l'éblouissement par un choix approprié des lampes, des luminaires, de la disposition de ceux-ci et de la conception des postes de travail;
- éliminer le papillotement en utilisant des ballasts électroniques;
- élaborer et mettre en oeuvre un plan d'entretien;
- s'assurer que les choix d'éclairage ont un effet négatif minimal sur les autres aspects de l'environnement intérieur, et que les choix touchant les autres aspects de la conception du bureau ont un effet négatif minimal sur l'environnement lumineux.

Bibliographie

1. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) (Ed: Rea, M.), *Lighting Handbook* 9th Edition, New York, NY, 2000.
2. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), *American National Standard Practice for Office Lighting*, ANSI/IESNA-RP-1-04, New York, NY, 2004.
3. Veitch, J.A and Newsham, G.R., *Preferred luminous conditions in open-plan offices: Research and practice recommendations*, Lighting Research and Technology, 32(4), 2000, p. 199-212.
4. Conseil national de recherches du Canada, Institut de recherche en construction, Rapports de recherche, projet PRAO (<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/cope/02-4-Reportsf.html>), Ottawa (ON), 2003.
5. Newsham, G.R., Veitch, J.A., Arsenault, C. and Duval, C. *Effect of dimming control on office worker satisfaction and performance*, Proceedings of the Annual Conference of the Illuminating Engineering Society of North America (Tampa, FL), 2004.
6. Commission internationale de l'éclairage [CIE], *Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour* (CIE 158:2004), Vienne, Autriche, 2004.
7. Veitch, J.A. and Newsham, G.R. "Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction and comfort," *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27(1), 1998, p. 107-129.

Les auteurs sont agents de recherche au sein du programme Environnement intérieur de l'Institut de recherche en construction du CRNC.

© 2004

Conseil national de recherches du Canada

Octobre 2004

ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Canada

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.

Téléphone : (613) 993-2607 Télécopieur : (613) 952-7673 Internet : <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca>