

# Investir dans l'éclairage des bureaux : des retombées pour les employés et pour l'environnement

par J.A. Veitch et G.R. Newsham

**L'industrie de l'éclairage avait grand besoin de moyens d'évaluation de la qualité acceptés à grande échelle. Ce numéro de Solutions constructives donne les premiers résultats d'un projet de recherche sur la qualité de l'éclairage réalisé par l'Institut de recherche en construction du CNRC.**

Les bureaux ont subi maintes transformations au cours des trente dernières années. L'éclairage fluorescent, le plus répandu dans les bureaux depuis les années 1930, se composait essentiellement de rangées régulières de luminaires encastrés avec des lentilles en acrylique sur les lampes. Ce type d'éclairage direct donnait un bon éclairage des murs et un très bon éclairage des surfaces horizontales. On pensait qu'il était important d'avoir des surfaces de travail claires pour

assurer la visibilité des tâches, préoccupation pleinement justifiée : il n'était pas rare que des employés passent chaque jour des heures à lire des copies au carbone de troisième génération, ou des notes au crayon à peine lisibles.

Aujourd'hui, la plupart des employés de bureau passent au moins une partie de la journée à travailler sur un ordinateur, ce qui a des répercussions importantes pour l'éclairage des bureaux. Au lieu de lire une feuille de papier posée à plat, ils lisent sur un écran de verre vertical lumineux. Les luminaires à diffuseur qui donnaient un bon éclairage horizontal sont soudain devenus sources de reflets indésirables sur les écrans (figure 1). Ces reflets peuvent réduire l'aptitude d'une personne à lire à l'écran, avec des conséquences variant de gênantes à désastreuses, selon le caractère critique de la tâche et l'importance du problème. Par exemple, les courtiers de la bourse ont besoin de lire avec précision et rapidité les prix des actions sur l'écran, et un éblouissement trop prononcé peut entraîner des inexactitudes coûteuses dans l'information qu'ils communiquent à leurs clients.

## *Recommandations fondées sur un consensus*

Les recommandations nord-américaines destinées aux éclairagistes sont fournies par l'Illuminating Engineering Society (IES) of North America. La norme actuelle relative à



**Figure 1.** Les luminaires derrière l'employé assis produisent des reflets gênants sur l'écran de l'ordinateur.

Publié par

Institut de  
recherche  
en construction

IRC

## Données de base sur l'éclairage fluorescent

Un système d'éclairage fluorescent se compose de trois parties : le luminaire, les lampes et le ballast. Le luminaire est le terme technique qui désigne tout appareil d'éclairage; il contient les lampes et les ballasts, mais peut aussi inclure des dispositifs optiques pour diriger la lumière. Les lampes fluorescentes émettent de la lumière lorsque leur revêtement de phosphore reçoit l'énergie d'atomes de mercure gazeux excités par un arc électrique. Le ballast commande l'arc électrique entre les extrémités du tube, empêchant la tension de monter à un niveau destructeur.

Beaucoup n'aiment pas l'éclairage fluorescent et s'en méfient. Ils lui reprochent surtout de vaciller et de bourdonner, deux défauts imputables aux ballasts. Les premiers ballasts étaient de type magnétique à bobinage sur noyau et pouvaient produire un léger bourdonnement perceptible [Rea, 1993], selon leur construction et le type de luminaire. Les ballasts magnétiques bien utilisés activent des lampes fluorescentes à 120 Hz (2 fois les 60 Hz du réseau). Peu de gens perçoivent cette modulation de lumière sous forme de vacillement; mais au fur et à mesure que les lampes et les ballasts vieillissent, la vitesse de modulation peut ralentir au point où l'on perçoit un vacillement qui peut être gênant. De plus, il est prouvé que le système nerveux est sensible à des modulations lumineuses allant jusqu'à 147 Hz, même si l'observateur ne perçoit pas de vacillement.

Les progrès réalisés dans les circuits intégrés ont permis le développement de ballasts électroniques fonctionnant à des fréquences de 20 000-60 000 Hz, qui sont trop élevées pour l'oreille humaine et pour que la modulation lumineuse puisse être perçue par le système nerveux. Leur fonctionnement est exempt de bruit et de vacillement et la fréquence élevée est calculée pour ne pas produire d'interférence électromagnétique. De surcroît, ils ont l'avantage de moins consommer d'énergie que les ballasts magnétiques.

l'éclairage des bureaux est la IESNA RP-1 (1993), *American National Standard Practice for Office Lighting*. Le tableau 1 donne un résumé de ces recommandations, qui visent à assurer un éclairage adéquat de la surface de travail pour la lecture de documents, tout en réduisant le reflet sur les écrans d'ordinateur. Les limites de rapport de luminance ont pour but d'empêcher un trop grand contraste entre les zones d'ombre et de lumière.

Les recommandations en matière d'éclairage sont connues pour suivre d'assez loin les recherches publiées, et les publications de recherche elles-mêmes sont connues pour leur médiocre qualité. Les recommandations représentent l'opinion d'éclairagistes expérimentés, mais elles ne peuvent garantir que les conceptions qui suivent ces recommandations répondront aux besoins des occupants, contribueront à leur performance, à leur confort, à leur santé, et leur donneront satisfaction.

L'adoption de codes de l'énergie pour les bâtiments pose un problème supplémentaire pour l'éclairage des bureaux en imposant des limites à la quantité d'électricité consacrée à l'éclairage. La norme ASHRAE/IESNA 90.1, *Energy efficient design of new buildings*

*except new low-rise residential buildings*, et le *Code national de l'énergie pour les bâtiments*, code modèle, limitent tous deux pour les bureaux la densité de puissance électrique à environ 14 W/m<sup>2</sup>. Les normes et codes de l'énergie récents ont fait ressurgir la crainte qu'une réduction de l'énergie consacrée à l'éclairage se traduise par une mauvaise qualité de celui-ci. Cela avait été le cas durant la crise de l'énergie des années 1970, où la stratégie d'économie dominante avait été la réduction du nombre de lampes. Les progrès réalisés en éclairagisme ont débouché sur de nouvelles solutions en matière d'économie d'énergie mais, en l'absence de consensus sur la façon d'évaluer la qualité de l'éclairage, on doutait de ces nouvelles technologies qui ne semblaient pas en mesure de contrer une répétition des anciens problèmes.

### *Recherche de l'IRC sur la qualité de l'éclairage*

L'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches du Canada s'est attaqué au problème en lançant, en octobre 1994, un projet d'études expérimentales sur la qualité de l'éclairage, les préférences et les effets du contrôle des commandes

**Tableau 1.** Résumé des recommandations de la norme IESNA RP-1

| Éclairage du plan de travail (lux)             | Luminance max. du plafond (cd/m <sup>2</sup> )             | Rapport de luminance : tâche/ambiant | Rapport de luminance : tâche/murs                           | Rapport de luminance max/min du plafond   | Autres considérations                                                                                   |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 300–500<br>(200–300 général;<br>300–450 tâche) | Préférable :<br>850 @ 55°<br><br>Acceptable :<br>850 @ 65° | 3:1                                  | 10:1 ou 1:10<br><br>40:1 max.<br>hors du champ<br>de vision | Préférable : 4:1<br><br>Acceptable : 10:1 | VCP* > 70<br><br>Facteurs de réflexion et finis<br><br>Entretien<br><br>* probabilité de confort visuel |



Figure 2. Un poste de travail éclairé en condition DPL faible/QCÉ élevée.

d'éclairage sur la performance et l'efficacité énergétique. Ses objectifs étaient :

- de caractériser la qualité de différentes conceptions d'éclairage des bureaux, à des densités de puissance lumineuse (DPL) typiques des conditions existantes et des codes et normes actuels et futurs de l'énergie;
- d'établir un lien entre la performance des employés de bureau et la qualité de l'éclairage;
- de déterminer l'effet du contrôle personnel de l'éclairage d'un bureau sur la satisfaction et la performance de l'employé.

Les résultats d'une expérience qui portait sur les deux premiers objectifs sont déjà publiés. Une expérience visant le troisième objectif est en cours.

#### Installation de recherche

La première expérience a eu lieu dans l'installation de recherche sur l'environnement intérieur de l'IRC (figure 2). L'espace de 83 m<sup>2</sup> (880 pi<sup>2</sup>) comprend une aire de bureaux à aire ouverte sans fenêtres, avec six postes de travail. Trois spécialistes ont créé neuf types d'éclairage qui combinaient trois niveaux de densité de puissance lumineuse (DPL) et trois niveaux de qualité « concepteur » d'éclairage (QCÉ), définis par consensus, formant une matrice de conditions expérimentales de 3x3 (figure 3). Toutes les conditions de faible QCÉ faisaient appel à des chemins lumineux encastrés avec lentilles prismatiques, les conditions de QCÉ moyenne à des chemins lumineux encastrés avec diffuseurs paraboliques, et les conditions de QCÉ élevée faisaient appel à des appareils d'éclairage indirect ou mixte. Les niveaux de densité de puissance lumineuse étaient d'environ 9, 14 et 25 W/m<sup>2</sup>. Dans les options de faible DPL, l'éclairage

|                  | DPL 1 | DPL 2 | DPL 3 | QCÉ croissante<br>↓ |
|------------------|-------|-------|-------|---------------------|
| QCÉ 1            | •     | •     | •     |                     |
| QCÉ 2            | •     | •     | •     |                     |
| QCÉ 3            | •     | •     | •     |                     |
| DPL croissante → |       |       |       |                     |

Figure 3. Matrice de conception

ambiant était complété par un éclairage de la tâche. Pour toutes les conditions de DPL faible et moyenne, on avait eu recours à des ballasts électroniques et, pour les conditions supérieures, à des ballasts magnétiques.

#### Tâches effectuées

Des employés de bureau occasionnels (292 en tout), recrutés par une firme locale, participaient à l'expérience. Chacun travaillait une journée dans l'une des neuf conditions d'éclairage, mais ignorait que l'expérience portait sur l'éclairage jusqu'à la fin de la journée. Les conditions d'éclairage changeaient d'une journée à l'autre, au hasard, pour contrôler les variables externes. Durant la journée, les employés effectuaient une variété de tâches sur ordinateur et sur papier, représentatives du travail de bureau actuel, et ils remplissaient des questionnaires qui permettaient d'évaluer leurs impressions et leur degré de satisfaction concernant la qualité de l'éclairage, leur humeur, leur confort physique et leur comportement social. Ils faisaient aussi des tests visuels au début et à la fin de la journée.

#### Résultats

Les employés qui travaillaient dans des bureaux où l'éclairage comportait des ballasts électroniques avaient une moins grande fatigue visuelle à la fin de la journée et accomplissaient plus facilement des tâches de lecture et d'écriture. De plus, ils attribuaient aux tâches une cote de difficulté moindre que ceux qui travaillaient avec un éclairage à ballasts magnétiques. La figure 4a montre qu'ils tapaient plus de texte avec un éclairage à ballasts électroniques. Cette série de constatations concorde avec les résultats d'autres travaux de recherche entrepris par le CNRC et ailleurs, qui ont démontré que les ballasts électroniques à haute fréquence améliorent la performance visuelle, facilitent le mouvement des yeux pendant la lecture et réduisent l'incidence des maux de tête et de la fatigue oculaire.

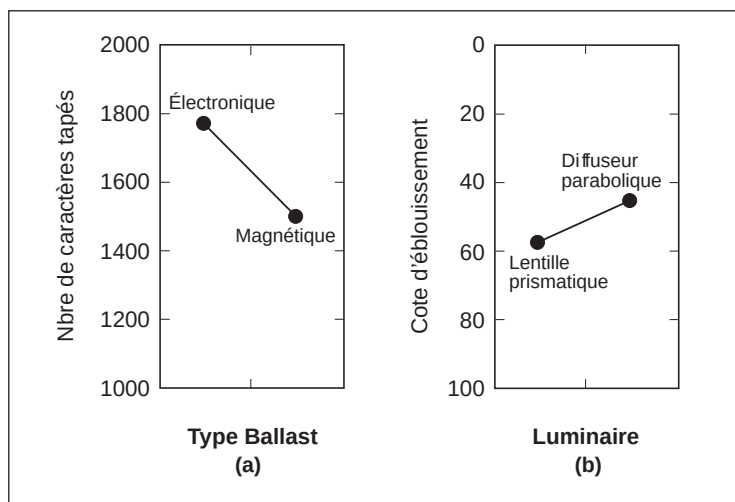


Figure 4. Exemples de l'incidence du type de ballast et de luminaire

L'expérience a aussi montré que les systèmes d'éclairage conçus pour les bureaux informatisés favorisent une meilleure performance de la tâche à l'ordinateur. La figure 4b montre qu'avec les diffuseurs paraboliques, l'éblouissement a été évalué comme étant moins fort qu'avec les lentilles prismatiques, ce qui est exactement leur raison d'être. En général, la performance de la tâche à l'ordinateur était meilleure avec des diffuseurs paraboliques qu'avec des lentilles prismatiques. En outre, lorsqu'on a demandé aux participants de comparer leur performance à celle obtenue dans leurs conditions de travail habituelles, ceux qui étaient éclairés par un système à diffuseurs paraboliques ont signalé que leur productivité s'était accrue de 8 %, alors que pour ceux qui avaient un éclairage à lentilles prismatiques, leur productivité était restée la même.

Les participants ont attribué un plus grand degré de satisfaction et une meilleure qualité d'éclairage aux systèmes qui incorporaient une combinaison d'éclairage de la tâche et d'éclairage ambiant. Comme la combinaison éclairage de la tâche/éclairage ambiant est souvent retenue comme stratégie d'économie d'énergie, tout comme les lampes et les ballasts modifiés, c'est là une bonne nouvelle. Lorsqu'il est bien conçu, l'éclairage économique en énergie peut aussi être de bonne qualité.

### Recherche et recommandations sur l'éclairage

Cette expérience vient appuyer de façon empirique les recommandations actuelles sur l'éclairage, qui reposent sur un consensus. Les systèmes que nous utilisons aujourd'hui pour les bureaux informatisés facilitent en effet le travail à l'ordinateur. Les recherches

comme celle-ci donnent plus de poids aux recommandations. Bien que les effets au niveau des comportements signalés ici soient modérés, ils portent sur des aspects importants pour les employés de bureau et leurs employeurs. Comme les salaires et les avantages sont de l'ordre de 10 fois supérieurs aux coûts du bâtiment, les faibles coûts des améliorations de l'éclairage sont nettement compensés par les améliorations de la performance et de la satisfaction que procure un meilleur éclairage.

### Résumé

Un projet de recherche effectué par l'IRC sur la qualité de l'éclairage a permis de démontrer qu'un éclairage de bonne qualité — éclairage qui réduit l'éblouissement et fait appel à des ballasts électroniques — est un excellent investissement car il permet des économies d'énergie et contribue à une meilleure performance au travail tout en donnant une plus grande satisfaction.

### Références

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers/Illuminating Engineering Society of North America. (1989). Energy efficient design of new buildings except new low-rise residential buildings, ASHRAE/IES standard 90.1. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
2. Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). (1993). American national standard practice for office lighting (ANSI/IESNA RP-1 1993). New York: IESNA.
3. Rea, M.S. (Ed.). (1993). Lighting handbook: Reference and application (8th ed). New York: Illuminating Engineering Society of North America.

J.A. Veitch, Ph.D., et G.R. Newsham, Ph.D., sont agents de recherche au Programme sur l'environnement intérieur de l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada.

Pour complément d'information, consulter : Internet : [http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/light/lq\\_project/lqpf.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/light/lq_project/lqpf.html)

© 1997  
Conseil national de recherches du Canada  
Décembre 1997  
ISSN 1206-1239