

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Éclairage intérieur et économie de l'énergie Levy, A. W.

For the publisher's version, please access the DOI link below. / Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001117>

Digeste de la construction au Canada, 1978-02

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=afa9f51c-3055-4fe6-8382-2854a835428e>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=afa9f51c-3055-4fe6-8382-2854a835428e>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 192F

Éclairage intérieur et économie de l'énergie

Publié à l'origine en février 1978

A. W. Levy

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

L'éclairage artificiel dans les immeubles à bureaux et les écoles constitue une source importante de consommation d'énergie électrique. En outre, les systèmes de conditionnement de l'air consomment de l'énergie et peuvent être nécessaires pour extraire la chaleur produite par les appareils d'éclairage. La consommation de l'énergie se calcule en multipliant la puissance d'entrée (en kilowatts) par les heures de service. Pour réduire l'énergie consommée, il faut tenir compte à la fois de la puissance et des heures de service.

La puissance d'entrée peut être réduite en diminuant les niveaux d'éclairement généraux, en adoptant des normes d'éclairage sélectives et en remplaçant les sources d'éclairage inefficaces. Les heures de service peuvent aussi être réduites en prévoyant des dispositifs de coupure particuliers et de commande automatique de l'éclairage en fonction de la lumière du jour disponible et de l'aménagement de l'espace.

Nouveaux critères de conception

Des connaissances plus poussées sur le rapport entre la visibilité et l'éclairement ont permis de mettre au point de nouvelles méthodes pour la conception de l'éclairage. La visibilité est très importante dans la conception car non seulement elle est utile pour mesurer la qualité de l'éclairage mais aussi elle peut servir à déterminer les niveaux d'éclairement dans divers milieux de travail au moyen d'études de comportement visuel.¹ Les propriétés réfléchissantes d'un objet et la direction de la lumière touchant celui-ci exercent un effet plus important sur la visibilité que le niveau d'éclairement même. Ainsi, plutôt que d'utiliser un niveau d'éclairement uniforme dans toute l'aire de travail, l'éclairage est maintenant contrôlé pour chaque poste de travail. Si les postes de travail sont indéfinis ou assez souples, il faut utiliser un éclairage général incorporant des luminaires permettant une intensité variable selon l'emplacement dans le plan de distribution établi par ordinateur. Cette méthode permet d'obtenir un niveau de visibilité uniforme mais un niveau d'éclairement non uniforme.

L'éclairage par postes, c'est-à-dire l'éclairage artificiel restreint aux postes de travail et s'intégrant au mobilier, est maintenant utilisé sur une plus grande échelle. En assurant une bonne visibilité aux endroits nécessaires, la lumière disponible est utilisée de façon plus économique et plus efficace. Se reporter à l'ouvrage de référence 3 pour une explication de la terminologie relative à l'éclairage et des unités applicables.

Principes fondamentaux de la visibilité

Contraste

Pour qu'un objet puisse être bien vu, il doit y avoir une différence de luminance entre le plan de travail et le contour immédiat. Cette différence de luminance se nomme contraste. Les dimensions de l'objet, la couleur et le temps nécessaire pour le visualiser peuvent aussi servir à décrire la tâche visuelle. Le contraste, et la sensibilité de l'oeil par rapport à celui-ci, constituent les paramètres les plus importants de la visibilité. Tous les autres facteurs peuvent être assimilés à de simples multiplicateurs du contraste, y compris la diminution de la vue avec l'âge.

Éblouissement par réflexion

L'éblouissement par réflexion se produit lorsque des réflexions spéculaires sont superposées à des réflexions diffuses d'un objet; il assombrit partiellement ou totalement les détails de perception visuelle en réduisant le contraste de luminance et par conséquent la visibilité. Les points brillants contenus dans la plupart des objets sont trop petits pour être visibles à l'oeil nu; ils peuvent toutefois être aperçus au moyen d'un microscope. L'effet macroscopique de l'éblouissement par réflexion, peut être remarqué lorsque l'on tente de lire une revue à papier glacé en faisant face à une fenêtre par un jour ensoleillé. L'image du soleil et du ciel est réfléchiée comme un voile de lumière directement dans les yeux de la personne, réduisant ainsi le contraste et la visibilité.

En pratique, on peut réduire l'éblouissement par réflexion en installant des luminaires supérieurs (ou des appareils d'éclairage ayant une bonne répartition d'intensité) de façon que presque toute la lumière soit diffusée devant la personne et perpendiculairement à la direction à laquelle elle fait face, réduisant ainsi les réflexions spéculaires dans le champ de vision. On peut aussi utiliser des panneaux de polarisation multicouches dans les luminaires qui diffusent une lumière polarisée verticalement. L'éblouissement par réflexion constitue l'un des facteurs les plus importants qui influent sur la qualité de l'éclairage; par contre, une répartition de luminance non uniforme autour de la tâche visuelle constitue un facteur d'importance moindre.

Illumination sphérique équivalente (ESI)

L'illumination sphérique équivalente quantifie les effets de l'éblouissement par réflexion et les autres facteurs influant sur la qualité de l'éclairage et constitue par conséquent un paramètre de calcul approprié. L'ESI est exprimé en pied-bougie ou en lux et sert à mesurer la visibilité, Il désigne le niveau d'éclairement qui, dans des conditions d'éclairage de référence, fournira la même visibilité que dans les conditions d'éclairage particulières prévues. Les conditions d'éclairage de référence correspondent à celles produites dans une sphère photométrique qui donne un éclairage parfaitement diffus et où les luminances internes sont égales d'un point à un autre. L'illumination sphérique produit très peu d'éblouissement par réflexion mais elle ne constitue pas nécessairement le meilleur moyen pour assurer une bonne visibilité. Elle sert surtout de condition d'éclairage de référence utile et facile à reproduire.

L'ESI peut être mesuré directement ou calculé au moyen de programmes-machine, mais sa mise en application dans les calculs de l'éclairage entraîne parfois certains problèmes. Une valeur ESI est fonction des propriétés photométriques des luminaires, de la géométrie de l'éclairage, de la réflectance de la pièce, du point de vision et des propriétés de réflectance de la tâche visuelle. Les programmes-machine servant aux calculs de FESI peuvent être très dispendieux dans le cas des projets de petite envergure et ne peuvent fournir des renseignements utiles que si le luminaire, la pièce, les caractéristiques de visibilité et de la tâche visuelle sont connus dans les moindres détails (ce qui est rarement le cas). On peut

maintenant effectuer les mesures de façon directe au moyen d'instruments relativement peu dispendieux. Toutefois, les valeurs obtenues ne s'appliquent qu'à des tâches visuelles ordinaires (par exemple, un crayon), et il est encore impossible de prévoir les résultats pour des valeurs de tâches visuelles plus courantes. (Une tâche ordinaire désigne une tâche dont les propriétés réfléchissantes ont été bien examinées; dans ce cas, il s'agit d'un crayon et d'une feuille de papier blanc.) Le concept ESI permet de concevoir un éclairage de bonne qualité et de réduire la consommation d'énergie électrique en tenant compte avant tout de la visibilité et en évitant les niveaux élevés d'éclairement dans les aires autres que les aires de travail.

Qualité de l'éclairage et réduction de la puissance

L'établissement du niveau d'éclairement exigé constitue l'aspect le plus important du calcul des systèmes d'éclairage. Le choix de ce niveau et la méthode permettant de l'atteindre influent grandement sur la puissance d'entrée (en kilowatts) nécessaire au fonctionnement du système. La qualité de l'éclairage est tout aussi importante et est liée à divers facteurs comme la visibilité, l'éblouissement gênant, les rapports de luminosité des surfaces, la direction de l'éclairage révélant la physionomie, et le fini des surfaces de l'intérieur du bâtiment. Jusqu'à maintenant, les systèmes conçus à partir de l'ESI se sont révélés très adéquats du point de vue de la qualité de l'éclairage et dans de nombreux cas, on a jugé qu'ils fournissaient un éclairage plus intéressant que celui des systèmes d'éclairement traditionnels, monotones et uniformes.

Éclairage non uniforme

Le principe de l'éclairage non uniforme est mis en pratique lorsque des systèmes d'éclairage produisent, dans un poste de travail précis, une quantité et une qualité d'éclairage appropriées au travail à effectuer, à l'emplacement du poste, aux caractéristiques de l'employé visé et à d'autres facteurs connexes. Le niveau d'éclairement est réduit dans les aires situées entre les postes de travail et autour de ceux-ci. Le niveau d'éclairement varie dans l'aire, mais la visibilité, établie à partir de l'ESI, demeure assez uniforme. L'éclairage non uniforme comporte néanmoins un désavantage; dans les nouveaux bâtiments, l'emplacement des postes de travail n'est jamais déterminé de façon précise avant l'occupation des locaux, ce qui réduit toute souplesse pour la disposition de l'ameublement. Toutefois, un système bien conçu peut comporter plusieurs éléments qui satisfont à la valeur de référence de l'ESI en vue de permettre un éclairage souple et de bonne qualité pour un grand nombre d'occupants. L'utilisation de lampes de bureau (de préférence fluorescentes) constitue une solution très pratique dans le cas de l'éclairage non uniforme et réduit considérablement le wattage total par unité de surface de plancher. Il est préférable d'incorporer le luminaire dans l'ameublement du bureau, à cause des problèmes causés par l'éblouissement, la durabilité des appareils d'éclairage et les considérations esthétiques.

Performance visuelle

La figure 1 représente les effets relatifs des changements d'éclairement comparés aux changements de visibilité (en améliorant le contraste). Les changements applicables à la performance relative (quotient de chaque valeur de performance par la valeur maximale obtenue) sont tracés graphiquement en fonction de l'éclairement pour des tâches visuelles présentant une valeur de contraste différente. Si l'on augmente l'éclairement d'une tâche de faible contraste, on ne peut jamais atteindre le niveau de performance d'une tâche de contraste plus élevé. Plus les contrastes sont élevés, plus la performance (en rapport de pourcentage) est améliorée en fonction de l'éclairement, jusqu'à ce que le point de performance maximale soit atteint. Ainsi, la visibilité (ou le contraste) a une influence beaucoup plus grande sur la performance visuelle que les changements d'éclairement correspondants. L'augmentation arbitraire des niveaux d'éclairement, particulièrement dans le cas des tâches de faible contraste difficilement perceptibles, n'entraîne pas nécessairement une amélioration importante de la performance. Par contre, l'amélioration de la qualité de l'éclairage en réduisant les éblouissements par réflexion augmente le contraste et entraîne une performance visuelle améliorée.

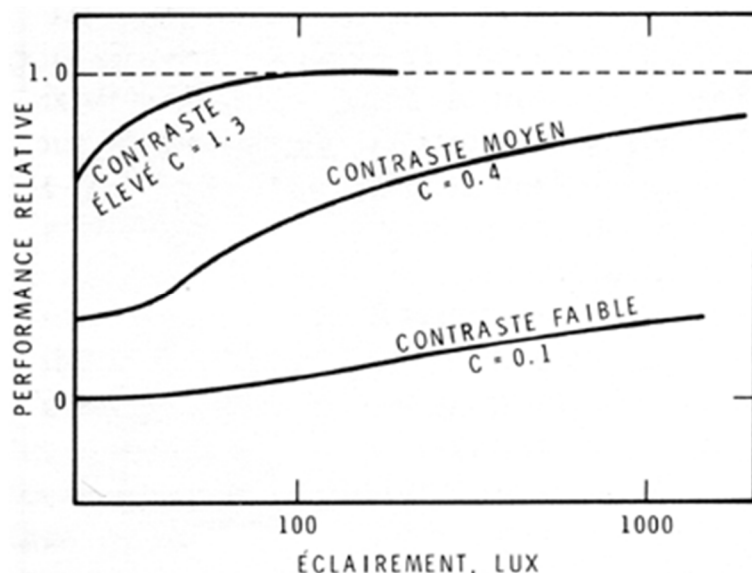


Figure 1. Rapport entre la performance visuelle, le contraste et l'éclairement.²

Caractéristiques des lampes

Le choix de lampes à rendement élevé constitue l'un des meilleurs moyens pour réduire la puissance d'entrée. L'efficacité lumineuse des lampes ordinaires est désignée en lumens par watt; les valeurs types sont les suivantes: lampes à incandescence, 11 à 22, lampes à vapeur de mercure, 18 à 65, lampes fluorescentes, 40 à 80, lampes aux halogénures, 75 à 100 et lampes à sodium à haute pression, 85 à 130. Toutefois, il ne faut pas tenir compte uniquement de l'efficacité lumineuse pour choisir une lampe économique et de bonne qualité. Par exemple, les lampes à décharge à haute intensité peuvent nécessiter une période de réchauffage de quelques minutes avant d'atteindre leur puissance d'éclairage totale, et ceci peut présenter un inconvénient s'il y a allumage fréquent.

Il faut aussi tenir compte de la durée d'utilisation de l'appareil d'éclairage, de la dépréciation en lumens, du rendu des couleurs, de l'éblouissement et de la lumière totale diffusée par le luminaire. Il est toutefois possible de remarquer que la clarté visuelle améliorée dans le cas des lampes à meilleur rendu de couleurs peut compenser leur faible intensité. La charge connectée peut être réduite en choisissant des luminaires qui diffusent la lumière principalement en-dessous du plan horizontal dans la direction du plan de travail. Il faut bien se conformer aux valeurs limites de la probabilité de confort visuel (VCP), contenues dans le IES Lighting Handbook,³ pour éviter tous les problèmes causés par l'éblouissement gênant.

Réduction des heures de service

L'éclairage artificiel pourrait être utilisé seulement au besoin s'il n'était pas commandé uniquement par les utilisateurs. A mesure que les coûts de l'énergie augmentent, les systèmes de commande automatique se révéleront de plus en plus économiquement viables. Il faudrait utiliser au maximum la lumière naturelle dans le cadre des contraintes entraînées par la structure et la dimension de l'enveloppe structurale du bâtiment. Le passage de la lumière naturelle dans des parois transparentes constituerait une méthode idéale et simple d'économie de l'énergie, mais elle comporterait toutefois des désavantages par exemple les coûts d'entretien, l'éblouissement, les pertes thermiques, les gains de chaleur solaire, la transmission du son par le verre et le caractère variable de l'ensemble en tant que source d'éclairage intérieur.

Allumage manuel

Il est très important de prévoir un système d'allumage manuel de l'éclairage artificiel qui soit efficace du point de vue de l'économie de l'énergie. Même si l'allumage répété des lampes

fluorescentes réduit leur degré d'utilisation, les périodes d'arrêt, même si elles ne durent que 5 minutes, peuvent constituer un avantage du point de vue économique. Comme la lumière naturelle pénètre dans les postes de travail situés à proximité des fenêtres pendant presque toute la journée, les luminaires installés près des fenêtres doivent toujours être intégrés à un circuit d'allumage distinct. Le nombre de rangées de luminaires parallèles à la fenêtre et intégrées à ce circuit est fonction de la quantité de lumière naturelle qui pénètre et de l'intensité des luminaires. Les luminaires installés dans le reste de l'aire doivent pouvoir être allumés en groupe de façon à fournir un mode d'allumage symétrique et logique. L'emplacement du tableau de commande est très important. Celui-ci doit être placé de façon que les luminaires commandés soient bien visibles. Il faut éviter les placards ou les couloirs externes peu éclairés. Si un tableau comporte de nombreux interrupteurs, ceux-ci doivent comporter une étiquette ou un code de couleur, ou il faut prévoir des lampes témoins.

Des interrupteurs autres que les modèles traditionnels fixés au mur sont disponibles ou en cours de mise au point en vue de permettre une disposition plus souple. Ces nouveaux types d'interrupteurs incluent les interrupteurs à chaînette fixés au plafond, les interrupteurs basse tension d-c avec câblages montés en surface et divers types d'interrupteurs à commande à distance utilisant des fréquences soniques, ultra-soniques et infra-rouges.

Commande automatique

Divers types de réseaux de commande automatique peuvent être évalués du point de vue de leur efficacité par rapport au coût. Un certain degré de contrôle peut être atteint, à un coût assez réduit, au moyen de minuteries avec possibilité d'interruption manuelle. Dans le cas des installations plus grandes, l'utilisation de réseaux d'éclairage automatiques, reliés à l'éclairage naturel et commandés par cellules photoélectriques peut entraîner des économies assez importantes; les cellules photo-électriques sont généralement fixées dans le plafond et commandent la puissance diffusée par les luminaires. Le système de commande marche-arrêt est le moins coûteux des systèmes de ce genre. Par contre, le système à rhéostat continu, plus coûteux, peut souvent être plus apprécié par les occupants et permet d'économiser plus d'énergie. Dans les deux systèmes utilisant la lumière naturelle, les luminaires sont allumés lorsque le niveau d'éclairement produit par l'éclairage naturel est inférieur à la valeur pré-établie et ils sont arrêtés lorsque le niveau d'éclairage est suffisant. Des systèmes d'alarme commandent des alarmes et des signaux au besoin. Ce même système peut être adopté pour l'arrêt des appareils d'éclairage artificiel lorsqu'une aire n'est pas utilisée pendant une longue période.

Conclusion

L'économie de l'énergie électrique peut être réalisée en réduisant la puissance d'entrée et les heures d'utilisation de l'éclairage. Pour réduire la puissance d'entrée, on peut utiliser le principe de l'illumination sphérique équivalente (ESI), même si les installations pour la mesure et le calcul de l'ESI ne sont actuellement pas entièrement au point. On peut toutefois réaliser des économies d'énergie très importantes si les appareils d'éclairage sont allumés et éteints dans les cas nécessaires. Les heures d'utilisation de l'éclairage peuvent être réduites en prévoyant des méthodes d'allumage améliorées, des réseaux de commande automatique et l'utilisation de la lumière naturelle, tout en rendant les gens conscients du problème de la consommation de l'énergie électrique.

Références

1. International Commission on illumination, TC 3.1. A Unified Framework of Methods for Evaluating Visual Performance Aspects of Lighting. CIE Publication No. 19, 1972.
2. International Commission on Illumination, TC 3.1. Preliminary Fifth Draft, Implementation Procedures for Evaluating Visual Performance Aspects of Lighting.
3. Illuminating Engineering Society. IES Lighting Handbook. Fifth ed., New York, 1972.