

DOSSIER



S'éclairer mieux en consommant moins

Comment conjuguer la maîtrise des risques professionnels et le développement durable ? L'éclairage des lieux de travail est un bon exemple des possibilités offertes par les nouvelles technologies pour concilier des impératifs spécifiques. Nouveaux vitrages, bâtiments « intelligents », luminaires « high-tech » sont autant de pistes suivies actuellement par les maîtres d'œuvre. Ils facilitent en effet la gestion des apports de lumière. Les concepteurs d'espaces de travail peuvent désormais mieux ajuster les niveaux

d'éclairage en donnant la priorité à la lumière naturelle par rapport à une source artificielle. À condition de bien maîtriser les effets induits. Dans un cas comme dans l'autre, il faut éviter les risques d'éblouissement ou de gêne dus aux reflets. En outre, le rayonnement solaire et son apport thermique limitent la consommation d'énergie. Mais tout dépend de la position géographique et de l'orientation des bâtiments. Une étude globale fondée sur le bilan énergétique et le confort visuel au travail s'impose.

Développement durable et éclairage

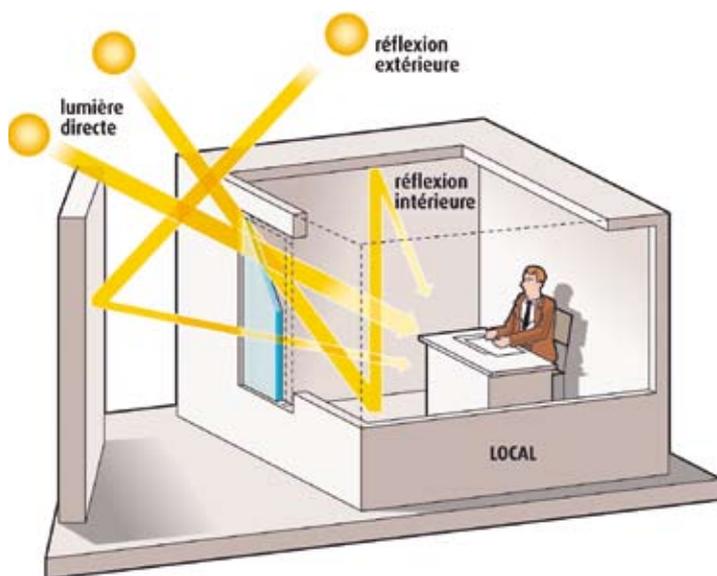
Les bons arbitrages

Consommer moins d'énergie et de matières premières, recycler les produits en fin de vie, privilégier l'éclairage naturel sont quelques-uns des moyens à mettre en œuvre pour répondre aux objectifs du développement durable. Mais il est parfois délicat de vouloir les concilier avec les exigences des lieux de travail en termes de quantité et de qualité.

Réduire la consommation énergétique est la première idée qui vient à l'esprit lorsque les termes « développement durable » et « éclairage des lieux de travail » sont associés.

Le Ceren⁽¹⁾ estime qu'en France la consommation énergétique globale (toutes sources d'éclairage confondues) dans les bureaux oscille entre 5 et 6 TWh/an. Le remplacement des vieux tubes fluorescents et de leurs ballasts ferromagnétiques par des tubes T5 et des ballasts électroniques réduirait déjà de manière très significative cette consommation électrique.

De plus, la durée de vie plus longue de ces composants diminue aussi la consommation de matières premières et le volume de déchets. Il existe toute une gamme de produits performants sur le marché, aussi bien au niveau des luminaires que



Détection de présence, variation selon la lumière du jour... il existe toute une gamme de produits sur le marché pour s'éclairer tout en consommant moins d'énergie.

Les sources d'éclairage naturel sont multiples : elles doivent toutes être prises en compte avant de décider de l'éclairage artificiel à mettre en place.

réels (détection de présence, gradateurs, variation selon les apports de la lumière du jour...) pour que chaque watt soit consommé au mieux. Mais leur emploi reste encore bien trop marginal.

État des lieux préoccupant

des lampes ou des automatismes de contrôle. Ces derniers permettent d'ajuster la consommation aux besoins

Et s'il existe différentes normes précisant les niveaux à atteindre aussi bien en quantité qu'en qualité d'éclairage, le



© YVES COUSSON/INRS

résultat est plutôt décevant sur le terrain. En effet, une étude menée par le Ceren auprès de plusieurs milliers de personnes dans le secteur tertiaire révèle que plus de 80% des éclairages généraux n'apportent pas à eux seuls 500 lux au poste de travail de l'occupant. Et, lorsque la lumière du jour est faible, plus de 80% des occupants s'éclairent avec moins de 500 lux. Cette valeur plancher de 500 lux est pourtant prescrite par la norme NF EN 12464-1.

« L'état des lieux est très préoccupant – 15% des installations ne seraient pas conformes au code du travail – alors que les normes existent, que des logiciels ont été développés spécifiquement et qu'aussi bien les outils de mesure que des produits performants sont disponibles », souligne Bernard Duval, délégué général de l'AFE (Association française de l'éclairage). Il en découle des céphalées, du stress, des TMS dues à de mauvaises postures...



© VINCENT GRÉMILLET POUR L'INRS

Un mauvais éclairage d'un local (aussi bien des éblouissements qu'un manque de lumière) peut avoir des effets sur la santé des personnes qui y travaillent...

« Éclairer juste », tel est le mot d'ordre de l'AFE pour faire évoluer les choses en montrant qu'il est possible de concilier bon éclairage (en quantité et en qualité) et économies d'énergie.

RT 2005 : attention aux effets pervers

La dernière version de la réglementation thermique des bâtiments (RT 2005) s'intéresse de près à la consommation énergétique dans les bureaux neufs. La valeur seuil de référence est fixée à 12 W/m² pour 500 lux, ce qui favorise l'implantation de solutions d'éclairage économes, de type tubes T5, qui imposent en principe le ballast électronique. Mais attention aux effets pervers. Certains opérateurs pourraient être tentés de sous-équiper au nom de la performance énergétique.

« Un bureau traditionnel d'environ 12 m² était fréquemment équipé de trois ou quatre luminaires 600 mm x 600 mm composés chacun de quatre tubes fluorescents de 18 W et de deux ballasts ferromagnétiques C de 10 W. Soit une puissance globale installée de 276 à 368 W et un niveau d'éclairage convenable. Aujourd'hui, il existe des bureaux neufs de 12 m² éclairés avec seulement deux luminaires équipés chacun de trois tubes T5 de 14 W avec un ballast électronique unique dont la puissance globale est de 94 W », commente Bernard Duval. Certes, le gain de puissance apporte d'importantes économies d'énergie, mais qu'en est-il de la qualité de l'éclairage? « Si ce type d'implantation à moins de 8 W/m² dépasse les exigences de la RT 2005, il entraîne souvent l'acquisition de solutions d'appoint, souvent en incandescence halogène,



© GAËL KERBAOL POUR L'INRS

Pour trouver le bon éclairage, des logiciels ont été développés spécifiquement, ainsi que des outils de mesure performants.

donc très énergivores. Une solution apparemment vertueuse au point de vue environnemental entraîne des effets inverses liés à des comportements compensateurs», ajoute Bernard Duval.

Lumière naturelle, oui mais...

Un autre moyen de réduire la consommation électrique est de privilégier l'éclairage naturel. Mais ce n'est pas si simple car il faut se méfier des excès aussi bien en termes de luminosité (risques d'éblouissement) que de chaleur estivale. Différentes solutions techniques existent

(pare-soleil, stores...), l'idée étant là aussi d'éviter les excès. En effet, certaines protections solaires performantes l'été pénalisent trop fortement l'entrée de lumière naturelle l'hiver. Il vaut donc mieux privilégier de nouveaux vitrages isolants, très sélectifs, laissant passer jusqu'à deux fois plus de lumière que de chaleur l'été, tout en restant très transparents l'hiver. Et ce n'est qu'un début, puisque ces produits sont encore appelés à évoluer...

1. Ceren : Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie

Franck Gauthier

Gérer la fin de vie des produits

En application du décret DEEE du 20 juillet 2005, relatif à l'élimination des déchets d'équipements électriques et électroniques, des producteurs de lampes se sont regroupés au sein de Recylum. Cet éco-organisme agréé a pour mission d'organiser en France la filière d'élimination de toutes les lampes usagées « sans filament » : tubes fluorescents, lampes fluocompactes, lampes sodium, lampes à vapeur de mercure, lampes à iodures métalliques... Une éco-contribution de 0,25 euro HT s'applique donc depuis le 15 novembre 2006 à chacune de ces lampes. Non recyclables, les ampoules à filament (incandescence, halogène, linolite) se jettent dans la poubelle « déchets banals » et non dans les bacs « verre ».

Priorité à l'éclairage naturel

La vue directe donnant sur l'extérieur est un impératif pour la plupart des locaux de travail. Mais, pour éviter les effets de serre, il faut veiller à adapter les protections solaires. Des logiciels, comme celui appelé Mecoltra qu'a développé l'INRS, peuvent aider au choix des concepteurs. La gamme, de plus en plus large, de vitrages sélectifs permet également d'ajuster les choix en multipliant les options possibles.

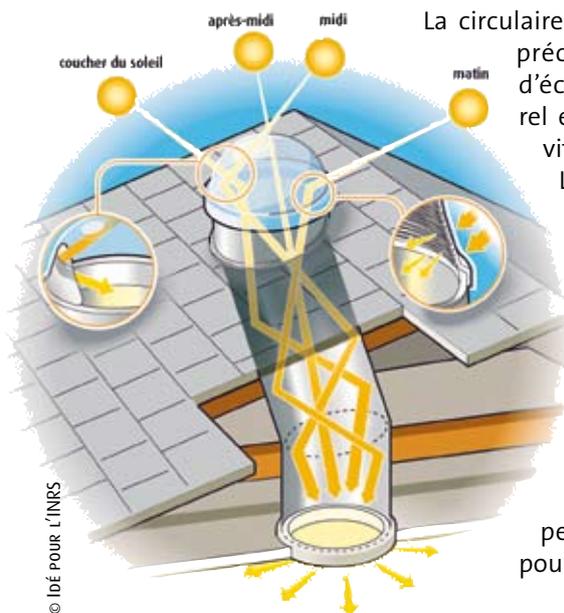
La volonté de réduire les gaspillages énergétiques conduit à une indiscutable revalorisation de l'éclairage naturel. Autant les locaux d'archivage, en raison de leur fréquentation ponctuelle, peuvent être encore uniquement éclairés par la lumière électrique, autant les salles de réunion aveugles sont appelées à disparaître des projets architecturaux. L'article R. 235-2 du code du travail précise d'ailleurs que les bâtiments doivent être conçus et disposés de façon à ce que la lumière naturelle puisse être utilisée pour l'éclairage des locaux destinés à être affectés au travail ⁽¹⁾. Ils doivent aussi comporter, à la hauteur des yeux, des baies transparentes donnant sur l'extérieur ⁽²⁾.

Les nouveaux conduits de lumière

La circulaire du 11 avril 1984 précise les niveaux d'éclairage naturel et les surfaces de vitrage nécessaires. Lorsque l'éclairage naturel suffit à totalement remplacer l'éclairage artificiel général, les niveaux à atteindre sont alors les mêmes. Sinon, une valeur de l'ordre de 200 lux peut être retenue pour l'éclairage natu-



En fonction de la hauteur de plafond, ce ne sont pas les mêmes éclairages naturels qu'il faut privilégier : latéral pour une hauteur de plafond de moins de 3 mètres, zénithal pour les locaux de grande hauteur.



Pour une salle aveugle, le conduit de lumière peut constituer une solution intéressante : un tuyau revêtu d'un film réfléchissant capte la lumière à l'extérieur pour l'amener jusqu'à un diffuseur en plafond.

rel. Pour des bureaux et autres locaux de faible hauteur de plafond (moins de 3 m), l'éclairage latéral sera privilégié. Pour les locaux de grande hauteur (plus de 4,50 m), l'éclairage zénithal sera le plus souvent indispensable. Pour les locaux de hauteur intermédiaire, le choix dépendra de la profondeur, de la largeur et de la forme du bâtiment, mais rien n'interdit d'associer éclairages latéral et zénithal. Plus intéressants que les puits de lumière (pas d'effet de serre), les conduits de lumière permettent d'éclairer des zones situées loin de l'enveloppe du bâtiment : bureaux de grande profondeur, salles de réunion

aveugles... Ils recueillent la lumière naturelle par un dôme extérieur (collecteur) transparent et la conduisent, via un tuyau revêtu d'un film réfléchissant, jusqu'à un diffuseur en plafond. Les progrès réalisés ces dernières années sur les films réfléchissants (99% de réflexion) font que les pertes lumineuses sur les tubes dont la longueur est de 10 à 20 fois le diamètre ne dépassent pas 20% (étude réalisée par l'ENTPE, en collaboration avec les bureaux d'études Ingélux et TBC, ainsi que l'Ademe). À signaler : l'Ademe a publié sur ce sujet un guide de dimensionnement très clair ⁽²⁾. Mais le mieux est parfois l'ennemi



© GAËL KERBAOL POUR L'INRS



© VINCENT GRÉMILLET POUR L'INRS

L'éclairage naturel, à privilégier, doit s'accompagner de protections solaires, qui, dans la mesure du possible, doivent être prises en compte dès la conception du bâtiment.

Pour des locaux de hauteur sous plafond intermédiaire, rien n'interdit comme ici dans une menuiserie, d'associer éclairages latéral et zénithal.

du bien : un éclairage naturel mal conçu peut s'avérer éblouissant et/ou, par effet de serre, accroître la chaleur de manière excessive l'été.

La logique voudrait que les protections solaires soient prises en compte dès les premiers stades de la conception du bâtiment pour répondre au mieux aux exigences d'éclairage naturel et de maîtrise des apports thermiques. Côté sud, la technique la plus efficace est le recours à des dispositifs fixes tels que des auvents ou des brise-soleil. Une solution « naturelle » existe aussi : la plantation d'arbres devant la façade sud qui permet, par le

filtrage du feuillage, de réduire les apports de lumière et de chaleur l'été et d'en bénéficier l'hiver, lorsque le feuillage est tombé.

Les stores et autres dispositifs mobiles assurent une bonne protection solaire le matin pour l'exposition est, et l'après-midi pour l'exposition ouest. Ils doivent de préférence être extérieurs pour éviter l'échauffement de la pièce. En revanche, côté nord, ils peuvent sans désagréments s'installer à l'intérieur. « Plutôt que des stores à lames verticales, le recours à des lames horizontales est préférable. Bien orientées, elles renvoient la lumière

Calcul de la surface de vitrage

L'intensité et la distribution de l'éclairage naturel dans un espace dépendent principalement de trois facteurs : la géométrie de l'espace, l'emplacement et l'orientation des fenêtres et les caractéristiques des surfaces internes. Multifonction, le logiciel Mecoltra (Méthodologie de conception des locaux de travail), mis au point par l'INRS, permet de pré-dimensionner l'éclairage naturel d'un lieu de travail. « À partir de contraintes d'éclairages intérieurs, de la localisation du site, du type d'environnement (urbain, rural,...), des caractéristiques des produits verriers, du niveau de salissure de l'activité, il détermine les besoins en matière d'ouvertures, analyse la performance des différentes hypothèses... », explique Serge Salsi, de l'INRS. « Selon le niveau d'éclairage voulu, ce logiciel donne la surface de vitrage nécessaire en façade et en toiture. Libre au maître d'œuvre de choisir leur forme et leur positionnement sur la façade. Pour les façades les plus exposées, il indique aussi le besoin (ou non) de protection solaire pour la période estivale », commente Serge Salsi.



Solution « naturelle » pour la protection solaire : la plantation d'arbres qui permet de réduire les apports de chaleur et de lumière l'été, et d'en bénéficier l'hiver, lorsque le feuillage est tombé.

vers le plafond, par exemple. Et descendus plus ou moins, ces stores laissent une vue partielle sur l'extérieur », explique François Cail, physiologiste du laboratoire de biomécanique et d'ergonomie de l'INRS. Pour éviter les risques de reflets et d'éblouissement dans les bureaux paysagers, les stores, les cloisons mobiles et le mobilier ont tous leur rôle à jouer comme écrans.

Des vitrages sélectifs

Efficace contre les pertes de chaleur l'hiver, le double vitrage freine aussi l'entrée de chaleur l'été. Cet effet sera d'autant plus marqué que la conductivité thermique du gaz intercalaire sera faible. Le remplacement de l'air par de l'argon réduit déjà les déperditions de manière significative. Le krypton ou le vide seraient encore plus efficaces mais bien

plus coûteux. Plus performants encore, les verres à faible émissivité diminuent les pertes par rayonnement infrarouge : l'hiver, leur mince couche métallique transparente renvoie vers l'intérieur de la pièce les radiations thermiques provenant du chauffage. « L'été, la chaleur solaire est ainsi en grande partie arrêtée (60%) alors qu'un double vitrage classique en laisse passer 75% », explique Nelly Philipponnat, responsable marketing de Glaverbel. Contrairement aux anciens verres teintés (dans la masse ou par un film superficiel), la transmission lumineuse reste bonne en toute saison, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif.

Le groupement VIR ⁽³⁾ vise à promouvoir l'emploi de vitrages à isolation renforcée. Ces doubles vitrages revêtus de couches minces à faible émissivité, avec de l'argon entre les



Les stores et autres dispositifs mobiles assurent une bonne protection solaire. Il est préférable de les installer à l'extérieur.

vitres, offrent un haut niveau d'isolation thermique, deux à trois fois supérieure à celle d'un double vitrage traditionnel. Ils permettent de bénéficier d'une partie de l'énergie

solaire gratuite l'hiver, modèrent les apports thermiques l'été et préservent un niveau d'éclairage naturel élevé.

« Leur grande sélectivité leur permet de bloquer le rayonnement infrarouge, mais de laisser passer la lumière visible. Ils protègent de la chaleur, sans perte de luminosité excessive », précise Klaus Wertz, responsable marketing international des produits de contrôle solaire de Saint-Gobain.

« Sur un support clair, le facteur solaire (*) peut atteindre jusqu'à 26% pour une transmission lumineuse de 50% », signale

Nelly Philipponnat. « Nous arrivons déjà à un rapport de 2 : les VIR solaires laissent passer deux fois plus de lumière que de chaleur. Les futurs VIR hautes performances devraient pouvoir encore améliorer ce rapport », ajoute Klaus Wertz.

« Sur le plan de la sécurité, les VIR sont maintenant en verre trempé, ce qui leur permet de supporter les importants différentiels de température dus aux ombres portées (brise-soleil) sur les façades exposées plein sud », explique Nelly Philipponnat.

Quant aux verres adaptatifs, ces vitrages dont les propriétés

optiques ou de transmission de la lumière solaire peuvent varier sous l'effet de la lumière (photochromiques), de la température (thermochromiques) ou d'un courant électrique (électrochromiques), ils n'ont pas encore eu de réelles applications pratiques. En revanche, les vitrages autonettoyants ont quitté le domaine de la science-fiction pour entrer dans le monde réel.

Grâce à leur traitement de surface, ces vitrages tirent profit de l'action des ultraviolets et de la pluie et permettent d'espacer les opérations d'entre-

tien (moins consommation de détergents).

1. Sauf en cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées.

2. Téléchargeable sur : www.ademe.fr

3. Créé en 1995, ce groupement réunit trois grands industriels du verre (Glaverbel, Pilkington Group Limited et Saint Gobain Glass) et trois institutionnels du secteur de l'environnement et du bâtiment : Ademe, Ceval et CSTB.

4. Le facteur lumineux de transmission est le pourcentage du flux lumineux incident transmis à travers le vitrage. Le facteur solaire est celui de l'énergie incidente qui pénètre à l'intérieur du local. Plus le facteur solaire s'approche de 100%, plus l'énergie thermique pénètre dans le local sans atténuation.

F. G.



Pose de vitrages à faible émissivité, sur le tout nouvel immeuble Alma, à Gennevilliers, en région parisienne.

Éclairage artificiel : Quantité, qualité et... sobriété

Les notions de quantité et de qualité de la lumière sont classiques en éclairage. Celle de sobriété est plus récente. Le concept de « puissance d'éclairage installée » s'impose désormais pour les locaux neufs. Les nouvelles technologies permettent de limiter son niveau et d'économiser l'énergie.

Pour réduire la fatigue visuelle et posturale, certaines normes ⁽¹⁾ définissent la quantité et la qualité de l'éclairage artificiel nécessaires dans les lieux de travail : niveaux d'éclairage sur le plan de travail, contrôle de l'éblouissement, indice de rendu de couleurs, température de couleur... Des notions annexes, comme le peinturage, par exemple, ont aussi leur rôle à jouer. Les teintes claires sont à privilégier, car elles renvoient mieux la lumière, mais, à ce titre, elles doivent être choisies mates pour éviter les phénomènes d'éblouissement.

Un maximum de 12 W au m²

Dans les bureaux neufs, la réglementation thermique RT 2005 a récemment introduit le concept de « puissance d'éclairage installée » exprimée

en watts par m² de surface utile des locaux. De plus, la RT 2005 implique que la consommation annuelle d'éclairage du bâtiment soit inférieure à une consommation de référence (calcul du ThC). La consommation d'éclairage électrique du local est le produit de la puissance d'éclairage (lampes et accessoires) par sa durée d'utilisation par heure, pondérée selon le moyen d'utilisation (0,9 pour un interrupteur manuel, 0,8 pour la combinaison horloge + interrupteur, 0,7 pour un détecteur de présence). Pour les locaux bénéficiant de la lumière du jour, le calcul tient compte de l'éclairage naturel (en lux) et du type de régulation : coefficient 0 pour 2 800 lux, 0,3 pour 700 lux + interrupteur, 0,1 pour 500 lux + gradateur). Au final, la consommation du bâtiment doit être inférieure ou égale à celle de référence.



Pour en savoir plus...

- *Ergonomie de l'informatique - Aspects logiciels, matériels et environnementaux.* Recueil de normes Afnor (2003) ;
- *Écrans de visualisation - Santé et ergonomie.* INRS ED 924 ;
- *Conception des lieux et des situations de travail.* INRS ED 950 ;
- *Le travail sur écran en 50 questions.* INRS ED 923 ;
- *Mieux vivre avec votre écran.* INRS ED 922 ;
- *Éclairage et travail sur écrans de visualisation.* Lux-éditions/AFE.
- *Fiche pratique de sécurité : Éclairage artificiel au poste de travail.* INRS ED 85 ;
- *Fiche pratique de sécurité : L'éclairage naturel.* INRS ED 82 ;
- *Éclairage intérieur des lieux de travail.* Lux-éditions/AFE ;
- *Guide de dimensionnement des conduits de lumière* (téléchargeable sur : www.ademe.fr).

Niveaux d'éclairage sur le plan de travail, contrôle de l'éblouissement... des normes définissent la quantité et la qualité de l'éclairage artificiel nécessaires dans les lieux de travail.

Quantité, qualité et... sobriété



Le remplacement des lampes doit être effectué dès que le flux lumineux commence à baisser et il doit avoir lieu dans le cadre de la maintenance préventive.

Des systèmes de gestion de l'éclairage permettent de réaliser des économies d'énergie de façon rationnelle, sans perte de confort.

Jusqu'à 60% d'économies

Ainsi, le détecteur de présence déclenche l'allumage et l'extinction automatiques des lumières, avec ou sans temporisation, de façon progressive ou non, selon l'utilisation du local. Deux niveaux d'éclairage sont aussi possibles pour les circulations, les toilettes, les

locaux à usage intermittent... Autre possibilité, une cellule photoélectrique qui permet de maintenir un niveau d'éclairage en tenant compte des apports de l'éclairage naturel. La lumière artificielle vient ainsi compenser la baisse de niveau de la lumière naturelle en fin de journée. Son rôle est aussi d'éviter le gaspillage dû à un sur-éclairage.

Pour les locaux tertiaires, l'idéal est d'associer les deux (détecteur de présence et cellule photoélectrique) à l'aide d'un dispositif multicapteurs. Une telle solution permet de géné-

rer jusqu'à 60% d'économies. Il existe aussi des dispositifs de gestion centralisée de la lumière qui contrôlent, commandent et gèrent (gestion horaire, journalière, semaine/week-end, calendaire) l'éclairage.

La maintenance préventive

Les normes précisent bien que les niveaux d'éclairage sont des valeurs à maintenir. Or, l'entretien et la maintenance des dispositifs d'éclairage sont trop fréquemment confiés à

des personnels non qualifiés. « Le remplacement de la lampe intervient souvent, non pas en fonction de sa durée de vie économique, mais lorsqu'elle s'éteint définitivement. Quand le tube clignote, il est déjà trop tard. Et il faut se souvenir que le remplacement d'un tube au cas par cas revient plus cher que le prix du tube », commente Bernard Duval, délégué général de l'AFE (Association française de l'éclairage).

Les grandes surfaces et certains sites industriels ne s'y sont d'ailleurs pas trompés. Le remplacement systématique

de toutes les lampes, même si elles fonctionnent encore, quand leur flux lumineux commence à baisser, est rigoureusement programmé (maintenance préventive).

L'utilisation de solutions électroniques permet de prolonger la durée de vie économique des tubes fluorescents de 8 000 à plus de 12 000 heures (durée moyenne annuelle d'utilisation : 2 000 heures) tout en améliorant de plus de 10 % le maintien de leur flux lumineux. Cela réduit les coûts d'exploitation de l'installation, les coûts de maintenance, la consommation de matières premières et la quantité de déchets émise. En revanche, leur durée de vie accrue risque d'entraîner une baisse de rendement à cause de l'empoussièrement. Le plan de maintenance à mettre en place doit donc définir avec précision le programme d'entretien : dépoussiérage des tubes, nettoyage des grilles et réflecteurs, remplacement des lampes...

Moderniser les installations

Aujourd'hui, les luminaires équipés de tubes fluorescents fonctionnent très majoritairement avec de rustiques ballasts ferromagnétiques. Déjà peu économes à l'origine, ils ont une fâcheuse tendance à voir leur consommation augmenter dans le temps. Pourtant, d'importants progrès technologiques ont été réalisés sur l'efficacité et la longévité des tubes fluorescents ainsi qu'au niveau des ballasts, devenus électroniques.

L'emploi de la technologie électronique en substitution du ballast ferromagnétique permet d'économiser de 20 % à 25 % d'énergie (tube fluores-

cent de 26 mm de diamètre) à plus de 35 % (tube T5 de 16 mm de diamètre).

Le ballast électronique n'est pas une nouveauté, puisqu'il existe depuis 25 ans. Mais la technologie ferromagnétique résiste plutôt bien : compte tenu du parc ancien, elle a encore représenté 70 % à 75 % des ventes 2005-2006. La force de l'habitude, la résistance au changement y sont pour beaucoup, car le différentiel de prix devient vite négligeable lorsqu'on raisonne en coût global. « Des travaux de transposition des dispositions de la RT 2005 aux opérations de rénovation sont en cours. Mais l'article 40 de l'arrêté du 3 mai 2007, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, s'applique déjà lors du remplacement ou de l'installation d'éclairage d'un local. Il précise que la puissance installée pour l'éclairage général du local doit être inférieure ou égale à 2,8 watts par mètre carré de surface utile et par

tranche de niveaux d'éclairage moyen à maintenir de 100 lux sur la zone de travail. Sur les solutions d'éclairage, les prescriptions portent sur l'utilisation des luminaires de type direct ou direct/indirect de rendement normalisé supérieur à 55 %, équipés de ballasts électroniques et qui emploient des lampes présentant une efficacité lumineuse supérieure ou égale à 65 lumens par watt, avec la possibilité de prescrire des systèmes de gestion de l'éclairage », signale Bernard Duval.

Les rythmes circadiens

Un autre aspect entre de plus en plus en ligne de compte : la qualification des ambiances grâce à la lumière. « C'est un moyen d'affirmer certaines valeurs sociales de l'entreprise, de valoriser les espaces et les personnels qui y travaillent... C'est la dimension sociale du développement durable », commente Bernard Duval. Ainsi,

par exemple, dans les salles de réunion, des ambiances lumineuses différentes peuvent s'appliquer selon les activités : conférences, projections, détente...

Les spécialistes de l'éclairage s'intéressent aussi de près aux rythmes circadiens de l'homme. En mélangeant intensités et couleurs (4 000 K et 6 500 K), afin d'obtenir un spectre modifiable dans le temps, un système de programmation de l'éclairage peut reproduire la lumière du jour selon les heures et les saisons. « Jean-Jacques Ezrati, ingénieur éclairagiste, mène actuellement une expérimentation en ce sens dans certaines pièces aveugles du Centre de recherche et de restauration des musées de France (Palais du Louvre) », signale Bernard Duval.

1. Pour les installations d'éclairage des lieux de travail intérieurs, il s'agit de la norme NF EN 12464-1 et, pour les lieux de travail extérieurs, du projet de norme EN 12464-2.

F. G.

Pour en savoir plus...

Deux DVD de l'INRS abordent la thématique de l'éclairage :

• *Questions d'usage. Réponses d'architectes*. INRS, DV 0298. Le premier chapitre, consacré à la modernisation de l'outil de travail de l'entreprise Legrand Normandie, aborde les problèmes pour concilier les aspects techniques et les attentes des utilisateurs. Ces notions – en particulier la clarté des lieux de travail, l'ouverture vers l'extérieur – sont soulevées à la fois par l'architecte, le maître d'ouvrage et les utilisateurs. Ce film de sensibilisation a pour objectif de susciter une réflexion et une participation active de la part du public.

• *Naissance d'un lieu de travail*. INRS, DV 0318. Ce film propose de suivre la réalisation d'un bâtiment d'entreprise, celui du CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement), en Aquitaine. Dans la partie « L'architecte à l'épreuve des usages », puis dans le chapitre « Construire ou le principe de réalité », le module 11, intitulé « Isolation dedans/dehors », s'attarde sur le problème de l'éclairage et de la chaleur dans les bureaux. En effet, dans ce bâtiment tout de verre et de bois, les stores n'ont pas été immédiatement posés, d'où une gêne pour les personnes travaillant sur ordinateur ou près des fenêtres... Ce DVD s'adresse à toute personne impliquée dans l'acte de bâtir et de concevoir des espaces de travail ou dans l'accompagnement de projets de conception.

Les bandes annonces de ces films sont visibles sur : www.inrs.fr

Pour tout renseignement : audiovisuel@inrs.fr

HQE et éclairage

Privilégier le naturel

Chargé de concevoir et réaliser l'immeuble Alma à Gennevilliers (92) – un bâtiment destiné à des activités tertiaires –, le groupe EM2C a suivi la démarche de management de haute qualité environnementale (HQE). Témoignage de Pierre-Yves Labille, responsable du projet au sein du groupe EM2C.



EM2C et le projet Alma

À la fin 2007, l'immeuble de Gennevilliers accueillera le siège social d'Alma Consulting, soit 650 collaborateurs du groupe, sur 14 500 m² de bureaux, auxquels il faut ajouter un amphithéâtre, un restaurant, une salle de sport et une crèche...

■ **Travail et Sécurité : La démarche HQE vise à minimaliser l'impact environnemental tout en assurant un bon niveau de confort de vie aux utilisateurs du futur bâtiment. Comment l'avez-vous suivie pour le projet Alma, notamment en ce qui concerne le confort visuel ?**

Pierre-Yves Labille, responsable du projet : En matière d'éclairage naturel, la démarche HQE prescrit une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur et un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques (cf. encadré). Quant à l'éclairage

artificiel, il doit venir en appoint de l'éclairage naturel. Dans l'immeuble Alma, nous avons fait en sorte que tous les bureaux puissent bénéficier d'un apport en lumière du jour. Que ce soit en premier jour, pour les bureaux sur la façade, ou en second jour pour les autres. Pour ces derniers, nous avons fait une simulation des niveaux d'éclairage des bureaux, puis nous avons décidé de leur implantation afin qu'ils bénéficient de l'éclairage optimal. Ce travail a été réalisé à l'aide du logiciel Solene (cf. encadré), avec la collaboration d'un bureau d'études.

En ce qui concerne l'éclairage artificiel d'appoint, il a été systématiquement traité dans le respect de la norme « *qualité environnementale* ». Ainsi, les luminaires sont des néons de type T5, sans scintillement. Ils sont équipés de grilles de défilement en aluminium qui défragent le flux lumineux et fournissent une lumière homogène sans zone sombre. Ces lampes de type T5 sont alimentées par des ballasts électroniques de faible consommation par des circuits différenciés, selon qu'ils donnent sur un couloir ou une fenêtre. L'extinction est auto-



Pour le projet de l'Alma, la démarche HQE représente un surcoût de 15% sur le prix de la construction.

matique, au-delà d'un certain niveau d'éclairage naturel, évalué grâce à deux circuits de sondes d'éclairage, l'un périphérique, l'autre interne. Quant à la façade vitrée, constituée de vitrages à faible émissivité, elle a été équipée de pare-soleil verticaux

orientables pilotés automatiquement par GTB (gestion technique du bâtiment).

■ Combien coûte une démarche HQE ?

P.-Y. L. : Pour le projet de l'Alma, il faut compter un surcoût de 15% sur le prix de la construction. En coût global intégré, on s'y retrouve à partir de la huitième année, ce qui est court en termes de construction où les retours sur investissements sont souvent de 40 ans.

**Propos recueillis par
Christine Larcher**

DOSSIER
RÉALISÉ PAR
FRANCK
GAUTHIER,
JEAN-PAUL
RICHEZ
ET
CHRISTINE
LARCHER

La norme « qualité environnementale du bâtiment »

L'une des phases importantes de la démarche HQE est celle de la « hiérarchisation » des exigences environnementales, qui va de « basique » à « très performant ». Le maître d'ouvrage a donc à établir une liste de priorités: il doit choisir, parmi les quatorze « cibles de construction », les trois ou quatre qui lui semblent les plus importantes et sur lesquelles un maximum d'efforts seront retenus pour un traitement particulier.

Pour l'immeuble Alma, EM2C a privilégié la gestion de chantier, des déchets et de la logistique et le niveau « très performant » sur la maintenance et la pérennité des performances environnementales, la gestion des énergies, le confort hygrométrique et le confort visuel.

Solene, pour simuler l'ensevelissement

Créé par le Cerma (Centre de recherche méthodologique d'architecture (1)), Solene est un logiciel de simulation d'ensevelissement, d'éclairage et de rayonnement thermique capable de traiter conjointement les contraintes de ces paramètres.

Lors de la conception d'un immeuble à usage tertiaire, l'emploi du logiciel rend possible une modélisation en 3D de la répartition de l'éclairage naturel direct ou indirect autour de l'édifice. Il permet également de traiter les transmissions lumineuses à l'intérieur des locaux, en tenant compte des propriétés des vitrages et du sens de traversée du flux lumineux. Enfin, la simulation du rayonnement thermique, solaire et infrarouge, permet d'appréhender le niveau de confort en extérieur.

1. www.cerma.archi.fr