



GISEMENTS D'ECONOMIES D'ELECTRICITE DANS LES BUREAUX

ECLAIRAGE

Source principale : Etude Cabinet Enertech sur 49 Batiments de bureaux

A/ SOLUTION DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS D'ECLAIRAGE DES INSTALLATIONS NEUVES

Dans le cas d'installations neuves on veillera à respecter les règles énoncées ci dessous pour réduire au maximum la consommation d'électricité liée à l'usage éclairage.

1 Choisir des équipements performants

1.1 Les tubes fluorescents performants (T5)

Les tubes fluorescents utilisés dans tous les immeubles de bureaux visités sont de type T8. Il s'agit du standard actuel, le plus vendu et donc le moins cher. En 1995, une nouvelle gamme de tubes fluorescents, nommés tubes T5, a été introduite. Ils consomment environ 7% de moins que les tubes T8 pour une quantité de lumière équivalente (par exemple 64 lm/W pour un tube T8 de 18W contre 96lm/W pour son équivalent T5 de 14W). De plus, ils contiennent moins de mercure que les tubes T8 standards. Enfin leur durée de vie est environ deux fois plus longue que celle des tubes T8 standards ce qui permet un changement moins fréquent.

Cependant, ils sont sensiblement plus onéreux. Etant moins longs, ils ne peuvent s'utiliser directement en remplacement des tubes T8 et nécessitent donc des luminaires adaptés ou des kits de transformation. Ils ne fonctionnent qu'avec un ballast électronique.

1.2 Les ballasts électroniques

Le ballast sert à l'amorçage de l'arc des tubes fluorescents. Il en existe deux types : ferromagnétique (standard ou faibles pertes) et électronique. Les luminaires rencontrés lors de cette campagne de mesures sont équipés de ballasts ferromagnétiques qui représentent le standard actuel dans l'existant. Le ballast électronique est pourtant plus performant : il consomme moins et augmente l'intensité lumineuse. Par exemple, le remplacement d'un ballast ferromagnétique par un ballast électronique sur un luminaire 2x58W permet une économie d'énergie d'environ 25%, une amélioration de la qualité de l'éclairage (démarrage rapide, absence de scintillement...) et un allongement de la durée de vie des tubes. Cependant, il est actuellement 3 à 4 fois plus cher à l'achat qu'un ballast standard.

1.3 Les luminaires

On trouve une grande variété de luminaires. Afin d'améliorer ses performances, le luminaire doit être muni d'un réflecteur. Celui-ci permet d'éviter le rayonnement uniforme du tube fluorescent dans toutes les directions, il concentre donc le flux lumineux dans la zone désirée. S'il est muni d'un film d'argent, il permet une réflexion de 95% contre 78-90% pour un réflecteur en aluminium grand brillant et 60-88% pour un réflecteur en acier prélaqué blanc neuf. Le luminaire doit aussi être muni d'une grille de défilement dont le rôle est d'éviter l'éblouissement. Plus particulièrement dans le cas des luminaires pour tubes T5, il est impératif de choisir des optiques élaborées pour obtenir une basse luminance. Le rendement des luminaires varie de 45 à 75%, induisant un écart de consommation de 40% entre les modèles les meilleurs et les moins bons.

1.4 Solution à adopter

Lors de construction neuve (ou de rénovation lourde) on veillera à choisir des luminaires performants présentant un rendement supérieur à 70%, muni de tubes fluorescents de type T5 et de ballasts électroniques.

On n'installera pas de luminaires équipés de sources peu performantes comme l'halogène et l'incandescence. On pourra utiliser des luminaires équipés d'ampoules fluocompactes. Les luminaires devront être de type direct.

On utilisera un logiciel de dimensionnement des installations d'éclairage pour évaluer les performances de la solution imaginée. Les fabricants de luminaires mettent gratuitement à la disposition des bureaux d'études un logiciel de ce type appelé *Dialux*.

2 Réduire la puissance installée

Afin de réduire la puissance installée tout en maintenant un bon niveau de confort, on optera pour une solution d'éclairage qui vise à maintenir un niveau d'éclairement global relativement bas, de l'ordre de 200 lux. On ajoutera un éclairage ponctuel (lampe de bureau) qui permettra d'atteindre 400 à 500 lux sur le plan de travail.

Cette solution est plus confortable que ce qu'on rencontre actuellement, à savoir un éclairage de 500 lux (voir plus dans certains bureaux...) dans toute la pièce. La médecine du travail conseille d'ailleurs désormais un niveau d'éclairement de 220 lux pour le travail sur écran d'ordinateur. D'autre part, l'enquête préliminaire [2] a mis en évidence l'insatisfaction croissante des usagers qui se plaignent d'un niveau excessif d'éclairage artificiel.

La puissance installée passe alors de 19,3 W/m² (valeur moyenne observée au niveau régional) à moins de 10W/m², soit une réduction d'environ 50%.

3 Installer des commandes automatiques

3.1 Minuterie

Les minuterie peuvent s'avérer intéressantes pour la commande de l'éclairage des sanitaires. Ce mode de commande était installé dans trois entreprises de notre panel. Cependant la minuterie peut, dans certains cas, représenter une gêne pour l'utilisateur : si ce dernier entre dans les sanitaires déjà allumés, il ne va généralement pas l'actionner. La lumière risque alors de s'éteindre lorsqu'il se trouve dans une cabine, hors de portée du bouton de commande. On leur préférera les détecteurs de présence qui sont décrits dans le paragraphe suivant. Une minuterie coûte environ 35 euros H.T.

.3.2 Détecteur de présence

Les détecteurs de présence sont des dispositifs couramment employés comme contrôle des installations d'éclairage. L'utilisateur n'agissant pas sur la commande, ils permettent d'éliminer tous dysfonctionnements. De plus, contrairement à la minuterie, la durée d'allumage est pratiquement identique à la présence, ce qui réduit encore la consommation.

Enfin le confort est augmenté car il n'est pas nécessaire d'actionner un bouton pour éclairer. Il existe plusieurs techniques de détection. Nous en détaillons deux dans ce paragraphe :

- **La détection infrarouge** : Les détecteurs de présence utilisant cette technologie détectent le mouvement du corps humain par la mesure du rayonnement infrarouge qu'il émet. Ils comportent un certain nombre de facettes sensibles. Leur rayon d'action est ainsi découpé en une série de segments. C'est le passage d'un corps (et donc de chaleur) du rayon de vision d'une facette vers celui d'une autre facette qui permet de détecter le mouvement. La sensibilité d'un détecteur dépend donc du nombre de segments sensibles. Par exemple, un détecteur dont le rayon de détection est découpé en peu de segments risque de ne pas détecter une personne se dirigeant vers lui. Les détecteurs infra-rouges ne traversent aucune cloison. Ils peuvent être placés soit sur les murs (angle de détection de 120°, 180°...), soit au plafond (angle de détection de 360°).

- **La détection hyperfréquence ou micro-ondes** : elle utilise l'effet Doppler, c'est à dire qu'une onde inaudible pour l'homme est émise puis réfléchiée par les objets de la pièce.

Le détecteur reçoit le signal réfléchi et le compare au signal émis. Si un mouvement a lieu, la fréquence réfléchiée est différente de la fréquence émise. Une des caractéristiques de ce type de détecteurs est qu'ils réagissent à des mouvements se produisant de l'autre côté d'une paroi fine (verre, faux plafonds...). Cette particularité est intéressante dans la mesure où, contrairement au cas de l'infrarouge, il est possible de dissimuler la cellule ce qui limite les risques de vandalisme. Cependant, ces détecteurs sont encore rares et chers.

On conseille donc pour les applications d'immeubles de bureaux des modèles passifs infrarouges. On veillera à choisir des modèles présentant la plus faible consommation de veille possible (moins de 1W).

Ce type de commande peut être utilisé pour piloter l'éclairage des sanitaires, des circulations et des locaux communs (local reprographie, salle de pause, vestiaires...), pièces dans lesquelles les durées d'éclairage actuellement très importantes pourraient être considérablement réduites. On fabrique des luminaires intérieurs avec détecteur de présence intégré. Trois utilisent un détecteur à infra-rouge (Ensto, Aurum et Züblin) et un fait appel à la technologie à micro-ondes (Steinel).

2 : Comparaison des différents luminaires avec détecteur de présence intégré disponibles

Il est impossible de calculer le gisement d'économies relatif à la mise en œuvre de contrôle pour commander l'éclairage (minuteries ou détecteurs de présence) car nous ne connaissons pas les trafics dans les circulations, locaux communs et sanitaires. Or cette donnée est indispensable pour estimer la consommation obtenue grâce à l'ajout d'un contrôle.

B/ SOLUTION DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS D'ECLAIRAGE DES INSTALLATIONS EXISTANTES

1 Les ampoules halogènes

1.1 Les spots halogènes basse tension

Depuis quelques années dans les bâtiments neufs ou lors de rénovations lourdes, il est très courant d'installer des spots halogènes basse tension (12V). Ce type d'éclairage présente le mauvais rendement intrinsèque de la technologie à incandescence (environ 20 lumens/watt). Des spots halogènes améliorés pouvant être utilisés en remplacement direct des modèles en place existent. Ils présentent une efficacité pouvant être 40% supérieure et une durée de vie accrue (4000 à 6000 heures au lieu de seulement 1000 à 2000). Ainsi les spots actuels de 50W peuvent être remplacés par des modèles performants de 30W de Philips (Masterline ES) ou Mazda (Pépite Dichro 7 Gold). Par cette action, la **consommation est réduite de 40%**.

Ils coûtent environ 10 euros HT, ce qui correspond à **0,5 euros HT/watt économisé**.

1.2 Les lampadaires sur pied halogènes

La mesure proposée consiste à remplacer les lampadaires halogènes sur pied de puissances 150, 300 ou 500W par des modèles équipés d'une ampoule fluocompacte de 55W (consommation ballast compris de 70W). L'aspect de ces luminaires est très proche de celui des lampadaires halogènes sur pied. On réalise par ce remplacement une **économie** de:

- modèle 150W : 53%
- modèle 300W : 77%
- modèle 500W : 86%

Un lampadaire sur pied de ce type coûte environ 115 euros H.T., équivalent à :

- modèle 150W : 1,4 euros HT/watt économisé
- modèle 300W : 0,5 euros HT/watt économisé
- modèle 500W : 0,3 euros HT/watt économisé

Le temps de retour est généralement inférieur à 4 ans.

1.3 Les lampes de bureaux halogènes

Ces lampes consomment 50 ou 20W (deux positions)

1.3.1 Solution de remplacement du futur

Les premières lampes de bureau à utiliser la technologie à LED ont été fabriquées par de grands esigners. Cette technologie permet d'élaborer de nouvelles formes. La qualité de l'éclairage est également appréciée.

Ex : une lampe à LED équipée de 3 Leds de 1 watt chacune (consommation transformateur compris : 4,5 watts) permet d'obtenir un niveau d'éclairage de 300 lux sur une zone de 60 cm de diamètre. durée de vie est de 20 000 heures.

L'usage des leds comme source lumineuse pour lampe de bureau devrait dans les années qui viennent devenir de plus en plus courant. En effet, ce type de source est particulièrement

performant sur le plan énergétique pour des applications qui nécessitent un éclairage très directionnel comme c'est le cas pour l'éclairage ponctuel d'un plan de travail.

1.3.2 Solution actuelle la plus performante

Actuellement, les lampes de bureau les plus performantes disponibles utilisent comme source lumineuse une ampoule fluocompacte. Les modèles équipés d'une ampoule 11W consomment environ 15W (transformateur compris) contre environ 55W pour une lampe de bureau halogène, soit une **économie de 73%**.

Une lampe de bureau avec ampoule fluocompacte coûte environ 40 euros H.T (**1 euro/watt économisé**).

2.2 Les ampoules à incandescence

Les ampoules à incandescence peuvent être remplacées par des lampes fluocompactes. Ces ampoules présentent de nombreux avantages notamment une très longue durée de vie (jusqu'à 15 000 heures) et une bonne efficacité lumineuse de l'ordre de 50 lumens par watt (contre seulement 13 lumens par watt pour les ampoules à incandescence). Elles permettent donc de diviser par environ 4 la puissance appelée pour un même éclairage.

Cependant, l'indice de rendu des couleurs, qui traduit la capacité d'une source lumineuse à reproduire les couleurs naturelles, est d'environ 85 (100 pour l'incandescent). De plus en règle générale, les lampes fluocompactes sont conçues pour un nombre limité d'allumages, et plusieurs minutes sont par ailleurs nécessaires pour atteindre 100% du flux lumineux. Ce dernier point est illustré par le graphique de la figure 6.7 qui montre l'évolution du flux lumineux en fonction du temps pour différentes marques d'ampoules (test réalisé dans notre laboratoire). On observe que l'ampoule la plus performante n'atteint son flux lumineux nominal qu'au bout d'une minute trente. Dans certains cas, il faut compter plus de cinq minutes pour obtenir ce résultat ! En règle générale ce type d'ampoule n'est donc pas indiqué pour une utilisation sur minuterie de courte durée d'une part, du fait de la mauvaise qualité du service rendu (allumage non immédiat, éclairage faible), et d'autre part à cause du nombre d'allumages répétés.

Il existe pourtant un modèle de lampe fluocompacte qui a été développé précisément pour une application sur minuterie. Il s'agit de l'ampoule DULUX EL FACILITY d'Osram.

Les caractéristiques données par le fabricant sont :

- le nombre d'allumages est infini
- L'allumage s'effectue en moins d'une demi-seconde et 90% du flux lumineux est atteint dans les 100 premières secondes (ce qu'infirmes notre test puisque cette ampoule est celle qui met le plus de temps à atteindre son flux lumineux nominal)
- Leur durée de vie est de 15 000 heures

Cette ampoule existe en deux puissances (9 et 14W) et coûte moins de 16 euros HT.

Une ampoule fluocompacte classique coûte environ 10 euros H.T.

Puissance de l'ampoule à incandescence installée (W)	40	50	60	75	100
Puissance de l'ampoule fluocompacte à utiliser en remplacement (W)	11	13	15	20	23
Economie (%)	73%	74%	75%	73%	77%
Coût (euros H.T./W économisé)	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1

Le remplacement d'une ampoule à incandescence par une lampe fluocompacte est intéressant dès que la durée de fonctionnement annuel est supérieure à 500 heures par an (2 heures par jour ouvrable), le temps de retour étant alors toujours inférieur à 6 ans. Pour un tiers des sources de notre échantillon (non représenté sur le graphique de la figure 6.9), ce changement conduit à un temps de retour supérieur à 20 ans (durée de fonctionnement annuel inférieure à 220 heures).

2.3 Les tubes fluorescents

2.3.1 Le kit de rénovation *Retrolux*

L'entreprise Opus Light [14] propose un produit, le kit de rénovation *Retrolux* qui permet de transformer un éclairage muni de tubes fluorescents T8 et d'un ballast ferromagnétique en un luminaire performant constitué :

- de tubes T5 qui assurent pratiquement le même éclairage pour une consommation inférieure
- d'un ballast électronique qui permet d'économiser environ 23% d'électricité et qui en outre assure un meilleur confort (pas de clignotement au démarrage, pas d'effet stroboscopique), augmente la durée de vie utile des tubes de 60 % par rapport à un ballast ferromagnétique et améliore le facteur de puissance du luminaire ($\cos\phi=1$ au lieu de 0,8 avec un ballast ferromagnétique)
- d'un réflecteur en aluminium qui concentre le flux lumineux dans la zone désirée. Ce produit peut s'adapter sur les luminaires existants. Son montage, décrit par la figure 6.10, est simple. Il suffit en effet d'enlever le tube en place et de le remplacer par le kit de rénovation. Cette opération, équivalente à un changement de tube fluorescent, ne nécessite aucun recâblage.

Figure 6.10 : Procédure d'installation du kit de remplacement RETROLUX

Le kit de rénovation *Retrolux* permet de profiter des avantages des technologies les plus performantes (tubes T5 et ballasts électroniques) tout en conservant les luminaires en place. Il permet de réduire la puissance appelée par l'éclairage. Le tableau 6.11 résume l'économie associée à la modification des luminaires existants et précise le prix des kits de rénovation.

Luminaire en place	Kit de rénovation adapté	Consommation actuelle (W)	Consommation après rénovation (W)	Economies (%)	Prix (euros HT)	Prix (euros HT/W économisé)
1x18W + ballast ferromagnétique	1x14W + ballast électronique	28	17	39%	24	2,2
1x36W + ballast ferromagnétique	1x28W + ballast électronique	45	31	31%	28	2,0
1x58W + ballast ferromagnétique	1x35W + ballast électronique	71	40	44%	30	1,0
4x18W + ballast ferromagnétique	4x14W + ballast électronique	92	64	30%	60	2,1

Caractéristiques des kits de rénovation RETROLUX

L'intensité lumineuse d'un tube standard (propre) de 18W muni d'un ballast ferromagnétique est de 1150 lumens, celle des tubes performants (14W) commandés par ballast électronique est de 1350 lumens. Donc, pour un luminaire 4x18W, lors du remplacement des tubes standards par des tubes performants (+ ballasts électroniques), le flux lumineux total sera augmenté de 17 %. Retrolux propose, comme option sur ses kits de rénovation, des ballasts dimmables. Ces derniers offrent la possibilité de réduire le niveau d'éclairage à une valeur fixe ou encore de le faire varier (par exemple en fonction de l'éclairage naturel). Puisque l'utilisation de tubes T5 en remplacement des tubes T8 augmente le flux lumineux, il est envisageable de réduire le niveau d'éclairage quand le niveau initial est suffisant. On estime que l'économie de consommation afférente est égale à la réduction de niveau d'éclairage (indication du fabricant). Par exemple, si on décide de réduire le niveau d'éclairage de 50%, on divisera par deux la consommation du luminaire rénové. Le kit *Retrolux* dimmable coûte 65 euros H.T.. Ne connaissant pas le niveau d'éclairage associé à chaque luminaire suivi, nous n'avons pas envisagé dans les calculs d'économies qui suivent de réduction de consommation liée à une baisse du niveau d'éclairage. Le gisement calculé est donc inférieur à ce qu'il pourrait être si cette solution était adoptée. Le calcul ne tient pas non plus compte de la réduction des charges de climatisation induite qui augmentent pourtant de 50% toutes les économies faites en été.

2.3.2 Le kit de rénovation Revolux

Le principe de ce kit de rénovation est le même que celui du modèle *Retrolux*, à savoir profiter des avantages de la technologie T5 et du ballast électronique. Ce kit est représenté sur la figure 6.12. Il est distribué en France par la société Comexale [15] et coûte environ 29 euros par tube changé (tube non compris).

2.3.3 Intérêt de la solution dans les espaces de bureaux

Le temps de retour associé à la rénovation des luminaires grâce aux kits *Retrolux* est très élevé. Ainsi, dans le cas des luminaires 4x18W (luminaire le plus fréquemment rencontré dans les bureaux), dans les conditions d'utilisation de l'échantillon, il est toujours supérieur à 7 ans. Le temps de retour est légèrement plus favorable pour les luminaires 2x58W.