

## 9. ECLAIRAGE

9.1. Les services de l'éclairage

9.2. Les bilans de l'éclairage

9.3. Les interventions sur l'éclairage

## Présentation

Lors de la visite des locaux, le simple relevé des installations et du comportement des usagers permet d'entrevoir immédiatement les postes où des gains sensibles sont à envisager sur l'éclairage.

Nous pouvons citer plusieurs exemples significatifs, comme :

- un bureau paysager entièrement éclairé pour un seul occupant,
- des locaux inoccupés mais pourtant éclairés,
- des pièces où l'éclairage est en marche alors que la lumière naturelle suffit largement pour couvrir les besoins.

Sur ce dernier point, en fonction des caractéristiques architecturales du bâtiment (exposition, conception extérieure et intérieure), l'impact sur les consommations électriques liées à l'éclairage est loin d'être négligeable.

L'éclairage est une source d'apport calorifique interne qui peut se répercuter, sous forme de pertes de surchauffe, comme un surcoût lié au chauffage, notamment lors des périodes d'automne et de printemps. Dans les bâtiments climatisés, l'éclairage conduit en période estivale, à des charges supplémentaires..., sources d'inconfort pour les usagers. Elle augmente alors les consommations électriques pour le refroidissement.

L'éclairage des bâtiments peut être regroupé ou ponctuel.

Il est regroupé dans les zones où le fonctionnement des luminaires peut être programmé (les salles de conférences, les bureaux paysagers, les salles de cours, les halls d'accueil,...).

Il est ponctuel dans les locaux où la durée de fonctionnement des luminaires est aléatoire (bureaux individuels) car elle dépend du comportement de leurs usagers.

Pour l'éclairage, le diagnostiqueur doit organiser ses investigations autour des trois points suivants :

- le bâti,
- l'installation,
- les usages.

La décomposition du bilan final est donnée à la figure 9.1. Chacun des paramètres fait l'objet d'indications précises quant à sa détermination ou à son calcul dans la suite de ce chapitre.

### NOTA

Lors d'une opération de réhabilitation, si une remise en conformité de l'éclairage est effectuée, cela se traduit généralement par un accroissement des consommations électriques pour ce poste.

Le diagnostiqueur trouvera dans les pages qui suivent une synthèse des informations concernant les technologies des lampes. Il doit disposer de ces connaissances pour conseiller le gestionnaire dans ses choix.

<u>LIBELLE</u>	<u>CODE</u>	<u>INTERVENTION</u>
Puissance éclairage [kW]	PUILUM	sur le type de lampes
	x	
Nombre d'heures de fonctionnement journalier [h]	NHJ	sur le temps de fonctionnement
	x	
Nombre de jours de fonctionnement annuel [j]	NJLUM	
	=	
Consommation primaire [kWh/an]	COPRIMLUM	
	x	
Prix des kWh [FHT]	PKWH	sur la tarification
	=	
Consommation [FHT]	FCOPRIMLUM	

Figure 9.1 - Synthèse du bilan éclairage

## 9.1 LES SERVICES DE L'ECLAIRAGE

### 9.1.1 Relevés sur le bâti

Au moment des relevés, il y a lieu de se procurer les plans de construction, ou au minimum le plan de masse orienté qu'on aura la précaution de mettre à jour. Dans la négative, il faut schématiser le bâtiment, établir le relevé des surfaces vitrées par façade accompagné de l'orientation géographique correspondante. Ce relevé permet de déterminer les locaux où des gains énergétiques sont envisageables par l'usage de l'éclairage naturel. Une visite dans les locaux doit compléter ce relevé. En effet, une meilleure organisation des plans de travail peut engendrer des économies sensibles.

Par ailleurs, la visite doit permettre de relever certaines cotes non connues, comme par exemple dans les bureaux, la hauteur utile (hauteur entre les luminaires et les plans de travail), ainsi que l'espacement entre les luminaires afin de vérifier le facteur d'uniformité des éclairagements. Dans la pratique, pour que des luminaires plafonniers émettent dans le demi espace inférieur d'un local, le rapport entre l'espacement de deux luminaires et la hauteur utile doit être compris entre 1 et 2 (figure 9.1.1.1).

Le facteur d'uniformité sur une surface de travail est le rapport de l'éclairage relevé au point le moins éclairé ( $E_{\min}$  : éclairage minimal) à l'éclairage moyen ( $E_{\text{moy}}$ ). La recommandation pour l'éclairage des locaux de travail est  $E_{\min}/E_{\text{moy}} > 0,8$ .

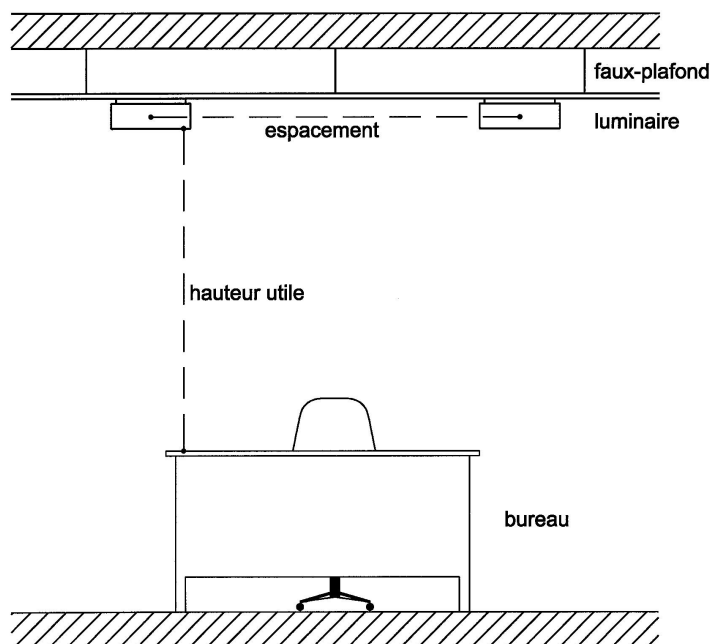


Figure 9.1.1. 1 - Limite supérieure du rapport entre l'espacement et la hauteur

Le flux lumineux total à installer dans un local est proportionnel à l'éclairage moyen recherché multiplié par la surface du local. Des recommandations sur les valeurs d'éclairage moyen fournies par typologie de bâtiments et de locaux sont données au paragraphe 6.6. du présent document. Se reporter aux recommandations de l'AFE concernant les méthodes de mesure et de calcul à employer pour la détermination de l'éclairage moyen des locaux.

## Rappel des définitions

Voici les définitions de quelques termes spécifiques :

- flux lumineux unitaire : Cette grandeur exprime la puissance lumineuse émise par une lampe : elle est donnée en lumen [lm]. Les constructeurs fournissent les valeurs des flux lumineux émis par leurs lampes. Cette grandeur diminue dans le temps et il y a lieu d'en tenir compte dans la maintenance de l'éclairage,
- éclairage moyen : L'éclairage moyen est le rapport entre le flux lumineux reçu par une surface et cette surface. Il est donné en lux ( $1 \text{ [lux]} = 1 \text{ [lm/m}^2\text{]}$ ),
- efficacité lumineuse : Elle est égale au rapport entre le flux lumineux émis par la lampe et la puissance électrique consommée. Elle s'exprime en lumen par watt [lm/W]. Une lampe est d'autant plus économe que son efficacité lumineuse est grande.

### 9.1.2 Relevés sur les installations

En plus des plans de construction, le diagnostiqueur devra obtenir les plans des implantations électriques : plans topographiques et plans des réseaux. Ils sont nécessaires pour pouvoir proposer des interventions adaptées et permettent surtout de mieux cerner les travaux à mettre en oeuvre et leur chiffrage.

Nous allons distinguer 2 paragraphes dans ce qui suit, les lampes et luminaires et la distribution électrique.

## Les lampes et les luminaires

### . Caractéristiques des lampes et des luminaires

L'opération consiste à relever le type de lampes en place dans chacune des zones du bâtiment. Elles doivent correspondre à la marque "NF luminaires". Ce marquage atteste de la qualité du produit et de sa conformité aux normes. La marque NF est obligatoire pour l'obtention du label PROMOTELEC.

Pour chaque intervention, la sélection des lampes les mieux adaptées en fonction des applications s'opère suivant les quatre critères principaux suivants, l'ambiance lumineuse, la qualité de la lumière, l'efficacité lumineuse et la durée de fonctionnement :

#### - L'ambiance lumineuse

L'ambiance lumineuse varie en fonction de deux paramètres : la teinte et le niveau d'éclairage.

La teinte est définie par la température de couleur ( $T_{cp}$ ) exprimée en degrés [K]. Cette notion de température de couleur permet de caractériser l'aspect de la lumière émise. Les teintes dites chaudes sont à dominante rouge et les teintes dites froides sont plutôt d'aspect blanc bleuté.

Le tableau ci-après présente le classement des lampes en trois groupes (figure 9.1.2.1).

Température de couleur $T_{cp}$	Teintes
$T_{cp} < 3\ 300$ [K]	Chaudes
$3\ 300$ [K] < $T_{cp}$ < $5\ 300$ [K]	Intermédiaires
$5\ 300$ [K] > $T_{cp}$	Froides

Figure 9.1.2. 1 - Classement des teintes des lampes par température de couleur

### - La qualité de la lumière

La qualité de la lumière est définie par l'indice de rendu des couleurs (IRC) = Ra. Cet indice détermine la faculté d'une source à respecter l'aspect des couleurs (0 à 100).

Entre 80 et 85, le rendu des couleurs satisfait à des usages quotidiens dans le logement. Des valeurs supérieures à 85 sont préconisées pour certains locaux de travail comme les bureaux et les salles d'enseignement. Lorsque la restitution exacte des couleurs est l'un des critères fondamentaux dans le choix de l'éclairage (cas des musées par exemple), les lampes à mettre en place doivent avoir un indice de rendu des couleurs supérieur à 95.

### - L'efficacité lumineuse

L'efficacité des lampes a un impact direct sur les coûts d'installation. Le choix de lampes de meilleure efficacité peut permettre de réduire le nombre de luminaires. Pour mesurer efficacement cet impact sur un bilan financier global, il convient de prendre également en compte d'autres paramètres comme la périodicité d'entretien (nettoyage, remplacement des lampes) et le coût d'achat à l'unité des lampes choisies.

### - La durée moyenne de fonctionnement

La durée moyenne correspond au temps au bout duquel, sur un échantillonnage donné, 50 % des lampes testées sont hors d'usage.

## . Différents types de lampes

Les lampes le plus couramment utilisées peuvent être regroupées en deux familles :

- lampes à incandescence,
- lampes fluorescentes.

Notons qu'il existe une troisième famille de lampes : les lampes à décharge. Leur domaine d'application étant l'éclairage des grands volumes (halls de gare ou d'aéroport, bâtiments industriels,...) ou encore celui de la voirie et des espaces extérieurs des villes, nous ne traiterons pas ce type de lampes dans le guide.

Le tableau de la figure 9.3.1 fournit les principales caractéristiques des lampes étudiées ainsi que des valeurs indicatives d'économies d'énergie réalisables.

## - Les lampes à incandescence

Il existe deux catégories de lampes à incandescence, les lampes standards, les lampes halogènes :

### - LES LAMPES STANDARDS :

Les lampes standards à incandescence ou encore lampes « classiques » sont communément utilisées pour la grande majorité des applications du fait de leur faible coût d'achat (inférieur à 5 F pour une lampe claire de 100 [W], tarif 1995).

Ce coût est à relativiser car l'efficacité lumineuse est plus faible (environ 14 [lm/W]) et leur durée de vie limitée (environ 1 000 [h]). Ces défauts sont dus à l'évaporation du filament de tungstène qui est porté à une température élevée, ce qui provoque un noircissement de l'ampoule.

Enfin, il est bon de noter que les lampes à incandescence provoquent à l'allumage des courants d'appel en pointe très élevés.

### - LES LAMPES HALOGENES :

La technique employée consiste à ajouter une quantité d'halogène au gaz de l'ampoule qui permet de restituer au filament une partie du tungstène évaporé. Cela réduit donc fortement le noircissement et permet de faire fonctionner le filament à des températures plus élevées.

L'efficacité lumineuse est supérieure à celle d'une lampe classique ; elle est approximativement du double. Cette efficacité est quasiment constante durant sa période de vie. Par ailleurs, ce type de lampe offre un meilleur confort visuel, sa lumière blanche assurant un très bon rendu des couleurs (IRC(Ra) = 100).

Dans la famille des lampes halogènes, il faut distinguer trois classes de produits :

- *Les lampes simple enveloppe à double culot*

Elles sont utilisées dans de nombreuses applications, en particulier dans les bâtiments d'habitation. Elles sont conçues pour des luminaires spéciaux qui émettent généralement un éclairage indirect par réflexion sur le plafond. Si la lampe comporte des tâches de doigts ou de gras, il faut la nettoyer avec un chiffon imbibé d'alcool avant sa mise en service.

- *Les lampes double enveloppe à simple culot*

Ce type de lampes combine les progrès apportés par l'halogène et certains des avantages de la lampe classique. La lampe est composée d'un tube halogène incorporé dans une deuxième enveloppe constituée d'une ampoule et d'un culot standard. Parmi ses principaux avantages apportés, on notera :

- manipulation aisée (pas de précaution particulière),
- totale interchangeabilité avec des lampes classiques,
- émission de chaleur identique à celle des lampes classiques,
- performances de l'halogène.

- *Les lampes très basse tension*

Alimentées en 12 [V] ou 24 [V], elles sont employées en éclairage général ou en éclairage d'appoint pour les hôtels et les restaurants ainsi que dans les bâtiments d'habitation et de bureaux (principalement au niveau des tables de travail pour ce dernier cas d'application).

Des fusibles à haut pouvoir de coupure doivent être employés. Avec des lampes de 24 [V], le calibrage est de 2 [A] pour 20 [W] et de 6,5 [A] pour 100 [W].

Hormis ces spécificités, leurs caractéristiques sont identiques à celles des lampes halogènes à simple enveloppe, avec en particulier la nécessité d'employer des luminaires appropriés.

#### - LES LAMPES FLUORESCENTES :

Les lampes fluorescentes sont constituées d'un tube de verre recouvert d'une mince pellicule constituée d'une poudre photoluminescente. Deux électrodes situées à chacune des extrémités à l'intérieur du tube émettent des décharges électriques. Ces décharges produisent des rayonnements ultraviolets qui sont transformés en lumière par la pellicule de matière fluorescente. Par rapport aux lampes à incandescence classiques, elles présentent une efficacité (jusqu'à 75 [lm/W]) et une durée de fonctionnement très supérieure (jusqu'à 8 000 [h]).

Les lampes fluorescentes doivent être couplées à une alimentation électrique (le ballast) et à un dispositif d'amorçage (le starter). Certains modèles dans la famille des lampes compactes intègrent ces deux dispositifs.

Deux types de ballasts peuvent être mis en place :

- *le ballast électromagnétique* classique couplé avec un starter à électrodes ou avec un starter électronique. Le starter électronique offre les avantages suivant par rapport à un starter à électrodes :

- durée de vie des lampes augmentée d'environ 30% assurée par un préchauffage des électrodes,
- nombre d'allumages élevé (environ 100 000),
- allumage franc sans effet de papillonnement,
- absence de clignotement de la lampe en fin de vie.

Son prix plus élevé, de l'ordre de 75 F contre 3 F (tarif 1995) pour un starter à électrodes doit être pris en compte dans le choix de cette solution qui convient plus particulièrement aux locaux où le confort et l'absence de perturbation électromagnétique sont nécessaires. Elle convient également pour les lieux où la maintenance des installations s'avère difficile et coûteuse à cause d'un accès aux luminaires peu aisé.

Le ballast électromagnétique nécessite un condensateur de compensation de l'énergie réactive.

- *le ballast électronique HF* (Hautes Fréquences > 25 [kHz]) qui offre les avantages suivant par rapport à un ballast électromagnétique :

- . durée de vie des lampes augmentée jusqu'à 50%,
- . arrêt automatique de la lampe en fin de vie,
- . absence de starter et de condensateur de compensation,
- . économie d'énergie par la possibilité de gradation du flux lumineux émis (au moyen d'un potentiomètre, d'une cellule photoélectrique,...).



Il convient plus particulièrement aux locaux où le confort et l'absence de perturbation électromagnétique sont nécessaires et où la maintenance est difficile, ainsi que dans tous les lieux où un réglage du niveau d'éclairage peut être mis en place (salles de réunion, de restauration, hall d'accueil,...).

Dans la catégorie des lampes fluorescentes, on distingue les tubes fluorescents et les lampes compactes.

### **. Les tubes fluorescents**

Les tubes fluorescents couvrent un large domaine d'applications. Ils sont utilisés dans l'ensemble des secteurs du bâtiment traité par ce guide du fait des avantages proposés :

- . efficacité lumineuse importante : de 56 [lm/W] pour la gamme standard à 75 [lm/W] pour la gamme à haut rendement,
- . bon rendu des couleurs (IRC(Ra) entre 85 et 95),
- . large gamme de teintes (entre 3 et 5 gammes de teintes proposées pour les tubes à haut rendement et les tubes standards).

Ils nécessitent néanmoins un luminaire spécifique qui incorpore les dispositifs d'allumage (le starter) et d'alimentation du tube (le ballast). Par conséquent, il est nécessaire de prendre en compte la périodicité de remplacement de ces "accessoires" pour ce type d'éclairage.

### **- Les lampes fluorescentes compactes (fluocompactes)**

Les lampes compactes présentent les qualités des tubes fluorescents, en particulier une très bonne efficacité lumineuse (de 75 [lm/W] à 80 [lm/W]), une compacité et une compatibilité avec les culots des lampes à incandescence.

Elles permettent de dégager des économies pouvant aller jusqu'à 80% par rapport aux consommations électriques des lampes "classiques". Malgré un coût unitaire élevé (entre 85 F et 150 F, tarif 1995), cette solution est économiquement rentable du fait de la durée de vie moyenne importante (entre 6 000 et 8 000 [h]).

Parmi les autres avantages de cette solution, leur faible dégagement de chaleur évite les risques de brûlure. Cette caractéristique les rend particulièrement adaptées dans les chambres d'enfants, ou de malades.... Elles réduisent également les risques d'incendie.

D'autres modèles, n'incorporant pas les dispositifs d'allumage et d'alimentation peuvent se substituer à des tubes fluorescents moins compacts. Dans ce cas, il y a lieu, d'opérer à un changement de luminaires.

Les lampes compactes présentent des particularités techniques qui entraînent certaines contraintes d'utilisation :

- leur durée de vie décroît très sensiblement si on leur applique des cycles de marche/arrêt inférieurs à 2,5 minutes, elles ne doivent donc pas être utilisées avec une minuterie,
- leur technologie ne leur permet pas d'être associées à un variateur de lumière.
- leur facteur de puissance variant de 4 à 5, un dispositif de compensation de l'énergie réactive doit être mis en place lorsqu'elles sont utilisées en grand nombre (se reporter aux caractéristiques données par les fournisseurs),

- les interférences peuvent avoir lieu entre des lampes compactes et des émetteurs-récepteurs infrarouges car celles-ci émettent dans le même spectre. Il y a donc lieu d'éloigner les lampes compactes des dispositifs infrarouges (se reporter aux distances recommandées par les fournisseurs).

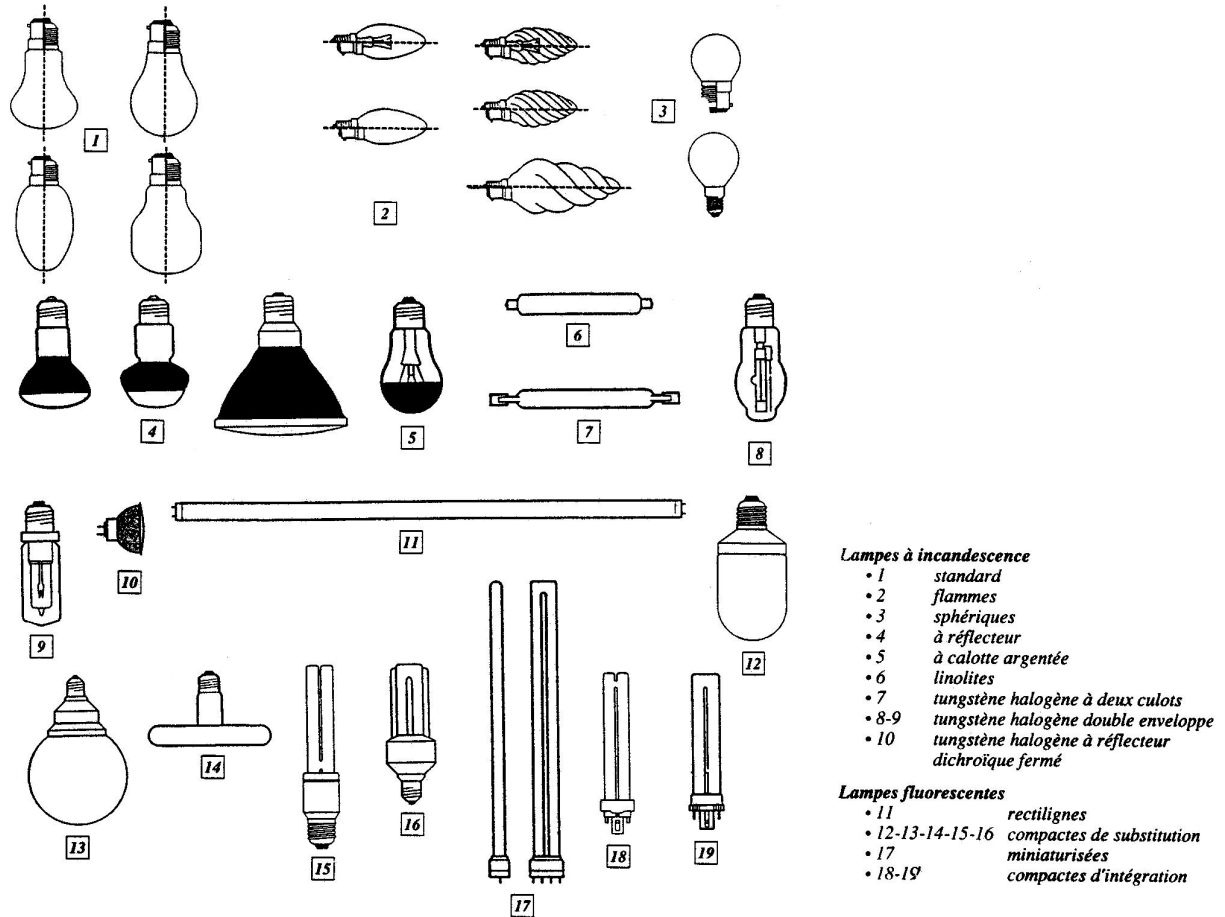


Figure 9 2: Quelques exemples typiques de grandes familles de lampes utilisées dans le bâtiment (doc. AFE)

## La distribution électrique

Si les plans topographiques d'électricité ne sont pas retrouvés, il faudra procéder à un relevé de la distribution depuis le comptage jusqu'aux circuits terminaux.

Parmi les points à relever :

- les prises et les interrupteurs portent-ils l'estampille "NF-USE" (marquage obligatoire pour l'obtention du label PROMOTELEC) ?
- existe-t-il des réseaux indépendants d'allumage des luminaires distribuant les zones à éclairage regroupé (bureaux paysagers, salles de conférences et de réunions,...) ?
- les bureaux sont-ils équipés d'un double circuit d'allumage (en règle générale, côté fenêtre et côté opposé) afin de pouvoir adapter le niveau d'éclairage en fonction des besoins ?
- chaque poste de bureau est-t-il pourvu, en complément des prises électriques prévues pour les appareils bureautiques, d'une prise (type 16 [A] + T) dédiée à l'éclairage du plan de travail ?
- les salles de classes ou de conférences comportent-t-elles un éclairage indépendant pour le tableau ?
- les circuits terminaux sont-t-ils pourvus de dispositifs de protection (coupe-circuit à fusibles, disjoncteurs) ?

Un relevé des dispositifs et des principes de commande automatique de l'éclairage en place (minuteries, programmateurs temporels, ...) doit être également effectué.

De même, le diagnostiqueur notera s'il existe des dispositifs de comptage divisionnaire en place ou s'il y a possibilité d'en installer.

Enfin s'entretenir avec le responsable technique afin de connaître les éventuels défauts de fonctionnement rencontrés, et les réclamations des usagers qui s'avèrent toujours très utiles.

### 9.1.3 Les usages

Un entretien avec le maître d'ouvrage et quelques usagers doit être effectué afin de connaître les habitudes et les comportements par rapport aux usages de l'éclairage.

Cette information est fondamentale pour évaluer le temps de marche des luminaires par zone, durant l'année, et par conséquent pour le calcul des consommations électriques et des gains prévisibles par la mise en place de solutions techniques différentes (changement de type de lampes, optimisation du fonctionnement des luminaires en fonction des usages,...).

## RECAPITULATIF

### RELEVES ECLAIRAGE

#### Sur le bâti :

- Demander le plan de masse coté et orienté.
- Vérifier les facteurs d'uniformité à partir des hauteurs sous plafond et des distances entre les luminaires.

#### Sur les installations :

- Demander les plans de la distribution électrique.
- Noter le type et les caractéristiques des lampes en place.
- Relever les puissances électriques installées par zone pour l'éclairage.
- Relever les circuits de distribution électrique.
- Noter les circuits de protection terminaux et les prises électriques.
- Relever les dispositifs de commande automatique et de programmation en place.
- Demander les relevés des éventuels compteurs déjà en place.

#### Sur les usages :

- Enquêter auprès du maître d'ouvrage, d'un responsable technique et de quelques usagers pour évaluer les temps de marche des luminaires.

#### Les questions à se poser :

- Le type de lampes en place répond-il aux besoins ?
- La puissance électrique installée pour l'éclairage est-elle bien adaptée ?
- Le fonctionnement des luminaires est-il optimisé en fonction des besoins ?
- Les circuits de distribution pour l'éclairage sont-ils adaptés ?
- Les luminaires en place ne provoquent-ils pas des perturbations sur le réseau électrique ou des interférences avec d'autres appareils ?
- Existe-t-il des compteurs divisionnaires ?

## 9.2 LES BILANS DE L'ECLAIRAGE

Pour établir un bilan des consommations électriques par tranche tarifaire pour l'éclairage, il faut connaître la puissance électrique des différents luminaires et leur temps de fonctionnement. Or, ce dernier paramètre dépend de la nature du local desservi et de son usage.

Lorsque l'éclairage est regroupé par zone, par conséquent contrôlable, ce paramètre est aisé à relever. Pour l'éclairage ponctuel, les temps de fonctionnement de l'éclairage ne sont pas toujours simples à déterminer. Le poids du facteur humain a alors une incidence très importante sur les consommations électriques.

Pour établir les formules de consommation qui sont présentées ci-dessous, nous avons procédé à certaines hypothèses sur les conditions d'usage de l'éclairage dans certains locaux.

Nous avons considéré que les temps de marche de l'éclairage des locaux correspondaient, pour certains cas, à leur période d'occupation (par exemple les zones de bureaux). Pour d'autres lieux, ils sont établis sur la base de scénarios types, indicatifs de l'usage de l'éclairage (par exemple les couloirs).

Lors d'un diagnostic électrique, ces scénarios doivent être adaptés, en fonction des cas rencontrés et des usages réels effectués in situ (interviews des usagers, visite des locaux,...). Il convient donc de relever zone par zone la durée moyenne de marche quotidienne de l'éclairage et sa répartition en fonction des heures de la journée et des périodes de l'année. Ces paramètres tiennent compte du comportement des usagers (économes, dépensiers,...), de l'incidence de l'éclairage naturel et de l'orientation géographique des différents locaux concernés. Il est ensuite conseillé d'opérer des regroupements par zone dont l'usage de l'éclairage est similaire afin de simplifier les calculs.

### 9.2.1 Consommation d'énergie

$$(9.2.1) 1 \quad \text{COPRILUM} = \sum_{j=1}^{\text{NTZES}} \text{COPRIMLUM}_j \text{ [kWh/an]}$$

*COPRIMLUM* : Consommation annuelle globale de l'éclairage [kWh/an]

*NTZES* : Nombre total de zones à éclairage similaire

*COPRIMLUM<sub>j</sub>* : Consommation annuelle de l'éclairage par zone dont l'usage est similaire [kWh/an]

*COPRILUM<sub>j</sub>* s'exprime de la manière suivante :

$$(9.2.1) 2 \quad \text{COPRIMLUM}_j = \text{PUILUM}_j \times \text{NHJ}_j \times \text{NJLUM}_j \text{ [kWh/an]}$$

*PUILUM<sub>j</sub>* : Puissance totale électrique des luminaires dans la zone considérée [kW]

*NHJ<sub>j</sub>* : Nombre d'heures de fonctionnement journalier dans la zone considérée

*NJLUM<sub>j</sub>* : Nombre de jours de fonctionnement annuel de l'éclairage pour la zone considérée.

PUILUM<sub>j</sub> est égal à :

$$(9.2.1) \quad 3 \quad \text{PUILUM}_j = \sum_{j=1}^{\text{NTZES}} \text{NLUMPID}_j \times \text{NLAMP}_j \times \text{PUILAMP}_j$$

NLUMPID<sub>j</sub> : Nombre de luminaires de puissance identique  
 NLAMP<sub>j</sub> : Nombre de lampes de puissance identique par luminaire  
 PUILAMP<sub>j</sub> : Puissance électrique d'une lampe [kW]

## 9.2.2 Bilan financier d'exploitation

Le bilan financier doit prendre en compte la part fixe d'abonnement, et surtout le prix du kWh variable en fonction du tarif, des heures de la journée et des mois de l'année. L'étude étant menée pour un bâtiment, elle regroupe les différents usages : chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage,... Le calcul de la consommation globale en francs regroupe tous ces postes.

La seule façon de déterminer des économies financières est de réaliser le bilan financier complet avant et après intervention.

De ce fait, la consommation calculée précédemment (formule 9.2.1.1) doit être répartie sur les heures de la journée et sur les mois de l'année pour lui faire correspondre un prix de kWh adapté.

Les profils d'occupation pris en compte dans les calculs ci-après sont donnés au paragraphe 1.3 du présent document, sauf indications spécifiques données ci-après.

### • BUREAUX

#### . Périodes journalières de fonctionnement

ZONE	LUNDI AU VENDREDI
Bureaux	De 8h à 12h et de 13h à 17h
Couloirs	De 7h à 18h
Extérieur	De 20h à 8h

#### . Calcul des consommations par zone

### TARIF JAUNE

. zone de bureaux regroupés :

$$(9.2.2.) \quad 1 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{bur}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{bur}} \times (0,43 \text{ PKHPH} + 0,57 \text{ PKHPE})$$

FCOPRIMLUM<sub>bur</sub> : Consommation annuelle de l'éclairage dans la zone considérée [FHT/an],  
 COPRIMLUM<sub>bur</sub> : Consommation annuelle de l'éclairage dans la zone considérée [kWh/an],  
 PKHPH : Prix du kWh en heures pleines d'hiver en FHT,  
 PKHPE : Prix du kWh en heures pleines d'été en FHT.

. zone de bureaux séparés :

$$(9.2.2.) 2 \quad FCOPRIMLUM_{bur} = COPRIMLUM_{bur} \times (0,43 PKHPH + 0,57 PKHPE)$$

. zone de couloirs

$$(9.2.2.) 3 \quad FCOPRIMLUM_{coul} = COPRIMLUM_{coul} \times (0,43 PKHPH + 0,57 PKHPE)$$

. extérieur

$$(9.2.2.) 4 \quad FCOPRIMLUM_{ext} = COPRIMLUM_{ext} \times (0,14 PKHPH + 0,29 PKHCH + 0,19 PKHPE + 0,38 PKHCE)$$

PKHCH : *Prix du kWh en heures creuses d'hiver en FHT,*

PKHCE : *Prix du kWh en heures pleines d'été en FHT.*

La consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs est obtenue par l'expression suivante :

$$(9.2.2.) 5 \quad FCOPRIMLUM = FCOPRIMLUM_{bur} + FCOPRIMLUM_{coul} + FCOPRIMLUM_{ext}$$

## TARIF VERT

. zone de bureaux regroupés :

$$(9.2.2.) 6 \quad FCOPRIMLUM_{bur} = COPRIMLUM_{bur} \times (0,062 PKP + 0,348 PKHPH + 0,59 PKHPE)$$

. zone de bureaux séparés :

$$(9.2.2.) 7 \quad FCOPRIMLUM_{bur} = COPRIMLUM_{bur} \times (0,060 PKP + 0,37 PKHPH + 0,57 PKHPE)$$

. zone de couloirs :

$$(9.2.2.) 8 \quad FCOPRIMLUM_{coul} = COPRIMLUM_{coul} \times (0,045 PKP + 0,384 PKHPH + 0,571 PKHPE)$$

. extérieur :

$$(9.2.2.) 9 \quad FCOPRIMLUM_{ext} = COPRIMLUM_{ext} \times (0,014 PKHPH + 0,29 PKHCH + 0,19 PKHPE + 0,38 PKHCE)$$

La consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs est obtenue par l'expression suivante :

$$(9.2.2.) 10 \quad FCOPRIMLUM = FCOPRIMLUM_{bur} + FCOPRIMLUM_{coul} + FCOPRIMLUM_{ext}$$

## • ETABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT

### . Périodes journalières de fonctionnement

ZONE	LUNDI AU VENDREDI	MERCREDI ET SAMEDI
Salles d'enseignement	De 8h à 12h et de 14h à 17h	De 8h à 12h
Couloirs	De 7h à 18h	De 7h à 12h30
Restauration	De 9h à 15h	

### . Calcul des consommations par zone

#### TARIF JAUNE

. salles d'enseignement :

$$(9.2.2.) 11 \quad FCOPRIMLUM_{ens} = COPRIMLUM_{ens} \times (0,503 \text{ PKHPH} + 0,497 \text{ PKPHE})$$

. couloirs :

$$(9.2.2.) 12 \quad FCOPRIMLUM_{coul} = COPRIMLUM_{coul} \times (0,53 \text{ PKHPH} + 0,47 \text{ PKHPE})$$

. restauration :

$$(9.2.2.) 13 \quad FCOPRIMLUM_{rest} = COPRIMLUM_{rest} \times (0,504 \text{ PKHPH} + 0,496 \text{ PKHPE})$$

La consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs est obtenue par l'expression suivante :

$$(9.2.2.) 14 \quad FCOPRIMLUM = FCOPRIMLUM_{ens} + FCOPRIMLUM_{coul} + FCOPRIMLUM_{rest}$$

#### TARIF VERT

. salles d'enseignement :

$$(9.2.2.) 15 \quad FCOPRIMLUM_{ens} = COPRIMLUM_{ens} \times (0,088 \text{ PKP} + 0,415 \text{ PKHPH} + 0,497 \text{ PKHPE})$$

. couloirs :

$$(9.2.2.) 16 \quad FCOPRIMLUM_{coul} = COPRIMLUM_{coul} \times (0,082 \text{ PKP} + 0,448 \text{ PKHPH} + 0,47 \text{ PKHPE})$$

. restauration :

$$(9.2.2.) 17 \quad FCOPRIMLUM_{rest} = COPRIMLUM_{rest} \times (0,093 \text{ PKP} + 0,411 \text{ PKHPH} + 0,49 \text{ PKHPE})$$

La consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs est obtenue par l'expression suivante :

$$(9.2.2.) 18 \quad FCOPRIMLUM = FCOPRIMLUM_{ens} + FCOPRIMLUM_{coul} + FCOPRIMLUM_{rest}$$



## • ETABLISSEMENTS DE SOINS

### . Périodes journalières de fonctionnement

ZONE	LUNDI AU DIMANCHE
Chambres	De 6h à 19h
Couloirs	De 6h à 24h
Salles de soins	De 9h à 20h
Urgences	De 0h à 24h
Divers (consultations,...)	De 8h à 20h
Cafétéria et restauration	De 6h à 15h et de 18h à 22h
Extérieur	De 20h à 8h

### . Calcul des consommations par zone

#### TARIF JAUNE

. chambres :

$$(9.2.2.) 19 \quad FCOPRIMLUM_{chamb} = COPRIMLUM_{chamb} \times (0,41 \text{ PKHPH} + 0,59 \text{ PKPHE})$$

. couloirs :

$$(9.2.2.) 20 \quad FCOPRIMLUM_{coul} = COPRIMLUM_{coul} \times (0,368 \text{ PKHPH} + 0,096 \text{ PKHCH} + 0,521 \text{ PKHE} + 0,065 \text{ PKHCE})$$

. salles de soins :

$$(9.2.2.) 21 \quad FCOPRIMLUM_{soins} = COPRIMLUM_{soins} \times (0,276 \text{ PKHPH} + 0,138 \text{ PKHCA} + 0,391 \text{ PKHPE} + 0,195 \text{ PKHCE})$$

. urgences :

$$(9.2.2.) 22 \quad FCOPRIMLUM_{urg} = COPRIMLUM_{urg} \times (0,42 \text{ PKHPH} + 0,58 \text{ PKHPE})$$

. divers :

$$(9.2.2.) 23 \quad FCOPRIMLUM_{div} = COPRIMLUM_{div} \times (0,41 \text{ PKHPH} + 0,59 \text{ PKHPE})$$

. restauration :

$$(9.2.2.) 24 \quad FCOPRIMLUM_{rest} = COPRIMLUM_{rest} \times (0,42 \text{ PKHPH} + 0,59 \text{ PKHPE})$$

. extérieur :

$$(9.2.2.) 25 \quad FCOPRIMLUM_{ext} = COPRIMLUM_{ext} \times (0,07 \text{ PKHPH} + 0,1 \text{ PKHCH} + 0,05 \text{ PKHPE} + 0,49 \text{ PKHCE})$$

**TARIF VERT**

. chambres :

$$(9.2.2.) 26 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{chamb}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{chamb}} \times (0,04 \text{ PKP} + 0,32 \text{ PKHPH} \\ + 0,06 \text{ PKHCH} + 0,5 \text{ PKHPE} + 0,08 \text{ PKHCE})$$

. couloirs :

$$(9.2.2.) 27 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{coul}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{coul}} \times (0,048 \text{ PKP} + 0,251 \text{ PKHPH} \\ + 0,099 \text{ PKHCH} + 0,46 \text{ PKHPE} + 0,142 \text{ PKHCE})$$

. salles de soins :

$$(9.2.2.) 28 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{soins}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{soins}} \times (0,06 \text{ PKP} + 0,29 \text{ PKHPH} \\ + 0,06 \text{ PKHCH} + 0,5 \text{ PKHPE} + 0,09 \text{ PKHCE})$$

. urgences :

$$(9.2.2.) 29 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{urg}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{urg}} \times (0,036 \text{ PKP} + 0,202 \text{ PKHPH} \\ + 0,178 \text{ PKHCH} + 0,335 \text{ PKHPE} + 0,251 \text{ PKHCE})$$

. divers :

$$(9.2.2.) 30 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{div}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{div}} \times (0,06 \text{ PKP} + 0,3 \text{ PKHPH} \\ + 0,06 \text{ PKHCH} + 0,5 \text{ PKHPE} + 0,08 \text{ PKHCE})$$

. restauration :

$$(9.2.2.) 31 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{rest}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{rest}} \times (0,06 \text{ PKP} + 0,3 \text{ PKHPH} + \\ + 0,06 \text{ PKHCH} + 0,5 \text{ PKHPE} + 0,08 \text{ PKHCE})$$

. extérieur :

$$(9.2.2.) 32 \quad \text{FCOPRIMLUM}_{\text{ext}} = \text{COPRIMLUM}_{\text{ext}} \times (0,05 \text{ PKHPH} + 0,38 \text{ PKHCH} + \\ + 0,07 \text{ PKHPE} + 0,5 \text{ PKHCE})$$

Dans le cas des 2 tarifs, la consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs s'exprime par la somme des consommations FCOPRIMLUM<sub>i</sub> (FCOPRIMLUM<sub>chamb</sub>, FCOPRIMLUM<sub>coul</sub>,... ) calculées précédemment pour les différentes zones d'éclairage.

## • HOTELS

### . Périodes journalières de fonctionnement

ZONE	LUNDI AU DIMANCHE
Chambres	De 6h à 9h, de 21h à 23h
Bar et restauration	De 6h à 15h, de 18h à 23h

### . Calcul des consommations par zone :

#### TARIF JAUNE

. chambres :

$$(9.2.2.) 33 \quad FCOPRIMLUM_{\text{chamb}} = COPRIMLUM_{\text{chamb}} \times (0,08 \text{ PKHCH} + 0,33 \text{ PKHPH} + 0,12 \text{ PKHCE} + 0,47 \text{ PKHCE})$$

. restauration :

$$(9.2.2.) 34 \quad FCOPRIMLUM_{\text{rest}} = COPRIMLUM_{\text{rest}} \times (0,03 \text{ PKHCH} + 0,39 \text{ PKHPH} + 0,04 \text{ PKHCE} + 0,54 \text{ PKHCE})$$

La consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs est obtenue par l'expression suivante :

$$(9.2.2.) 35 \quad FCOPRIMLUM = FCOPRIMLUM_{\text{chamb}} + FCOPRIMLUM_{\text{rest}}$$

#### TARIF VERT

:

. chambres

$$(9.2.2.) 36 \quad FCOPRIMLUM_{\text{chamb}} = COPRIMLUM_{\text{chamb}} \times (0,15 \text{ PKHCH} + 0,32 \text{ PKHPH} + 0,44 \text{ PKHCE} + 0,09 \text{ PKHCE})$$

. restauration :

$$(9.2.2.) 37 \quad FCOPRIMLUM_{\text{rest}} = COPRIMLUM_{\text{rest}} \times (0,05 \text{ PKP} + 0,08 \text{ PKHCH} + 0,29 \text{ PKHPH} + 0,1 \text{ PKHCE} + 0,48 \text{ PKHCE})$$

La consommation électrique annuelle FCOPRIMLUM en francs est obtenue par l'expression suivante :

$$(9.2.2.) 38 \quad FCOPRIMLUM = FCOPRIMLUM_{\text{chamb}} + FCOPRIMLUM_{\text{rest}}$$

## 9.3 LES INTERVENTIONS SUR L'ECLAIRAGE

### 9.3.1 Les différents types d'interventions

Il est aisé de classer les interventions sur l'éclairage en 6 familles :

- le remplacement des lampes et des luminaires,
- la réduction des temps de fonctionnement,
- l'optimisation de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle,
- l'adaptation du tarif électrique,
- le remplacement du matériel de distribution et de commande,
- le comptage.

#### Remplacement des lampes et des luminaires

Les principales caractéristiques des lampes utilisées dans le bâtiment sont présentées dans le paragraphe 9.1.

Le tableau ci-dessous (figure 9.3.1) fournit une synthèse de ces caractéristiques, ainsi que des valeurs indicatives d'économies en [kWh] réalisables par le remplacement de lampes classiques par des lampes plus économes.

Lampes	Puissance [W]	Température de couleur [K]	Rendu des couleurs IRC (Ra)	(*) Efficacité lumineuse [lm/W]	Durée de fonctionne- ment moyenne [h]	(**) Economie %
<b>A incandescence</b> Standard	40 à 1 000	2 700	100	14	1 000	
Tungstène halogène . simple enveloppe	100 à 500	3 000	100	16	2 000	12,5
. double enveloppe	60 à 500	3 000	100	16	2 000	12,5
. très basse tension	15 à 500	3 000	100	20	2 000	30
<b>Fluorescentes</b> Tubes						
. standard	18 à 58	2 900 à 6 500	50 à 76 85	56 75	8 000 8 000	75 82
. haut rendement	18 à 58	2 700 à 6 500				
Lampes compactes . alimentation intégrée électronique	5 à 32	2 700	85	60	8 000	76
. alimentation intégrée conventionnelle	9 à 25	2 700	85	48	6 000	71
. alimentation séparée	5 à 55	2 700 à 4 000	85	66	6 000	80

(\*) Les valeurs d'efficacité lumineuse sont données pour des lampes délivrant un flux de 1 000 [lm].

(\*\*) Les valeurs d'économie correspondent à des pourcentages d'économie sur les consommations électriques par rapport à la solution de référence : la lampe à incandescence classique.

Figure 9.3.1. 1 - Synthèse des caractéristiques des lampes et valeurs indicatives d'économie

Le remplacement des lampes classiques par des lampes plus performantes est évidemment préconisé.

Cependant, les économies d'énergie réalisables ne doivent pas être le seul critère de choix. D'autres paramètres doivent être pris en compte pour satisfaire au confort visuel des usagers, en particulier :

- l'indice de rendu des couleurs,
- la température de couleur.

### **Réduction des temps de fonctionnement**

Les interventions permettant une réduction des temps de fonctionnement des luminaires sont les suivantes :

#### **- Mise en place de minuteries**

Les minuteries sont préconisées dans les zones à fréquentation aléatoire. Elles sont mises en marche par action sur un interrupteur (utilisé en particulier dans les couloirs ou les halls d'entrée des bâtiments de logements collectifs ou des hôtels), ou encore par détection de présence notamment dans les zones aveugles (couloirs, escalier et locaux sombres).

Il est nécessaire de vérifier que le réglage de la temporisation des minuteries est adapté aux locaux desservis. Il faut noter que des allumages très fréquents réduisent la durée de vie des luminaires. Des durées de fonctionnement temporisation très réduites ne sont donc pas nécessairement les plus économiques dans les endroits aux passages fréquents.

#### **- Mise en place de programmateurs temporels**

Les programmateurs temporels sont des dispositifs permettant la programmation du fonctionnement de l'éclairage d'une ou de plusieurs zones du bâtiment à partir de programmes horaires définis.

Les programmes temporels peuvent être journaliers, mensuels ou encore annuels avec la prise en compte des périodes de congés et du changement d'heure été/hiver.

Les programmateurs peuvent disposer d'une ou plusieurs voies en fonction de la complexité de l'appareil. Il peut être dérogé manuellement à leur programmation.

Leur mise en place peut nécessiter de revoir la conception des réseaux électriques pour optimiser la gestion de l'éclairage des locaux en fonction de l'occupation.

Pour des petits bâtiments découpés en un nombre restreint de zones, des programmateurs autonomes suffisent largement.

Pour des bâtiments moyens (à partir de 500 m<sup>2</sup>) plus complexes à gérer, en particulier dans le tertiaire, la mise en place d'un système de programmation communicant peut être prévu.

Il existe des systèmes de programmation à courant porteur et infrarouge, ou à fréquences radios. Ils présentent l'avantage de pouvoir effectuer des commandes groupées sans modification sur le câblage électrique. Ils sont préconisés dans les bâtiments existants.

Des systèmes mettant en oeuvre un bus de communication peuvent également être prévus. Il convient alors de bien décomposer le bâtiment en plusieurs zones distinctes à partir desquelles il sera bâti un maillage des réseaux électriques permettant d'optimiser la programmation de l'éclairage.

Les systèmes de GTB permettent de réaliser une telle gestion centralisée de l'éclairage d'un bâtiment.

La mise en place de tels systèmes est recommandée dans les bâtiments neufs. Les gains apportés sont d'autant plus importants que les circuits de distribution électrique pour l'éclairage sont divisés.

TARIF	PROGRAMMES HORAIRES	(*) ECONOMIE %
Jaune - Option de base Version : utilisations moyennes	6 h à 22 h	20
	6 h à 20 h	30
	6 h à 18 h	40
	8 h à 17 h	55
Vert A5 - Option de base Version : utilisations moyennes	6 h à 22 h	16
	6 h à 20 h	26
	6 h à 18 h	38
	8 h à 17 h	53

(\*) Les pourcentages d'économie sont calculés par rapport à un fonctionnement journalier de 24 heures.

Figure 9.3. 2 - Pourcentages d'économie sur le coût d'exploitation et pour différents programmes horaires dans une zone de bureaux paysagers.

### Optimisation de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle

Les interventions permettant l'optimisation de l'éclairage en fonction de la lumière naturelle sont les suivantes :

#### - Réorganisation du zonage

Un placement rationnel des plans de travail (éclairage naturel maximum), en particulier dans les bureaux, peut amener à diminuer l'usage des luminaires et par conséquent à réduire les consommations électriques.

#### - Mise en place de gradateurs

Le principe de la gradation est de moduler l'éclairage d'un local en fonction des besoins et de la lumière naturelle. Elle peut s'opérer manuellement ou automatiquement.

Sur des tubes fluorescents, il existe deux types de gradateurs :

- les gradateurs opérant par variation de tension. Les tubes fluorescents doivent avoir un minimum de tension entre les électrodes avant leur décrochement, ce qui limite la chute de la puissance fournie, donc la marge de modulation. Ce type de gradateur nécessite la mise en place d'une compensation de l'énergie réactive,

- les gradateurs opérant par variation de fréquence. Ces dispositifs sont utilisés avec des tubes fluorescents HF. Ils permettent d'obtenir une plage de modulation du flux lumineux émis de 100 % à 25 %.

Des tests menés sur ces deux types de gradateurs et sur différents modèles de lampes ont montré des économies réalisables sur les consommations électriques de l'ordre de 35 % par rapport à des lampes traditionnelles.

La mise en place de gradateurs est recommandée en particulier pour l'éclairage des salles de conférences et des bureaux.

### - Mise en place d'interrupteurs crépusculaires

Les interrupteurs crépusculaires ont pour rôle de commander l'extinction des luminaires lorsque l'éclairage naturel est supérieur à un certain seuil. L'allumage des luminaires peut s'effectuer également automatiquement, mais dans la pratique cette opération est laissée généralement à l'utilisateur à partir d'un interrupteur.

Pour l'éclairage extérieur, ils sont utilisés en association avec une horloge de programmation (soir : allumage crépusculaire, extinction par horloge - matin : allumage par horloge, extinction crépusculaire).

Pour le bon fonctionnement de ces appareils, il faut respecter certaines recommandations :

- . la cellule photoélectrique doit être placée judicieusement afin d'éviter des déclenchements provoqués par une source lumineuse artificielle.
- . l'interrupteur doit être muni d'une temporisation afin d'éliminer les extinctions intempestives provoquées par de fortes variations de l'éclairage naturel extérieur.

La mise en place d'interrupteurs crépusculaires est recommandée dans les zones de bureaux à fort niveau d'éclairement naturel.

Il existe aussi des «horloges intelligentes» qui calculent pour chaque jour de l'année l'heure d'extinction et l'heure d'autorisation d'allumage des luminaires. De telles horloges doivent être surveillées pour qu'elles ne se trouvent pas décalées. Elles doivent également être remises à l'heure aux changements été - hiver.

Il existe de telles horloges qui reçoivent des signaux horaires par voie hertzienne et qui sont donc calées automatiquement.

Pour les calculs d'économie d'énergie, on pourra se servir du tableau suivant qui donne les moyennes mensuelles de durée du jour (valeurs mesurées à une latitude de 49° Nord, mais qui peuvent s'appliquer à toute la France).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Durée du jour en heures	8.6	10.0	11.7	13.4	14.9	15.8	15.5	14.1	12.4	10.7	9.1	8.3

### **Adaptation du tarif électrique**

L'éclairage n'est pas la seule utilisation rattachée au poste de comptage EDF. Si l'on fait varier un point important de la consommation, ou de la répartition sur les périodes tarifaires, il est judicieux de simuler la nouvelle facturation annuelle avec un tableur adapté. En cas de possibilité d'évolution à la baisse, un nouveau tarif sera négocié avec EDF.

### **Remplacement du matériel de distribution et de commande**

Le remplacement du matériel usagé ou inadapté pour la distribution et la commande de l'éclairage est bien sûr préconisé.

### **Comptage**

Le comptage divisionnaire de l'éclairage permet un suivi des consommations. Il est particulièrement recommandé lorsque ce poste représente un poids important sur la facture EDF.



**RECAPITULATIF****INTERVENTIONS EN ECLAIRAGE****Sur le bâti**

- Réorganisation des postes de travail par rapport à l'éclairage naturel.

**Sur les installations**

- Remplacement des lampes et des luminaires par des appareils plus économes.
- Division des réseaux électriques pour l'éclairage.
- Mise en place de minuteries.
- Mise en place de programmateurs.
- Pose d'interrupteurs crépusculaires.
- Pose de gradateurs.
- Changement des matériels de distribution et de commande.
- Pose de compteurs divisionnaires.

### 9.3.2 Instrumentation envisageable

Rappelons que pour intervenir sur les installations électriques, il est nécessaire d'être muni d'une habilitation délivrée généralement par un organisme de formation spécialisé.

L'instrumentation envisageable porte sur deux points : l'évaluation des consommations électriques et le contrôle du niveau moyen d'éclairage.

#### Evaluation des consommations électriques

En fonction du maillage de la distribution électrique pour l'éclairage, l'appareillage de mesure et de relevé peut être placé en amont de chaque zone ou de chaque départ électrique :

- . Matériels d'instrumentation « légers » : multimètres, ampèremètres, wattmètres, pinces ampèremétriques.
- . Matériels d'instrumentation plus « lourds » : analyseurs de réseaux ou d'énergie.  
Ces matériels sont moins utiles pour cerner les usages de l'éclairage qui réclament plusieurs points d'enregistrement disséminés. Des enregistrements de temps de fonctionnement à partir d'états « marche/arrêt » suffisent.

Notons qu'au moyen de simples boîtes autonomes d'acquisition d'impulsions, il est possible de relever des consommations d'énergie à partir des compteurs divisionnaires équipés d'un émetteur d'impulsions.

Il est également possible de relier des enregistreurs autonomes de comptage de temps de fonctionnement sur des contacts auxiliaires mis en place dans les armoires au niveau des départs électriques. Ce relevé peut fournir une estimation de l'énergie consommée pour l'éclairage par zone si les réseaux sont bien séparés.

#### Contrôle du niveau moyen d'éclairage

L'appareillage de contrôle doit au minimum se composer d'un luxmètre qui mesure l'éclairage en [ $\text{lux}/\text{m}^2$ ] ou en [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

### 9.3.3 Quelques ratios

Le tableau ci-après donne quelques ratios par typologie de bâtiment (source CFE).

TYPLOGIE	CONSOMMATION D'ELECTRICITE
Hôtellerie	10 à 15 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Enseignement	25 à 30 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Santé	30 à 50 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Bureau	30 à 50 [kWh/m <sup>2</sup> ]
Logement	20 à 24 [kWh/m <sup>2</sup> ]

Figure 9.3. 3 - Ratios de consommations d'électricité dues à l'éclairage des locaux

### 9.3.4 Réglementation et recommandations

#### Réglementation en vigueur

Le Code du travail et les décrets de 1983 fixent des règles relatives à l'éclairage concernant les lieux de travail. Il s'agit d'un éclairage minimum pour des raisons de sécurité.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des valeurs minimales à respecter.

Locaux affectés au travail et leurs dépendances	Valeurs minimales d'éclairage
Voies de circulation intérieure	40 [lux]
Escaliers et entrepôts	60 [lux]
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120 [lux]
Locaux aveugles affectés à un travail permanent	200 [lux]
Zones et voies de circulation extérieures	10 [lux]
Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40 [lux]

Figure 9.3. 4 - Valeurs minimales d'éclairage pour des locaux de travail

Il existe aussi deux normes : NF S 40 001 et UTE C 71 121 qui permettent de déterminer des éclairages sur les diverses parois d'un local.

## Recommandations

Recommandations relatives à l'éclairage intérieur.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des recommandations relatives à l'éclairage intérieur (source : Association Française de l'Eclairage).

	Eclairage moyen à maintenir [lux] (*)	Eclairage moyen en service [lux] (**)
<b>BUREAUX</b>		
Travaux généraux	425	500
Dactylographie	425	500
Salles de dessin	850	1 000
<b>ENSEIGNEMENT</b>		
Salle de classe	325	400
Tableaux	425	500
Amphithéâtres	325	400
Laboratoires	625	750
Salles de dessin	425	500
Salles de lecture	425	500
<b>LOGEMENT (par activité)</b>		
Lecture	325	400
Travail écolier	325	400
Couture	425 à 625	500 à 750
Coucher	175	200
Cuisine	425	500
Bricolage	425	500
<b>HOTELS</b>		
Réception, hall	250	300
Salle à manger	250	300
Cuisines	425	500
Chambres	250	300

(\*) Valeurs de l'éclairage moyen à maintenir correspondant à la période de "vieillessement".

(\*\*) Valeurs de l'éclairage moyen en service correspondant à la période de fonctionnement normal.

Figure 9.3. 5 - Recommandations relatives à l'éclairage intérieur

## Spécifications du Label PROMOTELEC ECLAIRAGE "salles de classe et bureaux"

Les principales spécifications présentées ci-dessous doivent être respectées pour l'attribution du label PROMOTELEC concernant les salles de classes et les bureaux. Le label ne s'applique pas aux bâtiments de logements, d'hôtellerie et de restauration, ni aux établissements de soins.

Il est attribué pour :

- la rénovation totale et partielle d'une installation,
- l'aménagement des locaux neufs.

Spécifications techniques :

Les spécifications liées à la sécurité des biens et des personnes sur le plan électrique, l'entretien et les contrôles d'éclairage, ne sont pas présentées dans ce guide. Se reporter aux fascicules PROMOTELEC pour l'obtention de ces informations complémentaires.

- Eclairage et installation électrique des bureaux

Eclairage moyen initial sur le plan de travail : > 500 [lux]

Facteur d'uniformité : > 0,8

Température de couleur ( $T_{cp}$ ) : entre 3 000 [K] et 4 000 [K]

Indice de rendu des couleurs IRC( $R_a$ ) : > 85

Type de lampes et de luminaires : se reporter à liste publiée par le Syndicat de l'Eclairage

Installation électrique : double allumage de l'éclairage général, trois prises côte à côte de 16 [A] + T pour chaque poste de travail (une pour l'éclairage et deux pour la Bureautique).

- Eclairage et installation électrique des salles de classe

Eclairage moyen initial sur le plan de travail : > 500 [lux]

Facteur d'uniformité : > 0,8

Eclairage moyen initial sur la surface des tableaux de classes : > 625 [lux]

Facteur d'uniformité au niveau des tableaux de classes > 0,5

Température de couleur ( $T_{cp}$ ) : environ 4 000 [K]

Indice de rendu des couleurs IRC( $R_a$ ) : > 85

Type de lampes et de luminaires : se reporter à la liste publiée par le Syndicat de l'Eclairage

Installation électrique : double allumage de l'éclairage général, un allumage indépendant pour le tableau, deux prises côte à côte de 16 [A] + T (pour un téléviseur et un magnétoscope) et une en fond de classe (pour un projecteur).

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Eclairage : les dernières innovations techniques  
Revue BATIMENT RELATION ELEC n°5 1995
- [2] Eclairage intérieur dans le tertiaire  
Revue QUALITA n°27 1991
- [3] Colloque "MAITRISE DE LA DEMANDE D'ELECTRICITE" - Résumé  
d'interventions  
Ademe - EDF - Ministère de l'industrie, des postes et télécommunications et du  
commerce extérieur
- [4] L'éclairage dans les locaux scolaires  
Compte rendu de réunion CEGIBAT - 18.9.91
- [5] Documentation générale PHILIPS - ECLAIRAGE 95/96
- [6] Documents tarification - CFE
- [7] Documents PROMOTELEC - CFE
- [8] Recommandations relatives à l'éclairage intérieur des lieux de travail - AFE
- [9] L'éclairage économe et performant des locaux industriels et tertiaires - ATEE et IFE
- [10] Séminaire "MUSE HT 90" - AFME - Service habitat et tertiaire
- [11] Automatismes du bâtiment : l'éclairage - LEGRAND

