



## DEFI « ECLAIRAGE »

*L'éclairage, c'est minimum 40% de la consommation électrique de l'école ! Probablement plus de 20 Euros par élève et par an...*

*Le défi à relever est de faire le check-up du système d'éclairage, d'analyser ses défauts, et de proposer des manières de diminuer la consommation !*

### 1. Enquête :

Le niveau d'éclairement :

- La luminosité est-elle suffisante (éclairage normalisé : 300 lux sur les tables dans les classes, 500 lux sur le tableau, 100 lux dans les couloirs) ?

La technologie des luminaires :

- Les lampes sont-elles efficaces ? Y a-t-il des lampes à incandescence ? Y a-t-il des tubes fluorescents de gros diamètre (38 mm) ?
- Le luminaire est-il adéquat ? Réfléchit-il bien la lumière vers le bas ? Y a-t-il des diffuseurs (dits opalins) qui absorbent une grande part de la lumière ?
- Les murs des locaux sont-ils de couleurs claires ?
- La lumière est-elle directe ? (les luminaires indirects, du type halogène, éclairent les murs et les plafonds... qui eux-mêmes éclairent le local)
- Le soleil est-il parfois très éblouissant au point que, pour pouvoir lire le tableau, il faille tirer toutes les tentures et allumer dans la classe ?

La gestion des luminaires :

- Des lampes pourraient-elles être dévissées de façon permanente ? (un tube sur deux dans les luminaires le long des fenêtres ? Lampes éclairant des zones peu utilisées de la classe (= simple passage) ?)
- Pendant les cours, les luminaires restent-ils souvent allumés pour personne dans les couloirs ?
- Les luminaires extérieurs (cours de récréation, abords, ...) sont-ils parfois allumés alors qu'il fait encore clair ?
- Les occupants éteignent-ils leurs lampes en quittant leurs locaux ?

- Les occupants éteignent-ils tout ou partie des lampes d'un local lorsque l'éclairage naturel augmente durant la journée ?
- Si les lumières sont éteintes dans les classes sur le temps de midi, sont-elles rallumées en début d'après-midi ?
- Le réfectoire est-il éteint avant et après le temps de midi ?
- Les luminaires sont-ils en permanence allumés dans les WC ?
- Les couloirs sont-ils éteints à la fin des cours ?

La sensibilité des occupants de l'école :

- Pour motiver les élèves, il est utile de chiffrer ce que coûte l'éclairage de l'école. Partez des puissances installées (indiquées sur les lampes), estimez le nombre d'heures de fonctionnement, totalisez pour l'ensemble de l'école et chiffrez en le coût sur base du prix moyen du kWh de jour (voir facture, taxes comprises). A défaut, prenez 0,14 Euros/kWh pour une grosse école et 0,18 Euros/kWh, frais de distribution et taxes comprises.
- Vaut-il mieux automatiser la gestion des luminaires au maximum (détecteur de présence, par exemple) ou éduquer les occupants de l'école ?
- Quelle est la sensibilité des occupants face au problème de la consommation de l'éclairage ? (ils s'en désintéressent totalement ? Ils seraient d'accord d'agir mais ils ne savent pas comment ? ...)
- Qu'est-ce qui les motiveraient ? Connaître le budget que l'école consacre à s'éclairer ? Recevoir une partie de l'argent économisé ? Pour faire quoi ?...

## **2. Bilan de l'enquête :**

Votre diagnostic global de l'éclairage du local :

.....  
 .....

## **3. Solutions possibles :**

Technologie

- Dévisser les lampes de votre classe qui sont surabondantes.
- Eteindre les lampes lorsque la luminosité naturelle est suffisante.
- Remplacer les lampes à incandescences et les halogènes par des lampes économiques fluo-compactes.
- Remplacer les vieux tubes fluo de diamètre 38 mm par des tubes 26 mm
- Améliorer la réflexion du luminaire vers le bas. Retirer/nettoyer les opalins ? Mettre des réflecteurs sur le plafond (surtout si sombre) formé de cartons/panneau unalut recouvert de film aluminium ?...
- Installer un luminaire éclairant spécifiquement le tableau pour ne pas avoir à fermer toutes les tentures en cas d'éblouissement par le soleil.
- Repeindre les murs par des couleurs claires.
- Dans les locaux administratifs, placer des lampes de bureaux pour éviter l'éclairage général.

### Gestion

- Mettre des minuteries dans les couloirs (réglés pour une extinction après 3 minutes, par exemple)
- Mettre quelques lampes économiques fluo-compactes pour assurer un éclairage de base permanent aux endroits stratégiques, du type les 2 bouts des couloirs pour éviter d'allumer toutes les lampes. Ces lampes seraient commandées via horloge, ou via horloge + détecteur de luminosité.
- Mettre des détecteurs de présence + minuteries dans les sanitaires pour allumer/éteindre des lampes fluo-compactes. Ce sont des lampes de meilleure qualité, prévues pour des allumages et extinctions fréquents.
- Installer des détecteurs de présence dans les locaux occupés de façon irrégulière (salles de réunion,...)
- Mettre des interrupteurs crépusculaires sur les luminaires extérieurs (cours de récréation) + horloges
- Modifier le raccordement électrique des luminaires pour que la rangée des lampes le long des fenêtres soit allumée avec un bouton distinct des luminaires intérieurs (*c'est parfois très simple, parfois très coûteux ... suivant le schéma électrique existant*).

### Sensibilisation

- Sensibiliser les occupants du bâtiment à une meilleure gestion de leur éclairage

- Motiver les autres élèves et enseignants à dévisser certaines lampes dans leur classe en leur montrant, luxmètre à l'appui, les possibilités et en leur présentant les gains attendus.
- Négocier avec la direction un projet fifty/fifty pour motiver tous les élèves.

## 4. Plan d'actions

Qui fait quoi ?

- rédaction du projet
- information de la direction (des services techniques de l'école)
- mise en œuvre
- information des utilisateurs / sensibilisation
- évaluation après 1 semaine / 3 mois de fonctionnement

## 5. Infos complémentaires :

### Table des matières

- Y a-t-il un ratio de puissance électrique pour repérer un gaspillage ?
- Explication du calcul de l'énergie consommée par l'éclairage
- Explication de l'efficacité d'une lampe
- Tableau de l'efficacité des lampes en fonction du type de lampe
- Explication de la notion d'éclairement en Lux et niveau d'éclairement normalisé
- Les différentes lampes, leur durée de fonctionnement
- Une analyse comparée de la consommation des lampes (incandescence et fluo compacte) durant leur durée de vie.
- Les différents modes d'allumage des lampes
- Peut-on couper l'éclairage pour 5 minutes ? Parler de l'énergie grise des lampes !
- Les mauvais rendements des luminaires
- Comment mesurer la luminosité ?
- Construire un détecteur électronique de seuil de luminosité ?
- Construire des réflecteurs de lumière ?
- Illustrer la différence entre éclairage direct et indirect.
- Peut-on dévisser des lampes le long de la façade ?

- **Y a-t-il un ratio de puissance électrique témoin d'un gaspillage ?**

Dans un local, si le total de la puissance installée des lampes est supérieure à 15 W/m<sup>2</sup> au sol, il y a vraiment des économies importantes possibles. On peut envisager un « relighting » du local. Mais cette situation est très rare dans les écoles et même si c'est le cas, le remplacement complet des luminaires est difficilement rentable.

Il faut donc additionner la puissance des lampes en place et diviser par la surface du local.

Une installation efficace d'aujourd'hui demande 8 W/m<sup>2</sup> pour obtenir 300 Lux sur les tables de travail.

- **Explication du calcul de l'énergie consommée par l'éclairage**

Energie = Puissance x Temps

Ex : une lampe de 60 W qui fonctionne durant 24 h consomme :

$$60 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 1440 \text{ Wh} = 1,44 \text{ kWh}$$

Le coût du kWh de jour est donné par la facture (en intégrant les diverses taxes). A défaut, on prendra 0,20 €/kWh pour une petite école et 0,15 €/kWh pour une grosse école.

Donc le coût d'une lampe de 60 W qui fonctionne durant 24 h est de 0,288 € dans une petite école.

Remarques :

1. Il y a 182 jours scolaires par an.
2. pour un tube fluorescent, il faut tenir compte de la présence d'un accessoire incorporé au luminaire, le ballast. Il consomme 25 % supplémentaires. Pour une lampe de 58W, on prendra une puissance totale de  $58 \text{ W} \times 1,25 = 73 \text{ W}$ .

- **Explication de l'efficacité d'une lampe** : c'est le rapport entre l'intensité lumineuse produite (mesurée en Lumen) et la puissance demandée (mesurée en Watts)

## - Tableau de l'efficacité des lampes en fonction du type de lampe

Voici l'efficacité de lampes peu performantes :

### *Lampes à incandescence classiques*



10-20 lumen/Watt

### *Lampes incandescentes halogènes*



20-30 lumen/Watt



20-30 lumen/Watt

### *Tubes fluorescents*



40 - 65 lumen/Watt (tube de 38 mm de diamètre)

60 - 75 lumen/Watt (tube "rapid start")

Ces valeurs sont à comparer à l'intensité lumineuse par Watt fourni par des lampes performantes :

### *Tubes fluorescents de 16 et 26 mm*



100 - 105 lumen/Watt (tube de 16 mm)

80 - 95 lumen/Watt (tube de 26 mm)

Autrement dit, pour délivrer un flux lumineux de 2 200 lumen, il faudra un tube fluorescent ( $\varnothing$ 16 mm) de 21 W ou une lampe à incandescence de 150 W !!!!

Parmi les lampes fluorescentes, les tubes de 38 mm de diamètre (ancienne génération) ont donc un rendement de 50 % inférieur aux tubes de 26 mm ou de 16 mm (nouvelle génération). Les tubes fluorescents à allumage rapide, dits "rapid start", ont également un mauvais rendement. Ces derniers sont reconnaissables à la bande métallique se trouvant tout le long du tube.

## - Notion d'éclairement en Lux et niveau d'éclairement normalisé



*Sous un éclairage de 500 lux.*



*Sous un éclairage de 100 lux.*



<b>Éclairage recommandé sur le plan de travail (en Lux) suivant la norme EN 12464-1</b>		
<b>Type d'intérieur, tâche ou activité</b>	<b>E (lux)</b>	<b>Plan de référence</b>
<b>Salle de classe en primaire et secondaire</b>	300	Banc
<b>Salle de classe pour les cours du soir et enseignement aux adultes</b>	500	Banc
<b>Tableau noir</b>	500	La surface verticale du tableau
<b>Salle de dessin industriel</b>	750	Table à dessin
<b>Salle de travaux pratiques et laboratoire</b>	500	Table de laboratoire, Table de travail
<b>Atelier d'enseignement</b>	500	Établi, axe machine outil
<b>Salle de pratique informatique</b>	500	Table de travail
<b>Zones de circulation et couloirs</b>	100	Sol
<b>Escaliers</b>	150	Escalier
<b>Salles des professeurs</b>	300	Table de travail
<b>Bibliothèque : rayonnages</b>	200	Rayonnage
<b>Bibliothèque : salle de lecture</b>	500	Table de travail
<b>Hall de sport, gymnases et piscines</b>	300	Voir EN 12193
<b>Cantine scolaire</b>	200	Table

**- Comment mesurer la luminosité ?**



Avec un luxmètre posé sur la planche de travail.

- **Les différentes lampes, leur durée de fonctionnement**





Lampe à incandescence, lampe halogène, tubes néons et lampes fluo compactes.



- Une analyse comparée de la consommation des lampes (incandescence et fluo compacte) durant leur durée de vie.





Puissances		Économie escomptée	Temps de retour
 <p><b>Avant</b></p> <p>25 W</p> <p>40 W</p> <p>60 W</p> <p>75 W</p> <p>100 W</p>	 <p><b>Après</b></p> <p>7 W</p> <p>9..11 W</p> <p>13..15 W</p> <p>18..20 W</p> <p>25 W</p>	40 à 70 %	1 à 3 ans

Une lampe à incandescence (efficacité lumineuse : 10 - 12 lm/W) peut être tout simplement remplacée par une lampe fluorescente compacte. Son efficacité lumineuse est de 60 à 80 lm/W, ce qui permet une diminution importante de la puissance installée.

Ainsi, pour une durée d'éclairage de 8 à 9 heures par jour, le remplacement d'une lampe à incandescence de 60 W par une lampe économique de 13 W est amorti en plus ou moins 2 ans (pour un prix du kWh de 0,11 € en haute ou basse tension). A cette économie s'ajoute la diminution des frais de maintenance grâce à l'augmentation de la durée de vie des lampes (10 fois supérieure à celle des lampes incandescentes).

#### Remplacement des tubes 38 mm (T12) par des tubes 26 mm (T8)

Puissances		Économie escomptée	Temps de retour
		8 %	2 ans

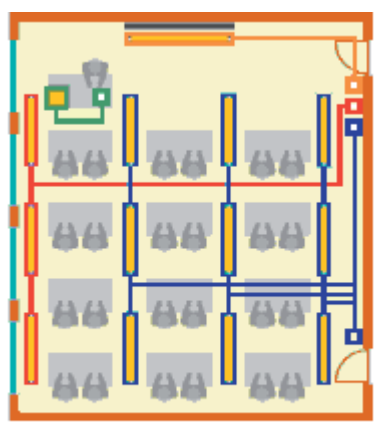
Avant	Après		
20 W	18 W		
40 W	36 W		
65 W	58 W		

- **Les différents modes d'allumage des lampes :**

Via un détecteur de présence à la place de l'interrupteur :



Via un découpage du circuit d'éclairage par zones d'allumage :



L'interrupteur commandant les rangées de luminaires les plus éloignées des fenêtres doit être mis en évidence, par exemple en étant de couleur rouge. Cela incitera les utilisateurs à d'abord allumer les deux rangées côté couloir, avant d'allumer éventuellement la rangée proche des fenêtres

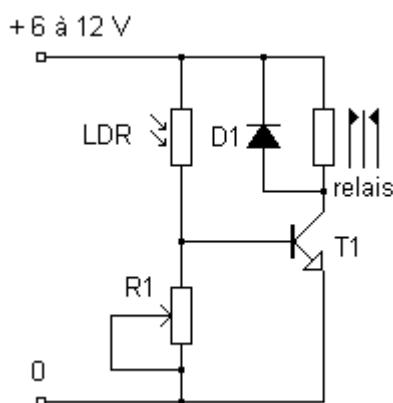
### - Peut-on couper l'éclairage pour 5 minutes ?

Dans un local équipé d'un éclairage fluorescent à ballast électromagnétique ou électronique sans préchauffage, il est préférable d'éteindre si l'occupation excède 15 à 30 minutes. Contrairement à une idée parfois entendue, il n'y a pas de surconsommation à l'allumage. Mais éteindre pour des absences trop courtes n'est pas économiquement rentable à cause de la diminution de la durée de vie des lampes avec l'augmentation du nombre d'allumages. Dans tous les autres cas (lampes incandescentes, fluorescentes avec ballast électronique à préchauffage), une extinction est recommandée quelle que soit la durée de l'absence.

La lampe elle-même a demandé une énergie importante pour sa construction : on parle de « l'énergie grise » de la lampe.

### - Construire un détecteur électronique de seuil de luminosité ?

Voici le schéma de montage d'un interrupteur crépusculaire. (source : [http://ogloton.free.fr/realisations\\_minutes/inter\\_crepusculaire.html](http://ogloton.free.fr/realisations_minutes/inter_crepusculaire.html) )



La LDR est une résistance photosensible (la valeur de R devient petite lorsqu'elle est éclairée)  
La R1 est une résistance variable de 100k et sert pour ajuster le seuil de sensibilité.

Le principe est le suivant : Le transistor agit comme un interrupteur commandé électroniquement. Lorsque la LDR reçoit suffisamment de lumière, elle va laisser passer du courant. Si de l'autre côté, la R1 est élevée, le courant passera préférentiellement par le transistor et va donc "l'activer". Celui-ci laissera à son tour passer le courant à travers le relais. Si la luminosité diminue (ou si on diminue R1), le courant ne passera plus vers le transistor et ce dernier se "désactivera".

Si on remplace le relais et la D1 par une LED avec une résistance (qu'il faut encore calculer en fonction des caractéristiques de la LED), la LED

s'allumera lorsqu'il y aura suffisamment de lumière et s'éteindra lorsque celle-ci diminue

### - Les mauvais rendements des luminaires

Le rendement d'un luminaire est mauvais lorsqu'une partie importante de la lumière émise par la lampe est absorbée par :

- le plafond,
- le réflecteur,
- les ventelles,
- le diffuseur.



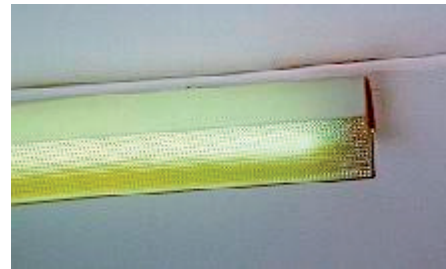
*Absence de réflecteur (tube nu)  
pertes = 50 %*



*Réflecteur peint (blanc, ...)  
pertes = 50 %*



*Diffuseur en micro-grille  
pertes = 75 %*



*Diffuseur prismatique  
pertes = 60 %*



*Diffuseur opalin  
pertes = 70 %*





*Luminaire indirect  
pertes = 50 %*

- **Construire des réflecteurs de lumière ?**

Lorsque le local est équipé de réglettes nues, il est simplement possible d'obtenir des niveaux d'éclairage meilleurs en plaçant au dessus des lampes des réflecteurs de type miroir. Ceci est nettement moins onéreux qu'une rénovation complète de l'installation.

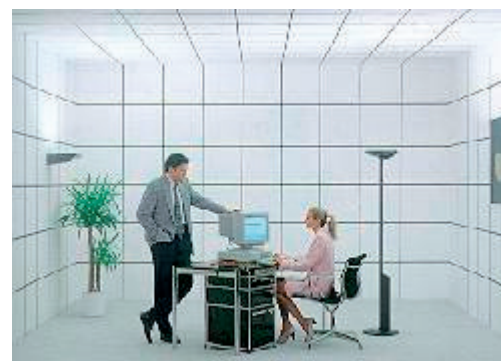


Solution plus bricolée : Mettre des réflecteurs sur le plafond (surtout si sombre) formé de cartons/panneau unalut recouvert de film aluminium

- **Illustrer la différence entre éclairage direct et indirect.**



Éclairage direct



indirect

ou

- **Peut-on dévisser des lampes le long de la façade ?**

Le long des baies vitrées, la lumière naturelle va s'additionner à la lumière artificielle.

Or, lorsqu'un éclairagiste fait le dimensionnement de l'éclairage d'un local, il ne prend pas en compte les apports de lumière naturelle, puisque le local peut aussi être utilisé la nuit. L'éclairage le long de la fenêtre sera donc toujours plus élevé que nécessaire. On peut donc bien souvent dévisser une lampe sur deux sur tous les luminaires le long des façades. C'est déjà pas mal !

Il reste le cas de la réunion de parents le soir ... mais dans ce cas les 300 lux ne sont pas nécessaires sur les tables. Et de plus, dans son calcul, l'éclairagiste prend la fenêtre en compte comme une surface d'absorption totale (puisque la lumière va sortir par la fenêtre). Si les rideaux sont tirés, la réflexion sur les rideaux clairs va augmenter la luminosité.

A noter qu'il reste les luminaires qui sont au-dessus de zones "non-utiles" de la classe (passage, armoires, etc...). Là encore, 1 lampe sur 2 suffit.