



Agence  
Locale de  
l'Energie

agglomération  
grenobloise

JEUDI DE L'ALE  
- 20 mars 2008 -

# Eclairage public et Efficacité énergétique

Agence Locale de l'Energie de l'agglomération grenobloise, 4 rue Voltaire 38 000 Grenoble

[www.ale-grenoble.org](http://www.ale-grenoble.org)

Tél : 04 76 00 19 09





# INTERVENANTS

- **Julien CLOT GOUDARD**, SE 38
- **Didier MOSDALE**, Bureau d'études Alpha JM
- **Alain SIMON**, Gaz et Electricité de Grenoble
- **Hélène FOGLAR**, FRAPNA Isère
- **David GONNELAZ**, ALE



# SOMMAIRE

- 1- Introduction (résultats enquête 'Energie et patrimoine communal' 2005)
- 2- Aspects réglementaires
- 3- Quelles actions sur les systèmes ?
- 4- Retours d'expériences de Gaz et Electricité de Grenoble
- 5- Limiter la pollution lumineuse nocturne



# INTRODUCTION

Les enseignements de l'enquête 2005  
**'Energie et patrimoine communal'**  
en matière d'éclairage public



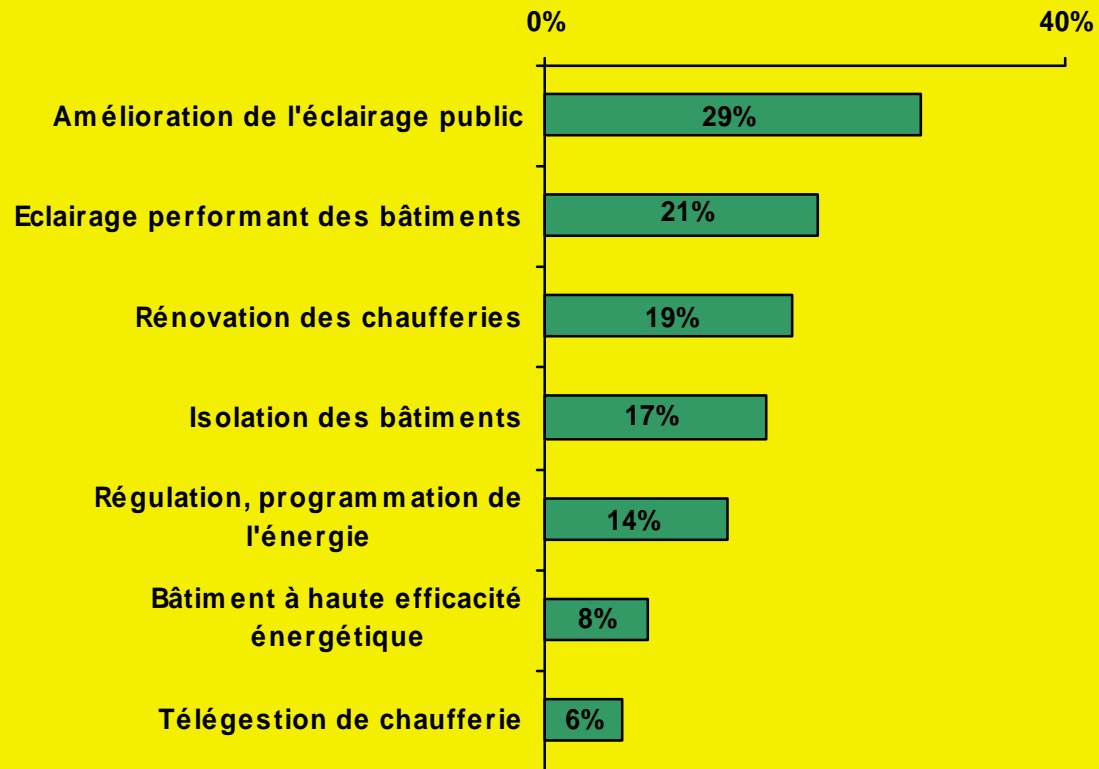


# INTRODUCTION

- **1er poste de consommation d'électricité des communes (47% en 2005)**
- **Part en croissance (45% en 2000)**
  - ⇒ Densité de voirie éclairée en augmentation dans les communes de moins de 50 000 hab.
    - 33 point lumineux / km éclairé en 2000
    - 35 point lumineux / km éclairé en 2005

# INTRODUCTION

## Investissements prévus par les collectivités (Projets à 2 ou 3 ans)





# ACTION SUR LES SYSTEMES

- Les sources d'éclairage
- Les luminaires
- Les systèmes de commande
- Les systèmes d'alimentation (ballast)
- Les régulateurs variateurs de tension

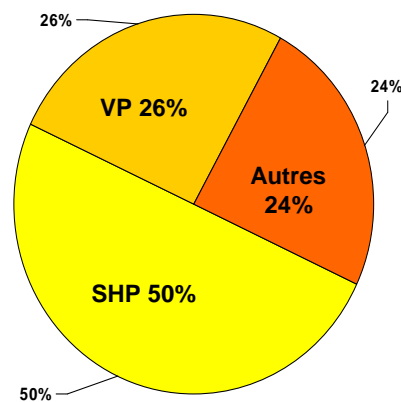
## Actions sur les systèmes

# Les sources d'éclairage

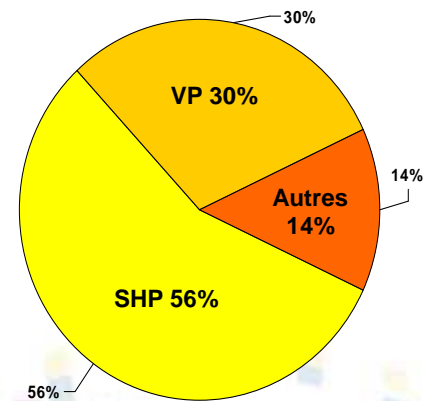
Le remplacement des lampes à vapeur de mercure par des sources plus efficaces (SHP, IM) est le **1er gisement d'économie d'énergie (40%)**

### Structure du parc de lampes par type

Source : enquête 'Energie et patrimoine communal' 2005



2000



2005



## Actions sur les systèmes

# Les sources d'éclairage

### Caractéristiques des lampes

	Lampe à <b>vapeur de mercure</b> (ballons fluorescents)	Lampe à vapeur de <b>sodium haute pression</b> (SHP)	Lampes aux <b>iodures métalliques</b> <u>bruleur quartz</u>	Lampes aux <b>iodures métalliques</b> <u>bruleur céramique</u>
Gamme de puissances usuelles	80 - 400 W	70 - 400 W	70 - 2000 W	70 - 250 W
Durée de vie économique (valeurs recommandée)	12 000 heures	12 000 heures	8 000 heures	8 000 heures
<b>Efficacité lumineuse</b> (lm/W) (valeur courante pour des puissances usuelles)	lampe 80 W : <b>46</b> lampe 125 W : <b>50</b> lampe 400 W : <b>60</b>	lampe 70 W : <b>94</b> lampe 150 W : <b>110</b> lampe 400 W : <b>137</b>	lampe 70 W : <b>71</b> lampe 150 W : <b>74</b> lampe 400 W : <b>88</b>	lampes 70 à 250 W : <b>90</b>
Indice de rendu des couleurs (Valeurs courantes)	<b>40 à 50 Ra</b>	<b>20 à 25 Ra</b>	<b>70 à 96 Ra</b>	<b>83 à 96 Ra</b>
Prix publics indicatifs moyens (€ TTC)	<b>7 à 22 €</b> (80 - 400 W)	<b>15 à 22 €</b> (70 - 400 W)	<b>70 à 105 €</b> (70 - 400 W)	<b>100 à 140 €</b> (70 - 150 W)

Actions sur les systèmes

# Les sources d'éclairage

## Remplacement d'une lampe VP par une lampe SHP Amortissement économique (exemple)

VP 250 W → SHP 150 W (13 000 lm) (16 500 lm)	
Coût de changement de la platine	80 € TTC
Economies annuelles (base 4100 heures)	<b>400 kWh (40%)</b>
	30 € TTC
Temps de retour brut	<b>2,7 ans</b>

# Actions sur les systèmes

## Les sources d'éclairage

### Et les DEL ?

(*diodes électroluminescentes*)

#### Applications actuelles :

- balisage,
- éclairage décoratif (façades...)
- signalisation (feux tricolores...).

Mais technologie **pas encore assez performante** pour l'éclairage urbain.  
(Efficacité lumineuse < 60 lm/W)

#### Evolution prévisible des performances des diodes électroluminescentes

	2010	2020	2030
Flux unitaire maximum (lm)	135	600	1500
Rendement maximum (lm/W)	<b>50</b>	<b>100 à 150</b>	<b>150 à 200</b>
Indice de rendu des couleurs	80 à 90	80 à 90	80 à 90
Durée de vie (heures)	<b>50.000</b>	<b>80.000 à 100.000</b>	<b>80.000 à 100.000</b>
\$ / 1000 lumen	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
Possibilité de gradation	oui	oui	oui
Homogénéité des performances	non	oui	oui
Durabilité des performances	non	oui	oui
Robustesse	oui	oui	oui

# Actions sur les systèmes

## Les sources d'éclairage

### Exemples de matériel



Lampe à leds pour éclairage urbain  
**AS36**

#### Activalis (Activasun)

Lampe à leds à forte luminosité pour lampadaire de rue. Permet d'éclairer une aire de 8 x 20 mètres à une hauteur de 6 mètres. Flux lumineux de 2 100 lumens et consommation de 38 Watts. Existe en deux températures de couleurs : blanc (5 000 à 7 000 K) ou jaune (3 000 à 4 000 K). Durée de vie d'environ 50 000 heures. Compatible avec culot E40.

#### CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Dimensions (L x Ø) : 27,5 x 9 cm.  
Poids : 1 kg.  
Puissance : 38 W.  
Flux lumineux : 2 100 lm.  
Température couleur blanche : 5 000 - 7 000 K.  
Température couleur jaune : 3 000 - 4 000 K.  
Angle faisceau lumineux : H 120° - V 60°.  
Alimentation électrique : 230 V.  
Source lumière : BBE Emitter (1 W).

- Recevoir une doc papier
- Soumettre un projet
- Mémoriser ce produit
- Faire suivre
- Imprimer





Actions sur les systèmes  
**Les luminaires**

Le choix de luminaires performants est complémentaire au choix des sources : il permet **d'optimiser la puissance installée pour un éclairage donné.**

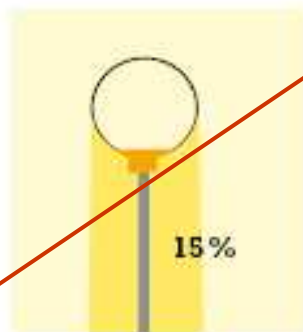
**Quelles sont les critères à prendre en compte ?**

## Actions sur les systèmes

# Les luminaires

### 1- Minimiser les nuisances lumineuses

- **UFF** (*facteur d'émission dans l'hémisphère supérieur*) < 5%



UFF = *rapport entre le flux émis dans l'hémisphère supérieur et le flux total sortant du luminaire (supérieur + inférieur)*

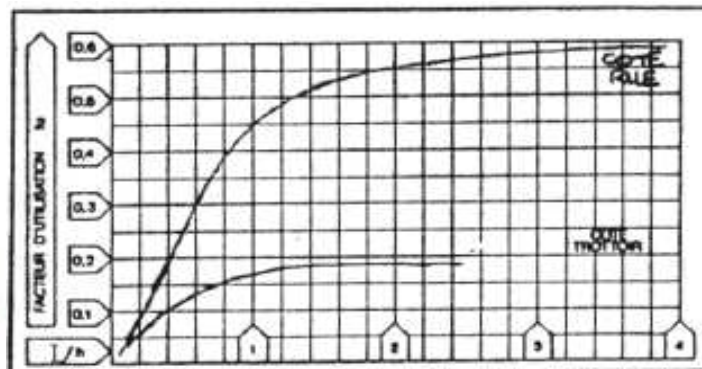
## Actions sur les systèmes Les luminaires

### 2- Optimiser l'éclairage utile au sol

#### ➤ **Facteur d'utilisation (Fu) > 45%**

*Fu = rapport entre flux reçu par la surface à éclairer  
et le flux total émis par la lampe*

Intérêt : c'est un **indicateur synthétique** qui prend en compte le **rendement du luminaire** et sa **hauteur d'implantation**



*Courbes caractéristiques du Fu d'un luminaire en fonction du rapport largeur de la voirie / hauteur d'implantation*

## Actions sur les systèmes

# Les luminaires

**Un bon luminaire** : réfléchit de manière ciblée le flux lumineux vers la zone d'éclairage.

**Un mauvais luminaire** : absorbe une part importante du flux lumineux et renvoie la lumière de manière diffuse, non ciblée.

→ **Pour un Fu élevé** : présence d'un **réflecteur indispensable** permettant d'obtenir un flux ciblé, puissant et homogène.

**ATTENTION** : certains appareils (appareils d'éclairage indirect, lanternes de style...) sont munis d'une simple plaque réflectrice blanche : **la réflexion est alors diffuse, non ciblée**

Un bon réflecteur doit-être **métallisé** (aluminium)



Réflecteur  
aluminium



Lanterne d'éclairage  
indirect

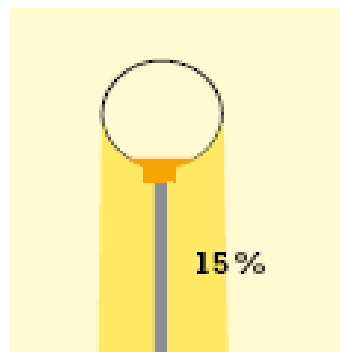
## Actions sur les systèmes

# Les luminaires

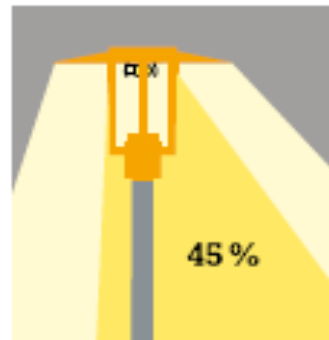
**Gain potentiel sur le Fu** lié au remplacement d'un luminaire de type **boule opaline** sans réflecteur ( $F_u : 0,15$  à  $0,25$ ) par :

- Une lanterne de style avec réflecteur : **50%**
- Un luminaire de type fonctionnel : **60%**

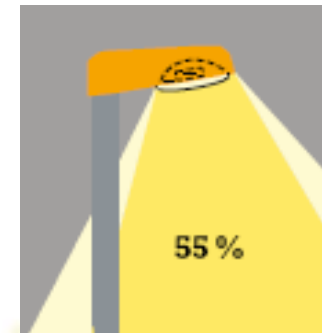
*Part du flux lumineux utile pour différents types de luminaires*



**Boule opaline**



**Lanterne style**



**Luminaire  
fonctionnel**

## Actions sur les systèmes

# Les luminaires

### 3- Maintient des performances optiques dans le temps

- Présence d'une vasque obligatoire pour protéger le bloque optique contre les agressions externes (*poussières, insectes, eau...*)



*Luminaire sans vasque encrassé  
(Fu fortement dégradé)*

## Actions sur les systèmes

# Les luminaires

Mais la vasque elle-même ne doit pas altérer les performances optiques du luminaire !



Accumulation de boue en fond de vasque

Eau en fond de vasque, qui va aussi se transformer en buée lorsque la lampe s'allume :





## Actions sur les systèmes Les luminaires

### Caractéristiques d'une bonne vasque :

- **Indice de protection élevé** (bloque IP66 scellé)  
1er chiffre (0-6) : pénétration d'objets solides dont poussières et petits insectes  
2ème chiffre (0-8) : pénétration de l'eau
- **En verre ou matériaux composites** (polycarbonate...) **traités anti rayures et anti UV.**
- **De couleur claire** (les vasques colorées ou fumées absorbe la lumière, les vasques opales givrées, striées ou perlées diffuse de manière non ciblée)
- **Vasque plate ou peu formée** (les vasques en forme de demi sphère on un UFF important par ex.)



Actions sur les systèmes

# Les commandes d'allumage

**Objectif : maîtriser les temps de fonctionnement**

⇒ 4000 heures pour un déclenchement à 4 lux (réf. AFE / EDF)

**Gisement : de l'ordre de 5%** des consommations annuelles liées à l'éclairage public.

**Les actions possibles :**

- Maintenance
- Achat de matériel performant



Actions sur les systèmes

# Les commandes d'allumage

Système de commande le plus couramment utilisé en éclairage public : **l'interrupteur crépusculaire commandé par une cellule photoélectrique.**

## 2 technologies de capteurs:

### - La photo résistance : **à proscrire**

- peu fiable dans le temps,
- sensibilité très forte aux variations de température (dérive du temps d'allumage de 40% entre les conditions extrêmes de fonctionnement -20°C / +55°C )

### - La photopile

- Technologie plus fiable, mais non exempt d'inconvénients



## Actions sur les systèmes

# Les commandes d'allumage

### Inconvénients :

- Encrassement progressif du capteur (pollution...) entraînant une **dérive des temps de fonctionnement.**

Dérive (mn)	Heures au bout d'un an	Pourcentage sur 4100 heures	Impact sur la facture énergétique
Constante (le matin et le soir)			
5	60.8	1.5%	1.0%
10	121.7	3.0%	2.0%
15	182.5	4.5%	3.0%
20	243.3	5.9%	4.0%

- **Sensibilité aux perturbations lumineuses : lumières artificielles** (enseignes lumineuses...), **zones d'ombres** (feuillage...) qui peuvent être à l'origine de déclenchements prématurés ou retardés.



## Actions sur les systèmes

# Les commandes d'allumage

### Solutions maintenance

- Intégrer le **nettoyage des cellules photosensibles** dans les opérations de maintenance.
- Vérifier périodiquement **la sensibilité des cellules** (valeur de déclenchement) et ajuster le réglage lorsque c'est possible.

### Solutions lors du remplacement de matériels anciens

- **Les contacteurs crépusculaires à capteur infra rouge** : moins sensible aux pollutions lumineuses.
- **Les horloges astronomiques** radio synchronisées (calcul l'heure du crépuscule et de l'aube en fonction des coordonnées géographiques du lieu) **couplées ou non à un interrupteur crépusculaire**.



Actions sur les systèmes

# Les commandes d'allumage

## La centralisation des commandes d'éclairage

**Principe** : 1 émetteur source commande l'allumage de l'ensemble des points lumineux de la commune.

**Intérêts** :

- Synchronisation de l'allumage des lampes sur l'ensemble de la commune (maîtrise des temps de fonctionnement facilitée)
- Maintenance des systèmes de commandes allégée

**Remarque** : nécessité d'une étude spécifique pour déterminer la faisabilité technique et économique de cette opération.



## Actions sur les systèmes

# Les systèmes d'alimentation (ballast)

### Objectifs :

- Maîtriser le facteur de puissance de l'installation
- Maîtriser la tension d'alimentation

**Gisement : de l'ordre de 8%** des consommations annuelles du poste d'alimentation concerné.

### Les actions possibles :

- Maintenance
- Achat de matériel performant



## Actions sur les systèmes

# Les systèmes d'alimentation (ballast)

### MAITRISE DU FACTEUR DE PUISSANCE

Les lampes utilisées en éclairage public **sont des lampes à décharge** nécessitant un appareillage spécifique pour fonctionner classiquement composé **d'amorceurs**, de **ballasts ferromagnétiques** et de **condenseurs**.

➔ **Ce type d'appareillage induit un courant réactif** (consommation induite par le ballast mais non nécessaire au fonctionnement direct des lampes)

Ce courant est caractérisé par **le facteur de puissance ou  $\cos\varphi$**  de l'installation.

▶ **Un bon facteur de puissance doit être supérieure à 0.9**

Les condenseurs servent à compenser l'énergie réactive pour maintenir le  $\cos\varphi$  à un niveau correct.





Actions sur les systèmes

## Les systèmes d'alimentation (ballast)

### ➤ Impacts d'un facteur de puissance dégradé

Un  $\cos\varphi$  qui se dégrade signifie une augmentation de l'intensité du courant parcourant les conducteurs et donc un accroissement des pertes en ligne.

- ▶ **Un  $\cos\varphi$  passant de 0.96 à 0.68 multiplie par 2 les pertes en ligne.**

### 2 conséquences :

- ➔ vieillissement prématuré des conducteurs (échauffement)
- ➔ surconsommation d'énergie.



Actions sur les systèmes

## Les systèmes d'alimentation (ballast)

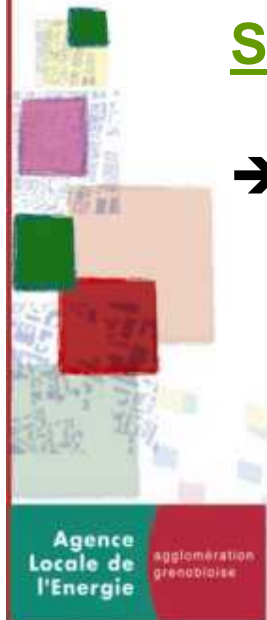
### Solutions en maintenance

→ Prévoir des campagnes régulières de **remplacement des condenseurs hors d'usage**.

NB : une installation peut fonctionner sans condensateur...

### Solutions lors du remplacement de matériels anciens

→ Remplacement des ballasts ferromagnétiques par des ballasts électroniques  
(maintient d'un facteur de puissance  $> 0.98$ )



## Les systèmes d'alimentation (ballast)

### AUTRE INTERET DES BALLASTS ELECTRONIQUES : LA MAITRISE DE LA TENSION D'ALIMENTATION

Les réseaux d'éclairage public subissent **de manière récurrente** des phénomènes de variation de la tension (obligation du distributeur : fournir une tension de 230V '-5V/+11V') **et en particulier des surtensions.**

#### ➤ **Impacts des surtensions**

- Une surtension de 1% génère une **augmentation de la consommation instantanée de 2 à 3%.**
- **Les lampes vieillissent plus vite** si la tension nominale augmente de plus de 5%.

➔ **Les ballasts électroniques régulent la tension d'alimentation et suppriment les surtensions** ce qui préserve leur durée de vie et limite les surconsommations



Actions sur les systèmes

## Les systèmes d'alimentation (ballast)

### Autres intérêts des ballast électroniques :

- **Allongement de la longévité des sources** grâce à une alimentation en haute fréquence (moins d'usure du brûleur)
- **Meilleur rendement énergétique** (95%) que celui des ballasts ferromagnétiques (85%)

**Au total, un ballast électronique permet de gagner de 5 à 10% de la consommation.**





Actions sur les systèmes

# Les régulateurs - variateurs de tension

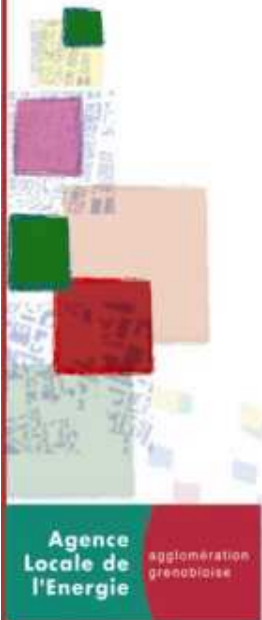
**Didier MOSDALE,**  
Bureau d'études Alpha JM

Coordonnées :

*B.P. 24 – 16901 Valence cedex 9*

*Tel. 04 75 56 10 79*

*E-mail : [alpha.jm@wanadoo.fr](mailto:alpha.jm@wanadoo.fr)*





Actions sur les systèmes

## Les régulateurs - variateurs de tension

### Objectifs :

- Réguler et stabiliser la tension d'alimentation des lampes.
- Abaisser le flux lumineux des lampes pendant les heures de faible circulation (22h30 à 6h00 par exemple).

Gisement : variable selon les cas, **de 20 à 40% en moyenne des consommations** du poste d'alimentation concerné.



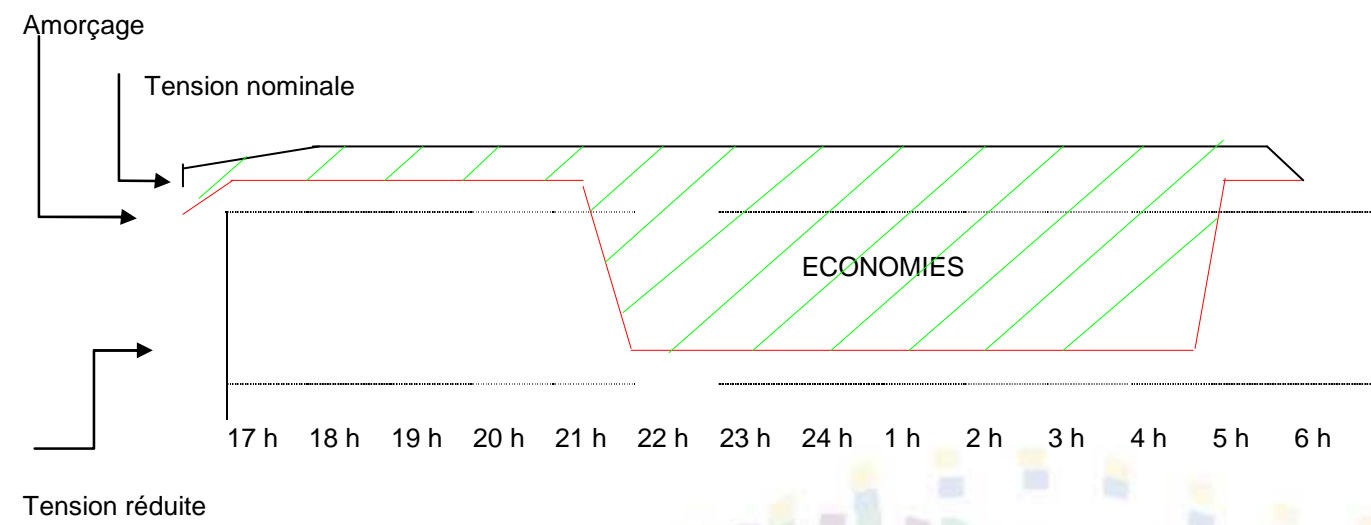


# Actions sur les systèmes

## Les régulateurs - variateurs de tension

### Fonctionnement d'un régulateur réducteur

A l'amorçage le régulateur réducteur effectue automatiquement le cycle de préchauffage des lampes à un niveau de tension programmable par l'utilisateur. A la fin du cycle de préchauffage, le régulateur réducteur se porte progressivement à la valeur de tension nominale. Le passage du fonctionnement de régime nominal à régime réduit et vice versa se produit progressivement.



Fonctionnement **sans** REGULATEUR - REDUCTEUR  
Fonctionnement **avec** REGULATEUR - REDUCTEUR



## Actions sur les systèmes

# Les régulateurs - variateurs de tension

### Les économies

Les économies réalisables par la stabilisation et la régulation de tension dépendent de l'installation et du type de lampes.

- ▶ Les lampes à vapeur de mercure **ne peuvent pas être alimentées en deçà de 200 V** (tension de décrochage).
- ▶ **Les lampes SHP permettent d'abaisser la tension à 185 V**

Afin d'optimiser le rendement de l'équipement, **il est préférable de remplacer l'ensemble des sources lumineuses de type ballons et tubes fluorescents par du sodium haute pression.**

Dans tous les cas, il est nécessaire de procéder à un calcul de retour sur investissement afin d'apprécier l'opportunité technico-économique de l'opération



## Les régulateurs - variateurs de tension

### Exemple d'économies d'énergie réalisables par l'utilisation d'un régulateur réducteur sur une puissance installée de 1 kW

Les économies sont à considérer sous deux aspects :

1 ) **Economie sur l'entretien du matériel** et sur le remplacement des lampes (durée de vie des lampes # 4 ans)

Selon les constructeurs, le fonctionnement des lampes en partie en sous-tension ainsi que de la montée en puissance progressive lors de la mise sous tension allongent la durée de vie des lampes **d'environ 25 %**.



## Actions sur les systèmes

# Les régulateurs - variateurs de tension

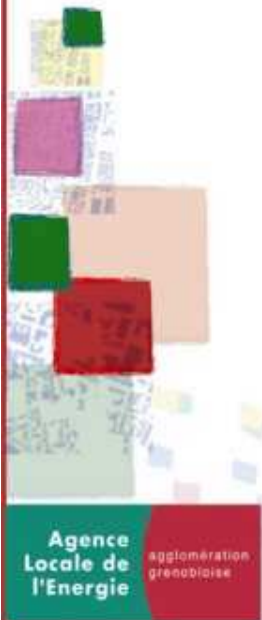
### 2) Economie d'énergie (exemple) :

- Régime réduit de **22 heures à 6 heures** du matin soit **2 920 heures / an**
- Réduction de la tension nominale de **25 % (185 V)** soit un **abaissement de puissance de 40 %**

### Economie pour un 1 kW :

$$1 \text{ kW} \times 2\,920 \text{ heures} \times 40 \% = \underline{\underline{1\,300 \text{ kWh}}}$$

**Economie d'énergie = 1 300 kWh/an soit environ 30 % sur une durée théorique d'éclairage de 4 080 heures.**





## Actions sur les systèmes

# Les régulateurs - variateurs de tension

## Les matériels

On retiendra 3 systèmes répandus aujourd'hui :

- Le stabilisateur et régulateur de tension
- Le variateur de tension
- L'appareillage à induction

Le premier se présente en général sous forme de boîtier (ou coffret complet) à intégrer dans le coffret de commande éclairage public.

Les deux autres systèmes se présentent sous forme de modules individuelles à installer en pied de candélabre ou dans le luminaire.

L'ensemble des systèmes est programmable à partir d'un PC central ou ordinateur de poche (type Palm), de manière à faire varier au cours de la nuit la tension et donc le flux lumineux des lampes.



Actions sur les systèmes

# Les régulateurs - variateurs de tension

Type coffret



Type module individuelle

