



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Parcours EE

Module EE 3.2 : Efficacité énergétique d'un système  
D'éclairage public.

**Chaine d'énergie**





# Sciences et technologies

## de l'Industrie et du développement durable

### Table des matières

- 1. Chaines d'énergie des différents systèmes d'éclairage public ..... p3
- 2. Bilan énergétique avec une lampe Sodium Haute Pression (SHP)..... p4
- 3. Efficacité lumineuse de la lampe SHP.....p6
- 4. Influence de la fonction « Conduire » sur l'efficacité lumineuse.....p7
  - 4.1. La pollution lumineuse..... p7
  - 4.2. Rendement lumineux du luminaire..... p8
- 5. Bilan énergétique avec lampe Iodures Métalliques.....p9
  - 5.1. Efficacité lumineuse de la lampe..... p11
  - 5.2. Efficacité lumineuse de l'ensemble lampe et luminaire..... p11
- 6. Etude comparative entre les types de lampes..... p12



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

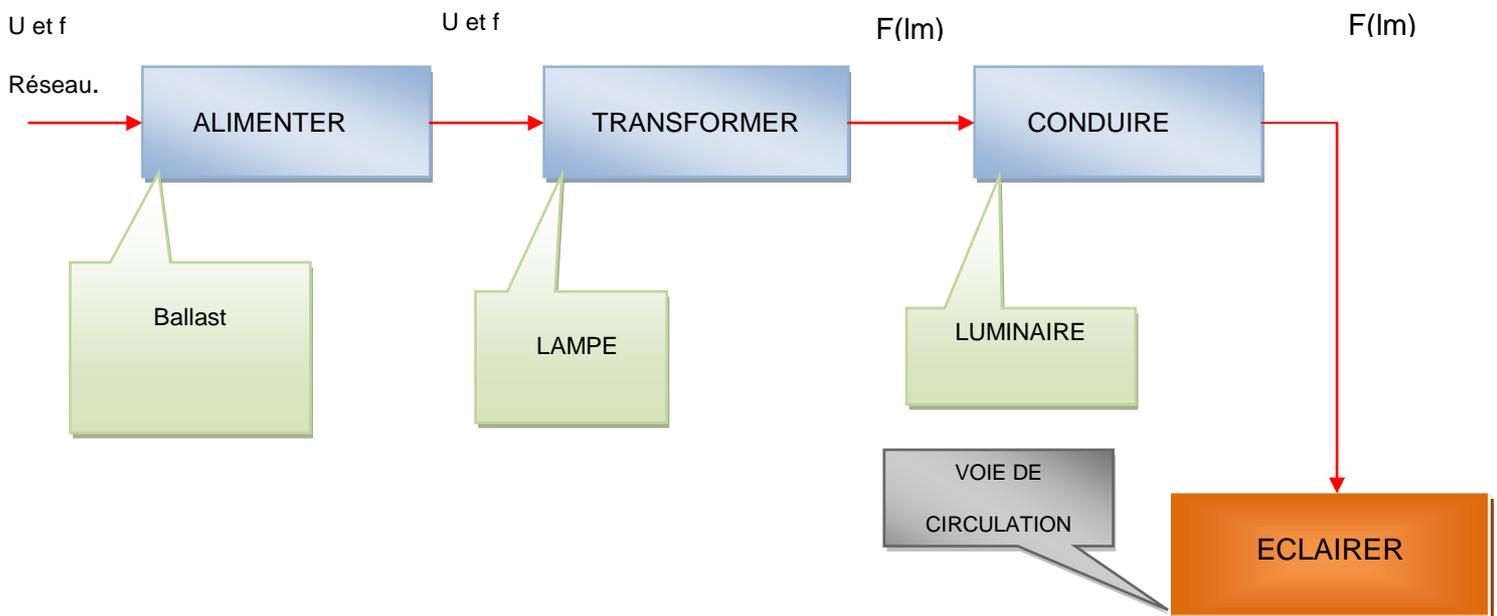
## 1. Chaines d'énergie des différents systèmes d'éclairage public.

Les différents systèmes d'éclairage étudiés sont :

- Système composé d'un luminaire d'ancienne génération, associé à une lampe sodium haute pression (SHP).
- Système composé d'un luminaire de nouvelle génération, associé à une lampe iodures métalliques type « cosmowhite ».
- Système composé d'un luminaire associé à une platine LED.

### Organisation générale des chaines d'énergie.

Pour l'ensemble des systèmes étudiés on retrouvera la même organisation de la chaîne d'énergie.



La fonction « alimenter » a, quant à elle, une organisation propre au type de lampe utilisée.

La fonction « conduire » s'organise dans le respect de la norme EN 30201 afin de réduire les pertes de flux lumineux vers le ciel et limiter la pollution lumineuse. Elle doit permettre de canaliser le maximum de flux lumineux produit vers la zone à éclairer.

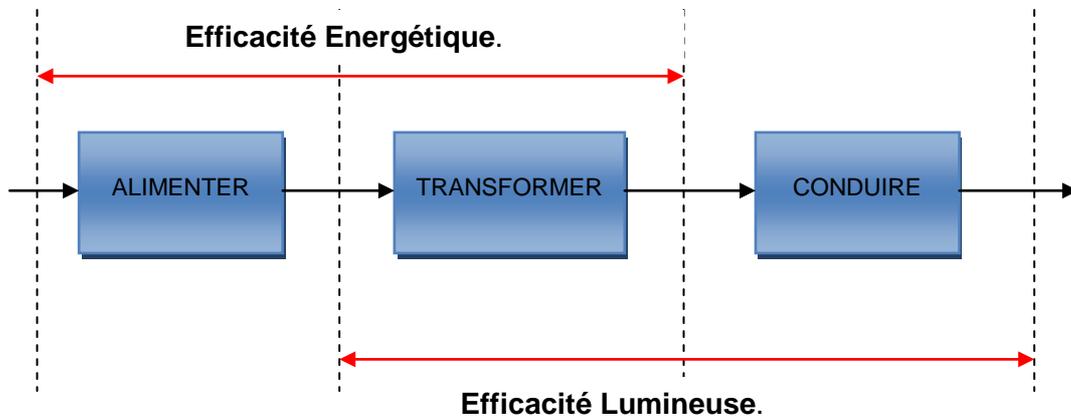


# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

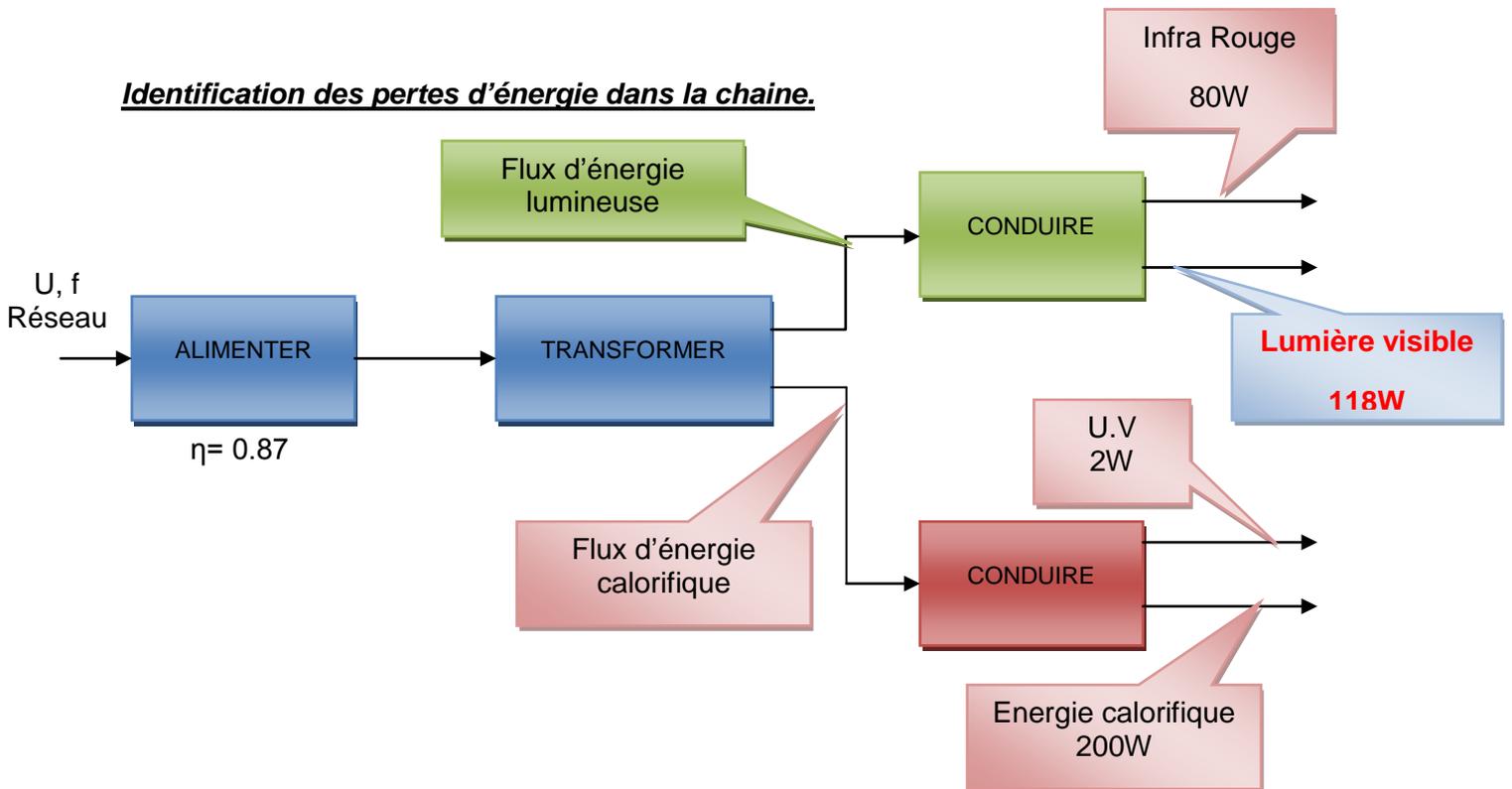
## 2. Bilan énergétique avec une lampe Sodium Haute Pression (SHP).

Pour notre étude on considérera un luminaire équipé d'une lampe SHP de puissance de 400W alimentée par un ballast ferromagnétique classique.

Les frontières de l'étude énergétique se limitent aux fonctions « alimenter et transformer », au-delà il faut travailler au niveau l'efficacité lumineuse.



### Identification des pertes d'énergie dans la chaîne.





# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

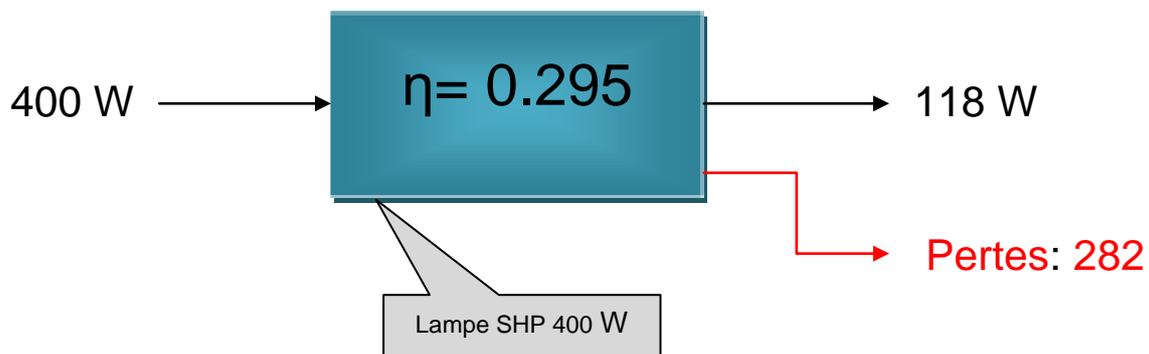
Les pertes d'énergie dans la fonction « Alimenter » sont estimées pour ce type de lampe à 60 W (pertes dans le ballast).

Au niveau de la fonction « Transformer », une grande partie de la puissance transmise entre les électrodes de la lampe (376 Watts) est perdu sous forme d'agitation thermique qui chauffe le plasma (176 Watts), les 200 Watts restants sont transformés en:

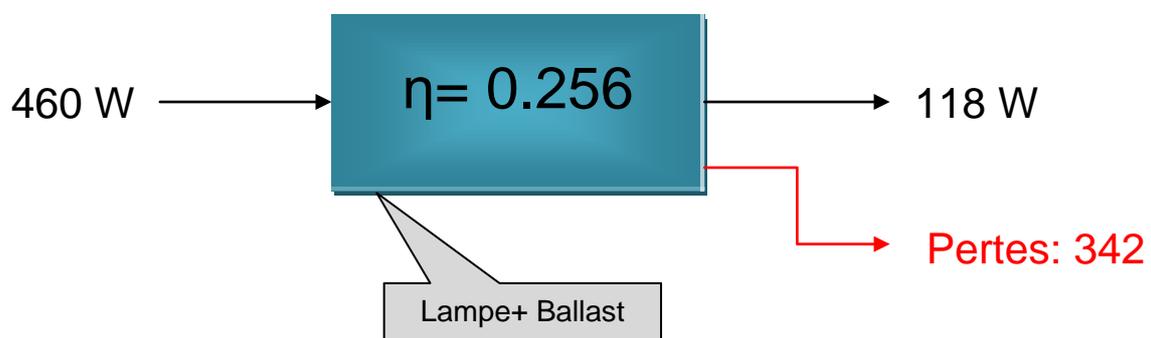
- ✓ Rayonnement visible pour 118 W.
- ✓ Rayonnement infrarouge pour 80 W.
- ✓ Rayonnement ultraviolet pour 2 W.

Globalement pour 400 Watts injectés, seulement 118 Watts sont transformés en lumière visible.

- Rendement énergétique de la lampe.



- Rendement énergétique de l'ensemble ballast/ lampe.



Cette efficacité énergétique peut être considérée satisfaisante. Une amélioration est possible en utilisant un ballast électronique qui réduit les pertes de la fonction « Alimenter » de 50% tout en assurant un meilleur contrôle de la lampe dans ses phases d'allumage et production et en rallongeant sa durée de vie.



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

### 3. Efficacité lumineuse de la lampe SHP.

L'efficacité énergétique ne veut pas dire grand-chose pour l'éclairagiste car elle ne prend pas en compte la réponse spectrale de l'œil humain en tant que photorécepteur.

L'éclairagiste utilise plutôt le flux lumineux, mesuré en lumens (lm) défini par la photométrie selon l'équation suivante.

$$F = K \int_{380}^{780} P(\lambda) * V_{cie}(\lambda) d\lambda$$

Où  $P(\lambda)$  est la puissance spectrale émise en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$ ,  $V_{cie}(\lambda)$  est la réponse spectrale normalisée de l'œil humain définie par le comité international de l'éclairage (CIE) pour les conditions de vision photopique (diurne), et  $K$  la constante de conversion qui vaut dans les conditions photopiques :

$$K = 683 \text{ lm} * \text{W}^{-1}$$

#### Efficacité lumineuse relative $v(\lambda)$ . Vision photopique (diurne)

$\lambda$ (nm)	$v(\lambda)$								
		400	0,000 396	500	0,323	600	0,631	700	0,004 1
		410	0,001 21	510	0,503	610	0,503	710	0,002 09
		420	0,004 0	520	0,710	620	0,381	720	0,001 05
		430	0,011 6	530	0,862	630	0,265	730	0,000 52
		440	0,023	540	0,954	640	0,175	740	0,000 249
		450	0,038	550	0,995	650	0,107	750	0,000 12
		460	0,060	560	0,995	660	0,061	760	0,000 06
		470	0,091	570	0,952	670	0,032	770	0,000 03
380	0,000 039	480	0,139	580	0,870	680	0,017	780	0,000 015
390	0,000 12	490	0,208	590	0,757	690	0,008 21		

Dans ce contexte notre lampe SHP de 400 Watts produit un flux lumineux utile de 48000 lumens, son efficacité lumineuse est donc :

$$\frac{48000}{400} = 120 \text{ lm} * \text{W}^{-1}$$

Malgré son faible taux de conversion énergétique, l'efficacité lumineuse de la lampe SHP est parmi les meilleures dans la catégorie des lampes à décharges.



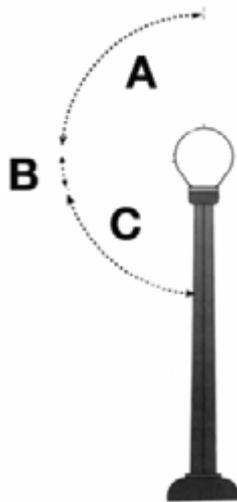
# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## 4. Influence de la fonction conduire sur l'efficacité lumineuse.

### 4.1 La pollution lumineuse.

Les éclairages mal conçus, mal orientés ou encore utilisés abusivement sont responsables d'un halot qui voile les étoiles. Ils créent également de l'éblouissement et génèrent de la lumière intrusive. Cette utilisation inadéquate de l'éclairage nocturne se définit comme de la **pollution lumineuse**.

vidéo : « [La pollution lumineuse en Suisse](#) »



### La lumière utile d'un luminaire.

**Zone A** : La lumière émise au dessus de l'horizon est une pure perte. Elle nuit à l'observation des étoiles et gaspille de l'énergie.

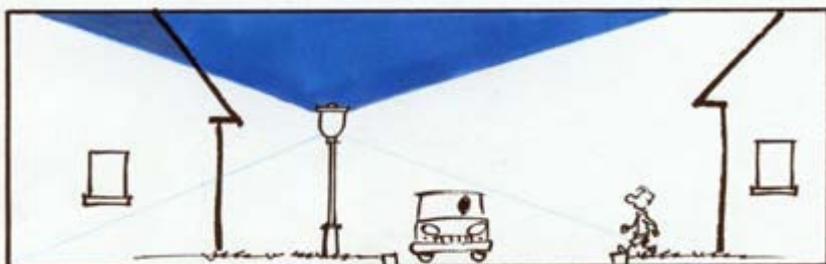
**Zone B** : La lumière émise à moins de 10° sous l'horizon est éblouissante et risque de générer de la lumière intrusive sur les propriétés voisines à la voie de circulation.

**Zone C** : Eclairage réellement utile.

Les illustrations suivantes démontrent l'impact généré par deux luminaires différents.



Dans ce cas le flux est bien contrôlé et offre une bonne visibilité tout en minimisant les pertes de lumières vers le ciel et vers les maisons.



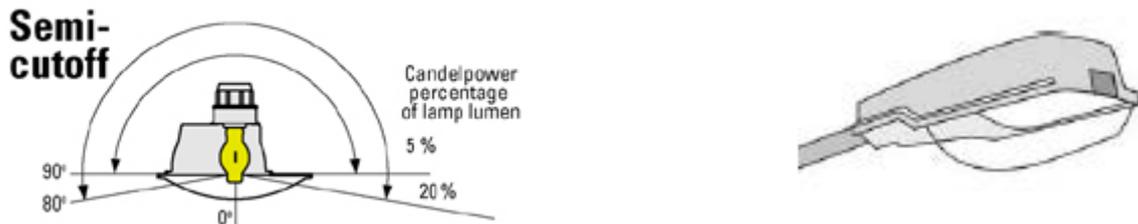
Dans ce cas le luminaire ne contrôle pas le flux lumineux, la lumière est émise dans toutes les directions.

Voilà une situation à éviter tant pour des raisons énergétiques que pour respecter la vie privée et la sauvegarde du ciel étoilé !

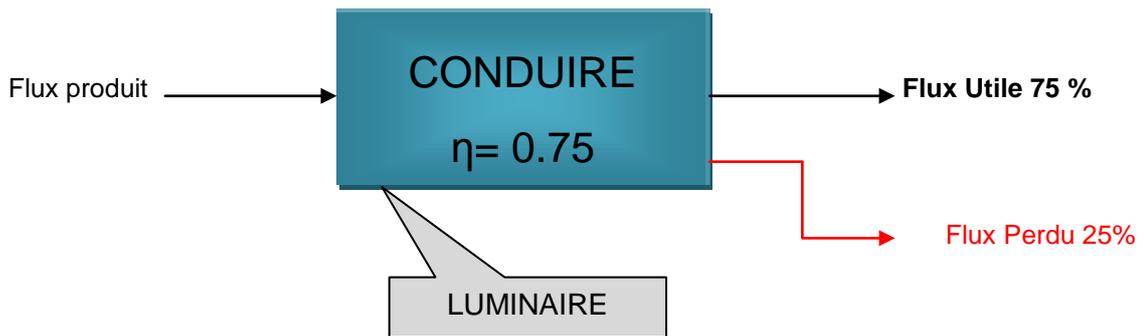


# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

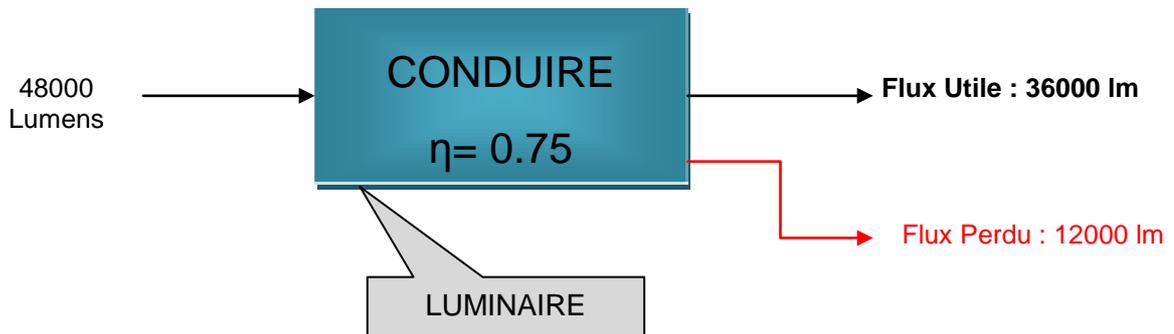
## 4.2 Rendement lumineux du luminaire.



- 5% du flux est émis au dessus de l'horizon.
- 20% du flux lumineux est émis entre 0 et 10° sous l'horizon.



Associé à notre lampe SHP de 400 Watts



Le luminaire a un impact non négligeable sur l'efficacité lumineuse. Si la lampe a une efficacité de 120 lm/W, associée au luminaire, cette efficacité n'est plus que de 90 lm/w.

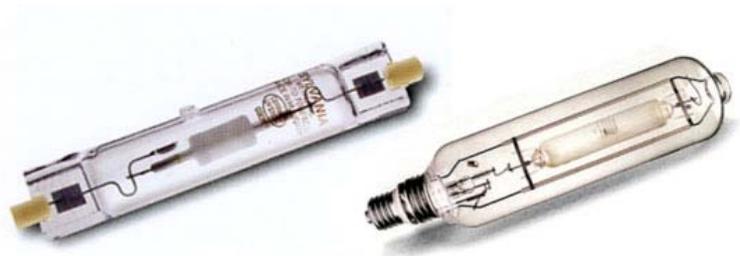
Utiliser un luminaire performant concourt à la diminution de la consommation d'énergie. Cela permet l'emploi de lampe moins puissante pour une même situation d'éclairage.



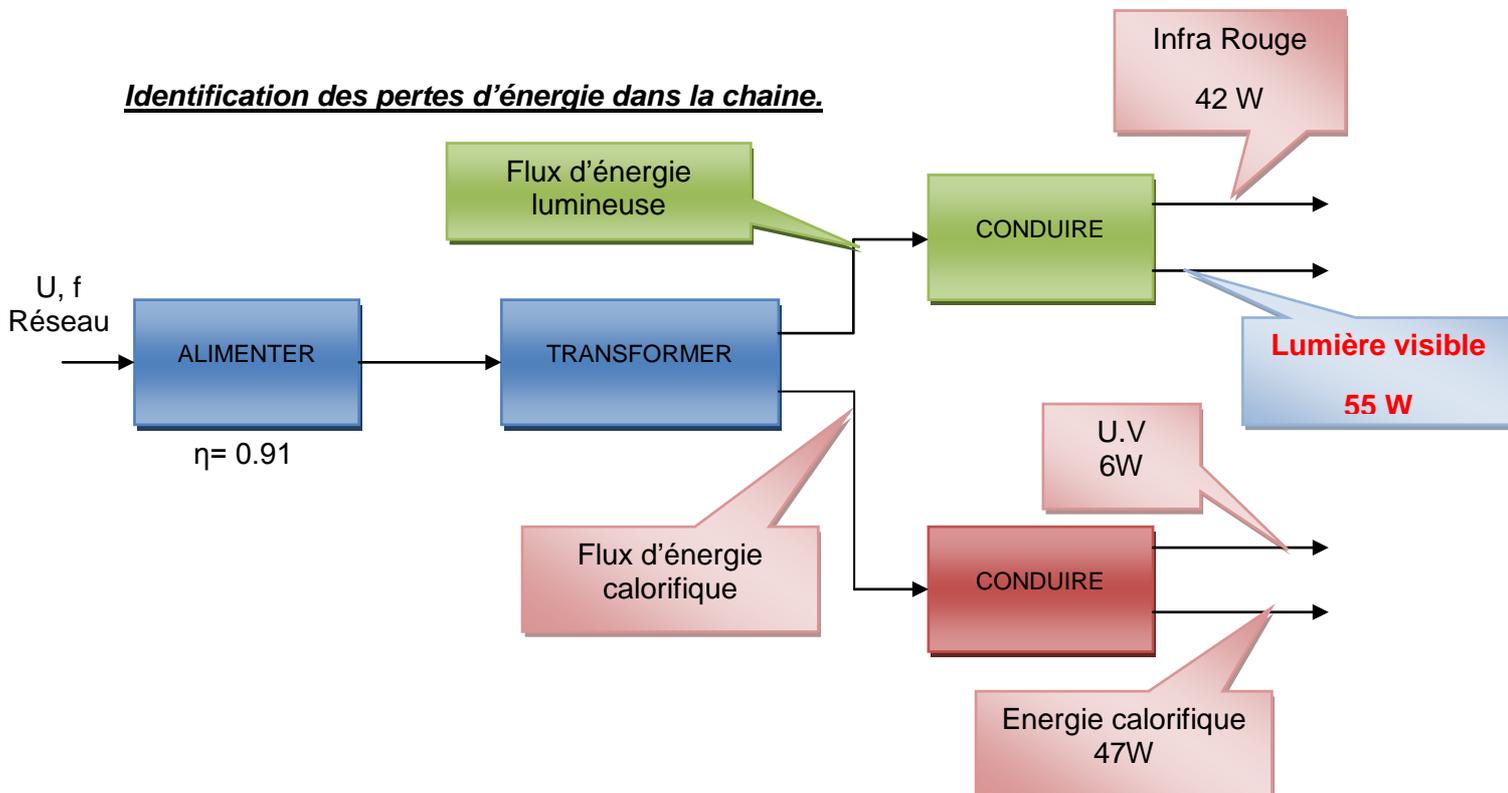
# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## 5. Bilan énergétique avec une lampe iodure métallique.

Le bilan est donné pour une lampe de 150 Watts alimentée par un ballast électronique.  
On utilisera un luminaire de nouvelle génération type Iridium de PHILIPS.



### Identification des pertes d'énergie dans la chaîne.



L'utilisation d'un ballast électronique a permis de limiter les pertes de la fonction « Alimenter », elles sont de 15 Watts.



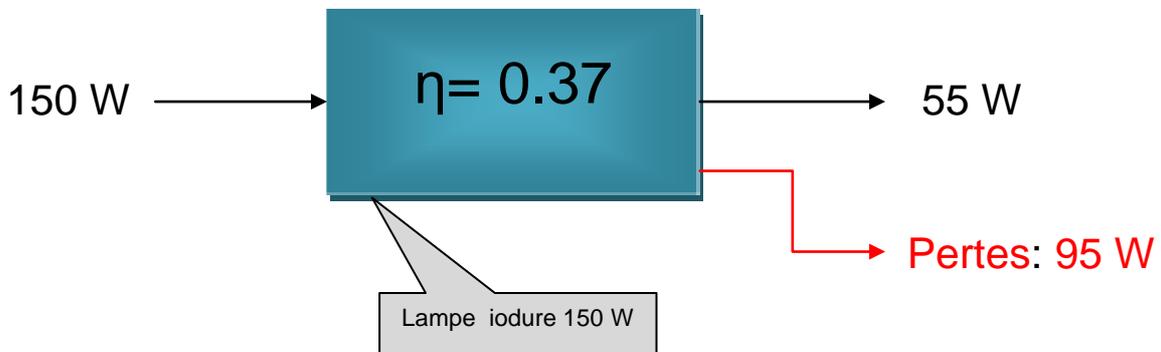
# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Sur les 150 Watts fournis, 125 sont transmis entre les électrodes de la lampe, une partie est perdue en agitation thermique (22 Watts), le reste est rayonné de la façon suivante.

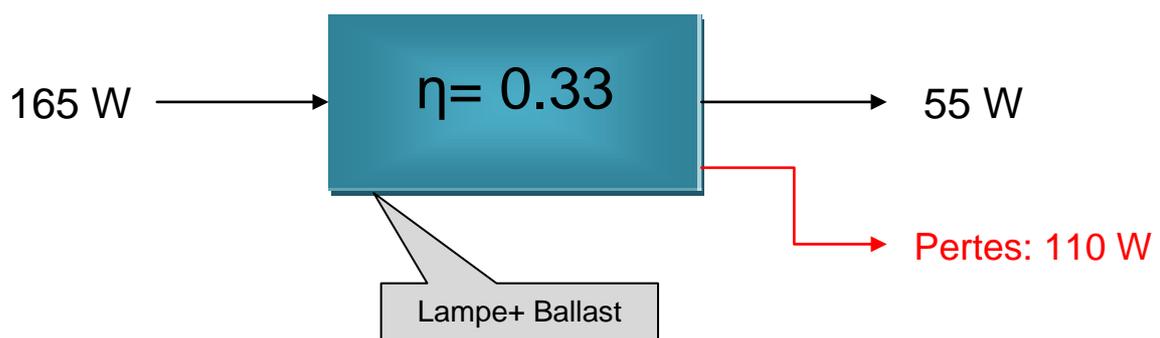
- ✓ Rayonnement visible pour 55 W.
- ✓ Rayonnement infrarouge pour 42 W.
- ✓ Rayonnement ultraviolet pour 6 W.

Globalement pour 150 Watts injectés seulement 55 Watts sont transformés en lumière visible.

- Rendement énergétique de la lampe.



- Rendement énergétique de l'ensemble ballast/ lampe.



Au niveau de l'efficacité énergétique l'ensemble ballast électronique et lampe iodeure métallique est plus performant que l'association lampe SHP et ballast ferromagnétique.



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## 5.1. Efficacité lumineuse de la lampe.

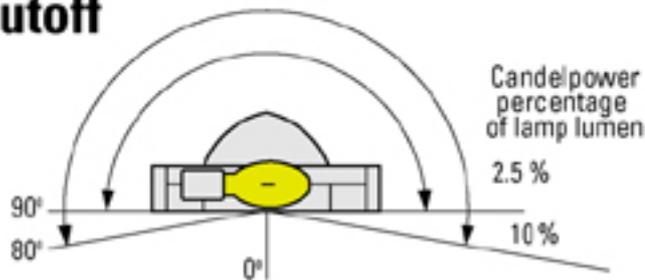
La lampe utilisée fournit un flux lumineux de 16500 lumens, on peut donc déterminer son efficacité lumineuse.



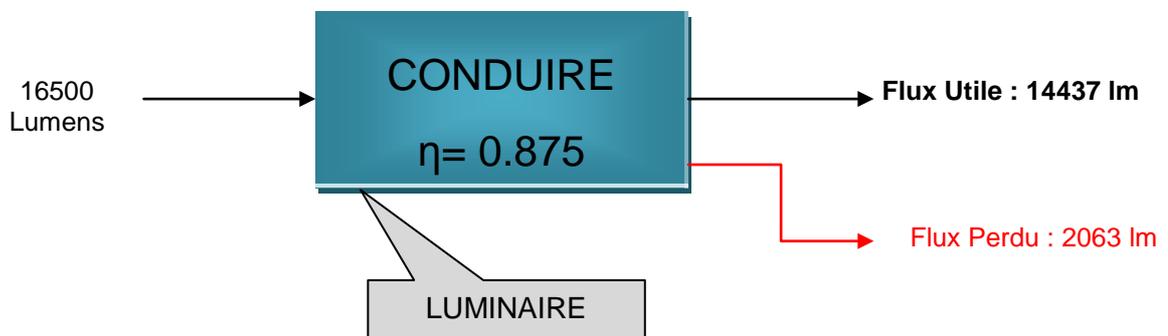
## 5.2. Efficacité lumineuse de l'ensemble lampe et luminaire.

Le luminaire choisi fait partie des luminaires de nouvelle génération qui respecte les prescriptions des dernières normes d'éclairage. Les pertes de flux sont ainsi réduites à 12.5% du flux émis par la lampe.

### Cutoff



- 2.5% du flux est émis au dessus de l'horizon.
- 10 % du flux lumineux est émis entre 0 et 10° sous l'horizon.



Soit une efficacité lumineuse globale de :  $\frac{14437}{150} = 96 \text{ lm} * \text{W}^{-1}$



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

## 6. Etude comparative entre les types de lampes.

	Sodium Haute Pression	Iodures Métalliques
<b>Efficacité lumineuse lampe</b>	120 lm/W	110 lm/W
<b>Efficacité lumineuse Lampe et Luminaire</b>	90 lm/W	96 lm/W
<b>couleur</b>	Jaune	Blanc
<b>IRC</b>	22	66
<b>Temps de chauffage</b>	6 minutes	4 minutes
<b>Surtension d'amorçage</b>	2 à 4 kV	0.8 à 2kV
<b>Durée de vie</b>	16000 à 25000h	12000 à 30000h

L'efficacité lumineuse des lampes SHP est intrinsèquement supérieure à celle des lampes aux iodures métalliques bien que les écarts se réduisent très rapidement. Il est à noter qu'utiliser une lampe SHP en remplacement d'ancienne technologie (vapeur de mercure), sans modification du luminaire, ne garantit pas une efficacité maximale.

L'association lampe iodures métalliques, ballast électronique et luminaire de nouvelle génération permet d'optimiser l'efficacité lumineuse de l'ensemble en limitant les pertes de flux. La pollution lumineuse est ainsi réduite.

De plus, la lumière blanche émise par les lampes iodures est perçue comme étant plus lumineuse qu'elle ne l'est réellement. Elle permet ainsi une diminution de 30% du flux lumineux pour le même ressenti.

La lumière blanche donne aux personnes un sentiment de sécurité accru, elle offre un meilleur rendu des couleurs et permet de mieux distinguer les objets, les formes ainsi que les détails. Elle facilite tout particulièrement la reconnaissance faciale et contribue fortement à réduire le niveau d'inquiétude des promeneurs.

