

Mesures d'éclairage.

Dans le cadre de nos enseignements, nous sommes amenés à comparer des systèmes qui produisent des effets identiques comme par exemple différents systèmes pour éclairer un espace donné.

Référence au programme.

Pour le niveau 4eme

Connaissances	Niveau	Capacités	Commentaires
Efficacité énergétique.	2	Comparer les quantités d'énergie consommée par deux objets techniques.	Par des expérimentations concrètes, l'élève doit constater qu'à effets produits identiques, les énergies consommées sont différentes en fonction de la technologie utilisée.
	2	Indiquer la nature des énergies utilisées pour	

Pour le niveau 3eme

Sensibilisé au cycle central à la notion d'énergie « utilisable » et d'énergie « perdue » dans une chaîne d'énergie, l'élève pourra ainsi prendre conscience que le choix d'une solution technique peut avoir des conséquences sur l'efficacité énergétique d'un système.

Connaissances	Niveau	Capacités	Commentaires
Caractéristiques d'une source d'énergie.	2	Identifier les caractéristiques de différentes sources d'énergie possibles pour l'objet technique.	Le choix des sources d'énergie pour une solution technologique est expliqué ou justifié en prenant en compte le besoin et les contraintes (performance, autonomie, encombrement, confort d'utilisation, respect de l'environnement, coût) définies dans le cahier des charges auxquels doit répondre l'objet technique.
Critères de choix énergétiques.	3	Choisir, pour une application donnée, une énergie adaptée au besoin.	La notion de rendement sera présentée par identification des principales pertes d'énergie.

Les systèmes d'éclairage sont un exemple parmi d'autres.

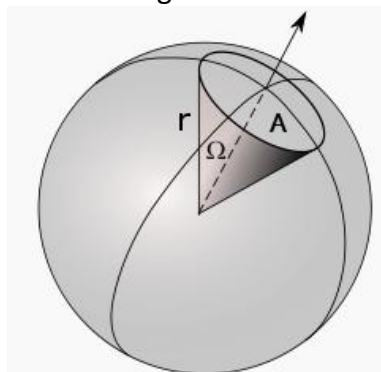
Parmi ces systèmes d'éclairage il y a certains systèmes qui consomment plus ou moins d'énergie pour un éclairage donné.

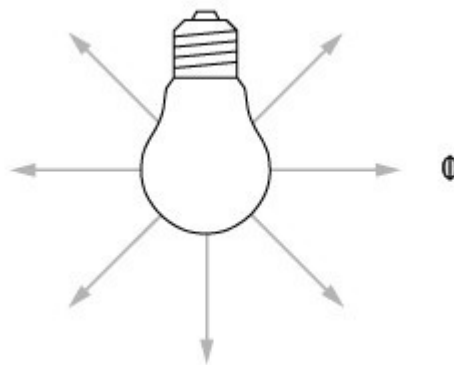
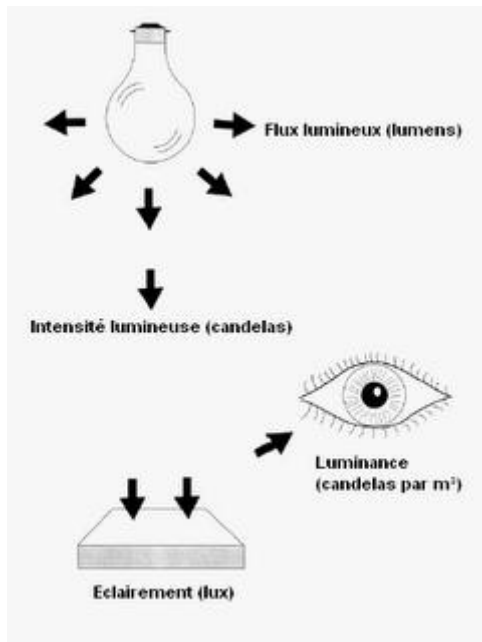
On trouve différentes technologies : incandescence (qui est en cours d'abandon), à décharges (fluo-compact), halogène, Led.

Avant de se lancer dans des investigations avec nos élèves, il est intéressant d'avoir quelques notions de photométrie.

Voici quelques informations sur les notions de photométrie.

Deux éclairages identiques, sont deux éclairages qui produisent le même flux lumineux dans le même angle solide.





Notion d'angle solide :

$$d\Omega = \frac{dS}{R^2}$$

Par conséquent pour l'espace (sphère) la surface S totale vaut $4 \cdot \pi \cdot R^2$ et l'angle solide totale $\Omega = 4 \pi$ sr. Sr est le stéradian.

$$\Omega = \int d\Omega = \int \frac{dS}{R^2} = \frac{S_{\text{sphère}}}{R^2} = \frac{4 \pi R^2}{R^2} \Rightarrow \Omega_{\text{espace}} = 4 \pi \text{ sr}$$

L'intensité lumineuse : (I)

C'est la quantité de lumière émise par une source pendant chaque seconde, dans une direction donnée et par unité d'angle solide.

UNITE SI : le CANDELLA [cd]

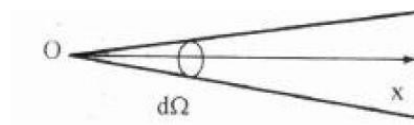
Flux lumineux : (F) lumen (lm)

Le lumen est le flux lumineux émis dans un angle solide de 1 stéradian par une source ponctuelle uniforme située au sommet de l'angle solide et ayant une intensité lumineuse de 1 candela.

C'est l'énergie émise par une source ponctuelle.

C'est un débit d'énergie rayonnante

$$dF = I \cdot d\Omega$$



Éclairement lumineux : (E) lux (lx)

Le lux est l'éclairement d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux de 1 lumen par mètre carré.

C'est de la lumière reçue.

1 lux = 1 lm/m²

Cet éclairage peut se mesurer facilement à l'aide d'un luxmètre



$$E = \frac{dF}{dS}$$

La relation entre l'éclairement E (Lux) et l'intensité lumineuse I (Cd)

$I = E \cdot D^2$ avec D la distance entre la lampe et la surface à éclairer.

Quantité d'énergie nécessaire pour éclairer.

La lampe doit éclairer de façon suffisante avec une quantité d'énergie donnée

- nuit de pleine lune : 0,5 lx ou 0.25 Lm
- Bougie 10 lx
- rue de nuit bien éclairée : 20 - 70 lx
- local de vie : 100 – 200 lx
- appartement bien éclairé : 200 - 400 lx
- local de travail : 200 – 3 000 lx
- stade de nuit : 1 500 lx
- extérieur par ciel couvert : 25 000 lx
- extérieur en plein soleil : 50 000 à 100 000 lx

Efficacité lumineuse (k) ,

Exprimée en lm/W.

La valeur maximale qu'il est possible d'obtenir est de 683 lm/W

Il est parfois difficile de comparer des technologies d'éclairages qui donnent un flux lumineux identique.

Pour que les élèves puissent comparer différents éclairages, il est nécessaire de connaître le rendement lumineux de chaque lampe testée. Il faut donc mesurer le flux lumineux ainsi que la consommation d'énergie électrique de chaque éclairage.

A partir de ces deux mesures, on calcul à l'aide d'un tableur le rendement lumineux

$$\text{Rendement lumineux} = \frac{\text{Flux lumineux (lm)}}{\text{Puissance électrique (W)}}$$

Pour mesurer la puissance électrique consommée, on peut utiliser un simple compteur d'énergie qui va afficher la puissance instantanée consommée en Watts.



Le souci est maintenant de mesurer le flux lumineux. En effet, les appareils les moins chers permettent de mesurer l'éclairement (Lux) comme un luxmètre.

Il est cependant possible d'avoir une approximation du flux lumineux d'une source lumineuse isotrope (qui éclaire dans toutes les directions).

Pour cela il suffit de revenir à la relation entre flux lumineux et éclairement. Nous avons vu qu'un lux correspondait à 1 lumen par m².

Nous supposons que notre lampe éclaire de façon isotrope pour simplifier. Cette lampe éclaire donc de façon homogène dans toutes les directions.

Maintenant imaginons que cette lampe éclaire une sphère de 1m². Alors si on positionne notre luxmètre sur cette sphère de 1m² (peu importe sa position si la source est isotrope), le luxmètre affichera donc aussi le flux lumineux en lumens.

Il suffit maintenant de trouver quel est le diamètre de cette sphère pour en déduire à quelle distance de la source lumineuse il faudra placer notre luxmètre.

La surface d'une sphère de rayon R à une surface S :

$$S = 4 \times \pi \times R^2$$

Donc pour une sphère de surface de 1m² il faudra résoudre l'équation $S = 1\text{m}^2$
D'où :

$$R = \frac{1}{\sqrt{4 \times \pi}}$$

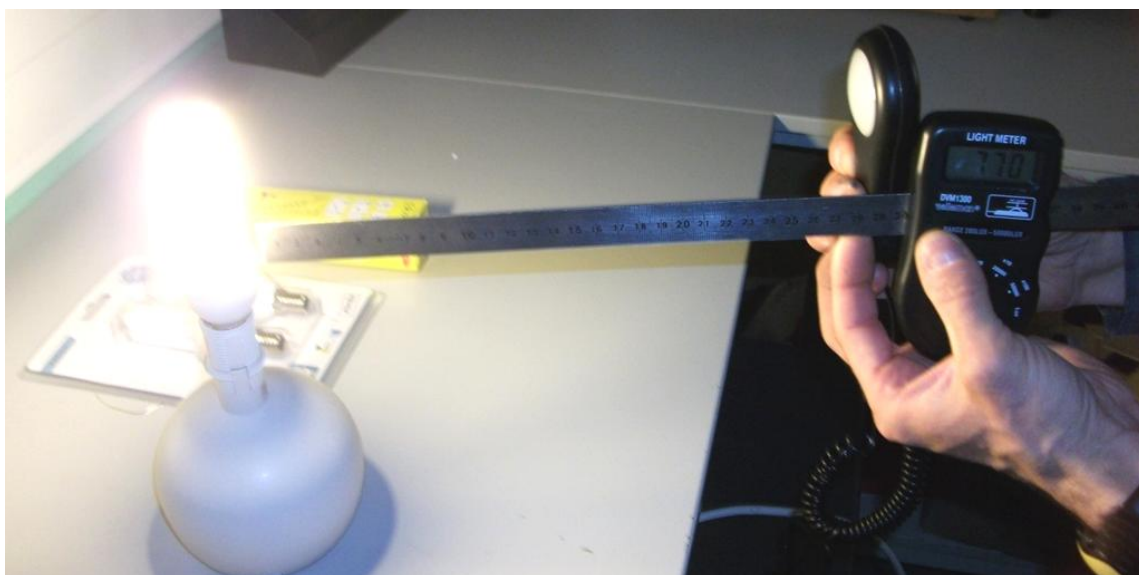
D'où R = 28 cm environs

Voici quelques résultats de mesures

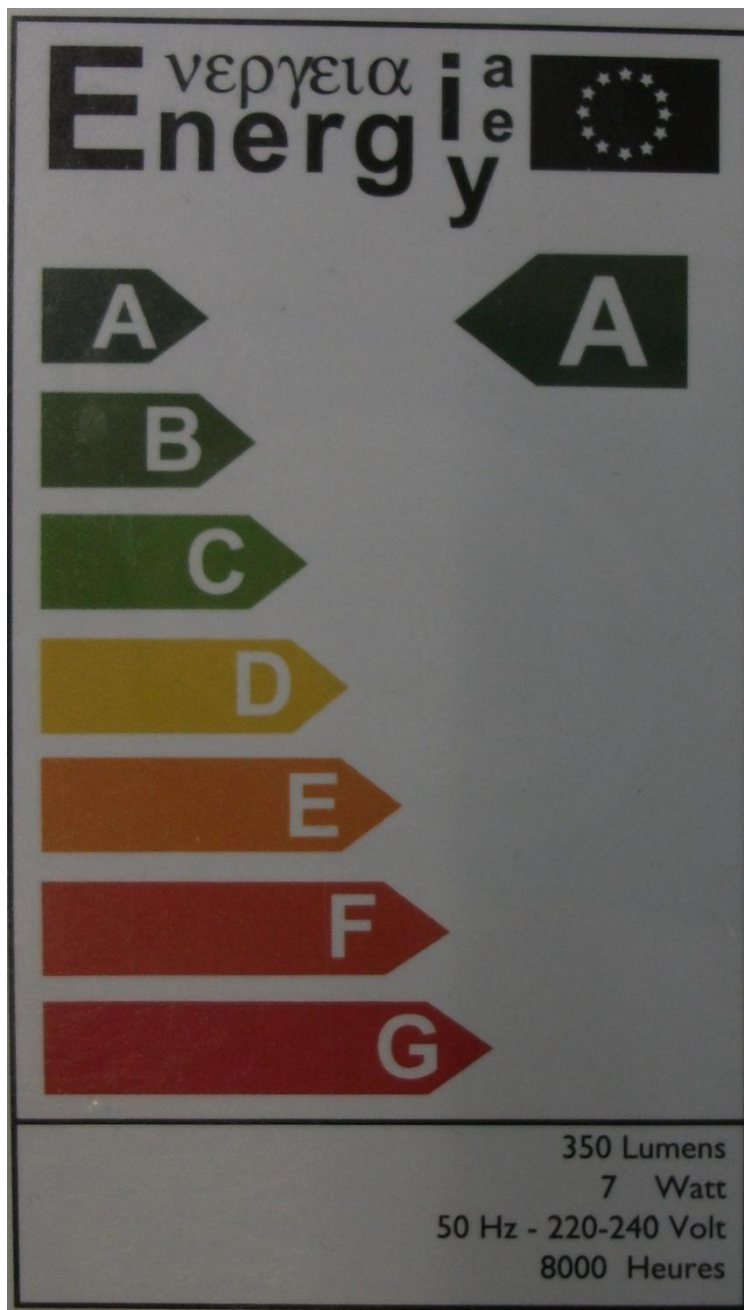
Avec l'utilisation d'une lampe fluo-compacte de 532 lm

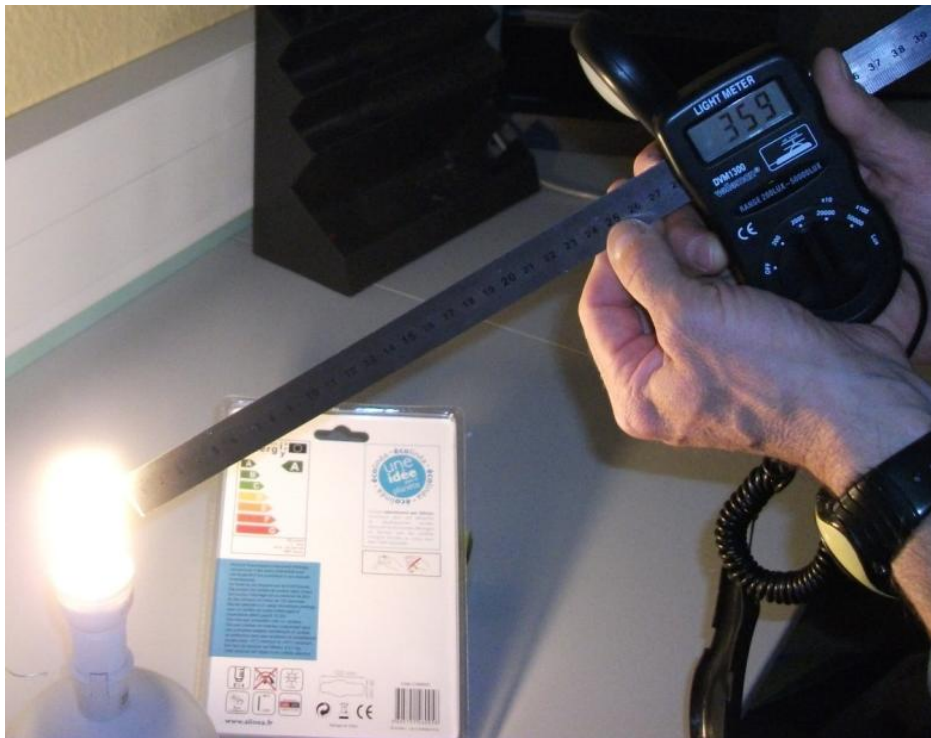


On s'aperçoit que ce type de lampe n'a pas un éclairage isotrope



Avec une lampe de 350 lm







Attention de comparer ce qui est comparable. Il est clair que comparer une lampe (presque isotrope) avec une lampe type spot, n'a pas de sens, puisque que la surface d'éclairage n'est pas du tout comparable et le flux lumineux est alors concentré, n'ont pas sur 4π sr mais dans un angle solide bien plus faible. Donc de faite, une lampe spot aura tendance à avoir un éclairage bien supérieur. En effet, on a vu que $E = F/S$ donc Pour une lampe qui a un flux lumineux donné, plus la surface à éclairer est faible et plus l'éclairage sera important, donc plus le luxmètre indiquera une valeur importante alors qu'en faite le flux lumineux de départ est toujours le même !

C'est le cas des lampes à Led type spot qui ont tendance à être assez directives.

La société Philips développe des lampes à led qui éclairent de façon moins directive en se rapprochant des lampes à éclairage isotrope.

Pour les investigations et limiter les risques de casse des ampoules, il est intéressant d'utiliser une protection transparente.

Principaux faits		Ampoules à économie d'énergie	
			
		Ampoules à incandescence (25 W)	LED (Econic 3 W)
Puissance de l'ampoule en watts (W) :		25	3
Durée de vie de l'ampoule (a) :		1	25
Prix moyen de l'ampoule (€) :		0,75	25
Coût de remplacement de l'ampoule/an (€) :		0,75	1
Consommation d'énergie/an (kWh) :		25	3
Coût énergétique/an (€) :		5	0,6
Coût total/an (€) :		5,75	1,6
Émissions de CO2/an (kg) :		10,5	1,26
Économies/an (€) :			4,15
Économies de CO2/an (kg) :			9,25

Calculs basés sur 1 000 heures de fonctionnement/an, coût énergétique de 0,20 €/kWh et 0,42 kg d'émissions de CO2 par kWh.

Contrairement aux lampes fluo-compact, le temps pour obtenir le flux lumineux maximal est de 0,5s pour une lampe à Led.



Code commercial	Nom produit	Gradable	Equivalent puissance	Puissance nominale	Flux lumineux nominal	Durée de vie nominale (heures)	Fin de vie nominale - LLMF	Début	Durée de vie nominale (années)	Label Efficacité Énergétique EEL	Cycle de vie
900484 00	MASTER LEDbulb 8-40W E27 2700K 230V A60	Yes	40	8.0	470	25000	70	0.5	15	Class A	2000

Bonnes investigations...

Ressources

http://vorzinekis.online.fr/docs/lumiere_et_eclairage.pdf

<http://www.dynalum.com/dico/definition-eclairage.htm>

http://www.erco.com/guide_v2/guide_2/lighting_te_94/luminous_fl_1835/fr/fr_luminous_fl_intro_1.php

<http://www.petzl.com/fr/outdoor/lampe-frontale/performances-eclairage>

<http://www.afe-eclairage.com.fr/index.php?sub=0&videoid=6>

<http://www.afe-eclairage.com.fr/uploads/documentation/10166-ext.pdf>