

Centres d'intérêt abordés	Énergie
Niveau d'analyse	Fonctionnel

Objectifs pédagogiques	3.2.1 Transformateurs et modulateurs d'énergies associés
Connaissances	Éclairage
Activités (2 H)	Identifier les principales caractéristiques des lampes domestiques Trouver la quantité de CO ₂ rejetée durant la phase d'utilisation de lampes domestiques

Ressources documentaires	Fichiers <i>pdf</i> fournis
Ressources matérielles	Ordinateur

1. PRÉSENTATION

1.1. CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Avant l'arrivée des nouvelles technologies, l'éclairage représentait 14 % de la consommation européenne d'électricité et 19 % de la consommation mondiale (2009). Aujourd'hui, l'UNEP (United Nations Environment Programm) l'évalue à 15 % au niveau mondial pour 5 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Le nombre de lampes à combustibles utilisées dans le monde est de 670 millions, produisant 74 millions de tonnes d'émissions de carbone par an.

Le passage aux nouvelles technologies de l'éclairage permettrait, selon l'UNEP, d'économiser 140 milliards de dollars et de réduire les émissions de CO₂ de 580 millions de tonnes par an.

1.2. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

De par sa consommation d'énergie, l'éclairage participe aux émissions de CO₂ et contribue au changement climatique. Les lampes et les tubes d'éclairage contiennent souvent des métaux lourds particulièrement toxiques. La législation européenne oblige depuis 2007 les vendeurs et fabricants à assurer le recyclage des lampes usagées et des composants électroniques associés, en fin de vie ou d'utilisation.

1.3. RÉGLEMENTATION

L'éclairage public, mais également l'éclairage des lieux de travail ou des infrastructures sportives, doivent respecter des normes qui prescrivent les paramètres d'éclairage :

- quantité de lumière, éclairement minimal ;
- qualité d'éclairage, uniformité et rendu des couleurs ;

2. OBJECTIFS

Ce TP porte sur les lampes utilisées pour l'éclairage domestique. Il a pour objectifs de :

- comparer ces caractéristiques des lampes les plus courantes ;
- calculer le prix de revient des différentes technologies ainsi que leur émission de CO₂ sur une période de 10 000 heures d'utilisation,
- modéliser et comparer la rentabilité d'une technologie par rapport à une autre.

3. DÉFINITION DES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES LAMPES

3.1. FLUX LUMINEUX EN LUMEN

C'est la quantité de lumière émise par la lampe en Lumen (lm). Cette quantité doit être suffisamment importante pour éclairer le local dans lequel se trouve la source de lumière.

3.2. PUISSANCE ÉLECTRIQUE EN WATT

C'est la puissance électrique consommée par la lampe en Watt (W). Cette puissance doit être le plus faible possible pour limiter la consommation énergétique et donc la quantité de CO₂ produite durant la phase d'utilisation.

3.3. RENDEMENT LUMINEUX EN LUMEN PAR WATT

Le rendement lumineux d'une lampe en Lumen par Watt (lm/W) est le rapport entre la quantité de lumière qu'elle émet en Lumen (lm) et la puissance électrique qu'elle consomme en Watt (W). Ce rendement lumineux permet de définir la lettre de A++ à G associée à la classe énergétique de la lampe.

3.4. DURÉE DE VIE EN HEURE

C'est la durée de vie de la lampe en comprise entre 1 000 heures pour les anciennes lampes à incandescence, 15 000 heures pour les meilleures fluo-compactes et jusqu'à 100 000 heures pour les lampes à LED.

Il faut cependant faire attention, certaines lampes sont très sensibles au nombre de commutation (allumages-extinction) et ce paramètre peut fortement réduire leur durée de vie. Exemple : pour une lampe fluo-compacte avec une durée de vie annoncée de 12 000 heures mais ne supportant que 8 000 commutations : Si on place cette lampe dans un toilette où elle sera allumée 8 000 fois 5 minutes alors sa durée de vie ne sera que de 667 heures...

3.5. TEMPÉRATURE DE COULEURS EN DEGRÉ KELVIN

C'est la couleur de la lumière émise par la lampe en Kelvin (K). Inversement à notre sensation de chaleur, une basse température des couleurs entre 2 700°K et 3 300°K donnera une lumière dite blanche chaude (jaune-orangée) et une haute température des couleurs supérieure à 5 300°K donnera une lumière dite blanche froide (bleutée). La lumière blanche neutre se situe entre 3 300°K et 5 300°K. Ce paramètre est très important car la température des couleurs d'une lampe peut fortement dénaturer la couleur des objets éclairés. Par exemple, dans les chambres à coucher, on choisit plus volontiers une lumière chaude (jaune-orangée à 2 700°K) car plus reposante et moins agressive mais il devient difficile de différencier la couleur de nos vêtements entre le bleu marine, le marron ou le noir...

3.6. TEMPS DE CHAUFFAGE

C'est la durée en seconde pour que le flux lumineux atteigne sa valeur nominale. Ce paramètre va définir l'endroit où placer la lampe. Par exemple, on ne placera pas une lampe longue à chauffer dans une cage d'escalier que l'on traverse en quelques secondes mais plutôt dans un espace de vie où l'on reste longtemps. Les lampes (fluo-compacte) rapides à chauffer sont souvent qualifiées de Fast Start.

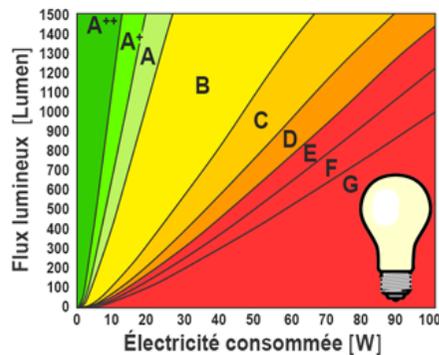
4. ÉTIQUETTE-ÉNERGIE D'UNE LAMPE DOMESTIQUE

Voici les différentes caractéristiques présentes sur l'étiquette-énergie d'une lampe :

The diagram shows an energy label with callouts to its various parts:

- Classe énergétique (voir graphique et tableau ci-dessous)**: Points to the energy class 'A' and the EU flag.
- Quantité de lumière émise par la lampe**: Points to the 'Lumen' value '900'.
- Puissance électrique consommée**: Points to the 'Watt' value '15'.
- Durée de vie de la lampe**: Points to the 'h' value '1200'.

Définition de la classe énergétique :



Classe énergétique	Rendement lumineux
A++	> 100 lm/W
A+	> 75 lm/W
A	> 50 lm/W
B	20 à 50 lm/W
C	16 à 20 lm/W
D	13 à 16 lm/W
E	11 à 13 lm/W
F	9 à 11 lm/W
G	< 9 lm/W

5. DIFFÉRENTS TYPES DE LAMPES DOMESTIQUES

5.1. LAMPE À INCANDESCENCE

Bien qu'elle ne soit plus commercialisée depuis 2012, elle est encore présente dans de nombreux foyers.

Avantage : Facile à fabriquer, peu polluante, allumage instantané, très faible coût à l'achat.

Inconvénient : Fragile, durée de vie limitée, beaucoup de perte énergétique en chaleur (95%), très faible rendement lumineux donc progressivement retirée de la vente :

Date d'interdiction	puissance
30 juin 2009	≥ 100 W
31 décembre 2009	≥ 75 W
30 juin 2010	≥ 60 W
31 août 2011	≥ 40 W
30 décembre 2012	≥ 25 W



5.2. LAMPE FLUO-COMPACTE

Lampe très utilisée mais en perte de vitesse devant la lampe à LED.

Avantage : Très bon rendement lumineux (5 % de chaleur émise seulement) donc consomme peu et éclaire bien, bonne durée de vie d'au moins 12 fois supérieure à la lampe à incandescence.

Inconvénient : Chère à l'achat, contient des déchets polluants (mercure), doit impérativement être recyclée. Ampoule de verre fragile. Peut nécessiter un temps de chauffe non-négligeable. Nécessite de l'électronique (ballast) pour limiter le scintillement (effet stroboscopique néfaste) et améliorer le rendement énergétique.



5.3. LAMPE À LED

La lampe à LED (diode électroluminescente) est une lampe aux nombreux avantages de plus en plus utilisée et qui remplace progressivement toutes les autres technologies. On en trouve de toutes les formes même pour remplacer les tubes fluorescents.

Avantage : Excellent rendement lumineux donc consomme peu et éclaire bien, très bonne durée de vie jusqu'à 100 000 heures. Allumage instantané. Robuste, elle supporte mieux les chocs que les autres lampes.

Inconvénient : Encore un peu chère à l'achat mais de plus en plus abordable. Un risque potentiel pour la vue.



5.4. LAMPE HALOGÈNE

Évolution de la lampe à incandescence, elle contient le plus souvent une double ampoule de verre. L'ampoule intérieure contient un gaz halogène qui permet de faire chauffer le filament à de très haute températures. En fondant et s'évaporant, le métal du filament se recombine avec le gaz halogène et se redépose reconstituant ainsi le filament dans un cycle théoriquement infini. Malheureusement, le filament n'est pas reconstitué uniformément, ce qui le fragilise avant qu'il ne rompe.

Avantage : Médiocre rendement lumineux donc consomme beaucoup mais éclaire plutôt bien. Lumière blanche neutre agréable. Très bon rendu des couleurs.

Inconvénient : Faible durée de vie (2 000 garantie seulement), pertes d'énergie par chaleur.



5.5. LAMPE À TUBE FLUORESCENT

Ce type de lampe est beaucoup utilisé dans les bâtiments industriels, les bureaux, les hôpitaux ou les écoles... Ils peuvent-être aujourd'hui avantageusement remplacés par des tubes contenant une multitude de LED.

Avantage : Bon rendement lumineux et faible consommation. Éclaire bien. Bon rendu des couleurs. Bonne durée de vie.

Inconvénient : Encombrement, demande des luminaires spécifiques avec un circuit d'aide à l'allumage (starter) et ballast pour réduire le scintillement. Peut provoquer des effets stroboscopiques visibles en fonction de l'efficacité du ballast.



6. COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE LAMPES DOMESTIQUES

Pour comparer les différentes technologies, on choisit des lampes 230 V et de flux lumineux de 400 lumens environ. Pour chaque type de lampe, on cherche :

- le rendement lumineux,
- le coût de revient pour une durée d'utilisation de 10 000 heures ;
- la quantité de CO₂ émise durant la phase d'utilisation.

☞ Ouvrir le fichier *comparatif-lampes.xls* avec un tableur. Pour chaque lampe, les champs : prix d'achat, flux lumineux, puissance électrique et durée de vie sont déjà renseignés. Vous devez compléter ce fichier :

✍ Indiquer la formule à écrire dans la cellule G6 pour afficher le **rendement lumineux** de la lampe :

☞ Écrire et étendre l'équation de la cellule G6 à l'ensemble de la colonne.

✍ Indiquer la formule à écrire dans la cellule H6 pour afficher l'**énergie consommée** pour 10 000 heures d'utilisation :

☞ Écrire et étendre l'équation de la cellule H6 à l'ensemble de la colonne.

✍ Indiquer la formule à écrire dans la cellule I6 pour afficher le **nombre de lampes nécessaires** pour 10 000 heures de fonctionnement :

☞ Écrire et étendre l'équation de la cellule I6 à l'ensemble de la colonne.

✍ Indiquer la formule à écrire dans la cellule J6 pour afficher le **coût de l'énergie consommée** par la lampe durant les 10 000 heures de fonctionnement :

☞ Écrire et étendre l'équation de la cellule J6 à l'ensemble de la colonne.

✍ Indiquer la formule à écrire dans la cellule K6 pour afficher le **coût total d'utilisation** de la lampe pour 10 000 heures d'utilisation :

☞ Écrire et étendre l'équation de la cellule K6 à l'ensemble de la colonne.

✎ Après avoir mis à jour la valeur de la cellule A19, indiquer la formule à écrire dans la cellule L6 pour afficher la **quantité de CO₂ émise** par la lampe pour 10 000 heures d'utilisation :

✎ Écrire et étendre l'équation de la cellule L6 à l'ensemble de la colonne.

✎ Indiquer la formule à écrire dans la cellule M6 pour afficher le **classe énergétique de A++ à G** de la lampe :

✎ Écrire et étendre l'équation de la cellule M6 à l'ensemble de la colonne.

6.1. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SYNTHÈSE

✎ Relever les résultats obtenus pour des lampes de 400 lumens et une durée d'utilisation de 10 000 heures dans le tableau ci-contre

✎ Compléter le tableau d'aide au choix ci-dessous une attribuant une note de **1 à 4** pour chaque critère (1 pour la plus performante et 4 pour la moins performante). Voir l'exemple en cas d'ex aequo. Les lampes à incandescence ne figurent pas car elles ne sont plus commercialisées.

Technologie	Prix d'achat	Rendement lumineux	Coût de l'énergie consommée	Nombre de lampes utilisées	Quantité de CO ₂	Classe énergétique
Incandescence						
Fluo compacte						
LED						
Halogène						
Tube fluorescent						

Lampes de 400 lm pour 10 000 heures d'utilisation	ECONOMIE		ENVIRONNEMENT		SOCIAL			TOTAL		
	Investissement Coût à l'achat	Coût total (achat et énergie)	Durée de vie / Nombre de lampe	Rendement lumineux / Classe énergétique	Masse de CO ₂ pour la phase d'utilisation	Déchets polluants (métaux lourds, électronique)	Rapidité de démarrage		Effet stroboscopique	Nocivité pour les yeux
Fluo compacte						4				
LED						3				
Halogène						1				
Tube fluorescent						1				

✎ Quelle lampe est la meilleure du point de vue du développement durable ?

