

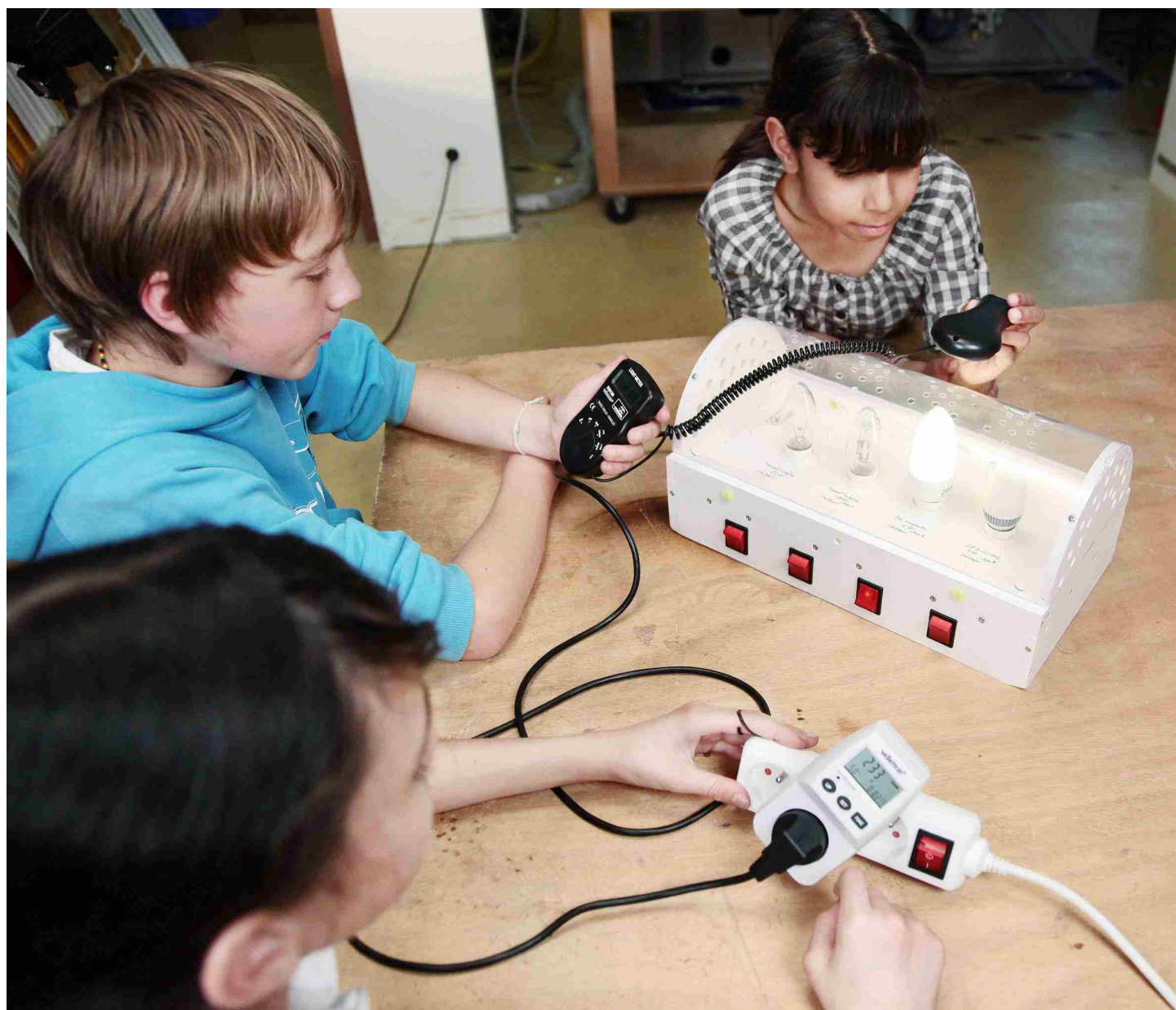
Banc d'essai Ampoules d'éclairage

Observer, comparer et tester les 4 technologies d'ampoules





En toute sécurité,
comparer 4 lampes
au moyen d'appareils de mesure.





Edité par la Sté A4

5 avenue de l'Atlantique
91940 Les Ulis
Tél. : 01 64 86 41 00 - Fax. : 01 64 46 31 19
www.a4.fr

SOMMAIRE

Présentation	02 à 04
Notice d'emploi	05
Remplacement des ampoules	06
Scans des emballages des ampoules	07 à 09
Les différents types d'ampoules d'éclairage	10
Dossier pédagogique	11 à 19
Présentation générale	11
Activité 1 - Comment choisir une ampoule ?	12
Activité 2 - Mesurer la consommation	13
Activité 3 - Mesurer la luminosité	14 - 15
Activité 4 - Calculer l'efficacité énergétique	16
Activité 5 - Mesurer la montée en puissance	17
Activité 6 - Quelle ampoule choisir pour quelle application ?	18
Activité annexe - Le spectre lumineux	19

CONTENU DU CDROM

Le CDRom de ce projet est disponible au catalogue de la Sté A4 (réf "CD-AMP).

Il contient :

- Le dossier en version FreeHand (FH9) et PDF.
- Des photos du produit, des images de synthèse, des perspectives au format DXF.
- **La modélisation 3D complète** du produit avec des **fichiers 3D** aux formats SolidWorks, Parasolid et eDrawings.

Ce dossier et le CDRom sont duplicables pour les élèves, en usage interne au collège*

*La duplication de ce dossier est autorisée sans limite de quantité au sein des établissements scolaires, à seules fins pédagogiques, à la condition que soit cité le nom de l'éditeur : Sté A4. La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit à des fins commerciales n'est pas autorisée sans l'accord de la Sté A4.

La copie ou la diffusion par quelque moyen que ce soit en dehors d'un usage interne à l'établissement de tout ou partie du dossier ou du CDRom ne sont pas autorisées sans l'accord de la Sté A4 .

Présentation 1/3

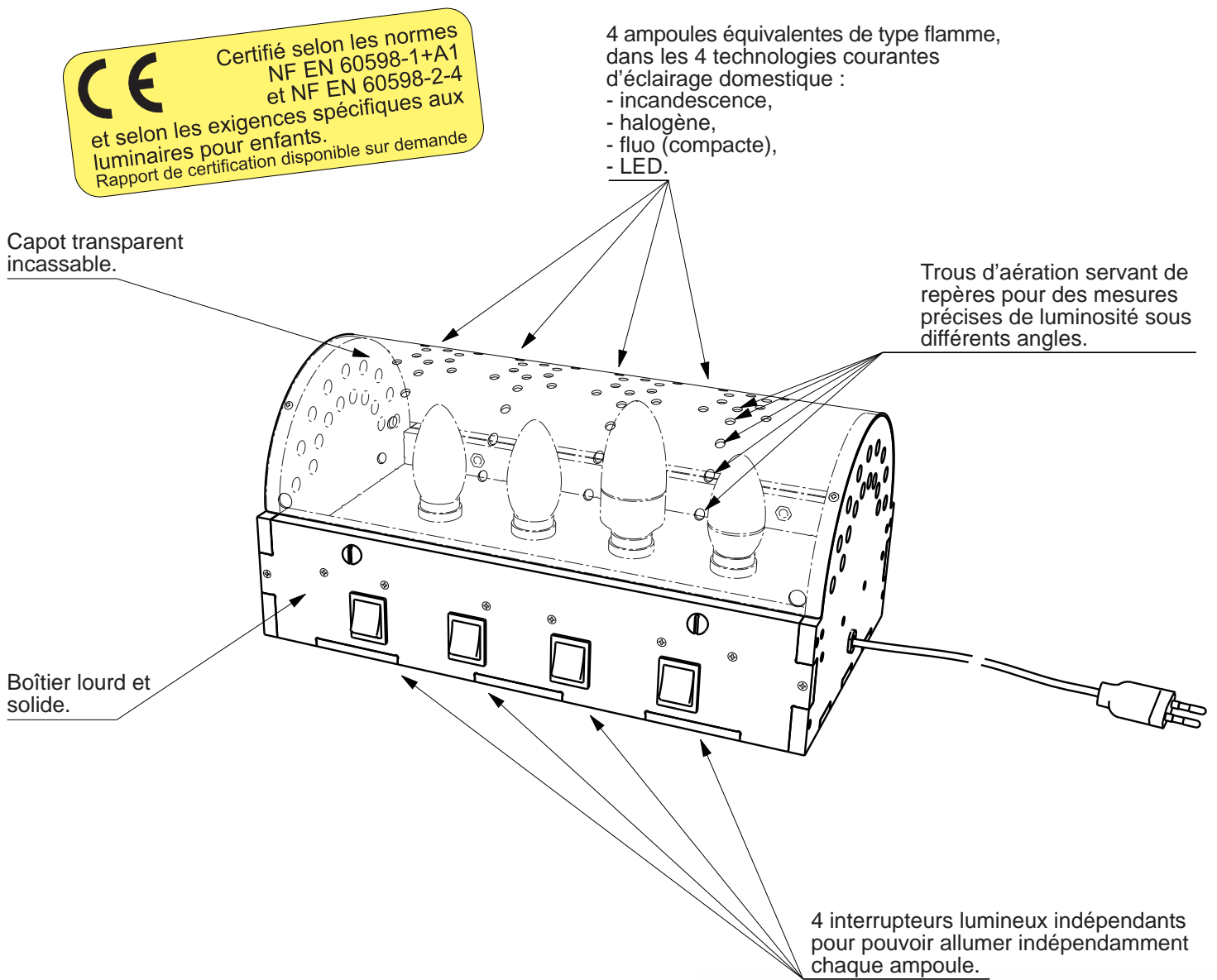
Description - Fonction

Le Banc d'essai "ampoules d'éclairage" permet en toute sécurité pour des élèves de comparer en marche des ampoules d'éclairage domestique 230 V de 4 technologies différentes.

Il comporte : 1 ampoule à filament à incandescence, 1 ampoule halogène, 1 ampoule fluo compacte, 1 ampoule à LED.
Il permet dans de bonnes conditions de sécurité et de confort opératoire, de comparer ces 4 ampoules en marche, relever des mesures (consommation électrique, luminosité sous différents angles).

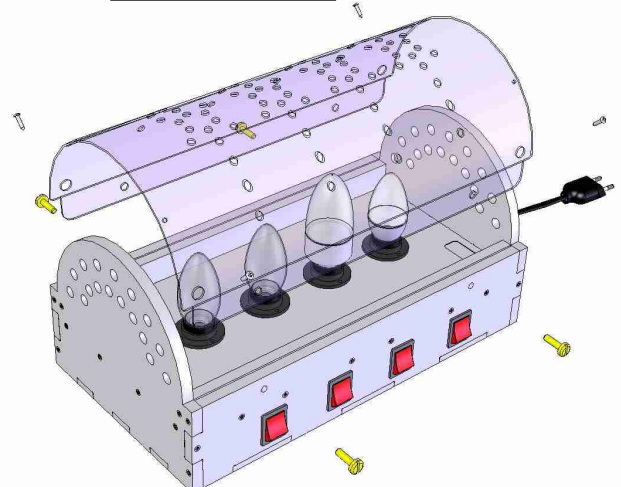
Les 4 ampoules choisies sont données pour être interchangeables dans un luminaire :

- même type (flamme),
- même culot (E14),
- puissances d'éclairage équivalentes (selon les fabricants).



Caractéristiques :

Banc d'essai comparatif d'ampoules d'éclairage - Réf. BE-AMP
Dimensions : 380 x 210 x h 180 mm.
Ampoules commandées séparément par interrupteurs lumineux.
Caisson en polyéthylène usiné ; vitre incassable polycarbonate.
Certifié selon les normes NF EN 60598-1+A1 et NF EN 60598-2-4 et selon les exigences spécifiques aux luminaires pour enfants.
230 V - 53 W - 50 Hz
1 ampoule à incandescence - douille E14 - 230 V - 25 W maxi.
1 ampoule halogène éco. - douille E14 - 230 V - 18 W maxi.
1 ampoule fluo compacte - douille E14 - 230 V - 5 W maxi.
1 ampoule à LEDs - douille E14 - 230 V - 5 W maxi.



Présentation 2/3

Repères sur le capot transparent

Les trous d'aération du capot transparent servent aussi de repères pour positionner un luxmètre et faire des mesures de luminosité sous différents angles.

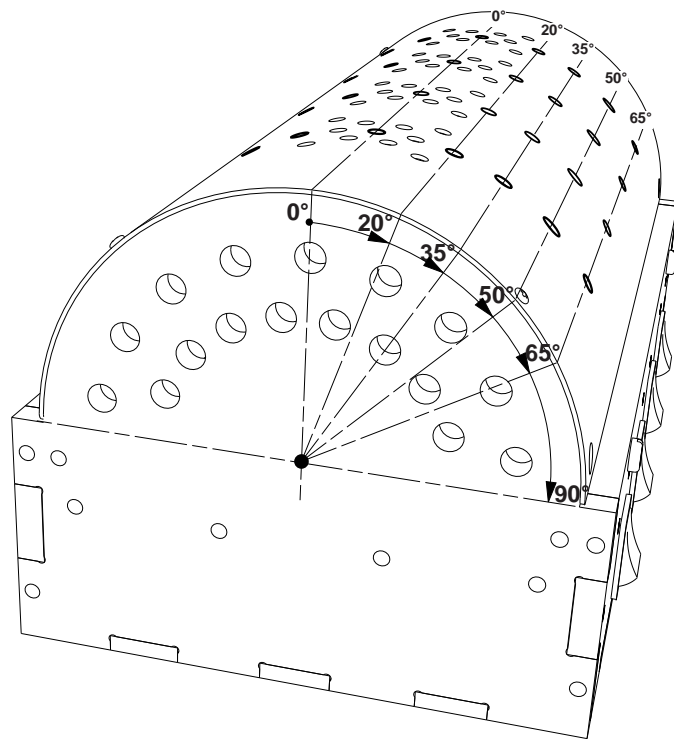
En effet il est intéressant de vérifier si une ampoule éclaire bien de façon homogène dans toutes les directions.

En utilisant les trous d'aération comme repères pour placer le luxmètre, on pourra comparer la puissance lumineuse d'une ampoule juste au dessus (0°) jusqu'à sur le côté, à 90° .

Le dessin ci-contre indique la position angulaire des repères (trous d'aération).

Conseils pour le relevé de mesures

- Pour obtenir des mesures comparables d'une ampoule à une autre, toujours placer l'appareil de mesure de la même façon, en appui sur le capot transparent.
- Il convient aussi que les mesures soient effectuées dans un local peu éclairé, ou tout au moins éclairé de façon homogène et constante, afin que la lumière ambiante ne fausse pas les mesures.
- Bien évidemment, il convient qu'une seule ampoule soit allumée à la fois.
- Laisser l'ampoule se stabiliser (chauffer) quelques minutes avant de relever des mesures.



A propos de sécurité

Ce banc d'essai n'est pas un simple support d'ampoules fermé par un capot.

Nous l'avons voulu sûr en les mains d'élèves pour faire comparer sans risque de vraies ampoules 230 V d'éclairage domestique.*

Il a été conçu pour passer les tests rigoureux de la certification.

Son dessin, les matériaux utilisés, la réalisation des assemblages, les composants électriques utilisés ont été choisis dans ce but.

Notre banc d'essai "BE-AMP" est certifié selon les normes NF EN 60598-1+A1 et NF EN 60598-2-4 (luminaires et luminaires portatifs) et répond aux exigences spécifiques des luminaires pour enfants.

Le rapport d'expertise est disponible sur demande.

Extrait des caractéristiques :

- résiste à des chutes de 1 m sur sol béton,
- capot transparent incassable,
- peut rester allumé en permanence sans que l'on puisse se brûler sur aucune partie,
- peut rester allumé en permanence sans que l'on perçoive de déformation, en particulier sur le capot,
- reste rigide après un séjour de plusieurs heures dans une étuve à 75°C ,
- le cordon électrique ne peut être arraché,
- l'accès aux ampoules nécessite un outil et du temps,
- ...

* Il existe des ampoules très basse tension et nous aurions pu envisager un matériel avec des ampoules 12 V. Mais celles-ci ne répondent pas aux mêmes exigences et normes que les ampoules d'éclairage domestique. De plus il est improbable de pouvoir trouver 4 ampoules 12 V des 4 technologies différentes, comparables, de même forme et pouvoir d'éclairage. L'éclairage domestique réel est réalisé en 230 V. On ne peut mener d'investigation pertinente que sur des ampoules 230 V.

Présentation 3/3

Note sur la puissance des ampoules

Sur les étiquettes du banc d'essai, les puissances indiquées sont les puissances "maxi" des ampoules que l'on peut mettre dans les douilles. C'est une mention obligatoire pour répondre aux normes selon lesquelles le matériel est certifié. Cela ne veut pas dire que l'ampoule montée fait forcément la puissance indiquée sur l'étiquette ; on peut mettre une ampoule moins puissante. Le banc d'essai est prévu pour une durée de vie de plusieurs années, ce qui n'est pas le cas des ampoules qui l'équipent. Les nouvelles normes implique une évolution rapide des gammes d'ampoules et il est fort probable que d'une série à l'autre, nous soyons obligés de changer le modèle d'ampoule, tout en restant dans des valeurs très proches de puissance. Ce qui est important avec ce banc d'essai est de pouvoir comparer et faire des mesures sur différents types d'ampoules.

**Banc d'essai comparatif
d'ampoules d'éclairage**
Réf. BE-AMP

230 V - 53 W - 50 Hz

   www.a4.fr
Fabriqué en France



**Ampoule
à incandescence**

E14
230 V
25 W maxi

**Ampoule
halogène éco.**

E14
230 V
18 W maxi



**Ampoule
fluo compacte**

E14
230 V
5 W maxi

**Ampoule
à LEDs**

E14
230 V
5 W maxi

1 Lux = 1 Lumène par m².
Le Lux est une quantité de lumière reçue par m².
Le Lumène est une quantité de lumière émise.

Note sur les appareils de mesures à utiliser

Les appareils de mesure (Wattmètre et Luxmètre) utiles pour comparer des ampoules ne sont pas fournis avec le banc d'essai. En effet pourquoi imposer un pack plus cher alors que ces appareils de mesures sont peut-être déjà dans vos armoires ou celles du professeur de sciences ? De plus, il existe un choix important d'appareils, plus ou moins précis, plus ou moins fiables et plus ou moins onéreux.

- Parmi les **wattmètres** que nous proposons au catalogue, celui qui est déporté de la prise avec transmission par ondes vers un lecteur autonome à piles est le plus lent (mais le plus sûr pour l'élève) : à chaque mesure, il faut attendre trois ou quatre secondes pour la lecture. Certains wattmètres permettent entre autre de mémoriser ou de moyenniser la consommation. Dans les activités proposées nous ne préconisons que des mesures simples de consommation instantanée.

- Les **luxmètres** donnent une valeur de luminosité qui ne tient pas compte de la température de couleur (couleur d'éclairage). Dans les activités proposées nous avons négligé volontairement de faire utiliser un Kelvinmètre (mesure de la température de couleur), vu le prix élevé de ces appareils. Il faudrait souligner cependant que la température de couleur devrait être un critère important de choix d'une ampoule. On peut l'apprécier à l'oeil (lumière chaude, lumière froide, lumière jaune,...). Il peut être intéressant de faire remarquer aux élèves que toutes les ampoules, même à luminosité égale, ne fournissent pas forcément la même lumière et le même confort.

On pourra aussi attirer l'attention sur les dangers que peuvent représenter des ampoules qui émettent des lumières néfastes pour l'oeil ; en particulier les rayonnements ultra-violet qui peuvent émettre certaines DEL.

- Nous proposons aussi d'utiliser un **chronomètre** pour mesurer le temps de montée en puissance après l'allumage d'une ampoule. Ce paramètre est important avec les ampoules fluo qui doivent chauffer avant de donner leur pleine puissance.



Wattmètre
Réf V-NETBPEM2



Luxmètre
Réf V-DVM1300

Notice banc d'essai réf BE-AMP

Le banc d'essai ampoules (réf BE-AMP) permet d'observer, comparer et tester en fonctionnement différents types d'ampoules d'éclairage domestique :

- ampoule à filament à incandescence,
- ampoule à filament halogène,
- ampoule fluorescente (fluo compacte),
- ampoule à LED.

Cet appareil permet en toute sécurité, de faire fonctionner ensemble ou tour à tour différentes ampoules et de relever des mesures. Il est préconisé d'utiliser un wattmètre et un luxmètre pour comparer les valeurs de consommation / éclairage.

Caractéristiques techniques

Tension de service 230 V - 50 Hz.

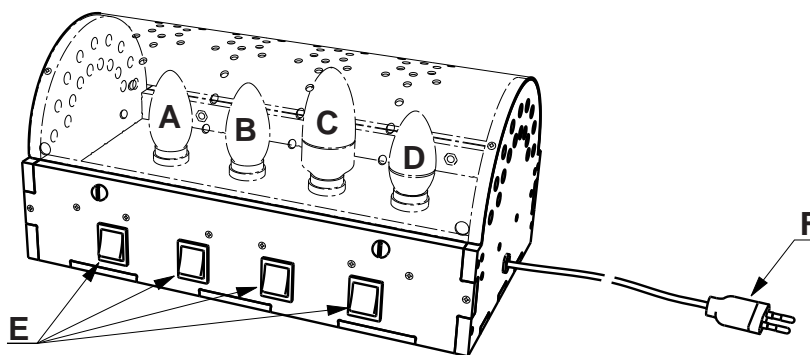
Puissance totale 53 W.

4 ampoules 230 V de type flamme, culots E14 installées :

- **A** : ampoule à incandescence 25 W maxi - Référence AMPI-E14-23025
- **B** : ampoule halogène 18 W maxi - Référence AMPH-E14-23018
- **C** : ampoule fluo compacte 5 W maxi - Référence AMPF-E14-23005
- **D** : ampoule à LED 3W maxi) - Référence AMPL-E14-23003

Boîtier PVC résistant aux chocs avec capot transparent interdisant l'accès direct aux ampoules.

4 interrupteurs lumineux (**E**) pour commander chaque ampoule séparément.



Utilisation

Connecter la fiche de l'appareil (**F**) à une prise secteur 230 V.

Agir sur les interrupteurs (**E**) pour allumer ou éteindre individuellement chacune des 4 ampoules.

Se reporter au dossier D-BE-LAMP (téléchargeable gratuitement sur www.a4.fr) pour les pistes d'expérimentation à mener en classe.

Remplacement des ampoules

Ne remplacer les ampoules que par les ampoules d'origine (Cf. ci-dessus, caractéristiques techniques).

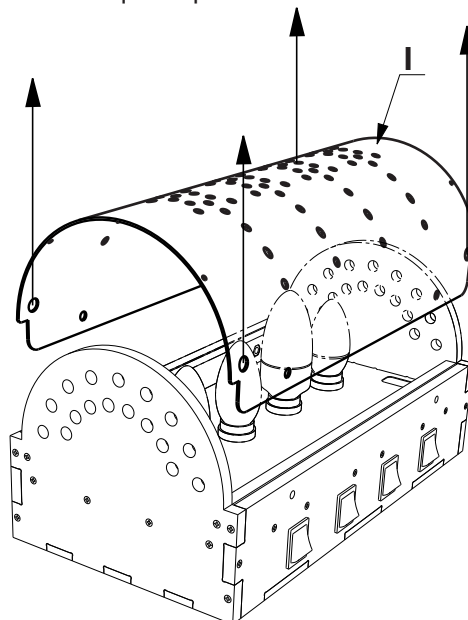
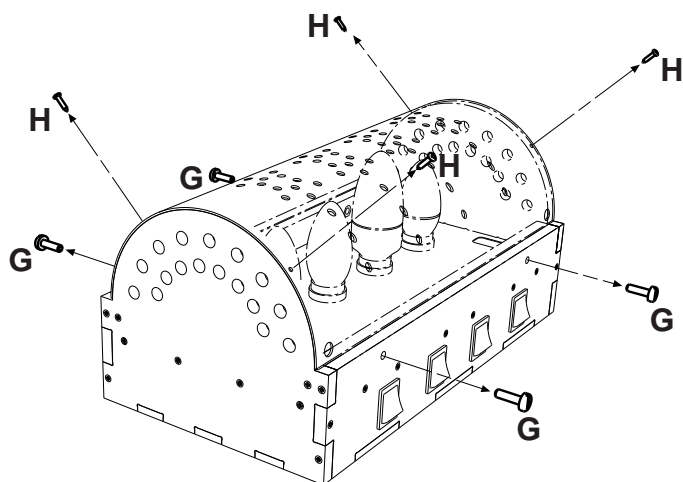
1 - Avant toute intervention sur l'appareil, le déconnecter de la prise secteur 230 V.

2 - Démontez les 4 vis en plastique (**G**) et les 4 vis métalliques (**H**),

3 - Déboîter avec précaution le capot (**I**) vers le haut en le retenant car il est élastique et peut se détendre brutalement.

4 - Remplacer les ampoules "grillées" par des ampoules d'origine.

5 - Remettre en place le capot et ses 8 vis de fixation.



Si le câble extérieur souple ou le cordon de ce luminaire est endommagé, il doit être remplacé exclusivement par le fabricant, son service de maintenance ou toute personne de qualification équivalente, ceci afin d'éviter tout risque.

Remplacement des ampoules



D'origine, le banc d'essai est livré avec les ampoules non montées, protégées dans leurs emballages d'origine. En effet, si le banc d'essai est conçu pour résister aux chocs, les ampoules montées sur douilles sont fragiles et risquent de ne pas supporter les chocs du transport. Nous conseillons de conserver les emballages sur lesquels les élèves peuvent relever les caractéristiques fabricant des différentes ampoules montées.

Nous choisissons des ampoules de type flamme, avec douille E14 qui doivent correspondre en luminosité à peu près à l'ampoule tungstène 25 W (selon les données des fabricants). Il est impossible de garantir toujours les mêmes marques et les mêmes modèles précis d'ampoules ; les modèles sont sujets à évolution et certains peuvent disparaître pour être remplacés par d'autres. En particulier les ampoules à LED et fluo dont les modèles évoluent rapidement.

L'important est que le banc d'essai soit équipé de 4 ampoules données pour équivalentes, mais de 4 technologies différentes.

La puissance maxi des ampoules à placer dans le banc d'essai est indiquée sur les étiquettes à côté de chaque douille. Il est possible de remplacer chaque ampoule par une ampoule dont la puissance ne dépasse pas celle indiquée. Si le BE est équipé d'ampoules plus puissantes ou d'ampoules dont les spécifications diffèrent de celles indiquées sur les étiquettes, il peut y avoir danger et la certification ne tient plus.

**Banc d'essai comparatif
d'ampoules d'éclairage**
Réf. BE-AMP

230 V - 53 W - 50 Hz



www.a4.fr

CE  Fabriqué en France



Ampoule à incandescence

E14
230 V
25 W maxi

Ampoule halogène éco.

E14
230 V
18 W maxi



Ampoule fluo compacte

E14
230 V
5 W maxi

Ampoule à LEDs

E14
230 V
5 W maxi

Les emballages des ampoules 1/3

Exemple de boîte d'ampoule tungstène



Exemple de boîte d'ampoule halogène



Nota : les ampoules fournies avec le banc d'essai peuvent être remplacées par d'autres ampoules équivalentes, présentant des caractéristiques un peu différentes (sans dépasser les puissances maximum indiquées sur le banc d'essai).
Ce qui importe est de pouvoir comparer des ampoules de 4 technologies différentes.
Les ampoules sont fournies avec leur emballages. Nous conseillons de les conserver afin que les élèves puissent y relever les caractéristiques données par les fabricants.

Les emballages des ampoules 2/3

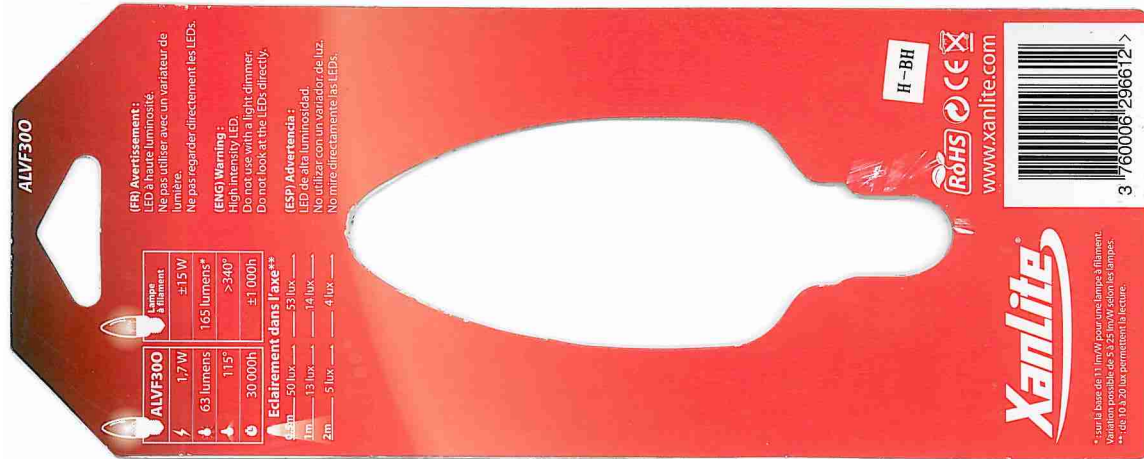
Exemple de boîte d'ampoule fluo compacte



Nota : les ampoules fournies avec le banc d'essai peuvent être remplacées par d'autres ampoules équivalentes, présentant des caractéristiques un peu différentes (sans dépasser les puissances maximum indiquées sur le banc d'essai).
Ce qui importe est de pouvoir comparer des ampoules de 4 technologies différentes.
Les ampoules sont fournies avec leurs emballages. Nous conseillons de les conserver afin que les élèves puissent y relever les caractéristiques données par les fabricants.

Les emballages des ampoules 3/3

Exemple de boîte type blister d'ampoule à LED



Verso



Recto

Nota : les ampoules fournies avec le banc d'essai peuvent être remplacées par d'autres ampoules équivalentes, présentant des caractéristiques un peu différentes (sans dépasser les puissances maximum indiquées sur le banc d'essai).
Ce qui importe est de pouvoir comparer des ampoules de 4 technologies différentes.
Les ampoules sont fournies avec leurs emballages. Nous conseillons de les conserver afin que les élèves puissent y relever les caractéristiques données par les fabricants.

Les différents types d'ampoules d'éclairage domestique

L'objet de ce dossier n'est pas un cours sur les moyens d'éclairage mais un guide d'activité autour du banc d'essai. Cependant il est utile de donner ici un petit résumé de caractéristiques des différentes ampoules que nous vous proposons de comparer.

4 types d'ampoules* sont utilisées pour l'éclairage domestique :

- les ampoules à filament tungstène,
- les ampoules halogènes,
- les ampoules fluorescentes (fluocompactes),
- les ampoules à LED.

Les lampes à filament classiques (lampes à incandescence), sont concurrencées depuis le début des années 1980 par les lampes dites "à économie d'énergie" qui ont un meilleur rendement lumineux et une meilleure longévité. Des directives européennes successives remettent en cause depuis le début des années 2000 l'utilisation courante des lampes à incandescence pour l'éclairage domestique. A terme, les lampes classiques à incandescence devraient disparaître de l'habitat au profit de moyens d'éclairage plus économiques et plus respectueux de l'environnement.

Les lampes à incandescence classiques

Ce sont les lampes encore les plus courantes au moment où nous écrivons ces lignes. Elles sont constituées d'un filament tungstène plongé dans un gaz neutre. Le filament est traversé par un courant électrique qui le porte à incandescence ; il émet de la lumière et de la chaleur et perd petit à petit de la matière jusqu'à se rompre. Les lampes à filament tungstène ont une durée de vie limitée et n'ont pas une très bonne efficacité énergétique ; beaucoup d'énergie est dissipée en chaleur. Environ 5 % seulement de l'énergie consommée est restituée en lumière. Elles sont vouées à être remplacées par des lampes de meilleure efficacité énergétique et aussi plus durables.

Les lampes à incandescence halogène

Elles sont constituées d'un filament plongé dans des vapeurs de brome ou d'iode. Ce gaz permet que le filament s'use beaucoup moins vite que dans une lampe à incandescence classique. La durée de vie est environ 2 fois celle d'une ampoule classique. Le filament peut être porté à plus haute température, ce qui permet un meilleur rendement et l'émission d'une lumière plus vive.

Les lampes fluocompactes

Elles fonctionnent selon le même principe que les tubes fluorescents et en constituent une variante moins encombrante. Un gaz (généralement des vapeurs de mercure) est excité par un courant électrique et émet un rayonnement ultraviolet qui produit une lumière visible au contact de pigments fluorescents qui tapissent les parois de l'ampoule. La durée de vie de ces lampes est environ 6 à 8 fois plus élevée que celle des ampoules à filament classiques. Leur rendement énergétique est 5 à 6 fois plus important que celui des ampoules à filament classique : environ 30% de l'énergie consommée est restituée en lumière. En revanche il leur faut plusieurs minutes de montée en puissance pour qu'elles fournissent leur plein éclairage.

Les lampes à LED

Une LED (Light Emitting Diode) est un composant électronique constitué de matériaux semi-conducteurs qui émet de la lumière sous l'action d'un courant électrique faible. La technologie LED a été découverte en 1907 mais les premières applications n'ont vu le jour que dans les années 1970. Les lampes d'éclairage à LED sont apparues au début du 21^e siècle.

Les lampes à LED sont constituées de plusieurs LED réunies dans un même boîtier.

Les avantages de ce type de lampe sont : très faible consommation (8 fois moins qu'une lampe à incandescence), durée de vie très longue (environ 50 000 à 100 000 heures). De plus les LED ne contiennent pas de mercure, contrairement aux lampes fluo. En revanche les LED d'éclairage ne procurent qu'une lumière très directionnelle, dans un cône d'environ 120°, ce qui rend difficile d'obtenir un éclairage diffus.

On entend et on voit même écrit que les lampes à LED ne dégagent pas de chaleur. Cela ne reflète pas exactement la réalité car s'il est vrai que les LED ne dégagent presque pas de chaleur, pour les utiliser dans une ampoule d'éclairage domestique il faut les associer à un transfo. ou système électronique qui les alimente en courant continu. Ces systèmes de transformateur sont inclus dans les culots des ampoules à LED et produisent de la chaleur. Sur certaines ampoules à LED le culot est muni d'ailettes de refroidissement.

* Dans ce dossier, nous parlons d'ampoule qui est le terme employé communément pour désigner les lampes. Le terme "ampoule" désigne littéralement l'enveloppe en verre d'une lampe. Mais le terme "ampoule" est utilisé couramment et le mot "lampe" est compris le plus souvent comme désignant un luminaire.

Pistes d'activités

Problématique proposée pour les élèves

La problématique que nous proposons de poser aux élèves est le choix d'une ampoule.

On peut leur demander quelle ampoule serait la meilleure pour éclairer une pièce d'habitation et bien entendu, justifier leur choix.

Les élèves vont découvrir que chaque ampoule présente des avantages et des inconvénients selon les situations dans lesquelles elles sont employées. On pourra en arriver à énoncer pour quelle application précise chaque ampoule semble mieux adaptée.

On pourra aussi constater que les affirmations des fabricants sur les emballages quand à la correspondance des puissances d'éclairage ont une validité toute relative et sont à considérer avec un regard critique.

Activités proposées autour du banc d'essai

- Les élèves vont allumer côte à côte les 4 ampoules, observer, donner leur avis sur la qualité de chaque ampoule. Très vite il doit ressortir que les avis sont subjectifs et qu'il conviendrait de faire des mesures précises et objectives avec des instruments de mesure.

- On utilise un **wattmètre** pour comparer les consommations électriques.

En allumant chaque ampoule, on relève une consommation (est-elle stable, est-elle bien celle annoncée par le fabricant?) on pourra vérifier qu'en allumant plusieurs ampoules, les consommations s'additionnent.

- On utilise un **luxmètre** pour comparer les efficacités en éclairage.

On observe que l'émission lumineuse n'est pas forcément homogène dans toutes les directions :

en utilisant les repères sur le capot pour placer le luxmètre, on effectue des mesures comparatives d'éclairage sous différents angles.

On trace un graphique qui représente la luminosité sous différents angles.

- On observe que pour l'ampoule fluo, la luminosité max n'arrive qu'après un temps de chauffe.

On utilise un **chronomètre** pour tracer un graphique montée en puissance / temps de l'ampoule fluo.

On peut vérifier si la norme (classe A) est bien respectée (% de luminosité max au bout d'un temps donné).

- On trace un graphique "consommation / efficacité en éclairage".

Au final, les élèves auront approché les notions de puissance consommée, puissance restituée, efficacité énergétique.

On aura aussi démontré que pour le choix d'un système (une ampoule), il faut un minimum de données techniques à mettre en parallèle avec la nature précise du besoin (en éclairage).

Activités envisageables

- On pourrait utiliser un thermomètre pour mesurer la température du capot au dessus de chaque ampoule et approcher la notion de déperdition énergétique sous forme de chaleur.

Pour cela il faudrait du temps (attendre que la température soit stabilisée) et des conditions de mesures identiques pour chaque ampoule (température de la pièce).

- On pourrait utiliser un kelvinmètre (mesure de la température de couleur). Mais le prix très élevé de ce type d'appareils fait qu'il est difficile de l'envisager au collège.

Pourtant il faut souligner que la température de couleur devrait être un critère important de choix d'une ampoule. On peut l'apprécier à l'oeil (lumière chaude, lumière froide, lumière jaune,...).

Il peut être intéressant de faire remarquer aux élèves que toutes les ampoules, même à luminosité égale, ne fournissent pas forcément la même lumière et le même confort.

On pourra aussi attirer l'attention sur les dangers que peuvent représenter des ampoules qui émettent des lumières néfastes pour l'oeil ; en particulier les rayonnements ultra-violet qui peuvent émettre certaines DEL.

- Une observation intéressante peut être effectuée au moyen d'un spectroscope optique. Cet instrument peu onéreux permet de visualiser le spectre émis par une source (mais sans que l'on connaisse la puissance émise dans chaque longueur d'onde). Il permet de voir quelles ampoules émettent un spectre continu (tungstène, halogène, DEL) et de voir un spectre incomplet pour la lampe fluo.

Présentation des fiches prof / élève :

Pour faciliter la lecture des activités proposées, nous utilisons dans ce dossier 3 couleurs pour différencier au premier regard entre ce que nous donnons comme pistes de travail, les questions qui peuvent être soumises directement aux élèves et les réponses attendues.

Code couleurs :

- En noir, les quelques explications pour le professeur.

- **En rouge foncé, les questions posées aux élèves (oralement ou à faire noter dans le cahier).**

- **En bleu, exemple de ce qu'un élève peut apporter comme réponse(s).**

Note sur les mesures effectuées, en particulier les mesures de luminosité

On ne préconise ici, avec le banc d'essai, que des mesures comparatives approximatives des différentes ampoules qui l'équipent. Les valeurs de luminosité obtenues ne pourront être comparées à des valeurs normalisées qui doivent être conduites dans des conditions particulières de laboratoire (alimentation hautement régulée, mesure sur une plage de temps donnée avec une ampoule neuve rodée dans des conditions bien définies, mesure à distance données comparées avec des sources lumineuses de référence, appareils de mesure étalonnés, etc).

Activité 1 - Comment choisir une ampoule ?

Problématique de départ

Peut-on dire quelle ampoule est la meilleure pour l'éclairage domestique ?

Mise en situation

- Le professeur soumet aux élèves la question : **peut-on dire quelle ampoule est la meilleure pour l'éclairage domestique ?**
- Il confie aux élèves le banc d'essai et leur demande de réfléchir au problème et de remettre leurs conclusions ou leurs questions sous forme d'exposé oral ou écrit.

Réponses attendues

- On peut de façon subjective apprécier la luminosité de chaque ampoule. On se rend compte que malgré les correspondances annoncées par les fabricants (les 4 ampoules sont données pour être à peu près équivalentes en puissance lumineuse), les luminosités semblent assez différentes d'une ampoule à l'autre.
- On peut lire sur les emballages les consommations de chaque ampoule. Mais est-ce vraiment la réalité ? Y a-t-il une marge d'erreur sur les consommations annoncées ?
- Il conviendrait de faire des mesures précises de luminosité et de consommation électrique.
- Visiblement les différentes ampoules n'émettent pas la même lumière. Il faudrait savoir précisément ce qu'on veut éclairer pour pouvoir dire quelle ampoule est "meilleure" qu'une autre. Par exemple éclairer la pièce à vivre de la maison, lire, travailler, mettre en valeur un tableau ou un objet, éclairer un couloir, une cave, le perron de la maison, ...

Nota

On pourrait pour compléter ce travail, demander de **lister quelques situations classiques d'éclairage et donner les caractéristiques principales attendues des ampoules idéales pour chaque situation.**

Exemples de réponses possibles

- Pièce à vivre : éclairage doux et diffus.
- Pour lire : un éclairage ponctuel mais assez vif.
- Cave : un éclairage peu puissant suffit.
- Perron de la maison : éclairage diffus. Pas besoin de beaucoup de puissance. Une faible consommation est souhaitable pour cet éclairage de veille qui reste allumé longtemps.

Rappel du code couleurs :

En noir, les quelques explications pour le professeur.

En rouge foncé, les questions posées aux élèves (oralement ou à faire noter dans le cahier).

En bleu, exemple de ce qu'un élève peut apporter comme réponse(s).

Activité 2 - Mesurer la consommation

Problématique de départ

Que consomment les différentes ampoules ; les consommations annoncées sont-elles exactes ?

Mise en situation

- Le professeur confie aux élèves le banc d'essai, les données fabricant des ampoules (boîtes vides des ampoules ou photocopies des boîtes ; cf. pages 06 à 08) et un wattmètre.

- Il est demandé de donner la consommation de chaque ampoule.

On dispose des données fabricant, mais sont-elles fiables ? On demande de les comparer avec des mesures de consommation réelle.

Résultats à présenter dans un tableau puis un graphe.

Donnez vos conclusions.

Réponses attendues

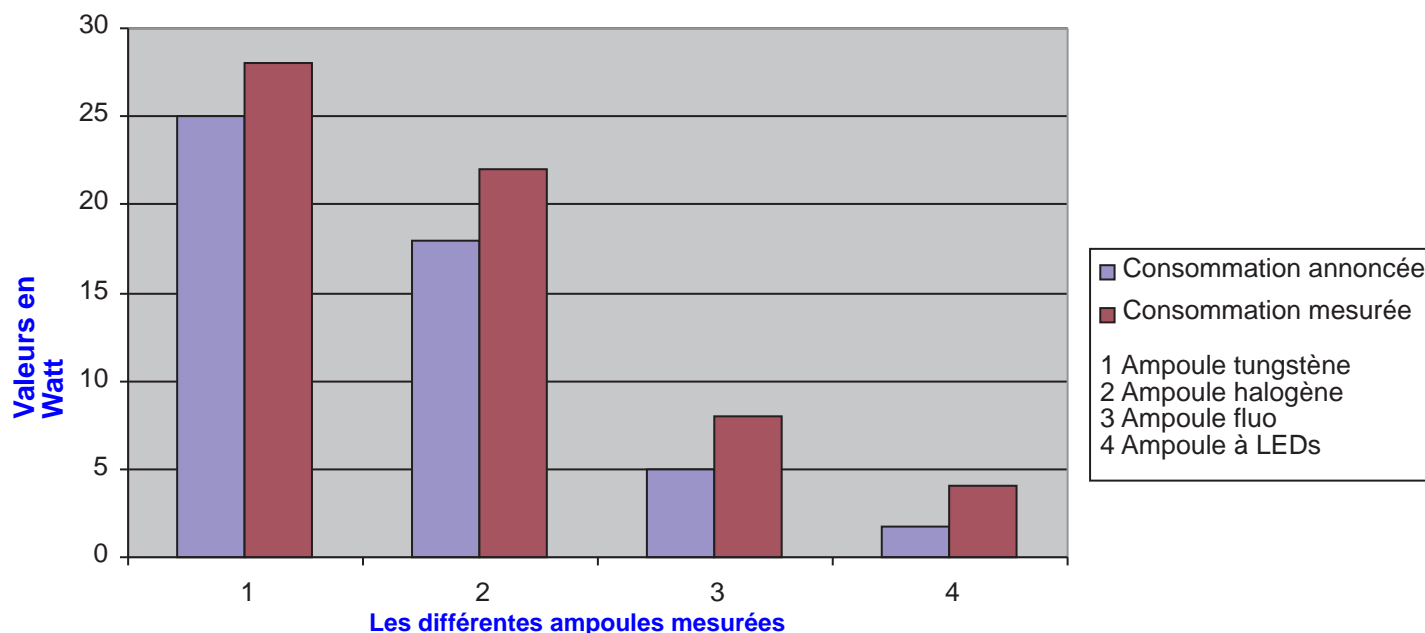
Tableaux et graphes donnés à titre d'exemples, réalisés sur Excel ; fichiers disponibles sur le CD et sur www.a4.fr.

Attention, selon les ampoules mesurées et la précision du Wattmètre utilisé, les chiffres ne seront pas forcément les mêmes que ceux donnés ici à titre d'exemple. Ce qui importe avant tout est bien le fait de pouvoir comparer.

Consommation annoncée / consommation mesurée

Les données brutes, présentées en tableau

	1 Tungstène	2 Halogène	3 Fluo	4 LED
Données fabricant (Watt)	25	18	5	1,7
Consommations mesurées (Watt)	28	22	8	4



On constate que systématiquement les consommations annoncées sont inférieures aux consommations réelles mesurées.*

Si les 4 ampoules du banc d'essai donnent effectivement le même pouvoir éclairant, il est flagrant que l'ampoule tungstène consomme beaucoup d'énergie, à l'opposé de l'ampoule à LED qui semble consommer 7 fois moins. En revanche, l'écart entre ce qu'annonce le fabricant et ce qu'on mesure réellement est relativement beaucoup plus important pour l'ampoule à LED : 2,3 fois plus !

* On pourrait mettre en cause l'appareil de mesure. Mais il s'avère qu'effectivement les consommations données par les fabricants sont souvent inférieures à la réalité mesurée.

Rappel du code couleurs :

En noir, les quelques explications pour le professeur.

En rouge foncé, les questions posées aux élèves (oralement ou à faire noter dans le cahier).

En bleu, exemple de ce qu'un élève peut apporter comme réponse(s).

Activité 3 - Mesurer la luminosité selon différents angles

Mise en situation

- Le professeur confie aux élèves le banc d'essai, les données fabricant des ampoules (boîtes vides des ampoules ou photocopies des boîtes ; cf. pages 06 à 08) et un luxmètre.

- Il est demandé de comparer les luminosités des différentes ampoules.

On dispose des données fabricant, mais sont-elles fiables ? On doit comparer par des mesures.

En particulier, les ampoules éclairent-elles aussi bien dans toutes les directions ?

Résultats à présenter sur un graphe.

Donnez vos conclusions.

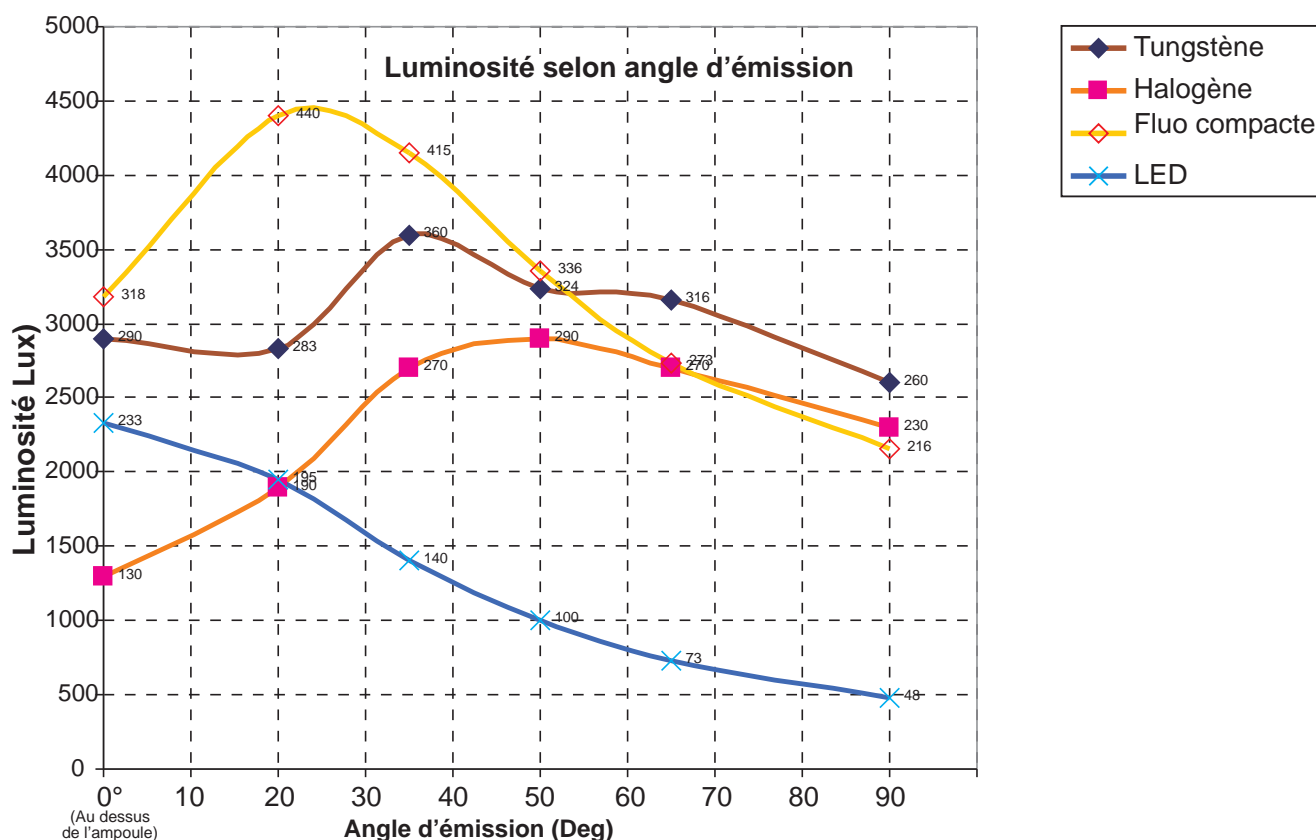
Réponses attendues

Tableaux et graphes donnés à titre d'exemples, réalisés sur Excel ; fichiers disponibles sur le CD et sur www.a4.fr.

Attention, selon les ampoules et le luxmètre utilisés, les valeurs ne seront pas forcément les mêmes que celles donnés ici à titre d'exemple. Ce qui importe avant tout est bien le fait de pouvoir comparer.

Luminosités comparées des différentes ampoules, sous différents angles

Tableau des mesures relevées				
Angle (Deg)	Tungstène (Lux)	Halogène (Lux)	Fluo (Lux)	LED (Lux)
0	2900	1300	3180	2330
20	2830	1900	4400	1950
35	3600	2700	4150	1400
50	3240	2900	3360	1000
65	3160	2700	2730	730



Constatations - Conclusions :

- L'ampoule tungstène produit l'éclairage le plus homogène dans toutes les directions ;

- l'ampoule à LED éclaire surtout au dessus et peu sur le côté ;

- l'ampoule halogène éclaire peu au dessus ; cela semble dû à l'effet lentille de ses deux couches de verre ;

- l'ampoule fluo semble avoir la plus grande puissance d'éclairage dans un cône de 50°.

Rappel du code couleurs :

En noir, les quelques explications pour le professeur.

En rouge foncé, les questions posées aux élèves (oralement ou à faire noter dans le cahier).

En bleu, exemple de ce qu'un élève peut apporter comme réponse(s).

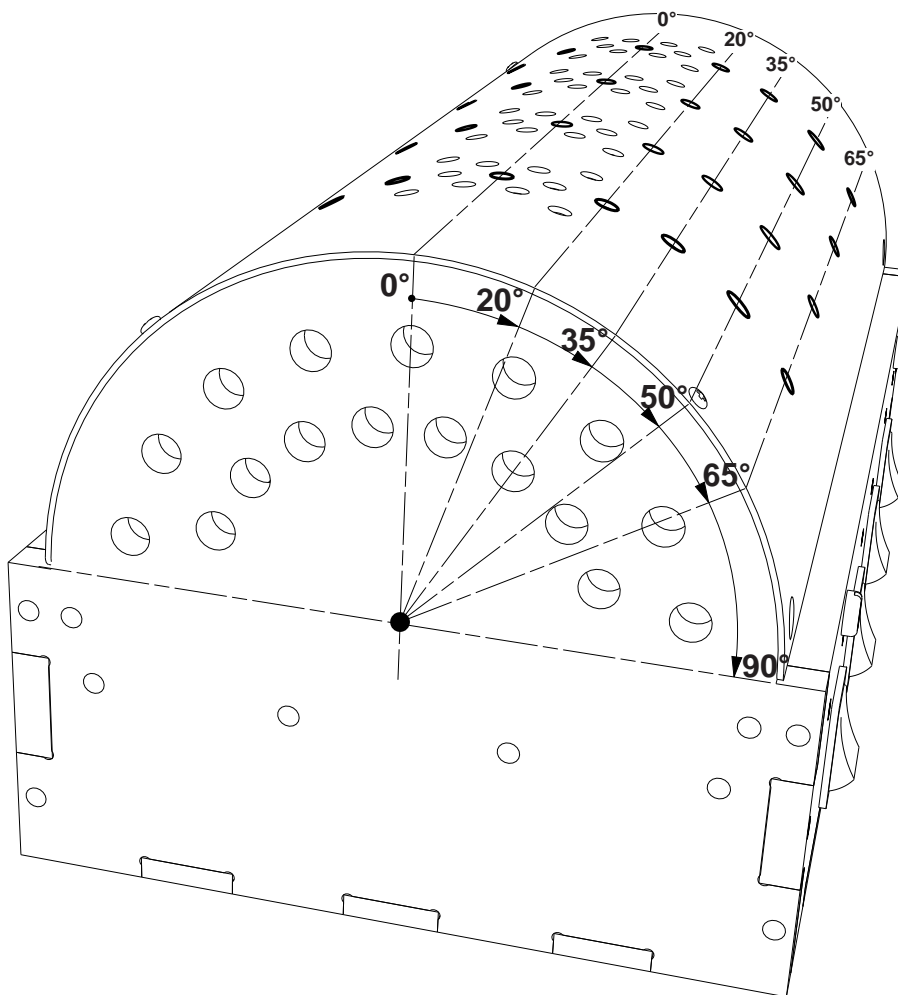
Activité 3 - Mesurer la luminosité selon différents angles

Repères sur le capot transparent

Les trous d'aération du capot transparent servent aussi de repères pour positionner un luxmètre et faire des mesures de luminosité sous différents angles. En effet, il est intéressant de vérifier si une ampoule éclaire bien de façon homogène dans toutes les directions. En utilisant les trous d'aération comme repères pour placer le luxmètre, on pourra comparer la puissance lumineuse d'une ampoule juste au dessus (0°) jusqu'à sur le côté, à 90° . Le dessin ci-dessous indique la position angulaire des repères (trous d'aération).

Conseils pour le relevé de mesures

- Pour obtenir des mesures comparables d'une ampoule à une autre, toujours placer l'appareil de mesure de la même façon, en appui sur le capot transparent.
- Il convient aussi que les mesures soient effectuées dans un local peu éclairé, ou tout au moins éclairé de façon homogène et constante, afin que la lumière ambiante ne fausse pas les mesures.
- Bien évidemment, il convient qu'une seule ampoule soit allumée à la fois.
- Laisser l'ampoule se stabiliser (chauffer) quelques minutes avant de relever des mesures.



Activité 4 - Calculer la l'efficacité énergétique

Mise en situation

- Le banc d'essai n'est pas nécessaire pour cette activité. En revanche il faut avoir déjà réaliser les activités 2 et 3 (mesures de puissance consommée et de luminosité).

L'efficacité énergétique d'un produit est le rapport entre l'énergie efficace restituée (par exemple la lumière émise) et la consommation d'énergie (par exemple l'électricité consommée). Pour un résultat donné, moins le produit consomme d'énergie, plus on dit qu'il est efficace énergétiquement.

Pour une ampoule d'éclairage, l'efficacité énergétique = lumière émise (Lux) / consommation électrique (Watt)

A partir des mesure de consommation et de luminosité (activités 1 et 2), calculer et comparer les efficacités énergétiques des différentes ampoules.

On pourra présenter les mesures effectuées et le calcul de l'efficacité énergétique en tableau puis tracer un graphe.

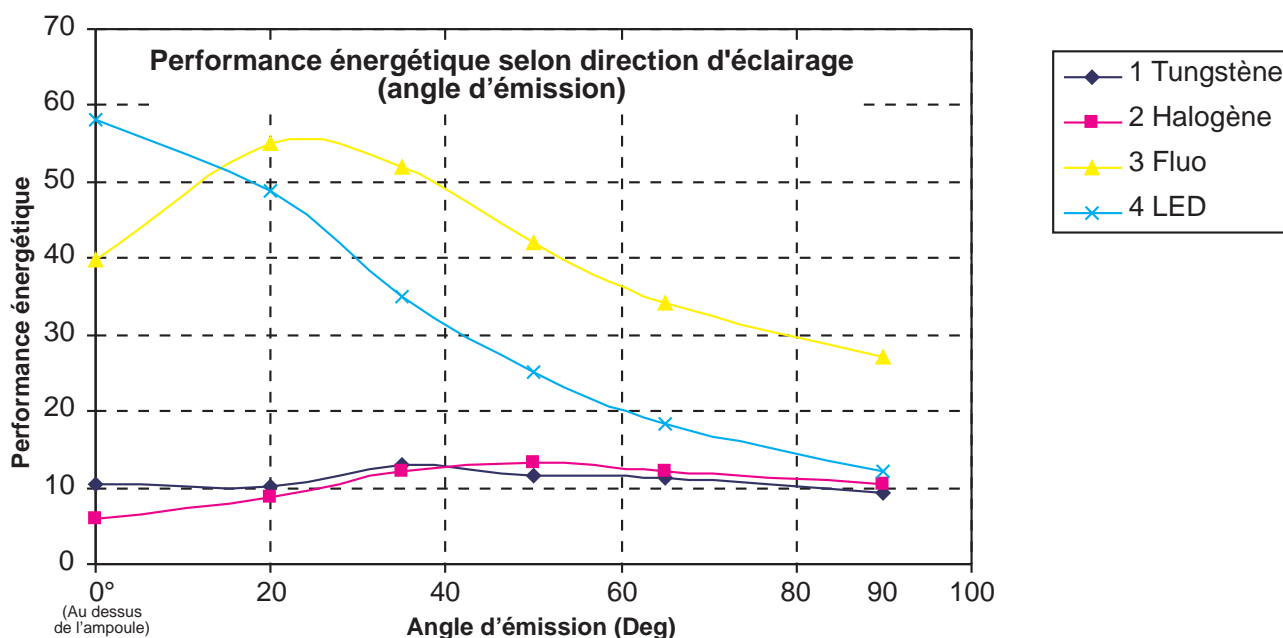
Réponses attendues

Tableaux et graphes donnés à titre d'exemples, réalisés sur Excel ; fichiers disponibles sur le CD et sur www.a4.fr.

Angle (Deg)	Tungstène (Lux)	Halogène (Lux)	Fluo (Lux)	LED (Lux)
0	2900	1300	3180	2330
20	2830	1900	4400	1950
35	3600	2700	4150	1400
50	3240	2900	3360	1000
65	3160	2700	2730	730
90	2600	2300	2160	480

	1 Tungstène	2 Halogène	3 Fluo	4 LED
Consommation Fabricant (Watt)	25	18	5	1,7
Consommation mesurée (Watt)	28	22	8	4

Angle (Deg)	1 Tungstène	2 Halogène	3 Fluo	4 LED
0	10	6	40	58
20	10	9	55	49
35	13	12	52	35
50	12	13	42	25
65	11	12	34	18
90	9	10	27	12
MOYENNE	11	10	42	33



Constatations - Conclusions :

- Il est flagrant que les ampoules à filament (tungstène et halogène) ont les plus basses efficacités énergétiques.
- L'ampoule à LED a la meilleure efficacité mais seulement au dessus de l'ampoule, dans une zone très restreinte; en revanche, sur le côté, cette ampoule n'est pas meilleure en efficacité que les ampoules à filament.
- L'ampoule fluo a la meilleure efficacité énergétique bien que celle-ci ne soit pas homogène dans toutes les directions.

Activité 5 - Mesurer la montée en puissance d'une ampoule

Mise en situation

- Le professeur confie aux élèves le banc d'essai et un chronomètre. (Les élèves peuvent utiliser leurs montres).

On constate que l'ampoule fluo compacte n'est pas performante dès l'allumage mais qu'il lui faut un temps de chauffe pour atteindre sa pleine efficacité.

On demande de fixer un luxmètre sur le capot du banc d'essai au dessus de l'ampoule fluo et de relever des mesures de luminosité à intervalles de temps réguliers, jusqu'à ce que la mesure soit stabilisée.

Résultat sous forme de tableau + graphe.

- Le fait de fixer le wattmètre permet d'avoir des mesures comparatives fiables (si l'appareil bouge, la mesure peut être différente). On peut utiliser simplement un ruban adhésif.

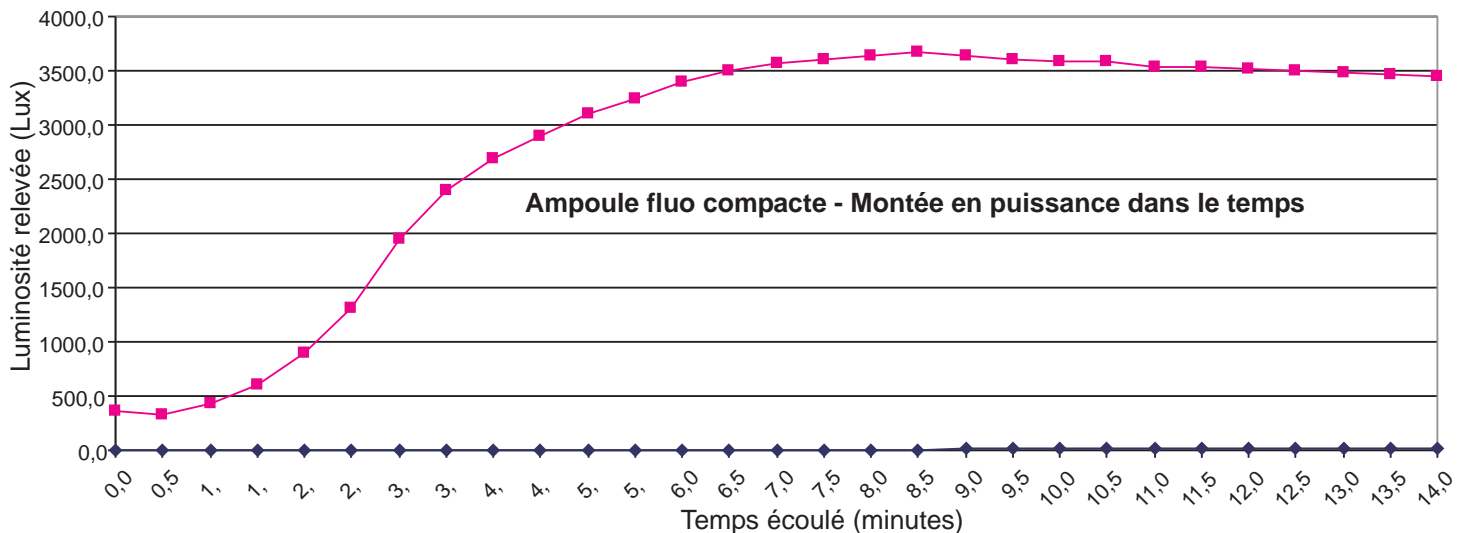
- On doit démarrer le test avec une ampoule froide qui n'a pas été allumée depuis au moins une demi-heure.

On peut laisser les élèves se poser la question de l'intervalle de temps entre les mesures. Une mesure toutes les 30 secondes est le bon intervalle.

Réponses attendues

Tableaux et graphes donnés à titre d'exemples, réalisés sur Excel ; fichiers disponibles sur le CD et sur www.a4.fr.

Montée en puissance dans le temps de l'ampoule fluo-compacte - Relevé de mesures			
Temps depuis l'allumage (minutes)	Luminosité au dessus de l'ampoule (lux)	Temps depuis l'allumage (minutes)	Luminosité au dessus de l'ampoule (lux)
0,0	360	7,5	3 600
0,5	320	8,0	3 630
1,0	430	8,5	3 660
1,5	610	9,0	3 630
2,0	900	9,5	3 590
2,5	1 300	10,0	3 570
3,0	1 940	10,5	3 570
3,5	2 400	11,0	3 520
4,0	2 680	11,5	3 520
4,5	2 900	12,0	3 510
5,0	3 090	12,5	3 480
5,5	3 240	13,0	3 470
6,0	3 390	13,5	3 460
6,5	3 500	14,0	3 430
7,0	3 570		



Constatations - Conclusions :

- Au démarrage, l'ampoule commence par baisser un peu de luminosité puis monte progressivement en puissance. La puissance maximum est atteinte au bout de 8,5 minutes (8 minutes et 30 secondes) puis décroît un peu et se stabilise.

- Une fois "chaude", l'ampoule fluo compacte éclaire presque 10 fois plus qu'au démarrage.

- 80 % de la puissance de l'ampoule est atteinte après environ 4 minutes.

Activité 6 - Quelle ampoule choisir pour quelle application ?

Mise en situation

- Après les différents tests et mesures réalisés sur les 4 ampoules du banc d'essai, on peut poser à nouveau la question : quelle ampoule choisir ?

Les réponses doivent être nuancées, en particulier selon le type d'utilisation.

La question posée peut être :

Quelles conclusions peut-on tirer des investigations menées autour des différents types d'ampoules d'éclairage ?

Que pourrait-on conseiller à un consommateur qui achèterait une ampoule ?

Réponses attendues (exemples de réponses attendues)

Les différentes ampoules testées

- Les ampoules à filament (tungstène et halogène) ont des rendements (ou efficacité énergétique) nettement inférieurs aux ampoules "éco" (fluo compactes et DEL).

- L'ampoule qui a la meilleure efficacité énergétique (la plus économique à l'usage) est l'ampoule fluo compacte. Mais son inconvénient est son temps de montée en puissance. En effet, il faut plusieurs minutes pour que ce type d'ampoule atteigne sa pleine efficacité.

- L'ampoule à LED a la meilleure efficacité dans un cône assez serré dans l'axe de l'ampoule. Mais sur le côté son efficacité est nettement inférieure à celle de l'ampoule fluo compacte. A 90 °, l'ampoule à LED n'est pas plus efficace qu'une ampoule à filament.

Quelle ampoule choisir ?

- Pour un éclairage d'ambiance qui reste allumé longtemps (pièces à vivre, séjour, chambres, cuisine, etc), l'ampoule fluo compacte sera un bon choix. Après quelques minutes de chauffe, elle offre une bonne efficacité et est la plus économique d'emploi.

- Pour un éclairage ponctuel (spot) qui a pour objet d'éclairer une zone réduite (lampe de chevet pour lire, spots au dessus d'une table de cuisson ou d'un évier, spot pour mettre en valeur un objet, etc), l'ampoule à LED est bien adaptée.

Elle offre la meilleure efficacité énergétique pour ce type d'application.

En revanche, l'ampoule à LED éclaire mal latéralement.

- Pour une pièce dans laquelle on passe peu de temps mais qui nécessite un éclairage efficace immédiatement (cellier, réserve, garage, WC, etc), on peut se poser la question de l'utilisation des ampoules à filament.

En effet, si ces ampoules sont très gourmandes en énergie, elles offrent le double avantage de l'efficacité immédiate avec une puissance d'éclairage homogène dans toutes les directions.

L'ampoule fluo compacte devrait être allumée plusieurs minutes à l'avance (le temps de chauffe) ou être surdimensionnée, pour un besoin en éclairage de une minute ou deux ; ça ne serait pas forcément rentable. De plus, on pourrait être tenté de la laisser allumée en permanence, ce qui serait un vrai gâchi d'énergie.

L'ampoule à LED offre un éclairage ponctuel mal adapté à l'éclairage d'une pièce.

Activité annexe - Le spectre lumineux

Mise en situation

On pourra remarquer que les différentes ampoules n'émettent pas la même couleur de lumière.

En effet, dans le spectre visible, elles n'émettent pas toutes les longueurs d'onde avec la même énergie.

Pour mettre cela en évidence, il faudrait utiliser un spectromètre, appareil sophistiqué et onéreux.

Pour aborder le sujet sans entrer dans trop de complexité scientifique, on peut utiliser un spectroscopie optique qui diffracte la lumière et permet une visualisation du spectre émis.

Cela permet juste de mettre en évidence le fait que la lumière blanche est composée de différentes couleurs et que toutes les lampes n'émettent pas forcément les mêmes lumières.



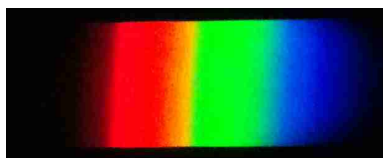
Spectroscopie optique

Ce petit instrument permet de visualiser le spectre émis par une source lumineuse, dans les longueurs d'onde visibles ;

- Il ne permet pas de visualiser les longueurs d'onde dans l'infrarouge ou l'ultra-violet ;

- il ne permet pas de quantifier l'énergie émise dans chaque raie.

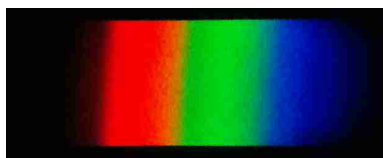
Observations au travers d'un spectroscopie



Spectre d'une lampe tungstène

On voit que tout le spectre est représenté. On dit que le spectre est continu.

On sait que cette lampe émet beaucoup dans l'infrarouge mais le spectroscopie ne permet pas de le mettre en évidence.



Spectre d'une lampe halogène

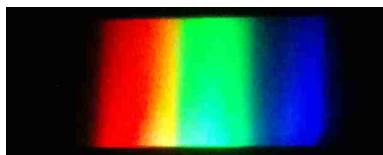
On voit un spectre continu.



Spectre d'une lampe fluo compacte

On voit un spectre discontinu.

Cette lampe n'émet pas dans toutes les longueurs d'onde.



Spectre d'une lampe à LED

Tout le spectre semble présent.

Certaines de ces lampes ont été mises en cause pour émettre trop d'énergie vers l'ultra violet, ce qui peut être dangereux pour l'oeil. Le spectroscopie optique ne permet pas de quantifier l'énergie émise dans chaque longueur d'onde.

Le banc d'essai "BE-AMP" est un matériel certifié* qui permet, en toute sécurité, de laisser des élèves tester en marche des ampoules 230 V d'éclairage domestique.

* Cf page 03 "A propos de sécurité".



A4 propose aussi de simples luminaires (réf LUMI-230-25-A) qui ne présentent pas les mêmes garanties de sécurité et permettent le test des ampoules par le professeur, en démonstration devant les élèves.

