

**1STD2A – TD – Chapitre 7 : Différents types de sources lumineuses, photométrie**  
**Situation problème : Le projecteur LED de Monsieur H. est-il un bon choix ?**

## Objectifs

- A) Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée.
- B) Calculer l'énergie d'un photon en joules (J) puis en électronvolts (eV) à partir de la longueur d'onde  $\lambda$  en nanomètres (nm) du rayonnement électromagnétique associé, grâce aux relations  $\lambda = c/v$  et  $E = hv$ .
- C) Calculer une différence de niveaux d'énergie  $\Delta E = hv$  dans le cas d'une diode laser rouge.
- D) Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique.
- E) Aborder les notions de température de couleur et d'efficacité lumineuse.

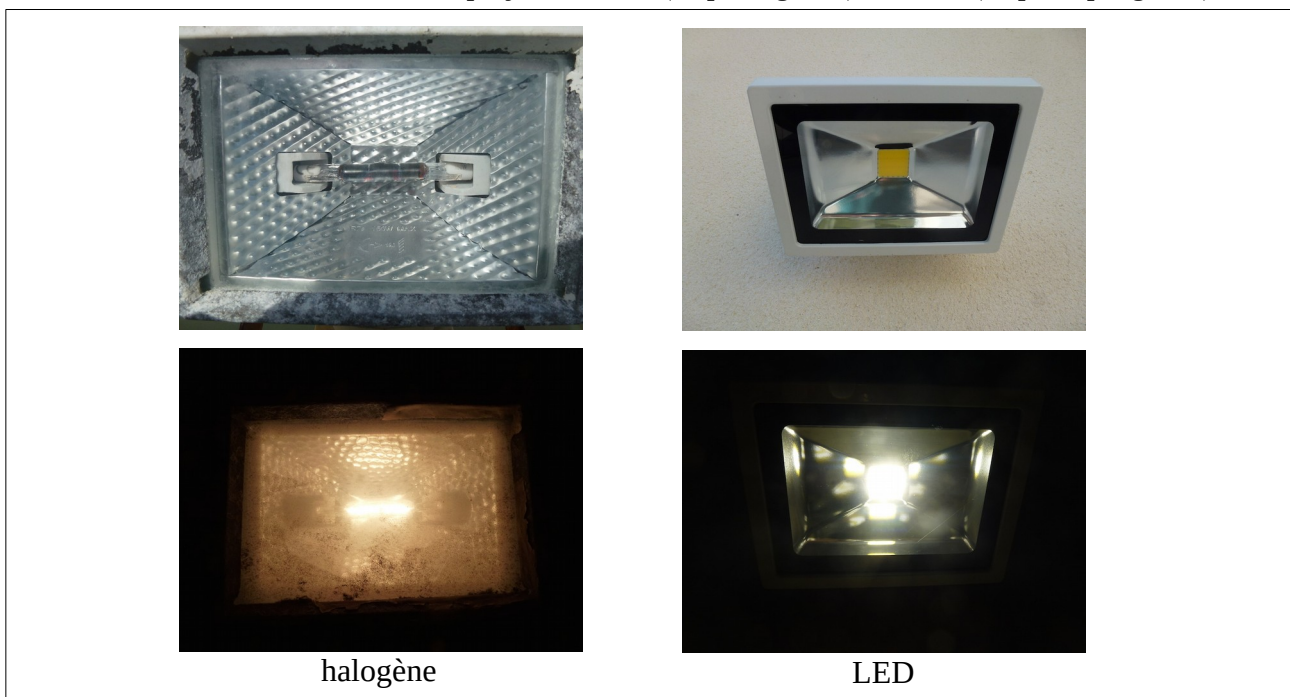
## Contexte

C'est l'été, il est 10 h du matin, monsieur H. veut changer son projecteur de terrasse car il est oxydé, l'ampoule est grillée et la peinture écaillée. En surfant sur le web, il voit son prix : 8,95 €. Il se rend dans le magasin le plus proche mais il n'y en a plus. Il voit un modèle similaire, à LED, à 42,70 € et hésite, se demandant si le rendu sera aussi bon que l'ancien (par rapport à la couleur et à l'intensité lumineuse), surtout qu'il est cinq fois plus cher. Voulant finir avant midi, il l'achète et l'installe. Tout fonctionne. Le rendu lumineux et l'esthétique sont bons (mais à vérifier ce soir). Il regarde la notice, lit « Température de couleur : 4000 K », s'interroge et sort sa calculette : « K signifie kelvin, c'est l'unité internationale de la température. Il y a un décalage de 273 degrés entre les degrés celsius (°C) et les kelvin (K), car le zéro absolu 0 K est égal à -273 °C. 4000 K fait donc  $4000 - 273 = 3727$  °C. Or, à cette température, même les pierres (lave des volcans) et les métaux les plus réfractaires (comme le tungstène des filaments des lampes) fondent et l'aluminium ne tiendra jamais ! ». On l'appelle alors pour venir déjeuner et il abandonne sa réflexion pour aller manger.

- Vous vous appuyerez sur les sept documents pour résoudre les quatre exercices.
- Vous répondrez ensuite aux deux questions pour résoudre la problématique.

## Documents à votre disposition

**Document 1 : Ancien et nouveau projecteur éteint (ampoule grillée) et allumé (ampoule pas grillée)**



## Document 2 : Caractéristiques techniques des deux projecteurs

Projecteur halogène	
Caractéristiques	Produits complémentaires
Matière principale	Aluminium
Matière secondaire	Verre
Couleur	Noir
Type de culot	R7S, 118 mm
Style	Contemporain
Nombre de lumières	1
Ampoule fournie	Oui
Type d'ampoule	Halogène
Détecteur de mouvement	Non
Puissance maximum par lumière (en W)	120
Puissance restituée par ampoule fournie (en W)	120
Température de couleur (en K)	2900
Puissance (en lumen)	2220
Couleur changeante	Non
Garantie (en année)	2
Angle de détection (en °)	/
Profondeur (en cm)	21
Largeur (en cm)	14
Indice de protection (ip-ik)	IP44 : protégé contre les projections d'eau
Classe de protection	1 : appareil électrique avec mise à la terre obligatoire
Tension (en V)	230

**1<sup>er</sup> PRIX**  
**8.95 € / Unité**

**Brilliant G96162/06**  
Ce luminaire est compatible avec des ampoules des classes énergétiques : A+, A, B, C, D, E.  
Ce luminaire est vendu avec une ampoule de la classe énergétique : D.  
874/2012

**Projecteur LED**  
BATCHLOTVN° 23063006  
Ce luminaire comporte des lampes à LED intégrées.  
Les lampes de ce luminaire ne peuvent pas être changées.  
874/2012

ECO-conception du projecteur LED haute performance selon la directive 2005/32/CE, dite ErP 2013

Durée de vie assignée de la lampe :	25 000H
Puissance de la lampe :	20W*
Flux lumineux :	1 440Lm
Température de couleur :	4 000K
Facteur de puissance :	0,9
*Puissance totale consommée :	22W

**Nouvelle technologie de LED de puissance COB :**  
Rendu lumineux très performant de 1440Lm  
+  
Un module LED de 20W  
+  
Longue durée de vie de 25 000H  
+  
Facture d'électricité réduite  
**Plus d'économies & plus de confort**

IP44  
25 000H  
25 x 1 000Lm  
RoHS Compliant  
230V~50Hz / 20W LED  
Ref. 200366 - L9602 White  
3 297 022 003 66 0

## Document 3 : Couleur, longueur d'onde dans le vide et fréquence (1 THz = 10<sup>12</sup> Hz, 480 THz = 4,8.10<sup>14</sup>Hz)

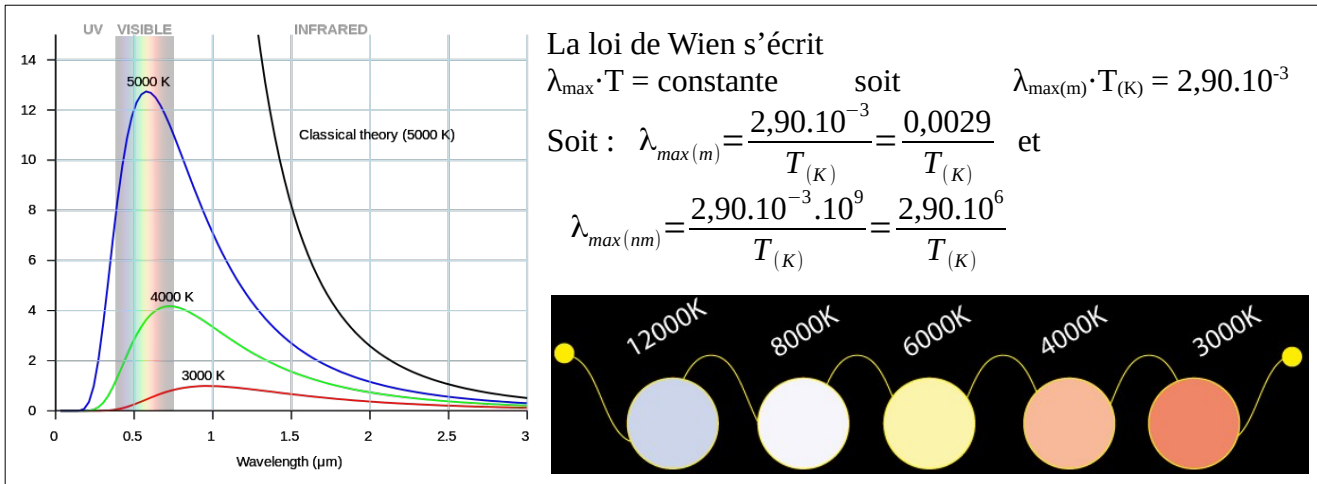
Désignation	Couleur	Longueur d'onde (nm)	Fréquence (THz)
Rouge		~ 625 - 740	~ 480 - 405
Orange		~ 590 - 625	~ 510 - 480
Jaune		~ 565 - 590	~ 530 - 510
Vert		~ 520 - 565	~ 580 - 530
Cyan		~ 500 - 520	~ 600 - 580
Bleu		~ 450 - 500	~ 670 - 600
Indigo		~ 430 - 450	~ 700 - 670
Violet		~ 380 - 430	~ 790 - 700

## Document 4 : Méthode pour calculer l'énergie d'un photon en fonction de sa couleur (longueur d'onde λ)

λ <sub>(nm)</sub>	400	500	600	700	800
$\nu_{(Hz)} = \frac{c_{(m.s^{-1})}}{\lambda_{(m)}}$	$\nu = \frac{3.10^8}{400.10^{-9}}$ $\nu = 7,5.10^{14}$ Hz	$\nu = \frac{3.10^8}{500.10^{-9}}$ $\nu = 6.10^{14}$ Hz	$\nu = \frac{3.10^8}{600.10^{-9}}$ $\nu = 5.10^{14}$ Hz	$\nu = \frac{3.10^8}{700.10^{-9}}$ $\nu = 4,29.10^{14}$ Hz	$\nu = \frac{3.10^8}{800.10^{-9}}$ $\nu = 3,75.10^{14}$ Hz
$E_{(J)} = h \cdot \nu_{(Hz)}$	$E_{(J)} = 6,63.10^{-34} \cdot 7,5.10^{14}$ $E = 4,97.10^{-19}$ J	$E_{(J)} = 6,63.10^{-34} \cdot 6.10^{14}$ $E = 3,98.10^{-19}$ J	$E_{(J)} = 6,63.10^{-34} \cdot 5.10^{14}$ $E = 3,31.10^{-19}$ J	$E_{(J)} = 6,63.10^{-34} \cdot 4,29.10^{14}$ $E = 2,84.10^{-19}$ J	$E_{(J)} = 6,63.10^{-34} \cdot 3,75.10^{14}$ $E = 2,49.10^{-19}$ J
$E_{(eV)} = \frac{E_{(J)}}{1,6.10^{-19}}$	$E_{(eV)} = \frac{4,97.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$ $E = 3,11$ eV	$E_{(eV)} = \frac{3,98.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$ $E = 2,49$ eV	$E_{(eV)} = \frac{3,31.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$ $E = 2,07$ eV	$E_{(eV)} = \frac{2,84.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$ $E = 1,77$ eV	$E_{(eV)} = \frac{2,49.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$ $E = 1,55$ eV

$h = 6,63.10^{-34}$  J.s (constante de Planck) et 1 eV = 1,6.10<sup>-19</sup> J (l'électronvolt est bien adapté à l'échelle des particules)

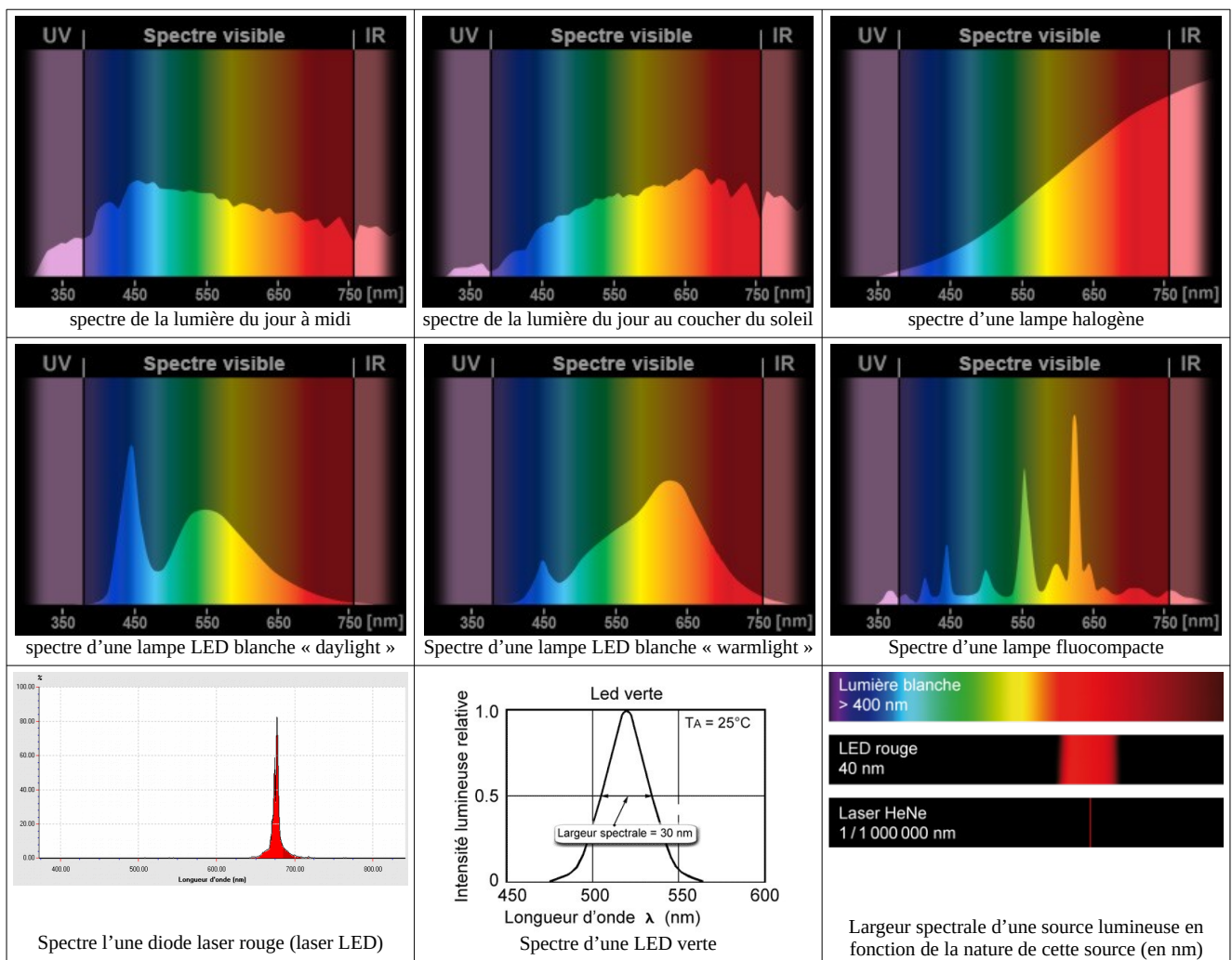
**Document 5 : Loi de Wien, valable uniquement pour un corps chaud à l'équilibre thermique (appelé corps noir) et couleur des étoiles (assimilables à des corps noirs) en fonction de leur température de surface**



**Document 6 : Température de fusion de divers matériaux**

tungstène	titane	fer	silicium	or	argent	aluminum	zinc	plomb	étain	granite	lave	béton
W	Ti	Fe	Si	Au	Ag	Al	Zn	Pb	Sn	/	/	/
3422°C	1668°C	1538°C	1414°C	1064°C	962°C	660°C	419°C	327°C	232°C	970°C	700 à 1200 °C	1300°C
3695 K	1941 K	1811 K	1687 K	1337 K	1235 K	933 K	692 K	600 K	505 K	1234 K	973 à 1473 K	1573 K

**Document 7 : Spectres de diverses sources de lumière**



## Exercice 1

1. Comparer la puissance électrique consommée en watts (W) ainsi que le flux lumineux produit en lumen (lm) par les deux lampes. Conclure.
2. Comparer la température de couleur de la lampe halogène avec la température de fusion du tungstène. Est-il possible que la température du filament de tungstène de l'ampoule halogène soit égale à la température de couleur de l'ampoule ?
3. Comparer la température de couleur de la lampe LED avec la température de fusion de l'aluminium. Est-il possible que la température des LED soit égale à la température de couleur de la lampe ?

## Exercice 2

1. Avec la loi de Wien, calculer le  $\lambda_{\max}$  (longueur d'onde pour laquelle l'intensité du rayonnement émis est maximale) de la lampe à incandescence à halogène. Donner la nature et la couleur de la lumière correspondante (si possible).
2. Avec la loi de Wien, calculer le  $\lambda_{\max}$  de la LED. Donner la nature et la couleur de la lumière correspondante (si possible).
3. Est-ce que les teintes des deux étoiles, correspondant aux températures de couleurs des deux projecteurs, correspondent bien aux teintes des projecteurs ?

## Exercice 3

1. Comparer le spectre d'une LED « daylight » et une LED « warmlight » avec celui de la lumière du jour à midi et à la lumière du jour au coucher (ou au lever) du soleil ?
2. Quelle différence y-a t-il entre le spectre d'une lampe à LED, celui d'une lampe à incandescence et celui de la lumière du soleil ?
3. Cette différence a-t-elle une influence sur la consommation électrique et sur la température réelle de la LED ? Essayer de deviner avec quel appareil le professeur va pouvoir faire, devant vous, une mesure très précise de la température à la surface des deux lampes (une fois que tous les exercices seront finis).

## Exercice 4

1. Soit une diode laser rouge  $\lambda = 650 \text{ nm}$  en cristal semi-conducteur. On admet que quand un électron mobile situé sur un niveau d'énergie haut  $E_2$  (permettant la conduction de l'électricité) saute sur un niveau d'énergie bas  $E_1$  pour se recombiner avec un « trou » mobile (atome ayant 7 électrons au lieu de 8 sur sa couche de valence), le trou disparaît, l'électron perd sa mobilité et un photon d'énergie égale à la différence d'énergie entre ces deux niveaux est émis. Calculer cet écart, en électronvolts (eV) sachant que  $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$ .
2. En observant son spectre, comment qualifie-t-on la lumière de la diode laser ?
3. Quelle est la différence entre le spectre d'une diode électroluminescente normale (LED verte par exemple) et celui d'une diode laser ? Comment qualifie-t-on la lumière d'une LED « normale » ?
4. Comment faire une lampe à LED blanche et obtenir différents rendus de couleur ? Par quel principe ?

## Problématique : Le projecteur LED de Monsieur H. est-il un bon choix ?

1. Selon vous, monsieur H. a-t-il eu raison d'installer ce projecteur LED ?
2. Quelle réponse donneriez-vous à la drôle de question que de posait Monsieur H. avant de manger ?

*Toute réponse sera acceptée si elle est correctement rédigée, argumentée, logique et vraie.*