

# Série 2.4

1. Quelles sont les unités, dans le système international, des quatre grandeurs photométriques lumineuses suivantes : flux, éclairement, intensité et luminance ?

<b>Grandeur lumineuse</b>	<b>Unité SI</b>	<b>Unités exprimées à partir du flux lumineux</b>
Flux	Lumen	Lm
Éclairement	Lux	$\text{Lux} = \text{Lm} \cdot \text{m}^{-2}$
Intensité	Candela	$\text{Cd} = \text{Lm} \cdot \text{sr}^{-1}$
Luminance	Candela par mètre carré	$\text{Cd/m}^2 = \text{Lm} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

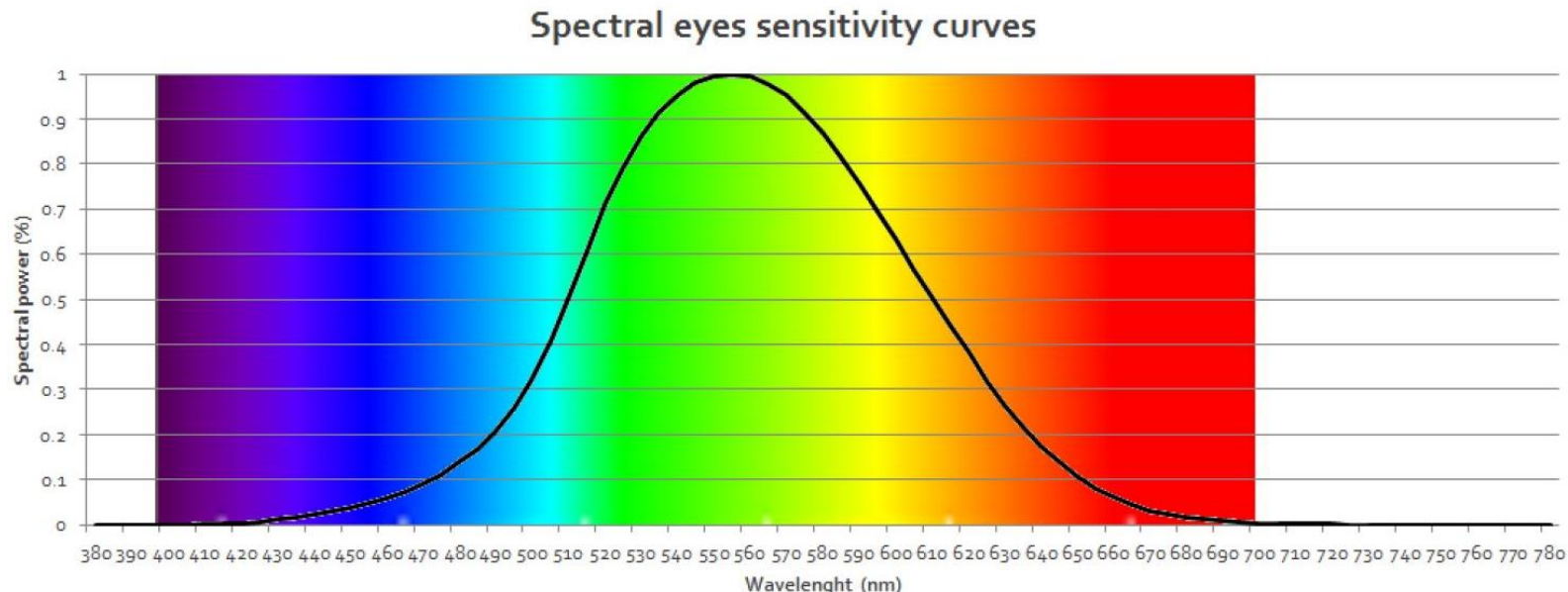
2. Comment peut-on interpréter la courbe  $V(\lambda)$  sur le plan physiologique (effet visuel) ?

Q2. Comment peut-on interpréter la **courbe  $V(\lambda)$**  sur le plan **physiologique** (effet visuel)?

La **courbe de sensibilité spectrale  $V(\lambda)$** , dont les valeurs sont comprises entre 0 et 1, exprime la **sensibilité de l'œil humain** aux différentes **longueurs d'onde visibles** (sa valeur est nulle pour les longueurs d'ondes invisibles, auxquelles l'œil humain est insensible par définition).

À **rayonnement d'énergie constant**, cette courbe indique que la **sensation lumineuse** est **maximale** pour les valeurs de  $V(\lambda)$  proches de 1 (couleurs « **jaune-vert** », de **longueur d'onde de 555 nm**). Les bleus et les **rouges** provoquent, à énergie constante, une **sensation nettement plus faible**.

Pour provoquer une même sensation, une plus grande quantité d'énergie est nécessaire à ces longueurs d'onde. À l'inverse, les sources riches en jaune ou vert, comme par exemple les lampes à sodium, requièrent moins d'énergie pour provoquer une sensation visuelle de même intensité.



3. Quelle est la relation mathématique liant les grandeurs photométriques et radiométriques ?

Dans le cas d'un rayon. MONOCHROMATIQUE :

$$L(\lambda) = K \cdot V(\lambda) \cdot L_e(\lambda)$$

POLYCHROMATIQUE

Somme long. d'ondes VIS

$$L = K \cdot \sum_{\lambda} [V(\lambda) \cdot L_e(\lambda)]$$

Formules:

Eclaircissement lumineux  
↑

$$E_e = \varphi_e / A_z$$

$$E_l = \eta \cdot E_e$$

Luminance  $L(\lambda) = K \cdot V(\lambda) \cdot L_e(\lambda)$

Pour plusieurs  $\lambda$ :  $L = K \cdot \sum_{\lambda} [V(\lambda) \cdot L_e(\lambda)]$

Exitance Énerg.

$$M_j = K_m \cdot V(\lambda_i) \cdot M_{e,i}$$



1. Un radiomètre de surface sensible égale à  $3 \text{ cm}^2$  reçoit à un instant donné un flux énergétique de  $300 \text{ mW}$  de lumière naturelle. Sachant que l'efficacité lumineuse  $\eta$  (rapport entre l'éclairement lumineux et l'éclairement énergétique) de ce flux est de  $110 \text{ Lm/W}$ , quel est l'éclairement lumineux à cet instant ?

Éclairement énergétique:

$$E_e = \frac{\Phi_e}{A_r} = \frac{300 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1'000 \text{ W/m}^2$$

$$\Rightarrow E = \eta \cdot E_e = \underset{\downarrow}{110} \cdot 1'000 = \underline{110 \text{ kLm/m}^2}$$

Valeur moyenne standard  
en fonction des conditions climatiques

2. a) Quelle est la luminance lumineuse  $L$  d'un rayonnement monochromatique de 450 nm (couleur bleue) d'une luminance énergétique  $L_e$  de  $12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{sr}$  ? (On trouvera les données nécessaires à ce calcul dans l'annexe A 1.1 du cours complément de photométrie et colorimétrie).
- b) Que devient cette luminance si on lui superpose, l'un après l'autre, deux rayonnements monochromatiques de même luminance énergétique, le premier étant à 670 nm (couleur rouge), le second à 590 nm (couleur jaune) ?

a)

$$L(\lambda) = k \cdot V(\lambda) \cdot L_e$$

avec  $k = 683 \frac{\text{lm}}{\text{w}}$  et  $L_e = 12 \frac{\text{w}}{\text{m}^2 \cdot \text{sr}}$

→ annexe A1.1 (Utiliser règle de trois pour trouver la valeur  $V(450 \text{ nm})$ )

$$\Rightarrow L(450 \text{ nm}) = 683 \frac{\text{lm}}{\text{w}} \cdot 0,038 \cdot 12 \frac{\text{w}}{\text{m}^2 \cdot \text{sr}} = 311 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \cdot \text{sr}} = 311 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

b)

$\lambda$ [nm]	$V(\lambda)$	$L(\lambda) \left[ \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right]$
450	0,038	311
670	0,032	262
590	0,757	6'216

$$L = K \cdot \sum_{\lambda} [V(\lambda) \cdot L_e(\lambda)]$$

$$= K \cdot [V(450\text{nm}) \cdot L_e(450\text{nm}) + V(670\text{nm}) \cdot L_e(670\text{nm}) + V(590\text{nm}) \cdot L_e(590\text{nm})]$$

$$L = 311 + 262 + 6'216 \approx \underline{6'789} \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

La plus grande partie de la sensation visuelle est due à la rayonn. de 590 nm (Jaune-vert)



3. Une lampe à décharge à vapeurs de mercure possède cinq raies d'émission spectrales aux longueurs d'onde de 330, 405, 436, 546 et 578 nm. Leurs exitanes énergétiques respectives sont de 15, 10, 8, 1 et 2 W/m<sup>2</sup>.
- a) Déterminer l'exitanse lumineuse de la lampe.
  - b) Déterminer l'efficacité lumineuse de cette dernière (ratio entre l'exitanse lumineuse et la densité de la puissance consommée), sachant que 30% de la puissance consommée par cette source est dissipée par les raies spectrales du domaine visible (380 à 780 nm).

identifier les raies d'émission spectrales dans le VIS  
(380 - 780)

$\lambda$ [nm]	$V(\lambda)$	$M_e(\lambda) \left[ \frac{W}{m^2} \right]$	$M(\lambda) \left[ \frac{Lm}{m^2} \right]$
<del>330</del>	—	—	—
405	0,0008	10	5,5
436	0,018	8	98,3
546	0,979	1	668,7
578	0,886	2	1210,3
$\Sigma$		<u>21</u>	<u>1'982</u>

Puissance consommée dans le VIS : 30%.

$$\Rightarrow M_{eTOT} \left[ \frac{W}{m^2} \right] = \frac{21}{0.3} = 70 \frac{W}{m^2}$$



Efficacité lumineuse globale:

$$= \frac{M}{M_{eTot}} = \frac{1'982 \left[ \frac{Lm}{m^2} \right]}{70 \left[ \frac{W}{m^2} \right]} = \underline{28 \frac{Lm}{W}}$$

[Lumière naturelle:  $110 \frac{Lm}{W}$ ]