

Série 2.4

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

Grandeur lumineuse	Unité SI	Unités exprimées à partir du flux lumineux
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	$\text{Cd/m}^2 = \text{Lm} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

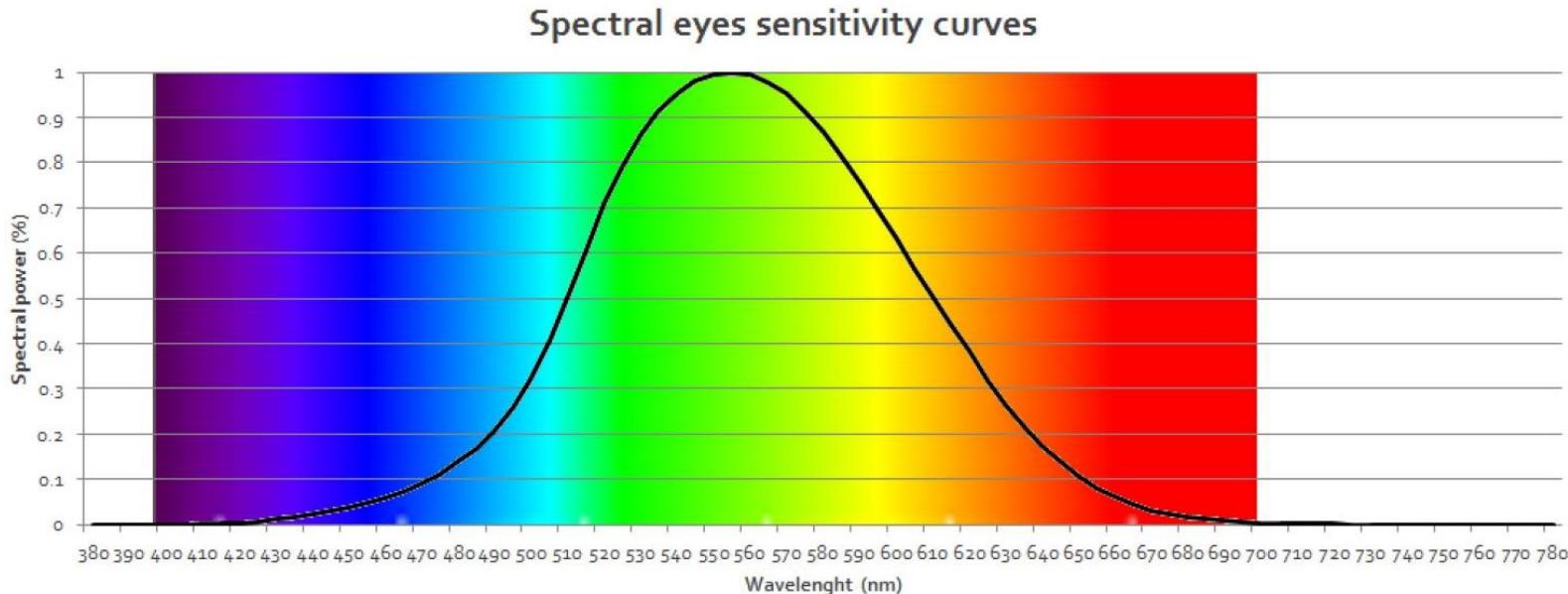
2. Comment peut-on interpréter la courbe $V(\lambda)$ sur le plan physiologique (effet visuel) ?

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



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

Fonules:

Eclairage lumineux



$$E_e = \varphi_e / A_2$$

$$E_l = \eta \cdot E_e$$

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

Pour plusieurs λ : $L = k \cdot \sum_{\lambda} [V(\lambda) \cdot L_c(\lambda)]$

Exitance Energy.

$$M_j = k_m \cdot V(\lambda_i) \cdot M_{ei}$$

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

Eclaircement énergétique:

$$E_e = \frac{\Phi_e}{A_r} = \frac{360 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1'000 \text{ W/m}^2$$

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

Valeur moyenne standard
en fonction des conditions climatique

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)

λ [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

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

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

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

La plus grande partie de la sensation visuelle est due à la raon. 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 exitances énergétiques respectives sont de 15, 10, 8, 1 et 2 W/m².
- a) Déterminer l'exitance lumineuse de la lampe.
 - b) Déterminer l'efficacité lumineuse de cette dernière (ratio entre l'exitance 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 rares émissions spectrales dans le VIS

(380 - 780)

λ [nm]	$V(\lambda)$	$M_e(\lambda) \left[\frac{W}{nm} \right]$	$M(\lambda) \left[\frac{Lm}{nm^2} \right]$
330	—	—	—
405	0,0008	10	5,5
436	0,018	8	98,3
546	0,979	1	668,7
578	0,886	2	1210,3

\sum

21

1'982

Puissance consommée dans le VIS : 30%.

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

Efficacité Lumineuse globale:

$$= \frac{M}{M_{e\text{TOT}}} = \frac{1'982 \left[\frac{\text{lm}}{\text{w}} \right]}{70 \left[\frac{\text{w}}{\text{m}^2} \right]} = 28 \frac{\text{lm}}{\text{w}}$$

[Lumière naturelle: $110 \frac{\text{lm}}{\text{w}}$]