

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Monographie

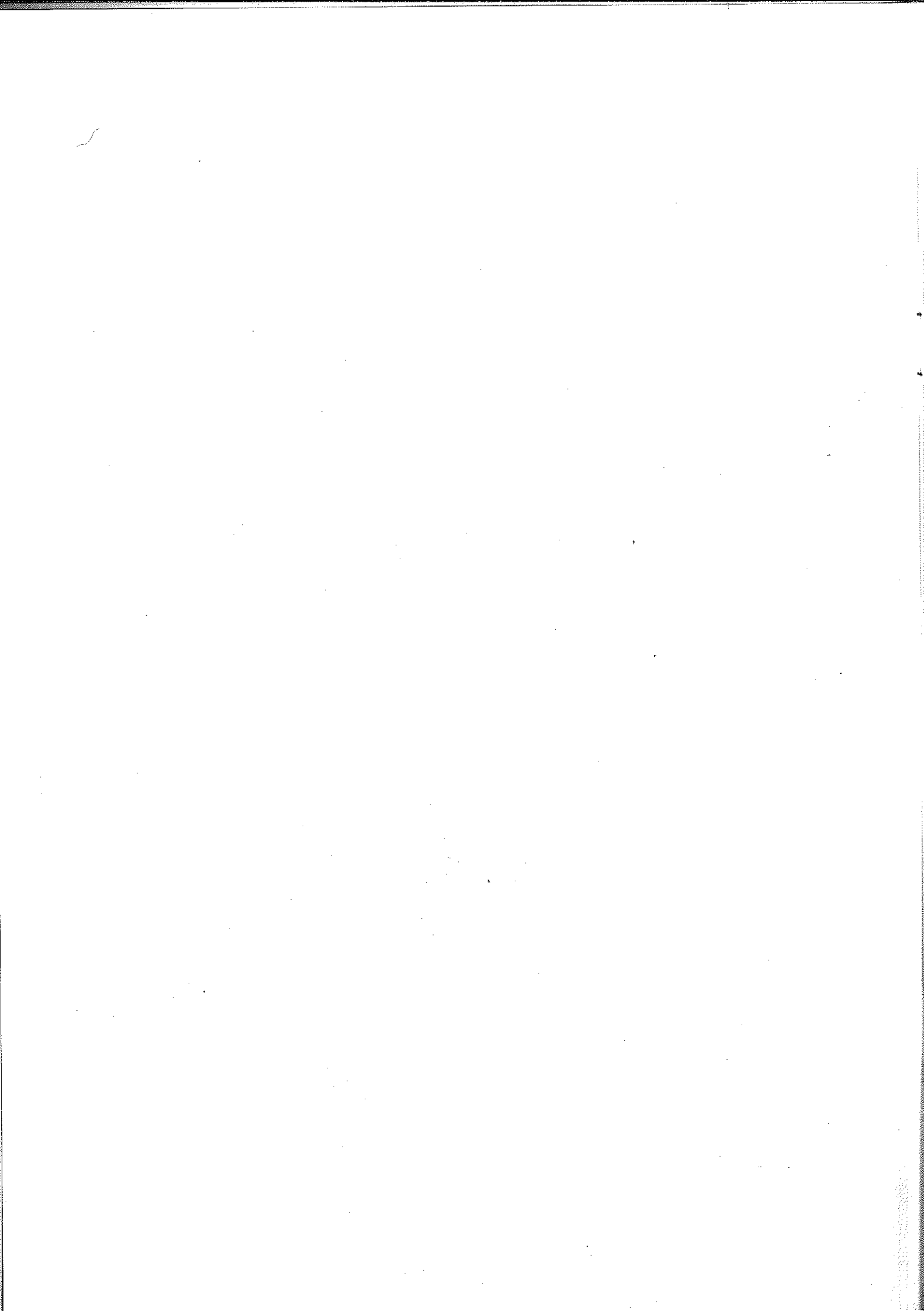
PRINCIPES RÉGISSANT LA PHOTOMÉTRIE

PRINCIPLES GOVERNING PHOTOMETRY



1983

Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES



Principes régissant la photométrie

Avant-propos

Ce document a pour but essentiel de rassembler des définitions et des tableaux de valeurs numériques déjà adoptés (ou recommandés) et publiés, soit par la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), soit par le Comité International des Poids et Mesures (CIPM), soit par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).

Le document a été préparé par un groupe de travail comprenant :
G. WYSZECKI (Conseil National de Recherches, Canada), Président;
W. R. BLEVIN (CSIRO, Australie);
K. G. KESSLER et K. D. MIELENZ (National Bureau of Standards, États-Unis d'Amérique).

Il a été approuvé à la 10^e session (28-30 septembre 1982) du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR), organe destiné à renseigner le CIPM sur ces questions.

Introduction

La photométrie a pour objet de mesurer la « lumière », c'est-à-dire de mesurer l'attribut indispensable et commun à toutes les perceptions et sensations qui sont particulières au système visuel humain et se produisent par son intermédiaire. Il s'ensuit que les grandeurs photométriques doivent tenir compte à la fois des caractéristiques purement physiques du flux énergétique qui stimule le système visuel et de la sensibilité spectrale de ce système visuel. Le caractère subjectif de ce second facteur place les grandeurs photométriques dans une catégorie bien distincte des grandeurs purement physiques.

Le but de ce document est de donner une définition des grandeurs photométriques les plus importantes ainsi que de leurs unités, et d'expliquer brièvement les conventions qui les relient à la grandeur physique, le flux énergétique, et à son unité, le watt. Ces définitions et ces conventions doivent permettre d'effectuer les mesures photométriques avec des méthodes purement physiques tout en donnant des résultats qui soient en bon accord avec l'expérience visuelle.

Si un rayonnement électromagnétique a une puissance suffisante et si ses composantes ont des longueurs d'onde comprises entre 360 et 830 nm (environ), il stimule l'organe visuel. Les éléments réceptifs de la rétine qui entrent en jeu sont surtout les cônes en vision photopique (œil adapté à des niveaux de luminance assez élevés), les bâtonnets en vision scotopique (œil adapté à des niveaux de luminance assez faibles) ou une combinaison des cônes et des bâtonnets en vision mésopique (vision intermédiaire entre la vision photopique et la vision scotopique).

1. Grandeurs photométriques

Les grandeurs photométriques les plus importantes [1] sont :

le flux lumineux,
l'intensité lumineuse,
la luminance lumineuse,
l'éclairement lumineux.

Le flux lumineux est la grandeur la plus commode à définir la première en photométrie parce que c'est celle qui présente la relation la plus simple avec le flux énergétique. On peut le définir ainsi :

Le *flux lumineux* ϕ_v est la grandeur dérivée du flux énergétique ϕ_e par l'évaluation du rayonnement d'après son action sur l'observateur de référence photométrique CIE.

La relation donnant ϕ_v est indiquée au point 4 du présent document.

On peut définir les trois autres grandeurs en fonction du flux lumineux et des grandeurs géométriques appropriées.

L'*intensité lumineuse* I_v (d'une source, dans une direction donnée) est le quotient du flux lumineux $d\phi_v$ quittant la source et se propageant dans l'élément d'angle solide $d\Omega$ contenant la direction donnée, par cet élément d'angle solide.

$$I_v = \frac{d\phi_v}{d\Omega}$$

La *luminance lumineuse* L_v (dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive) est définie par la formule :

$$L_v = \frac{d^2\phi_v}{d\Omega \cdot dA \cos \theta}$$

où $d\phi_v$ est le flux lumineux transmis par un faisceau élémentaire passant par le point donné et se propageant dans l'angle solide $d\Omega$ contenant la direction donnée; dA est l'aire d'une section de ce faisceau au point donné; θ est l'angle entre la normale à cette section et la direction du faisceau.

L'*éclairage lumineux* E_v (en un point d'une surface) est le quotient du flux lumineux $d\phi_v$ reçu par un élément de la surface contenant le point, par l'aire dA de cet élément.

$$E_v = \frac{d\phi_v}{dA}$$

2. Unités photométriques

L'unité de base du SI pour la photométrie est la *candela* (cd), unité d'intensité lumineuse. La définition de la candela est la suivante [2] :

La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian.

La définition ci-dessus de la candela s'applique à la vision photopique, scotopique et mésopique.

La fréquence 540×10^{12} Hz correspond à une longueur d'onde de 555,016 nm dans l'air normal [3].

A partir de l'unité de base photométrique du SI, la candela, et des unités des grandeurs géométriques, superficie et angle solide, on peut dériver les unités SI des trois autres grandeurs photométriques, le flux lumineux, la luminance lumineuse et l'éclairage lumineux, définies au point 1 du présent document.

L'unité SI de flux lumineux est la candela stéradian (cd.sr), que l'on appelle généralement le *lumen* (lm).

L'unité SI de luminance lumineuse est la *candela par mètre carré* (cd.m⁻²) ou (lm.sr⁻¹.m⁻²).

L'unité SI d'éclairement lumineux est la candela stéradian par mètre carré (cd.sr.m⁻²) ou (lm.m⁻²). On appelle souvent cette unité le *lux* (lx).

3. Fonctions de pondération de base

La sensibilité de l'organe visuel au flux énergétique de différentes longueurs d'onde est complexe et on ne la connaît pas encore très bien. Toutefois, pour des conditions données de stimulation, on a déterminé de façon expérimentale un certain nombre de fonctions de la longueur d'onde qui constituent des représentations utiles de la sensibilité spectrale relative de l'organe visuel. Ces fonctions servent de fonctions de pondération du flux énergétique spectral stimulant l'organe visuel.

3.1. Fonctions d'efficacité lumineuse relative spectrale

L'efficacité lumineuse relative spectrale (d'un rayonnement monochromatique de longueur d'onde λ) est le rapport du flux énergétique de longueur d'onde λ_m (ou λ'_m pour la vision scotopique) au flux de longueur d'onde λ , les deux rayonnements produisant des sensations lumineuses également intenses dans des conditions photométriques spécifiées et λ_m (ou λ'_m) étant choisi de façon que la valeur maximale de ce rapport soit égale à 1.

Pour la vision photopique, la fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale est symbolisée par $V(\lambda)$; ses valeurs figurent au tableau 1. λ_m vaut 555 nm [4].

Pour la vision scotopique, la fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale est symbolisée par $V'(\lambda)$; ses valeurs figurent au tableau 2. λ'_m vaut 507 nm [4].

Pour la vision mésopique, il n'existe pour le moment aucune méthode convenue de pondération spectrale, mais la CIE est en train d'étudier ce problème [5].

3.2. Fonctions colorimétriques CIE 1931

Les fonctions colorimétriques CIE 1931 définissent les propriétés d'égalisation de couleur d'un observateur moyen ayant une vision normale des couleurs, pour des champs d'observation en vision centrale d'étendue angulaire comprise entre 1° et 4° (0,017 et 0,07 rad). Ces fonctions colorimétriques sont les composantes trichromatiques de stimulus monochromatiques de même flux énergétique et de longueurs d'onde contenues dans le spectre visible (360 à 830 nm). Elles sont symbolisées par $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ et leurs valeurs figurent au tableau 3 [6].

La fonction $\bar{y}(\lambda)$ est identique à la fonction $V(\lambda)$ donnée au tableau 1.

4. Équations de base reliant les grandeurs photométriques et colorimétriques au flux énergétique

4.1. Flux lumineux

Pour la vision photopique :

$$\phi_v = K_m \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

avec

ϕ_v	:	flux lumineux en lumens
$\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$:	densité spectrale du flux énergétique en watts par mètre
$V(\lambda)$:	fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale pour la vision photopique

$$K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} [V(\lambda_m)/V(555,016 \text{ nm})] = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (environ).}$$

Pour la vision scotopique :

$$\phi'_v = K'_m \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} V'(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

avec

ϕ'_v	:	flux lumineux en lumens
$\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$:	densité spectrale du flux énergétique en watts par mètre
$V'(\lambda)$:	fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale pour la vision scotopique

$$K'_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} [V'(\lambda_m)/V'(555,016 \text{ nm})] = 1\,700 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (environ).}$$

4.2. Composantes trichromatiques et coordonnées trichromatiques

Composantes trichromatiques :

$$\begin{aligned} X &= k \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

avec

X, Y, Z : composantes trichromatiques
 $\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$: densité spectrale du flux énergétique
 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: fonctions colorimétriques CIE 1931
 k : facteur de normalisation rendant les composantes trichromatiques X, Y, Z sans dimension; par exemple, si

$$k = 100 / \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

: les composantes trichromatiques sont données en pour cent et l'on a Y toujours égal à 100.

Coordonnées trichromatiques :

Les coordonnées trichromatiques définissent la chromaticité d'un stimulus visuel donné par sa répartition spectrale relative du flux énergétique. La chromaticité peut être représentée par un point dans le diagramme de chromaticité (x, y) CIE 1931.

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \end{aligned} \quad (4)$$

avec

x, y : coordonnées trichromatiques
 X, Y, Z : composantes trichromatiques.

Note : Dans le cas particulier où l'on a $X = \bar{x}(\lambda)$, $Y = \bar{y}(\lambda)$, $Z = \bar{z}(\lambda)$, les coordonnées trichromatiques sont symbolisées par $x(\lambda)$, $y(\lambda)$. Elles définissent la chromaticité des stimulus visuels monochromatiques de longueur d'onde λ (voir tableau 3).

5. Remarques générales

a) Les intégrations nécessaires dans les équations (1), (2), (3) et (5) sont, dans la pratique, remplacées par des sommations étendues au domaine du spectre visible dont les limites et les intervalles de longueurs d'onde sont ceux qui figurent aux tableaux 1, 2 et 3. Lorsque l'on a besoin d'évaluer les fonctions de pondération à des longueurs d'onde intermédiaires entre celles qui figurent dans les tableaux, il convient d'utiliser une interpolation linéaire.

b) On peut exprimer la grandeur photométrique luminance L_v au moyen d'une équation semblable à l'équation (1) en faisant appel à la grandeur radiométrique densité spectrale de luminance énergétique, $L_{e,\lambda}$, au lieu du flux énergétique :

$$L_v = K_m \int_{\lambda} L_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda. \quad (5)$$

La luminance est destinée à assurer la correspondance avec la perception de la luminosité; c'est le cas en vision scotopique et en vision photopique pour des lumières qui ont la même couleur.

c) On a établi de façon expérimentale que des lumières qui ont des luminances lumineuses ou des intensités lumineuses identiques mais des couleurs différentes, c'est-à-dire des valeurs différentes des coordonnées trichromatiques, ne sont en général pas perçues comme ayant la même luminosité. Les différences de luminosité dépendent des couleurs concernées.

Pour le moment, il n'existe aucune grandeur qui soit reconnue comme plus satisfaisante que la luminance lumineuse ou l'intensité lumineuse pour prévoir les luminosités relatives de lumières hétérochromes. Des progrès sont toutefois en cours et il se peut qu'une grandeur faisant très probablement appel à la fois aux chromaticités et aux luminances lumineuses des lumières comparées puisse servir à cette fin.

6. Bibliographie

- [1] CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), Vocabulaire International de l'Éclairage (3^e édition), Publication CIE No. 17 (E-1.1) 1970, Bureau Central de la CIE, 52, boulevard Malesherbes, 75008 Paris, France. La 4^e édition du Vocabulaire International de l'Éclairage est en cours de préparation; elle devrait être publiée en 1984.
- [2] CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures), Comptes Rendus des Séances de la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures, Paris, 1979, p. 100, Bureau International des Poids et Mesures, F-92310 Sèvres, France.
- [3] Edlén, B., The refractive index of air, *Metrologia*, 2, 1966, pp. 71-80.
- [4] CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), Principles of Light Measurements, Publication CIE No. 18 (E-1.2) 1970, Bureau Central de la CIE. Une nouvelle édition de ce document, intitulée: The Basis of Physical Photometry, est prête; elle doit être publiée en 1983.
- [5] CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), Light as a True Visual Quantity: Principles of Measurement, Publication CIE No. 41 (TC-1.4) 1978, Bureau Central de la CIE.
- [6] CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), Colorimétrie, Recommandations officielles de la Commission Internationale de l'Éclairage, Publication CIE No. 15 (E-1.3.1) 1971, Bureau Central de la CIE. Une nouvelle édition de ce document est en cours de préparation; elle doit être publiée en 1984.

Principles governing photometry

Foreword

The purpose of this document is to bring together the definitions and the tables * of numerical values already adopted (or recommended) and published, by the Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), by the Comité International des Poids et Mesures (CIPM), or by the International Commission on Illumination (CIE).

The document was prepared by a Working Group comprising :

G. WYSZECKI (National Research Council of Canada), President;
W. R. BLEVIN (CSIRO, Australia);
K. G. KESSLER and K. D. MIELENZ (National Bureau of Standards,
USA).

It was approved at the 10th meeting (September 28-30, 1982) of the Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR), the body established to advise the CIPM on these questions.

Preamble

Photometric procedures aim at measuring « light »; that is, measuring the universal and essential attribute of all perceptions or sensations which are peculiar to the human visual system and which are produced through the agency of that system. Thus photometric quantities must take into account both the purely physical characteristics of the radiant power stimulating the visual system and the spectral responsivity of the latter. The subjective nature of the second of these two factors sets photometric quantities apart from purely physical quantities.

The purpose of this note is to define the most important of the photometric quantities as well as their units, and to explain briefly the conventions relating them with the purely physical quantity, radiant power, and its unit, the watt. These definitions and conventions aim at enabling photometric measurements to be made by purely physical methods but to yield results that correlate adequately with visual experience.

If electromagnetic radiation is of sufficient power and of wavelengths within the range 360 to 830 nm (approximately), it stimulates the visual organ. The retinal receptor elements involved may be principally the cones (photopic vision, eye adapted to higher levels of luminance), the rods (scotopic vision, eye adapted to lower levels of luminance), or a combination of the cones and rods (mesopic vision, intermediate between photopic and scotopic vision).

1. Photometric quantities

The most important photometric quantities [1] are :

luminous flux,
luminous intensity,
luminance,
illuminance.

Luminous flux is the most convenient quantity in photometry to define first because it has the simplest relationship with radiant power. It may be defined as follows :

Luminous flux (ϕ_v) is the quantity derived from radiant flux (ϕ_e) (radiant power) by evaluating the radiation according to its action upon the CIE standard photometric observer.

The convention of deriving ϕ_v is given in part 4 of this document.

The other three quantities may be defined in terms of luminous flux and appropriate geometric quantities.

The *luminous intensity* (I_v) (of a source in a given direction) is the quotient of the luminous flux ($d\phi_v$) leaving the source and propagated in the element of solid angle ($d\Omega$) containing the given direction, by the element of solid angle.

$$I_v = \frac{d\phi_v}{d\Omega}$$

The *luminance* (L_v) (in a given direction, at a given point of a real or imaginary surface) is defined by the formula

$$L_v = \frac{d^2\phi_v}{d\Omega \cdot dA \cos \theta}$$

where $d\phi_v$ is the luminous flux transmitted by an elementary beam passing through the given point and propagating in the solid angle $d\Omega$ containing the given direction; dA is the area of a section of that beam containing the given point; θ is the angle between the normal to that section and the direction of the beam.

The *illuminance* (E_v) (at a point of a surface) is the quotient of the luminous flux ($d\phi_v$) incident on an element of the surface containing the point, by the area (dA) of that element.

$$E_v = \frac{d\phi_v}{dA}$$

2. Photometric units

The SI photometric base unit is the *candela* (cd), the unit of luminous intensity. The definition of the candela is as follows [2]:

The candela is the luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} hertz and that has a radiant intensity in that direction of (1/683) watt per steradian.

The above definition of the candela applies to photopic, scotopic and mesopic vision.

The frequency 540×10^{12} Hz corresponds to a wavelength of 555.016 nm in standard air [3].

The SI units of the three other photometric quantities, luminous flux, luminance, and illuminance, defined in part 1 of this document, can be derived from the SI photometric base unit, the candela, and the units of the geometric quantities, area and solid angle.

The SI unit of luminous flux is candela times steradian (cd . sr), which is usually referred to as the *lumen* (lm).

The SI unit of luminance is *candela per square metre* (cd . m⁻²), or (lm . sr⁻¹ . m⁻²).

The SI unit of illuminance is candela times steradian per square metre ($\text{cd}\cdot\text{sr}\cdot\text{m}^{-2}$), or ($\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$). This unit is often referred to as the *lux* (lx).

3. Basic weighting functions

The responsivity of the visual system to radiant power of different wavelengths is complex and not yet fully understood. However, for certain conditions of stimulation, a number of functions of wavelength have been determined experimentally which provide useful representations of the relative spectral responsivity of the visual system. These functions serve as weighting functions of the spectral radiant power stimulating the visual system.

3.1. Spectral luminous efficiency functions

The spectral luminous efficiency of radiant power of wavelength λ is the ratio of the radiant power at λ_m (or λ'_m for scotopic vision) to that at λ such that both radiant powers produce equally intense luminous sensations under specified conditions of stimulation and of observation, λ_m (or λ'_m) being chosen so that the maximum value of this ratio is equal to unity.

For photopic vision the spectral luminous efficiency function is denoted by $V(\lambda)$; its values are given in Table 1. Note, λ_m is at 555 nm for $V(\lambda)$ [4].

For scotopic vision the spectral luminous efficiency function is denoted by $V'(\lambda)$; its values are given in Table 2. Note, λ'_m is at 507 nm for $V'(\lambda)$ [4].

For mesopic vision there is at present no agreed method of spectral weighting, but this problem is currently being investigated by the CIE [5].

3.2. CIE 1931 color-matching functions

The CIE 1931 color-matching functions define the color-matching properties of an average observer with normal color vision viewing fields of angular subtense between 1° and 4° (0.017 and 0.07 rad). The color-matching functions are the tristimulus values of the spectral radiant powers of constant magnitude and of wavelengths within the visible spectrum (360 to 830 nm). They are denoted by $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ and their values are given in Table 3 [6].

Note, the $\bar{y}(\lambda)$ function is identical to the $V(\lambda)$ function given in Table 1.

4. Basic equations relating photometric and colorimetric quantities to radiant flux

4.1. Luminous flux

For photopic vision :

$$\phi_v = K_m \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

with

ϕ_v : luminous flux in lumens
 $\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$: spectral concentration of radiant flux (radiant power) in watts per metre

$V(\lambda)$: spectral luminous efficiency function for photopic vision

$$K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} [V(\lambda_m)/V(555.016 \text{ nm})] = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (approx.)}$$

For scotopic vision :

$$\phi'_v = K'_m \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} V'(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

with

ϕ'_v : luminous flux in lumens
 $\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$: spectral concentration of radiant flux (radiant power) in watts per metre

$V'(\lambda)$: spectral luminous efficiency function for scotopic vision

$$K'_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} [V'(\lambda_m)/V'(555.016 \text{ nm})] = 1700 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (approx.)}$$

4.2. Tristimulus values and chromaticity coordinates

Tristimulus values :

$$\begin{aligned} X &= k \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \int_{\lambda} \phi_{e,\lambda} \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

with

X, Y, Z : tristimulus values

$\phi_{e,\lambda} = \frac{d\phi_e}{d\lambda}$: spectral concentration of radiant flux (radiant power)

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: CIE 1931 color-matching functions
 k : normalizing factor rendering the X, Y, Z tristimulus values dimensionless; for example, if

$$k = 100 / \int_{\lambda} \phi_{c,\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

the tristimulus values are given in percent, making Y always equal to 100.

Chromaticity coordinates :

The chromaticity coordinates define the chromaticity of a visual stimulus given by its relative spectral distribution of radiant flux. The chromaticity can be represented as a point in the CIE 1931 (x, y) chromaticity diagram.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (4)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

with

x, y : chromaticity coordinates
 X, Y, Z : tristimulus values.

Note : In the special case of $X = \bar{x}(\lambda), Y = \bar{y}(\lambda), Z = \bar{z}(\lambda)$, the chromaticity coordinates are denoted by $x(\lambda), y(\lambda)$. They define the chromaticity of monochromatic visual stimuli of wavelength λ (see Table 3).

5. General notes

a) The integrations required in equations (1), (2), (3), and (5) are, in practice, replaced by summations $\left(\sum_{\lambda}\right)$ over the visible spectrum whose boundaries and wavelength intervals are those given in Tables 1,2 or 3. When it is necessary to evaluate the weighting functions at wavelengths intermediate to those given in the Tables, linear interpolation should be used.

b) The photometric quantity luminance (L_v) may be expressed by an equation similar to equation (1) but involving the radiometric quantity

spectral concentration of radiance, $L_{e,\lambda}$, instead of radiant flux :

$$L_v = K_m \int_{\lambda} L_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

Luminance is intended to correlate with the perception of brightness and does so in scotopic vision, and in photopic vision for lights having the same color.

c) It has been established experimentally that lights having identical luminances or luminous intensities but different colors, that is, different values for the chromaticity coordinates, are in general not perceived as equally bright. The brightness differences depend on the colors involved.

At present there is no agreed quantity that is more satisfactory than luminance or luminous intensity for predicting the relative brightnesses of heterochromatic lights. However, progress is being made and a quantity that may eventually serve the purpose will, most likely, involve the chromaticities as well as the luminances of the lights compared.

6. References

- [1] CIE (International Commission on Illumination), International Lighting Vocabulary (3rd edition), Publication CIE No. 17 (E-1.1) 1970, Bureau Central de la CIE, 52, boulevard Maiesherbes, 75008 Paris, France. The 4th edition of the International Lighting Vocabulary is in preparation and expected to be published in 1984.
- [2] CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures), Comptes Rendus des Séances de la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures, Paris 1979, p. 100, Bureau International des Poids et Mesures, F-92310 Sèvres, France.
- [3] Edlén, B., The refractive index of air, *Metrologia*, **2**, 1966, pp. 71-80.
- [4] CIE (International Commission on Illumination), Principles of Light measurements, Publication CIE No. 18 (E-1.2) 1970, Bureau Central de la CIE. A new edition of this document, entitled : The Basis of Physical Photometry, has been prepared and its publication is expected in 1983.
- [5] CIE (International Commission on Illumination), Light as a True Visual Quantity : Principles of Measurement, Publication CIE No. 41 (TC-1.4) 1978, Bureau Central de la CIE.
- [6] CIE (International Commission on Illumination), Colorimetry, Official Recommendations of the International Commission on Illumination, Publication CIE No. 15 (E-1.3.1) 1971, Bureau Central de la CIE. A new edition of this document is in preparation and expected to be published in 1984.

Tableau 1. — Efficacité lumineuse relative spectrale $V(\lambda)$
pour la vision photopique [cônes] (λ dans l'air normal)

Table 1. — Spectral luminous efficiencies $V(\lambda)$ for photopic [cone] vision
(λ in standard air)

λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$
360	0.000 003 917 000	410	0.001 210 000	460	0.060 000 00
61	0.000 004 393 581	11	0.001 362 091	61	0.062 601 97
62	0.000 004 929 604	12	0.001 530 752	62	0.065 277 52
63	0.000 005 532 136	13	0.001 720 368	63	0.068 042 08
64	0.000 006 208 245	14	0.001 935 323	64	0.070 911 09
365	0.000 006 965 000	415	0.002 180 000	465	0.073 900 00
66	0.000 007 813 219	16	0.002 454 800	66	0.077 016 00
67	0.000 008 767 336	17	0.002 764 000	67	0.080 266 40
68	0.000 009 839 844	18	0.003 117 800	68	0.083 666 80
69	0.000 011 043 23	19	0.003 526 400	69	0.087 232 80
370	0.000 012 390 00	420	0.004 000 000	470	0.090 980 00
71	0.000 013 886 41	21	0.004 546 240	71	0.094 917 55
72	0.000 015 557 28	22	0.005 159 320	72	0.099 045 84
73	0.000 017 442 96	23	0.005 829 280	73	0.103 367 4
74	0.000 019 583 75	24	0.006 546 160	74	0.107 884 6
375	0.000 022 020 00	425	0.007 300 000	475	0.112 600 0
76	0.000 024 839 65	26	0.008 086 507	76	0.117 532 0
77	0.000 028 041 26	27	0.008 908 720	77	0.122 674 4
78	0.000 031 531 04	28	0.009 767 680	78	0.127 992 8
79	0.000 035 215 21	29	0.010 664 43	79	0.133 452 8
380	0.000 039 000 00	430	0.011 600 00	480	0.139 020 0
81	0.000 042 826 40	31	0.012 573 17	81	0.144 676 4
82	0.000 046 914 60	32	0.013 582 72	82	0.150 469 3
83	0.000 051 589 60	33	0.014 629 68	83	0.156 461 9
84	0.000 057 176 40	34	0.015 715 09	84	0.162 717 7
385	0.000 064 000 00	435	0.016 840 00	485	0.169 300 0
86	0.000 072 344 21	36	0.018 007 36	86	0.176 243 1
87	0.000 082 212 24	37	0.019 214 48	87	0.183 558 1
88	0.000 093 508 16	38	0.020 453 92	88	0.191 273 5
89	0.000 106 136 1	39	0.021 718 24	89	0.199 418 0
390	0.000 120 000 0	440	0.023 000 00	490	0.208 020 0
91	0.000 134 984 0	41	0.024 294 61	91	0.217 119 9
92	0.000 151 492 0	42	0.025 610 24	92	0.226 734 5
93	0.000 170 208 0	43	0.026 958 57	93	0.236 857 1
94	0.000 191 816 0	44	0.028 351 25	94	0.247 481 2
395	0.000 217 000 0	445	0.029 800 00	495	0.258 600 0
96	0.000 246 906 7	46	0.031 310 83	96	0.270 184 9
97	0.000 281 240 0	47	0.032 883 68	97	0.282 293 9
98	0.000 318 520 0	48	0.034 521 12	98	0.295 050 5
99	0.000 357 266 7	49	0.036 225 71	99	0.308 578 0
400	0.000 396 000 0	450	0.038 000 00	500	0.323 000 0
01	0.000 433 714 7	51	0.039 846 67	01	0.338 402 1
02	0.000 473 024 0	52	0.041 768 00	02	0.354 685 8
03	0.000 517 876 0	53	0.043 766 00	03	0.371 698 6
04	0.000 572 218 7	54	0.045 842 67	04	0.389 287 5
405	0.000 640 000 0	455	0.048 000 00	505	0.407 300 0
06	0.000 724 560 0	56	0.050 243 68	06	0.425 629 9
07	0.000 825 500 0	57	0.052 573 04	07	0.444 309 6
08	0.000 941 160 0	58	0.054 980 56	08	0.463 394 4
09	0.001 069 880	59	0.057 458 72	09	0.482 939 5

λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$
510	0.503 000 0	560	0.995 000 0	610	0.503 000 0	655	0.081 600 00
11	0.523 569 3	61	0.992 600 5	11	0.490 468 8	56	0.077 120 64
12	0.544 512 0	62	0.989 742 6	12	0.478 030 4	57	0.072 825 52
13	0.565 690 0	63	0.986 444 4	13	0.465 677 6	58	0.068 710 08
14	0.586 965 3	64	0.982 724 1	14	0.453 403 2	59	0.064 769 76
515	0.608 200 0	565	0.978 600 0	615	0.441 200 0	660	0.061 000 00
16	0.629 345 6	66	0.974 083 7	16	0.429 080 0	61	0.057 396 21
17	0.650 306 8	67	0.969 171 2	17	0.417 036 0	62	0.053 955 04
18	0.670 875 2	68	0.963 856 8	18	0.405 032 0	63	0.050 673 76
19	0.690 842 4	69	0.958 134 9	19	0.393 032 0	64	0.047 549 65
520	0.710 000 0	570	0.952 000 0	620	0.381 000 0	665	0.044 580 00
21	0.728 185 2	71	0.945 450 4	21	0.368 918 4	66	0.041 758 72
22	0.745 463 6	72	0.938 499 2	22	0.356 827 2	67	0.039 084 96
23	0.761 969 4	73	0.931 162 8	23	0.344 776 8	68	0.036 563 84
24	0.777 836 8	74	0.923 457 6	24	0.332 817 6	69	0.034 200 48
525	0.793 200 0	575	0.915 400 0	625	0.321 000 0	670	0.032 000 00
26	0.808 110 4	76	0.907 006 4	26	0.309 338 1	71	0.029 962 61
27	0.822 496 2	77	0.898 277 2	27	0.297 850 4	72	0.028 076 64
28	0.836 306 8	78	0.889 204 8	28	0.286 593 6	73	0.026 329 36
29	0.849 491 6	79	0.879 781 6	29	0.275 624 5	74	0.024 708 05
530	0.862 000 0	580	0.870 000 0	630	0.265 000 0	675	0.023 200 00
31	0.873 810 8	81	0.859 861 3	31	0.254 763 2	76	0.021 800 77
32	0.884 962 4	82	0.849 392 0	32	0.244 889 6	77	0.020 501 12
33	0.895 493 6	83	0.838 622 0	33	0.235 334 4	78	0.019 281 08
34	0.905 443 2	84	0.827 581 3	34	0.226 052 8	79	0.018 120 69
535	0.914 850 1	585	0.816 300 0	635	0.217 000 0	680	0.017 000 00
36	0.923 734 8	86	0.804 794 7	36	0.208 161 6	81	0.015 903 79
37	0.932 092 4	87	0.793 082 0	37	0.199 548 8	82	0.014 837 18
38	0.939 922 6	88	0.781 192 0	38	0.191 155 2	83	0.013 810 68
39	0.947 225 2	89	0.769 154 7	39	0.182 974 4	84	0.012 834 78
540	0.954 000 0	590	0.757 000 0	640	0.175 000 0	685	0.011 920 00
41	0.960 256 1	91	0.744 754 1	41	0.167 223 5	86	0.011 068 31
42	0.966 007 4	92	0.732 422 4	42	0.159 646 4	87	0.010 273 39
43	0.971 260 6	93	0.720 003 6	43	0.152 277 6	88	0.009 533 311
44	0.976 022 5	94	0.707 496 5	44	0.145 125 9	89	0.008 846 157
545	0.980 300 0	595	0.694 900 0	645	0.138 200 0	690	0.008 210 000
46	0.984 092 4	96	0.682 219 2	46	0.131 500 3	91	0.007 623 781
47	0.987 418 2	97	0.669 471 6	47	0.125 024 8	92	0.007 085 424
48	0.990 312 8	98	0.656 674 4	48	0.118 779 2	93	0.006 591 476
49	0.992 811 6	99	0.643 844 8	49	0.112 769 1	94	0.006 138 485
550	0.994 950 1	600	0.631 000 0	650	0.107 000 0	695	0.005 723 000
51	0.996 710 8	01	0.618 155 5	51	0.101 476 2	96	0.005 343 059
52	0.998 098 3	02	0.605 314 4	52	0.096 188 64	97	0.004 995 796
53	0.999 112 0	03	0.592 475 6	53	0.091 122 96	98	0.004 676 404
54	0.999 748 2	04	0.579 637 9	54	0.086 264 85	99	0.004 380 075
555	1.000 000 0	605	0.566 800 0			700	0.004 102 000
56	0.999 856 7	06	0.553 961 1			01	0.003 838 453
57	0.999 304 6	07	0.541 137 2			02	0.003 589 099
58	0.998 325 5	08	0.528 352 8			03	0.003 354 219
59	0.996 898 7	09	0.515 632 3			04	0.003 134 093

λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$	λ nm	$V(\lambda)$
705	0.002 929 000	755	0.000 084 800 00	805	0.000 002 607 800
06	0.002 738 139	56	0.000 079 146 67	06	0.000 002 431 220
07	0.002 559 876	57	0.000 073 858 00	07	0.000 002 266 531
08	0.002 393 244	58	0.000 068 916 00	08	0.000 002 113 013
09	0.002 237 275	59	0.000 064 302 67	09	0.000 001 969 943
710	0.002 091 000	760	0.000 060 000 00	810	0.000 001 836 600
11	0.001 953 587	61	0.000 055 981 87	11	0.000 001 712 230
12	0.001 824 580	62	0.000 052 225 60	12	0.000 001 596 228
13	0.001 703 580	63	0.000 048 718 40	13	0.000 001 488 090
14	0.001 590 187	64	0.000 045 447 47	14	0.000 001 387 314
715	0.001 484 000	765	0.000 042 400 00	815	0.000 001 293 400
16	0.001 384 496	66	0.000 039 561 04	16	0.000 001 205 820
17	0.001 291 268	67	0.000 036 915 12	17	0.000 001 124 143
18	0.001 204 092	68	0.000 034 448 68	18	0.000 001 048 009
19	0.001 122 744	69	0.000 032 148 16	19	0.000 000 977 057 8
720	0.001 047 000	770	0.000 030 000 00	820	0.000 000 910 930 0
21	0.000 976 589 6	71	0.000 027 991 25	21	0.000 000 849 251 3
22	0.000 911 108 8	72	0.000 026 113 56	22	0.000 000 791 721 2
23	0.000 850 133 2	73	0.000 024 360 24	23	0.000 000 738 090 4
24	0.000 793 238 4	74	0.000 022 724 61	24	0.000 000 688 109 8
725	0.000 740 000 0	775	0.000 021 200 00	825	0.000 000 641 530 0
26	0.000 690 082 7	76	0.000 019 778 55	26	0.000 000 598 089 5
27	0.000 643 310 0	77	0.000 018 452 85	27	0.000 000 557 574 6
28	0.000 599 496 0	78	0.000 017 216 87	28	0.000 000 519 808 0
29	0.000 558 454 7	79	0.000 016 064 59	29	0.000 000 484 612 3
730	0.000 520 000 0	780	0.000 014 990 00	830	0.000 000 451 810 0
31	0.000 483 913 6	81	0.000 013 987 28		
32	0.000 450 052 8	82	0.000 013 051 55		
33	0.000 418 345 2	83	0.000 012 178 18		
34	0.000 388 718 4	84	0.000 011 362 54		
735	0.000 361 100 0	785	0.000 010 600 00		
36	0.000 335 383 5	86	0.000 009 885 877		
37	0.000 311 440 4	87	0.000 009 217 304		
38	0.000 289 165 6	88	0.000 008 592 362		
39	0.000 268 453 9	89	0.000 008 009 133		
740	0.000 249 200 0	790	0.000 007 465 700		
41	0.000 231 301 9	91	0.000 006 959 567		
42	0.000 214 685 6	92	0.000 006 487 995		
43	0.000 199 288 4	93	0.000 006 048 699		
44	0.000 185 047 5	94	0.000 005 639 396		
745	0.000 171 900 0	795	0.000 005 257 800		
46	0.000 159 778 1	96	0.000 004 901 771		
47	0.000 148 604 4	97	0.000 004 569 720		
48	0.000 138 301 6	98	0.000 004 260 194		
49	0.000 128 792 5	99	0.000 003 971 739		
750	0.000 120 000 0	800	0.000 003 702 900		
51	0.000 111 859 5	01	0.000 003 452 163		
52	0.000 104 322 4	02	0.000 003 218 302		
53	0.000 097 335 60	03	0.000 003 000 300		
54	0.000 090 845 87	04	0.000 002 797 139		

Tableau 2. — Efficacité lumineuse relative spectrale $V'(\lambda)$
pour la vision scotopique [bâtonnets] (λ dans l'air normal)

Table 2. — Spectral luminous efficiencies $V'(\lambda)$ for scotopic [rod] vision
(λ in standard air)

λ nm	$V'(\lambda)$	λ nm	$V'(\lambda)$	λ nm	$V'(\lambda)$	λ nm	$V'(\lambda)$
380	0.000 589	430	0.199 8	480	0.793	530	0.811
81	0.000 665	31	0.211 9	81	0.805	31	0.796
82	0.000 752	32	0.224 3	82	0.817	32	0.781
83	0.000 854	33	0.236 9	83	0.828	33	0.765
84	0.000 972	34	0.249 6	84	0.840	34	0.749
385	0.001 108	435	0.262 5	485	0.851	535	0.733
86	0.001 268	36	0.275 5	86	0.862	36	0.717
87	0.001 453	37	0.288 6	87	0.873	37	0.700
88	0.001 668	38	0.301 7	88	0.884	38	0.683
89	0.001 918	39	0.314 9	89	0.894	39	0.667
390	0.002 209	440	0.328 1	490	0.904	540	0.650
91	0.002 547	41	0.341 2	91	0.914	41	0.633
92	0.002 939	42	0.354 3	92	0.923	42	0.616
93	0.003 394	43	0.367 3	93	0.932	43	0.599
94	0.003 921	44	0.380 3	94	0.941	44	0.581
395	0.004 53	445	0.393 1	495	0.949	545	0.564
96	0.005 24	46	0.406	96	0.957	46	0.548
97	0.006 05	47	0.418	97	0.964	47	0.531
98	0.006 98	48	0.431	98	0.970	48	0.514
99	0.008 06	49	0.443	99	0.976	49	0.497
400	0.009 29	450	0.455	500	0.982	550	0.481
01	0.010 70	51	0.467	01	0.986	51	0.465
02	0.012 31	52	0.479	02	0.990	52	0.448
03	0.014 13	53	0.490	03	0.994	53	0.433
04	0.016 19	54	0.502	04	0.997	54	0.417
405	0.018 52	455	0.513	505	0.998	555	0.402
06	0.021 13	56	0.524	06	1.000	56	0.386 4
07	0.024 05	57	0.535	07	1.000	57	0.371 5
08	0.027 30	58	0.546	08	1.000	58	0.356 9
09	0.030 89	59	0.557	09	0.998	59	0.342 7
410	0.034 84	460	0.567	510	0.997	560	0.328 8
11	0.039 16	61	0.578	11	0.994	61	0.315 1
12	0.043 9	62	0.588	12	0.990	62	0.301 8
13	0.049 0	63	0.599	13	0.986	63	0.288 8
14	0.054 5	64	0.610	14	0.981	64	0.276 2
415	0.060 4	465	0.620	515	0.975	565	0.263 9
16	0.066 8	66	0.631	16	0.968	66	0.251 9
17	0.073 6	67	0.642	17	0.961	67	0.240 3
18	0.080 8	68	0.653	18	0.953	68	0.229 1
19	0.088 5	69	0.664	19	0.944	69	0.218 2
420	0.096 6	470	0.676	520	0.935	570	0.207 6
21	0.105 2	71	0.687	21	0.925	71	0.197 4
22	0.114 1	72	0.699	22	0.915	72	0.187 6
23	0.123 5	73	0.710	23	0.904	73	0.178 2
24	0.133 4	74	0.722	24	0.892	74	0.169 0
425	0.143 6	475	0.734	525	0.880	575	0.160 2
26	0.154 1	76	0.745	26	0.867	76	0.151 7
27	0.165 1	77	0.757	27	0.854	77	0.143 6
28	0.176 4	78	0.769	28	0.840	78	0.135 8
29	0.187 9	79	0.781	29	0.826	79	0.128 4

λ nm	$V'(\lambda)$	λ nm	$V'(\lambda)$	λ nm	$V'(\lambda)$	λ nm	$V'(\lambda)$
580	0.121 2	630	0.003 335	680	0.000 071 5	730	0.000 002 546
81	0.114 3	31	0.003 079	81	0.000 066 6	31	0.000 002 393
82	0.107 8	32	0.002 842	82	0.000 062 0	32	0.000 002 250
83	0.101 5	33	0.002 623	83	0.000 057 8	33	0.000 002 115
84	0.095 6	34	0.002 421	84	0.000 053 8	34	0.000 001 989
585	0.089 9	635	0.002 235	685	0.000 050 1	735	0.000 001 870
86	0.084 5	36	0.002 062	86	0.000 046 7	36	0.000 001 759
87	0.079 3	37	0.001 903	87	0.000 043 6	37	0.000 001 655
88	0.074 5	38	0.001 757	88	0.000 040 6	38	0.000 001 557
89	0.069 9	39	0.001 621	89	0.000 037 89	39	0.000 001 466
590	0.065 5	640	0.001 497	690	0.000 035 33	740	0.000 001 379
91	0.061 3	41	0.001 382	91	0.000 032 95	41	0.000 001 299
92	0.057 4	42	0.001 276	92	0.000 030 75	42	0.000 001 223
93	0.053 7	43	0.001 178	93	0.000 028 70	43	0.000 001 151
94	0.050 2	44	0.001 088	94	0.000 026 79	44	0.000 001 084
595	0.046 9	645	0.001 005	695	0.000 025 01	745	0.000 001 022
96	0.043 8	46	0.000 928	96	0.000 023 36	46	0.000 000 962
97	0.040 9	47	0.000 857	97	0.000 021 82	47	0.000 000 907
98	0.038 16	48	0.000 792	98	0.000 020 38	48	0.000 000 855
99	0.035 58	49	0.000 732	99	0.000 019 05	49	0.000 000 806
600	0.033 15	650	0.000 677	700	0.000 017 80	750	0.000 000 760
01	0.030 87	51	0.000 626	01	0.000 016 64	51	0.000 000 716
02	0.028 74	52	0.000 579	02	0.000 015 56	52	0.000 000 675
03	0.026 74	53	0.000 536	03	0.000 014 54	53	0.000 000 637
04	0.024 87	54	0.000 496	04	0.000 013 60	54	0.000 000 601
605	0.023 12	655	0.000 459	705	0.000 012 73	755	0.000 000 567
06	0.021 47	56	0.000 425	06	0.000 011 91	56	0.000 000 535
07	0.019 94	57	0.000 393 5	07	0.000 011 14	57	0.000 000 505
08	0.018 51	58	0.000 364 5	08	0.000 010 43	58	0.000 000 477
09	0.017 18	59	0.000 337 7	09	0.000 009 76	59	0.000 000 450
610	0.015 93	660	0.000 312 9	710	0.000 009 14	760	0.000 000 425
11	0.014 77	61	0.000 290 1	11	0.000 008 56	61	0.000 000 401
12	0.013 69	62	0.000 268 9	12	0.000 008 02	62	0.000 000 379 0
13	0.012 69	63	0.000 249 3	13	0.000 007 51	63	0.000 000 358 0
14	0.011 75	64	0.000 231 3	14	0.000 007 04	64	0.000 000 338 2
615	0.010 88	665	0.000 214 6	715	0.000 006 60	765	0.000 000 319 6
16	0.010 07	66	0.000 199 1	16	0.000 006 18	66	0.000 000 302 1
17	0.009 32	67	0.000 184 8	17	0.000 005 80	67	0.000 000 285 5
18	0.008 62	68	0.000 171 6	18	0.000 005 44	68	0.000 000 269 9
19	0.007 97	69	0.000 159 3	19	0.000 005 10	69	0.000 000 255 2
620	0.007 37	670	0.000 148 0	720	0.000 004 78	770	0.000 000 241 3
21	0.006 82	71	0.000 137 5	21	0.000 004 49	71	0.000 000 228 2
22	0.006 30	72	0.000 127 7	22	0.000 004 21	72	0.000 000 215 9
23	0.005 82	73	0.000 118 7	23	0.000 003 951	73	0.000 000 204 2
24	0.005 38	74	0.000 110 4	24	0.000 003 709	74	0.000 000 193 2
625	0.004 97	675	0.000 102 6	725	0.000 003 482	775	0.000 000 182 9
26	0.004 59	76	0.000 095 4	26	0.000 003 270	76	0.000 000 173 1
27	0.004 24	77	0.000 088 8	27	0.000 003 070	77	0.000 000 163 8
28	0.003 913	78	0.000 082 6	28	0.000 002 884	78	0.000 000 155 1
29	0.003 613	79	0.000 076 9	29	0.000 002 710	79	0.000 000 146 8
						80	0.000 000 139 0

Tableau 3. — Fonctions colorimétriques CIE 1931
et coordonnées trichromatiques (λ dans l'air normal)

Table 3. — CIE 1931 color-matching functions and chromaticity coordinates
(λ in standard air)

λ nm	Fonctions colorimétriques Color-matching functions			Coordonnées trichromatiques Chromaticity coordinates		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
360	0.000 129 900 0	0.000 003 917 000	0.000 606 100 0	0.175 56	0.005 29	0.819 15
61	0.000 145 847 0	0.000 004 393 581	0.000 680 879 2	0.175 48	0.005 29	0.819 23
62	0.000 163 802 1	0.000 004 929 604	0.000 765 145 6	0.175 40	0.005 28	0.819 32
63	0.000 184 003 7	0.000 005 532 136	0.000 860 012 4	0.175 32	0.005 27	0.819 41
64	0.000 206 690 2	0.000 006 208 245	0.000 966 592 8	0.175 24	0.005 26	0.819 50
365	0.000 232 100 0	0.000 006 965 000	0.001 086 000	0.175 16	0.005 26	0.819 58
66	0.000 260 728 0	0.000 007 813 219	0.001 220 586	0.175 09	0.005 25	0.819 66
67	0.000 293 075 0	0.000 008 767 336	0.001 372 729	0.175 01	0.005 24	0.819 75
68	0.000 329 388 0	0.000 009 839 844	0.001 543 579	0.174 94	0.005 23	0.819 83
69	0.000 369 914 0	0.000 011 043 23	0.001 734 286	0.174 88	0.005 22	0.819 90
370	0.000 414 900 0	0.000 012 390 00	0.001 946 000	0.174 82	0.005 22	0.819 96
71	0.000 464 158 7	0.000 013 886 41	0.002 177 777	0.174 77	0.005 23	0.820 00
72	0.000 518 986 0	0.000 015 557 28	0.002 435 809	0.174 72	0.005 24	0.820 04
73	0.000 581 854 0	0.000 017 442 96	0.002 731 953	0.174 66	0.005 24	0.820 10
74	0.000 655 234 7	0.000 019 583 75	0.003 078 064	0.174 59	0.005 22	0.820 19
375	0.000 741 600 0	0.000 022 020 00	0.003 486 000	0.174 51	0.005 18	0.820 31
76	0.000 845 029 6	0.000 024 839 65	0.003 975 227	0.174 41	0.005 13	0.820 46
77	0.000 964 526 8	0.000 028 041 26	0.004 540 880	0.174 31	0.005 07	0.820 62
78	0.001 094 949	0.000 031 531 04	0.005 158 320	0.174 22	0.005 02	0.820 76
79	0.001 231 154	0.000 035 215 21	0.005 802 907	0.174 16	0.004 98	0.820 86
380	0.001 368 000	0.000 039 000 00	0.006 450 001	0.174 11	0.004 96	0.820 93
81	0.001 502 050	0.000 042 826 40	0.007 083 216	0.174 09	0.004 96	0.820 95
82	0.001 642 328	0.000 046 914 60	0.007 745 488	0.174 07	0.004 97	0.820 96
83	0.001 802 382	0.000 051 589 60	0.008 501 152	0.174 06	0.004 98	0.820 96
84	0.001 995 757	0.000 057 176 40	0.009 414 544	0.174 04	0.004 98	0.820 98
385	0.002 236 000	0.000 064 000 00	0.010 549 99	0.174 01	0.004 98	0.821 01
86	0.002 535 385	0.000 072 344 21	0.011 965 80	0.173 97	0.004 97	0.821 06
87	0.002 892 603	0.000 082 212 24	0.013 655 87	0.173 93	0.004 94	0.821 13
88	0.003 300 829	0.000 093 508 16	0.015 588 05	0.173 89	0.004 93	0.821 18
89	0.003 753 236	0.000 106 136 1	0.017 730 15	0.173 84	0.004 92	0.821 24
390	0.004 243 000	0.000 120 000 0	0.020 050 01	0.173 80	0.004 92	0.821 28
91	0.004 762 389	0.000 134 984 0	0.022 511 36	0.173 76	0.004 92	0.821 32
92	0.005 330 048	0.000 151 492 0	0.025 202 88	0.173 70	0.004 94	0.821 36
93	0.005 978 712	0.000 170 208 0	0.028 279 72	0.173 66	0.004 94	0.821 40
94	0.006 741 117	0.000 191 816 0	0.031 897 04	0.173 61	0.004 94	0.821 45
395	0.007 650 000	0.000 217 000 0	0.036 210 00	0.173 56	0.004 92	0.821 52
96	0.008 751 373	0.000 246 906 7	0.041 437 71	0.173 51	0.004 90	0.821 59
97	0.010 028 88	0.000 281 240 0	0.047 503 72	0.173 47	0.004 86	0.821 67
98	0.011 421 70	0.000 318 520 0	0.054 119 88	0.173 42	0.004 84	0.821 74
99	0.012 869 01	0.000 357 266 7	0.060 998 03	0.173 38	0.004 81	0.821 81
400	0.014 310 00	0.000 396 000 0	0.067 850 01	0.173 34	0.004 80	0.821 86
01	0.015 704 43	0.000 433 714 7	0.074 486 32	0.173 29	0.004 79	0.821 92
02	0.017 147 44	0.000 473 024 0	0.081 361 56	0.173 24	0.004 78	0.821 98
03	0.018 781 22	0.000 517 876 0	0.089 153 64	0.173 17	0.004 78	0.822 05
04	0.020 748 01	0.000 572 218 7	0.098 540 48	0.173 10	0.004 77	0.822 13
405	0.023 190 00	0.000 640 000 0	0.110 200 0	0.173 02	0.004 78	0.822 20
06	0.026 207 36	0.000 724 560 0	0.124 613 3	0.172 93	0.004 78	0.822 29
07	0.029 782 48	0.000 825 500 0	0.141 701 7	0.172 84	0.004 79	0.822 37
08	0.033 880 92	0.000 941 160 0	0.161 303 5	0.172 75	0.004 80	0.822 45
09	0.038 468 24	0.001 069 880	0.183 256 8	0.172 66	0.004 80	0.822 54

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
410	0.043 510 00	0.001 210 000	0.207 400 0	0.172 58	0.004 80	0.822 62
11	0.048 995 60	0.001 362 091	0.233 692 1	0.172 49	0.004 80	0.822 71
12	0.055 022 60	0.001 530 752	0.262 611 4	0.172 39	0.004 80	0.822 81
13	0.061 718 80	0.001 720 368	0.294 774 6	0.172 30	0.004 80	0.822 90
14	0.069 212 00	0.001 935 323	0.330 798 5	0.172 19	0.004 82	0.822 99
415	0.077 630 00	0.002 180 000	0.371 300 0	0.172 09	0.004 83	0.823 08
16	0.086 958 11	0.002 454 800	0.416 209 1	0.171 98	0.004 86	0.823 16
17	0.097 176 72	0.002 764 000	0.465 464 2	0.171 87	0.004 89	0.823 24
18	0.108 406 3	0.003 117 800	0.519 694 8	0.171 74	0.004 94	0.823 32
19	0.120 767 2	0.003 526 400	0.579 530 3	0.171 59	0.005 01	0.823 40
420	0.134 380 0	0.004 000 000	0.645 600 0	0.171 41	0.005 10	0.823 49
21	0.149 358 2	0.004 546 240	0.718 483 8	0.171 21	0.005 21	0.823 58
22	0.165 395 7	0.005 159 320	0.796 713 3	0.170 99	0.005 33	0.823 68
23	0.181 983 1	0.005 829 280	0.877 845 9	0.170 77	0.005 47	0.823 76
24	0.198 611 0	0.006 546 160	0.959 439 0	0.170 54	0.005 62	0.823 84
425	0.214 770 0	0.007 300 000	1.039 050 1	0.170 30	0.005 79	0.823 91
26	0.230 186 8	0.008 086 507	1.115 367 3	0.170 05	0.005 97	0.823 98
27	0.244 879 7	0.008 908 720	1.188 497 1	0.169 78	0.006 18	0.824 04
28	0.258 777 3	0.009 767 680	1.258 123 3	0.169 50	0.006 40	0.824 10
29	0.271 807 9	0.010 664 43	1.323 929 6	0.169 20	0.006 64	0.824 16
430	0.283 900 0	0.011 600 00	1.385 600 0	0.168 88	0.006 90	0.824 22
31	0.294 943 8	0.012 573 17	1.442 635 2	0.168 53	0.007 18	0.824 29
32	0.304 896 5	0.013 582 72	1.494 803 5	0.168 15	0.007 49	0.824 36
33	0.313 787 3	0.014 629 68	1.542 190 3	0.167 75	0.007 82	0.824 43
34	0.321 645 4	0.015 715 09	1.584 880 7	0.167 33	0.008 17	0.824 50
435	0.328 500 0	0.016 840 00	1.622 960 0	0.166 90	0.008 55	0.824 55
36	0.334 351 3	0.018 007 36	1.656 404 8	0.166 45	0.008 96	0.824 59
37	0.339 210 1	0.019 214 48	1.685 295 9	0.165 98	0.009 40	0.824 62
38	0.343 121 3	0.020 453 92	1.709 874 5	0.165 48	0.009 87	0.824 65
39	0.346 129 6	0.021 718 24	1.730 882 1	0.164 96	0.010 35	0.824 69
440	0.348 280 0	0.023 000 00	1.747 060 0	0.164 41	0.010 86	0.824 73
41	0.349 599 9	0.024 294 61	1.760 044 6	0.163 83	0.011 38	0.824 79
42	0.350 147 4	0.025 610 24	1.769 623 3	0.163 21	0.011 94	0.824 85
43	0.350 013 0	0.026 958 57	1.776 263 7	0.162 55	0.012 52	0.824 93
44	0.349 287 0	0.028 351 25	1.780 433 4	0.161 85	0.013 14	0.825 01
445	0.348 060 0	0.029 800 00	1.782 600 0	0.161 11	0.013 79	0.825 10
46	0.346 373 3	0.031 310 83	1.782 968 2	0.160 31	0.014 49	0.825 20
47	0.344 262 4	0.032 883 68	1.781 699 8	0.159 47	0.015 23	0.825 30
48	0.341 808 8	0.034 521 12	1.779 198 2	0.158 57	0.016 02	0.825 41
49	0.339 094 1	0.036 225 71	1.775 867 1	0.157 63	0.016 84	0.825 53
450	0.336 200 0	0.038 000 00	1.772 110 0	0.156 64	0.017 71	0.825 65
51	0.333 197 7	0.039 846 67	1.768 258 9	0.155 60	0.018 61	0.825 79
52	0.330 041 1	0.041 768 00	1.764 039 0	0.154 52	0.019 56	0.825 92
53	0.326 635 7	0.043 766 00	1.758 943 8	0.153 40	0.020 55	0.826 05
54	0.322 886 8	0.045 842 67	1.752 466 3	0.152 22	0.021 61	0.826 17
455	0.318 700 0	0.048 000 00	1.744 100 0	0.150 99	0.022 74	0.826 27
56	0.314 025 1	0.050 243 68	1.733 559 5	0.149 69	0.023 95	0.826 36
57	0.308 884 0	0.052 573 04	1.720 858 1	0.148 34	0.025 25	0.826 41
58	0.303 290 4	0.054 980 56	1.705 936 9	0.146 93	0.026 63	0.826 44
59	0.297 257 9	0.057 458 72	1.688 737 2	0.145 47	0.028 12	0.826 41

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
460	0.290 800 0	0.060 000 00	1.669 200 0	0.143 96	0.029 70	0.826 34
61	0.283 970 1	0.062 601 97	1.647 528 7	0.142 41	0.031 39	0.826 20
62	0.276 721 4	0.065 277 52	1.623 412 7	0.140 80	0.033 21	0.825 99
63	0.268 917 8	0.068 042 08	1.596 022 3	0.139 12	0.035 20	0.825 68
64	0.260 422 7	0.070 911 09	1.564 528 0	0.137 37	0.037 40	0.825 23
465	0.251 100 0	0.073 900 00	1.528 100 0	0.135 50	0.039 88	0.824 62
66	0.240 847 5	0.077 016 00	1.486 111 4	0.133 51	0.042 69	0.823 80
67	0.229 851 2	0.080 266 40	1.439 521 5	0.131 37	0.045 88	0.822 75
68	0.218 407 2	0.083 666 80	1.389 879 9	0.129 09	0.049 45	0.821 46
69	0.206 811 5	0.087 232 80	1.338 736 2	0.126 66	0.053 43	0.819 91
470	0.195 360 0	0.090 980 00	1.287 640 0	0.124 12	0.057 80	0.818 08
71	0.184 213 6	0.094 917 55	1.237 422 3	0.121 47	0.062 59	0.815 94
72	0.173 327 3	0.099 045 84	1.187 824 3	0.118 70	0.067 83	0.813 47
73	0.162 688 1	0.103 367 4	1.138 761 1	0.115 81	0.073 58	0.810 61
74	0.152 283 3	0.107 884 6	1.090 148 0	0.112 78	0.079 89	0.807 33
475	0.142 100 0	0.112 600 0	1.041 900 0	0.109 60	0.086 84	0.803 56
76	0.132 178 6	0.117 532 0	0.994 197 6	0.106 26	0.094 49	0.799 25
77	0.122 569 6	0.122 674 4	0.947 347 3	0.102 78	0.102 86	0.794 36
78	0.113 275 2	0.127 992 8	0.901 453 1	0.099 13	0.112 01	0.788 86
79	0.104 297 9	0.133 452 8	0.856 619 3	0.095 31	0.121 94	0.782 75
480	0.095 640 00	0.139 020 0	0.812 950 1	0.091 29	0.132 70	0.776 01
81	0.087 299 55	0.144 676 3	0.770 517 3	0.087 08	0.144 32	0.768 60
82	0.079 308 04	0.150 469 3	0.729 444 8	0.082 68	0.156 87	0.760 45
83	0.071 717 76	0.156 461 9	0.689 913 6	0.078 12	0.170 42	0.751 46
84	0.064 580 99	0.162 717 7	0.652 104 9	0.073 44	0.185 03	0.741 53
485	0.057 950 01	0.169 300 0	0.616 200 0	0.068 71	0.200 72	0.730 57
86	0.051 862 11	0.176 243 1	0.582 328 6	0.063 99	0.217 47	0.718 54
87	0.046 281 52	0.183 558 1	0.550 416 2	0.059 32	0.235 25	0.705 43
88	0.041 150 88	0.191 273 5	0.520 337 6	0.054 67	0.254 09	0.691 24
89	0.036 412 83	0.199 418 0	0.491 967 3	0.050 03	0.274 00	0.675 97
490	0.032 010 00	0.208 020 0	0.465 180 0	0.045 39	0.294 98	0.659 63
91	0.027 917 20	0.217 119 9	0.439 924 6	0.040 76	0.316 98	0.642 26
92	0.024 144 40	0.226 734 5	0.416 183 6	0.036 20	0.339 90	0.623 90
93	0.020 687 00	0.236 857 1	0.393 882 2	0.031 76	0.363 60	0.604 64
94	0.017 540 40	0.247 481 2	0.372 945 9	0.027 49	0.387 92	0.584 59
495	0.014 700 00	0.258 600 0	0.353 300 0	0.023 46	0.412 70	0.563 84
96	0.012 161 79	0.270 184 9	0.334 857 8	0.019 70	0.437 76	0.542 54
97	0.009 919 960	0.282 293 9	0.317 552 1	0.016 27	0.462 95	0.520 78
98	0.007 967 240	0.295 050 5	0.301 337 5	0.013 18	0.488 21	0.498 61
99	0.006 296 346	0.308 578 0	0.286 168 6	0.010 48	0.513 40	0.476 12
500	0.004 900 000	0.323 000 0	0.272 000 0	0.008 17	0.538 42	0.453 41
01	0.003 777 173	0.338 402 1	0.258 817 1	0.006 28	0.563 07	0.430 65
02	0.002 945 320	0.354 685 8	0.246 483 8	0.004 87	0.587 12	0.408 01
03	0.002 424 880	0.371 698 6	0.234 771 8	0.003 98	0.610 45	0.385 57
04	0.002 236 293	0.389 287 5	0.223 453 3	0.003 64	0.633 01	0.363 35
505	0.002 400 000	0.407 300 0	0.212 300 0	0.003 86	0.654 82	0.341 32
06	0.002 925 520	0.425 629 9	0.201 169 2	0.004 64	0.675 90	0.319 46
07	0.003 836 560	0.444 309 6	0.190 119 6	0.006 01	0.696 12	0.297 87
08	0.005 174 840	0.463 394 4	0.179 225 4	0.007 99	0.715 34	0.276 67
09	0.006 982 080	0.482 939 5	0.168 560 8	0.010 60	0.733 41	0.255 99

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
510	0.009 300 000	0.503 000 0	0.158 200 0	0.013 87	0.750 19	0.235 94
11	0.012 149 49	0.523 569 3	0.148 138 3	0.017 77	0.765 61	0.216 62
12	0.015 535 88	0.544 512 0	0.138 375 8	0.022 24	0.779 63	0.198 13
13	0.019 477 52	0.565 690 0	0.128 994 2	0.027 27	0.792 11	0.180 62
14	0.023 992 77	0.586 965 3	0.120 075 1	0.032 82	0.802 93	0.164 25
515	0.029 100 00	0.608 200 0	0.111 700 0	0.038 85	0.812 02	0.149 13
16	0.034 814 85	0.629 345 6	0.103 904 8	0.045 33	0.819 39	0.135 28
17	0.041 120 16	0.650 306 8	0.096 667 48	0.052 18	0.825 16	0.122 66
18	0.047 985 04	0.670 875 2	0.089 982 72	0.059 32	0.829 43	0.111 25
19	0.055 378 61	0.690 842 4	0.083 845 31	0.066 72	0.832 27	0.101 01
520	0.063 270 00	0.710 000 0	0.078 249 99	0.074 30	0.833 80	0.091 90
21	0.071 635 01	0.728 185 2	0.073 208 99	0.082 05	0.834 09	0.083 86
22	0.080 462 24	0.745 463 6	0.068 678 16	0.089 94	0.833 29	0.076 77
23	0.089 739 96	0.761 969 4	0.064 567 84	0.097 94	0.831 59	0.070 47
24	0.099 456 45	0.777 836 8	0.060 788 35	0.106 02	0.829 18	0.064 80
525	0.109 600 0	0.793 200 0	0.057 250 01	0.114 16	0.826 21	0.059 63
26	0.120 167 4	0.808 110 4	0.053 904 35	0.122 35	0.822 77	0.054 88
27	0.131 114 5	0.822 496 2	0.050 746 64	0.130 55	0.818 93	0.050 52
28	0.142 367 9	0.836 306 8	0.047 752 76	0.138 70	0.814 78	0.046 52
29	0.153 854 2	0.849 491 6	0.044 898 59	0.146 77	0.810 40	0.042 83
530	0.165 500 0	0.862 000 0	0.042 160 00	0.154 72	0.805 86	0.039 42
31	0.177 257 1	0.873 810 8	0.039 507 28	0.162 53	0.801 24	0.036 23
32	0.189 140 0	0.884 962 4	0.036 935 64	0.170 24	0.796 52	0.033 24
33	0.201 169 4	0.895 493 6	0.034 458 36	0.177 85	0.791 69	0.030 46
34	0.213 365 8	0.905 443 2	0.032 088 72	0.185 39	0.786 73	0.027 88
535	0.225 740 9	0.914 850 1	0.029 840 00	0.192 88	0.781 63	0.025 49
36	0.238 320 9	0.923 734 8	0.027 711 81	0.200 31	0.776 40	0.023 29
37	0.251 066 8	0.932 092 4	0.025 694 44	0.207 69	0.771 05	0.021 26
38	0.263 992 2	0.939 922 6	0.023 787 16	0.215 03	0.765 59	0.019 38
39	0.277 101 7	0.947 225 2	0.021 989 25	0.222 34	0.760 02	0.017 64
540	0.290 400 0	0.954 000 0	0.020 300 00	0.229 62	0.754 33	0.016 05
41	0.303 891 2	0.960 256 1	0.018 718 05	0.236 89	0.748 52	0.014 59
42	0.317 572 6	0.966 007 4	0.017 240 36	0.244 13	0.742 62	0.013 25
43	0.331 438 4	0.971 260 6	0.015 863 64	0.251 36	0.736 61	0.012 03
44	0.345 482 8	0.976 022 5	0.014 584 61	0.258 58	0.730 51	0.010 91
545	0.359 700 0	0.980 300 0	0.013 400 00	0.265 78	0.724 32	0.009 90
46	0.374 083 9	0.984 092 4	0.012 307 23	0.272 96	0.718 06	0.008 98
47	0.388 639 6	0.987 418 2	0.011 301 88	0.280 13	0.711 72	0.008 15
48	0.403 378 4	0.990 312 8	0.010 377 92	0.287 29	0.705 32	0.007 39
49	0.418 311 5	0.992 811 6	0.009 529 306	0.294 45	0.698 84	0.006 71
550	0.433 449 9	0.994 950 1	0.008 749 999	0.301 60	0.692 31	0.006 09
51	0.448 795 3	0.996 710 8	0.008 035 200	0.308 76	0.685 71	0.005 53
52	0.464 336 0	0.998 098 3	0.007 381 600	0.315 92	0.679 06	0.005 02
53	0.480 064 0	0.999 112 0	0.006 785 400	0.323 06	0.672 37	0.004 57
54	0.495 971 3	0.999 748 2	0.006 242 800	0.330 21	0.665 63	0.004 16
555	0.512 050 1	1.000 000 0	0.005 749 999	0.337 36	0.658 85	0.003 79
56	0.528 295 9	0.999 856 7	0.005 303 600	0.344 51	0.652 03	0.003 46
57	0.544 691 6	0.999 304 6	0.004 899 800	0.351 67	0.645 17	0.003 16
58	0.561 209 4	0.998 325 5	0.004 534 200	0.358 81	0.638 29	0.002 90
59	0.577 821 5	0.996 898 7	0.004 202 400	0.365 96	0.631 38	0.002 66

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
560	0.594 500 0	0.995 000 0	0.003 900 000	0.373 10	0.624 45	0.002 45
61	0.611 220 9	0.992 600 5	0.003 623 200	0.380 24	0.617 50	0.002 26
62	0.627 975 8	0.989 742 6	0.003 370 600	0.387 38	0.610 54	0.002 08
63	0.644 760 2	0.986 444 4	0.003 141 400	0.394 51	0.603 57	0.001 92
64	0.661 569 7	0.982 724 1	0.002 934 800	0.401 63	0.596 59	0.001 78
565	0.678 400 0	0.978 600 0	0.002 749 999	0.408 73	0.589 61	0.001 66
66	0.695 239 2	0.974 083 7	0.002 585 200	0.415 83	0.582 62	0.001 55
67	0.712 058 6	0.969 171 2	0.002 438 600	0.422 92	0.575 63	0.001 45
68	0.728 828 4	0.963 856 8	0.002 309 400	0.429 99	0.568 65	0.001 36
69	0.745 518 8	0.958 134 9	0.002 196 800	0.437 04	0.561 67	0.001 29
570	0.762 100 0	0.952 000 0	0.002 100 000	0.444 06	0.554 72	0.001 22
71	0.778 543 2	0.945 450 4	0.002 017 733	0.451 06	0.547 77	0.001 17
72	0.794 825 6	0.938 499 2	0.001 948 200	0.458 04	0.540 84	0.001 12
73	0.810 926 4	0.931 162 8	0.001 889 800	0.464 99	0.533 93	0.001 08
74	0.826 824 8	0.923 457 6	0.001 840 933	0.471 90	0.527 05	0.001 05
575	0.842 500 0	0.915 400 0	0.001 800 000	0.478 78	0.520 20	0.001 02
76	0.857 932 5	0.907 006 4	0.001 766 267	0.485 61	0.513 39	0.001 00
77	0.873 081 6	0.898 277 2	0.001 737 800	0.492 41	0.506 61	0.000 98
78	0.887 894 4	0.889 204 8	0.001 711 200	0.499 15	0.499 89	0.000 96
79	0.902 318 1	0.879 781 6	0.001 683 067	0.505 85	0.493 21	0.000 94
580	0.916 300 0	0.870 000 0	0.001 650 001	0.512 49	0.486 59	0.000 92
81	0.929 799 5	0.859 861 3	0.001 610 133	0.519 07	0.480 03	0.000 90
82	0.942 798 4	0.849 392 0	0.001 564 400	0.525 60	0.473 53	0.000 87
83	0.955 277 6	0.838 622 0	0.001 513 600	0.532 07	0.467 09	0.000 84
84	0.967 217 9	0.827 581 3	0.001 458 533	0.538 46	0.460 73	0.000 81
585	0.978 600 0	0.816 300 0	0.001 400 000	0.544 79	0.454 23	0.000 78
86	0.989 385 6	0.804 794 7	0.001 336 667	0.551 03	0.448 23	0.000 74
87	0.999 548 8	0.793 082 0	0.001 270 000	0.557 19	0.442 10	0.000 71
88	1.009 089 2	0.781 192 0	0.001 205 000	0.563 27	0.436 06	0.000 67
89	1.018 006 4	0.769 154 7	0.001 146 667	0.569 26	0.430 10	0.000 64
590	1.026 300 0	0.757 000 0	0.001 100 000	0.575 15	0.424 23	0.000 62
91	1.033 982 7	0.744 754 1	0.001 068 800	0.580 94	0.418 46	0.000 60
92	1.040 986 0	0.732 422 4	0.001 049 400	0.586 65	0.412 76	0.000 59
93	1.047 188 0	0.720 003 6	0.001 035 600	0.592 22	0.407 19	0.000 59
94	1.052 466 7	0.707 496 5	0.001 021 200	0.597 66	0.401 76	0.000 58
595	1.056 700 0	0.694 900 0	0.001 000 000	0.602 93	0.396 50	0.000 57
96	1.059 794 4	0.682 219 2	0.000 968 640 0	0.608 03	0.391 41	0.000 56
97	1.061 799 2	0.669 471 6	0.000 929 920 0	0.612 98	0.386 48	0.000 54
98	1.062 806 8	0.656 674 4	0.000 886 880 0	0.617 78	0.381 71	0.000 51
99	1.062 909 6	0.643 844 8	0.000 842 560 0	0.622 46	0.377 05	0.000 49
600	1.062 200 0	0.631 000 0	0.000 800 000 0	0.627 04	0.372 49	0.000 47
01	1.060 735 2	0.618 155 5	0.000 760 960 0	0.631 52	0.368 03	0.000 45
02	1.058 443 6	0.605 314 4	0.000 723 680 0	0.635 90	0.363 67	0.000 43
03	1.055 224 4	0.592 475 6	0.000 685 920 0	0.640 16	0.359 43	0.000 41
04	1.050 976 8	0.579 637 9	0.000 645 440 0	0.644 27	0.355 33	0.000 40
605	1.045 600 0	0.566 800 0	0.000 600 000 0	0.648 23	0.351 40	0.000 37
06	1.039 036 9	0.553 961 1	0.000 547 866 7	0.652 03	0.347 63	0.000 34
07	1.031 360 8	0.541 137 2	0.000 491 600 0	0.655 67	0.344 02	0.000 31
08	1.022 666 2	0.528 352 8	0.000 435 400 0	0.659 17	0.340 55	0.000 28
09	1.013 047 7	0.515 632 3	0.000 383 466 7	0.662 53	0.337 22	0.000 25

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
610	1.002 600 0	0.503 000 0	0.000 340 000 0	0.665 76	0.334 01	0.000 23
11	0.991 367 5	0.490 468 8	0.000 307 253 3	0.668 87	0.330 92	0.000 21
12	0.979 331 4	0.478 030 4	0.000 283 160 0	0.671 86	0.327 95	0.000 19
13	0.966 491 6	0.465 677 6	0.000 265 440 0	0.674 72	0.325 09	0.000 19
14	0.952 847 9	0.453 403 2	0.000 251 813 3	0.677 46	0.322 36	0.000 18
615	0.938 400 0	0.441 200 0	0.000 240 000 0	0.680 08	0.319 75	0.000 17
16	0.923 194 0	0.429 080 0	0.000 229 546 7	0.682 58	0.317 25	0.000 17
17	0.907 244 0	0.417 036 0	0.000 220 640 0	0.684 97	0.314 86	0.000 17
18	0.890 502 0	0.405 032 0	0.000 211 960 0	0.687 25	0.312 59	0.000 16
19	0.872 920 0	0.393 032 0	0.000 202 186 7	0.689 43	0.310 41	0.000 16
620	0.854 449 9	0.381 000 0	0.000 190 000 0	0.691 51	0.308 34	0.000 15
21	0.835 084 0	0.368 918 4	0.000 174 213 3	0.693 49	0.306 37	0.000 14
22	0.814 946 0	0.356 827 2	0.000 155 640 0	0.695 39	0.304 48	0.000 13
23	0.794 186 0	0.344 776 8	0.000 135 960 0	0.697 21	0.302 67	0.000 12
24	0.772 954 0	0.332 817 6	0.000 116 853 3	0.698 94	0.300 95	0.000 11
625	0.751 400 0	0.321 000 0	0.000 100 000 0	0.700 61	0.299 30	0.000 09
26	0.729 583 6	0.309 338 1	0.000 086 133 33	0.702 19	0.297 73	0.000 08
27	0.707 588 8	0.297 850 4	0.000 074 600 00	0.703 71	0.296 22	0.000 07
28	0.685 602 2	0.286 593 6	0.000 065 000 00	0.705 16	0.294 77	0.000 07
29	0.663 810 4	0.275 624 5	0.000 056 933 33	0.706 56	0.293 38	0.000 06
630	0.642 400 0	0.265 000 0	0.000 049 999 99	0.707 92	0.292 03	0.000 05
31	0.621 514 9	0.254 763 2	0.000 044 160 00	0.709 23	0.290 72	0.000 05
32	0.601 113 8	0.244 889 6	0.000 039 480 00	0.710 50	0.289 45	0.000 05
33	0.581 105 2	0.235 334 4	0.000 035 720 00	0.711 73	0.288 23	0.000 04
34	0.561 397 7	0.226 052 8	0.000 032 640 00	0.712 90	0.287 06	0.000 04
635	0.541 900 0	0.217 000 0	0.000 030 000 00	0.714 03	0.285 93	0.000 04
36	0.522 599 5	0.208 161 6	0.000 027 653 33	0.715 12	0.284 84	0.000 04
37	0.503 546 4	0.199 548 8	0.000 025 560 00	0.716 16	0.283 80	0.000 04
38	0.484 743 6	0.191 155 2	0.000 023 640 00	0.717 16	0.282 81	0.000 03
39	0.466 193 9	0.182 974 4	0.000 021 813 33	0.718 12	0.281 85	0.000 03
640	0.447 900 0	0.175 000 0	0.000 020 000 00	0.719 03	0.280 94	0.000 03
41	0.429 861 3	0.167 223 5	0.000 018 133 33	0.719 91	0.280 06	0.000 03
42	0.412 098 0	0.159 646 4	0.000 016 200 00	0.720 75	0.279 22	0.000 03
43	0.394 644 0	0.152 277 6	0.000 014 200 00	0.721 55	0.278 42	0.000 03
44	0.377 533 3	0.145 125 9	0.000 012 133 33	0.722 32	0.277 66	0.000 02
645	0.360 800 0	0.138 200 0	0.000 010 000 00	0.723 03	0.276 95	0.000 02
46	0.344 456 3	0.131 500 3	0.000 007 733 333	0.723 70	0.276 28	0.000 02
47	0.328 516 8	0.125 024 8	0.000 005 400 000	0.724 33	0.275 66	0.000 01
48	0.313 019 2	0.118 779 2	0.000 003 200 000	0.724 91	0.275 08	0.000 01
49	0.298 001 1	0.112 769 1	0.000 001 333 333	0.725 47	0.274 53	0.000 00
650	0.283 500 0	0.107 000 0	0.000 000 000 000	0.725 99	0.274 01	0.000 00
51	0.269 544 8	0.101 476 2		0.726 49	0.273 51	
52	0.256 118 4	0.096 188 64		0.726 98	0.273 02	
53	0.243 189 6	0.091 122 96		0.727 43	0.272 57	
54	0.230 727 2	0.086 264 85		0.727 86	0.272 14	

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
655	0.218 700 0	0.081 600 00	0.000 000 0	0.728 27	0.271 73	0.000 00
56	0.207 097 1'	0.077 120 64		0.728 66	0.271 34	
57	0.195 923 2	0.072 825 52		0.729 02	0.270 98	
58	0.185 170 8	0.068 710 08		0.729 36	0.270 64	
59	0.174 832 3	0.064 769 76		0.729 68	0.270 32	
660	0.164 900 0	0.061 000 00		0.729 97	0.270 03	
61	0.155 366 7	0.057 396 21		0.730 23	0.269 77	
62	0.146 230 0	0.053 955 04		0.730 47	0.269 53	
63	0.137 490 0	0.050 673 76		0.730 69	0.269 31	
64	0.129 146 7	0.047 549 65		0.730 90	0.269 10	
665	0.121 200 0	0.044 580 00		0.731 09	0.268 91	
66	0.113 639 7	0.041 758 72		0.731 28	0.268 72	
67	0.106 465 0	0.039 084 96		0.731 47	0.268 53	
68	0.099 690 44	0.036 563 84		0.731 65	0.268 35	
69	0.093 330 61	0.034 200 48		0.731 83	0.268 17	
670	0.087 400 00	0.032 000 00		0.731 99	0.268 01	
71	0.081 900 96	0.029 962 61		0.732 15	0.267 85	
72	0.076 804 28	0.028 076 64		0.732 30	0.267 70	
73	0.072 077 12	0.026 329 36		0.732 44	0.267 56	
74	0.067 686 64	0.024 708 05		0.732 58	0.267 42	
675	0.063 600 00	0.023 200 00		0.732 72	0.267 28	
76	0.059 806 85	0.021 800 77		0.732 86	0.267 14	
77	0.056 282 16	0.020 501 12		0.733 00	0.267 00	
78	0.052 971 04	0.019 281 08		0.733 14	0.266 86	
79	0.049 818 61	0.018 120 69		0.733 28	0.266 72	
680	0.046 770 00	0.017 000 00		0.733 42	0.266 58	
81	0.043 784 05	0.015 903 79		0.733 55	0.266 45	
82	0.040 875 36	0.014 837 18		0.733 68	0.266 32	
83	0.038 072 64	0.013 810 68		0.733 81	0.266 19	
84	0.035 404 61	0.012 834 78		0.733 94	0.266 06	
685	0.032 900 00	0.011 920 00		0.734 05	0.265 95	
86	0.030 564 19	0.011 068 31		0.734 14	0.265 86	
87	0.028 380 56	0.010 273 39		0.734 22	0.265 78	
88	0.026 344 84	0.009 533 311		0.734 29	0.265 71	
89	0.024 452 75	0.008 846 157		0.734 34	0.265 66	
690	0.022 700 00	0.008 210 000		0.734 39	0.265 61	
91	0.021 084 29	0.007 623 781		0.734 44	0.265 56	
92	0.019 599 88	0.007 085 424		0.734 48	0.265 52	
93	0.018 237 32	0.006 591 476		0.734 52	0.265 48	
94	0.016 987 17	0.006 138 485		0.734 56	0.265 44	
695	0.015 840 00	0.005 723 000		0.734 59	0.265 41	
96	0.014 790 64	0.005 343 059		0.734 62	0.265 38	
97	0.013 831 32	0.004 995 796		0.734 65	0.265 35	
98	0.012 948 68	0.004 676 404		0.734 67	0.265 33	
99	0.012 129 20	0.004 380 075		0.734 69	0.265 31	
700	0.011 359 16	0.004 102 000		0.734 69	0.265 31	
01	0.010 629 35	0.003 838 453		0.734 69	0.265 31	
02	0.009 938 846	0.003 589 099		0.734 69	0.265 31	
03	0.009 288 422	0.003 354 219		0.734 69	0.265 31	
04	0.008 678 854	0.003 134 093		0.734 69	0.265 31	

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
705	0.008 110 916	0.002 929 000	0.000 000 0	0.734 69	0.265 31	0.000 00
06	0.007 582 388	0.002 738 139		0.734 69	0.265 31	
07	0.007 088 746	0.002 559 876		0.734 69	0.265 31	
08	0.006 627 313	0.002 393 244		0.734 69	0.265 31	
09	0.006 195 408	0.002 237 275		0.734 69	0.265 31	
710	0.005 790 346	0.002 091 000		0.734 69	0.265 31	
11	0.005 409 826	0.001 953 587		0.734 69	0.265 31	
12	0.005 052 583	0.001 824 580	0.734 69	0.265 31		
13	0.004 717 512	0.001 703 580	0.734 69	0.265 31		
14	0.004 403 507	0.001 590 187	0.734 69	0.265 31		
715	0.004 109 457	0.001 484 000	0.734 69	0.265 31		
16	0.003 833 913	0.001 384 496	0.734 69	0.265 31		
17	0.003 575 748	0.001 291 268	0.734 69	0.265 31		
18	0.003 334 342	0.001 204 092	0.734 69	0.265 31		
19	0.003 109 075	0.001 122 744	0.734 69	0.265 31		
720	0.002 899 327	0.001 047 000	0.734 69	0.265 31		
21	0.002 704 348	0.000 976 589 6	0.734 69	0.265 31		
22	0.002 523 020	0.000 911 108 8	0.734 69	0.265 31		
23	0.002 354 168	0.000 850 133 2	0.734 69	0.265 31		
24	0.002 196 616	0.000 793 238 4	0.734 69	0.265 31		
725	0.002 049 190	0.000 740 000 0	0.734 69	0.265 31		
26	0.001 910 960	0.000 690 082 7	0.734 69	0.265 31		
27	0.001 781 438	0.000 643 310 0	0.734 69	0.265 31		
28	0.001 660 110	0.000 599 496 0	0.734 69	0.265 31		
29	0.001 546 459	0.000 558 454 7	0.734 69	0.265 31		
730	0.001 439 971	0.000 520 000 0	0.734 69	0.265 31		
31	0.001 340 042	0.000 483 913 6	0.734 69	0.265 31		
32	0.001 246 275	0.000 450 052 8	0.734 69	0.265 31		
33	0.001 158 471	0.000 418 345 2	0.734 69	0.265 31		
34	0.001 076 430	0.000 388 718 4	0.734 69	0.265 31		
735	0.000 999 949 3	0.000 361 100 0	0.734 69	0.265 31		
36	0.000 928 735 8	0.000 335 383 5	0.734 69	0.265 31		
37	0.000 862 433 2	0.000 311 440 4	0.734 69	0.265 31		
38	0.000 800 750 3	0.000 289 165 6	0.734 69	0.265 31		
39	0.000 743 396 0	0.000 268 453 9	0.734 69	0.265 31		
740	0.000 690 078 6	0.000 249 200 0	0.734 69	0.265 31		
41	0.000 640 515 6	0.000 231 301 9	0.734 69	0.265 31		
42	0.000 594 502 1	0.000 214 685 6	0.734 69	0.265 31		
43	0.000 551 864 6	0.000 199 288 4	0.734 69	0.265 31		
44	0.000 512 429 0	0.000 185 047 5	0.734 69	0.265 31		
745	0.000 476 021 3	0.000 171 900 0	0.734 69	0.265 31		
46	0.000 442 453 6	0.000 159 778 1	0.734 69	0.265 31		
47	0.000 411 511 7	0.000 148 604 4	0.734 69	0.265 31		
48	0.000 382 981 4	0.000 138 301 6	0.734 69	0.265 31		
49	0.000 356 649 1	0.000 128 792 5	0.734 69	0.265 31		
750	0.000 332 301 1	0.000 120 000 0	0.734 69	0.265 31		
51	0.000 309 758 6	0.000 111 859 5	0.734 69	0.265 31		
52	0.000 288 887 1	0.000 104 322 4	0.734 69	0.265 31		
53	0.000 269 539 4	0.000 097 335 60	0.734 69	0.265 31		
54	0.000 251 568 2	0.000 090 845 87	0.734 69	0.265 31		

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
755	0.000 234 826 1	0.000 084 800 00	0.000 000 0	0.734 69	0.265 31	0.000 00
56	0.000 219 171 0	0.000 079 146 67		0.734 69	0.265 31	
57	0.000 204 525 8	0.000 073 858 00		0.734 69	0.265 31	
58	0.000 190 840 5	0.000 068 916 00		0.734 69	0.265 31	
59	0.000 178 065 4	0.000 064 302 67		0.734 69	0.265 31	
760	0.000 166 150 5	0.000 060 000 00		0.734 69	0.265 31	
61	0.000 155 023 6	0.000 055 981 87		0.734 69	0.265 31	
62	0.000 144 621 9	0.000 052 225 60		0.734 69	0.265 31	
63	0.000 134 909 8	0.000 048 718 40		0.734 69	0.265 31	
64	0.000 125 852 0	0.000 045 447 47		0.734 69	0.265 31	
765	0.000 117 413 0	0.000 042 400 00		0.734 69	0.265 31	
66	0.000 109 551 5	0.000 039 561 04		0.734 69	0.265 31	
67	0.000 102 224 5	0.000 036 915 12		0.734 69	0.265 31	
68	0.000 095 394 45	0.000 034 448 68		0.734 69	0.265 31	
69	0.000 089 023 90	0.000 032 148 16		0.734 69	0.265 31	
770	0.000 083 075 27	0.000 030 000 00		0.734 69	0.265 31	
71	0.000 077 512 69	0.000 027 991 25		0.734 69	0.265 31	
72	0.000 072 313 04	0.000 026 113 56		0.734 69	0.265 31	
73	0.000 067 457 78	0.000 024 360 24		0.734 69	0.265 31	
74	0.000 062 928 44	0.000 022 724 61		0.734 69	0.265 31	
775	0.000 058 706 52	0.000 021 200 00		0.734 69	0.265 31	
76	0.000 054 770 28	0.000 019 778 55		0.734 69	0.265 31	
77	0.000 051 099 18	0.000 018 452 85		0.734 69	0.265 31	
78	0.000 047 676 54	0.000 017 216 87		0.734 69	0.265 31	
79	0.000 044 485 67	0.000 016 064 59		0.734 69	0.265 31	
780	0.000 041 509 94	0.000 014 990 00		0.734 69	0.265 31	
81	0.000 038 733 24	0.000 013 987 28		0.734 69	0.265 31	
82	0.000 036 142 03	0.000 013 051 55		0.734 69	0.265 31	
83	0.000 033 723 52	0.000 012 178 18		0.734 69	0.265 31	
84	0.000 031 464 87	0.000 011 362 54		0.734 69	0.265 31	
785	0.000 029 353 26	0.000 010 600 00		0.734 69	0.265 31	
86	0.000 027 375 73	0.000 009 885 877		0.734 69	0.265 31	
87	0.000 025 524 33	0.000 009 217 304		0.734 69	0.265 31	
88	0.000 023 793 76	0.000 008 592 362		0.734 69	0.265 31	
89	0.000 022 178 70	0.000 008 009 133		0.734 69	0.265 31	
790	0.000 020 673 83	0.000 007 465 700		0.734 69	0.265 31	
91	0.000 019 272 26	0.000 006 959 567		0.734 69	0.265 31	
92	0.000 017 966 40	0.000 006 487 995		0.734 69	0.265 31	
93	0.000 016 749 91	0.000 006 048 699		0.734 69	0.265 31	
94	0.000 015 616 48	0.000 005 639 396		0.734 69	0.265 31	
795	0.000 014 559 77	0.000 005 257 800		0.734 69	0.265 31	
96	0.000 013 573 87	0.000 004 901 771		0.734 69	0.265 31	
97	0.000 012 654 36	0.000 004 569 720		0.734 69	0.265 31	
98	0.000 011 797 23	0.000 004 260 194		0.734 69	0.265 31	
99	0.000 010 998 44	0.000 003 971 739		0.734 69	0.265 31	
800	0.000 010 253 98	0.000 003 702 900		0.734 69	0.265 31	
01	0.000 009 559 646	0.000 003 452 163		0.734 69	0.265 31	
02	0.000 008 912 044	0.000 003 218 302		0.734 69	0.265 31	
03	0.000 008 308 358	0.000 003 000 300		0.734 69	0.265 31	
04	0.000 007 745 769	0.000 002 797 139		0.734 69	0.265 31	

λ nm	Fonctions colorimétriques <i>Color-matching functions</i>			Coordonnées trichromatiques <i>Chromaticity coordinates</i>		
	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$x(\lambda)$	$y(\lambda)$	$z(\lambda)$
805	0.000 007 221 456	0.000 002 607 800	0.000 000 0	0.734 69	0.265 31	0.000 00
06	0.000 006 732 475	0.000 002 431 220		0.734 69	0.265 31	
07	0.000 006 276 423	0.000 002 266 531		0.734 69	0.265 31	
08	0.000 005 851 304	0.000 002 113 013		0.734 69	0.265 31	
09	0.000 005 455 118	0.000 001 969 943		0.734 69	0.265 31	
810	0.000 003 085 868	0.000 001 836 600		0.734 69	0.265 31	
11	0.000 004 741 466	0.000 001 712 230		0.734 69	0.265 31	
12	0.000 004 420 236	0.000 001 596 228		0.734 69	0.265 31	
13	0.000 004 120 783	0.000 001 488 090		0.734 69	0.265 31	
14	0.000 003 841 716	0.000 001 387 314		0.734 69	0.265 31	
815	0.000 003 581 652	0.000 001 293 400		0.734 69	0.265 31	
16	0.000 003 339 127	0.000 001 205 820		0.734 69	0.265 31	
17	0.000 003 112 949	0.000 001 124 143		0.734 69	0.265 31	
18	0.000 002 902 121	0.000 001 048 009		0.734 69	0.265 31	
19	0.000 002 705 645	0.000 000 977 057 8		0.734 69	0.265 31	
820	0.000 002 522 525	0.000 000 910 930 0		0.734 69	0.265 31	
21	0.000 002 351 726	0.000 000 849 251 3		0.734 69	0.265 31	
22	0.000 002 192 415	0.000 000 791 721 2		0.734 69	0.265 31	
23	0.000 002 043 902	0.000 000 738 090 4		0.734 69	0.265 31	
24	0.000 001 905 497	0.000 000 688 109 8	0.734 69	0.265 31		
825	0.000 001 776 509	0.000 000 641 530 0	0.734 69	0.265 31		
26	0.000 001 656 215	0.000 000 598 089 5	0.734 69	0.265 31		
27	0.000 001 544 022	0.000 000 557 574 6	0.734 69	0.265 31		
28	0.000 001 439 440	0.000 000 519 808 0	0.734 69	0.265 31		
29	0.000 001 341 977	0.000 000 484 612 3	0.734 69	0.265 31		
830	0.000 001 251 141	0.000 000 451 810 0	0.734 69	0.265 31		

IMPRIMERIE DURAND

28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal, Imprimeur, 1984, n° 4527

ACHEVÉ D'IMPRIMER : JANVIER 1984

Imprimé en France