

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
60441**

Première édition
First edition
1974-01

**Méthodes de mesure photométriques et
colorimétriques de la lumière émise par un écran
de tube à rayons cathodiques**

**Photometric and colorimetric methods
of measurement of the light
emitted by a cathode-ray tube screen**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60441: 1974

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60441

Première édition
First edition
1974-01

**Méthodes de mesure photométriques et
colorimétriques de la lumière émise par un écran
de tube à rayons cathodiques**

**Photometric and colorimetric methods
of measurement of the light
emitted by a cathode-ray tube screen**

© IEC 1974 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun
procédé, électronique ou mécanique, y compris la photo-
copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in
any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission in
writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Terminologie	6
3. Introduction	6
4. Précautions générales	8
5. Conditions générales de mesure	10
6. Mesures au spectroradiomètre	10
7. Mesures à l'aide d'un colorimètre trichromatique	18
8. Présentation des résultats	22

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60441:1974

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Terminology	7
3. Introduction	7
4. General precautions	9
5. General conditions of measurement	11
6. Spectroradiometer measurements	11
7. Tristimulus colorimeter measurements	19
8. Presentation of results	23

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60441:1974

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES DE MESURE PHOTOMÉTRIQUES ET COLORIMÉTRIQUES
DE LA LUMIÈRE ÉMISE PAR UN ÉCRAN
DE TUBE À RAYONS CATHODIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques.

Lors de la réunion tenue à New Haven en 1967, on décida de diffuser un premier projet qui fut ensuite discuté et modifié pendant la réunion tenue à Londres en 1968. Le projet révisé, document 39(Bureau Central)234, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1970. Des modifications, document 39(Bureau Central)247, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en mars 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Australie
Belgique
Canada
Etats-Unis d'Amérique
France
Japon

Portugal
Royaume-Uni
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOMETRIC AND COLORIMETRIC METHODS
OF MEASUREMENT OF THE LIGHT
EMITTED BY A CATHODE-RAY TUBE SCREEN**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 39, Electronic Tubes.

At the meeting held in New Haven in 1967, it has been decided to circulate a first draft, which was then discussed and amended during the meeting held in London in 1968. The revised draft, document 39(Central Office)234, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1970. Amendments, document 39(Central Office)247, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in March 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Portugal
Belgium	Turkey
Canada	Union of Soviet
Czechoslovakia	Socialist Republics
France	United Kingdom
Japan	United States of America

MÉTHODES DE MESURE PHOTOMÉTRIQUES ET COLORIMÉTRIQUES DE LA LUMIÈRE ÉMISE PAR UN ÉCRAN DE TUBE À RAYONS CATHODIQUES

1. Domaine d'application

La présente recommandation concerne les méthodes de mesure photométriques et colorimétriques de la lumière émise par un écran de tube à rayons cathodiques; ces tubes comprennent les tubes à image de télévision en noir et blanc et en couleur, les tubes pour oscilloscopes et les autres tubes à rayons cathodiques.

Elle ne doit pas être considérée comme une recommandation prise au sens de norme, car une description plus détaillée des méthodes de mesure est nécessaire si l'on veut que les résultats des mesures basées sur ces principes soient comparables dans les tolérances définies.

2. Terminologie

2.1 *Caractéristique spectrale*

(Voir V.E.I. 07-30-235, ainsi que le Vocabulaire International de l'Eclairage, 3^e édition — V.E.I. 50 (45).)

2.2 *Chromaticité*

Caractéristiques colorimétriques d'une lumière, repérable soit par ses coordonnées trichromatiques, soit par l'ensemble de sa longueur d'onde dominante (ou complémentaire) et de sa pureté.

2.3 *Spectroradiomètre*

Instrument utilisé pour la mesure précise des caractéristiques spectrales.

2.4 *Colorimètre*

Instrument utilisé pour la mesure approchée de la chromaticité.

2.5 *Répartition spectrale relative d'énergie*

Description des qualités spectrales d'un rayonnement (description d'un illuminant) par la façon dont la densité spectrale relative d'une grandeur énergétique (la luminance énergétique par exemple) varie dans le spectre.

3. Introduction

L'une des plus anciennes méthodes utilisées pour spécifier la couleur émise par un écran de tube à rayons cathodiques consiste à donner des courbes de caractéristique spectrale (V.E.I. 07-30-235).

La chromaticité de la lumière émise dépend de la composition spectrale de l'émission, mais il n'en découle pas que toute lumière ayant la même couleur apparente doit avoir la même courbe de caractéristique spectrale.

PHOTOMETRIC AND COLORIMETRIC METHODS OF MEASUREMENT OF THE LIGHT EMITTED BY A CATHODE-RAY TUBE SCREEN

1. Scope

This recommendation covers photometric and colorimetric methods of measurement of the light emitted by a cathode-ray tube screen, such tubes including monochrome and colour television picture tubes, oscilloscope tubes and other cathode-ray tubes.

It should not be regarded as a recommendation in the sense of a standard, because a more detailed description of the measuring methods is needed if measuring results on the basis of these principles have to be comparable within definite tolerances.

2. Terminology

2.1 *Spectral characteristic*

(See I.E.V. 07-30-235, and the International Lighting Vocabulary, third edition — I.E.V. 50 (45).)

2.2 *Chromaticity*

The colour quality of light definable by its chromaticity co-ordinates or by its dominant (or complementary) wavelength and its purity taken together.

2.3 *Spectroradiometer*

An instrumentation system used in the precise measurement of spectral characteristics.

2.4 *Colorimeter*

An instrumentation system used in the approximate measurement of chromaticity.

2.5 *Relative spectral energy distribution*

Description of the spectral character of a radiation (description of an illuminant) by the way in which the relative spectral concentration of some radiant quantity (e.g. radiance) varies throughout the spectrum.

3. Introduction

One of the earliest methods of specifying the emission colour of a cathode-ray tube screen was by means of spectral characteristic (I.E.V. 07-30-235) curves.

The chromaticity of emitted light is affected by the spectral composition of its emission, but it does not follow that all light of the same apparent colour must have the same spectral characteristic curve.

En fait, deux écrans ayant des caractéristiques notablement différentes peuvent, pour un observateur, sembler avoir la même couleur.

Le calcul de la couleur de sources lumineuses ne nécessite donc pas seulement que l'on connaisse la composition spectrale du rayonnement qui atteint l'œil de l'observateur, mais aussi que l'on prenne en considération la réponse subjective de l'observateur.

Les caractéristiques colorimétriques considérées par la Commission Internationale de l'Eclairage sont celles d'un « observateur de référence colorimétrique »; elles correspondent, en chaque point du spectre, à la valeur moyenne obtenue après des essais pratiques. Les caractéristiques de réponse spectrale de l'observateur de référence sont définies par les composantes trichromatiques spectrales $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ (V.E.I. 45-15-030).

Ces composantes indiquent les quantités des trois couleurs primaires permettant à l'observateur de référence de reconstituer un stimulus équivalent à une couleur pure; c'est-à-dire qu'à toute longueur d'onde, les valeurs correspondantes de x , y et z donnent la quantité des primaires X (rouge), Y (vert) et Z (bleu) respectivement nécessaires pour produire, pour l'observateur de référence, la couleur pure correspondant à la longueur d'onde considérée.

Ces composantes trichromatiques peuvent alors être utilisées en liaison avec la caractéristique spectrale de la source lumineuse, obtenue par mesure. Il faut préciser si les composantes trichromatiques spectrales considérées sont $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ applicables aux champs d'observation de 1° à 4° ou $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ applicables aux champs d'observation supérieurs à 4° (Système de référence colorimétrique CIE 1931 et Système de référence colorimétrique supplémentaire CIE 1964 respectivement) (V.E.I. 45-15-035).

Actuellement, les deux appareils suivants sont utilisés pour mesurer la couleur des écrans de tubes à rayons cathodiques:

- 1) Le spectroradiomètre, qui donne la répartition spectrale d'énergie de la source lumineuse en mesure, à partir de laquelle on peut calculer la chromaticité comme indiqué au paragraphe 6.3.
- 2) Le colorimètre trichromatique, qui comprend un dispositif photosensible et un filtre reproduisant la répartition des composantes trichromatiques spectrales pour l'angle de champ convenable. Cet appareil est un moyen de mesure rapide et relativement simple des coordonnées trichromatiques, particulièrement utile pour la surveillance de qualité des tubes à rayons cathodiques en cours de fabrication.

En pratique, il faut étalonner le colorimètre trichromatique à l'aide d'une source lumineuse ayant une caractéristique spectrale connue et, si possible, voisine de celle de la lumière émise par le tube à rayons cathodiques.

4. Précautions générales

L'appareil doit être étalonné fréquemment.

Toutes les surfaces environnantes suffisamment proches pour réfléchir une quantité notable de lumière sur l'écran du tube doivent être rendues aussi peu réfléchissantes que possible.

La salle d'observation doit être obscure.

La luminance de l'image doit rester constante pendant la mesure; à cette fin, il est essentiel que les sources d'alimentation des électrodes du tube et des circuits de déviation soient bien stables, et il peut également être nécessaire de stabiliser la température ambiante.

Dans le cas de tube à plusieurs substances lumineuses, par exemple les tubes à masque, le tube devra être réglé pour fonctionner normalement.

In fact, two screens having markedly different characteristics may appear to a viewer to have the same colour.

The calculation of the colour of light sources therefore requires not only a knowledge of the spectral composition of the radiation reaching the observer's eye, but also some consideration of the subjective response of the viewer.

The colorimetric characteristics taken into account by the Commission Internationale de l'Eclairage are those of a "standard colorimetric observer"; they correspond, at every point in the spectrum, to the mean value, derived from practical experiments. The spectral response characteristics of the standard observer are defined by the spectral tristimulus values $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ (I.E.V. 45-15-030).

These values relate the amounts of three primary colours required by the standard observer to form a stimulus equivalent to a spectral colour; that is, at any wavelength, the values of x , y and z corresponding to that wavelength give the amount of the X (red) primary, Y (green) primary and the Z (blue) primary respectively required to produce, for the standard observer, the colour of the spectrum at that wavelength.

These tristimulus values then may be used in connection with the spectral characteristic obtained by measurement of that light source. It should be stated whether the spectral tristimulus values are $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ intended for observing fields of view of subtended angle between 1° and 4° or $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ for observing fields of subtended angle greater than 4° (CIE Standard Colorimetric System 1931 and CIE Supplementary Standard Colorimetric System 1964 respectively) (I.E.V. 45-15-035).

At the present time, two instruments are employed to measure the colour of cathode-ray tube screens, as follows:

- 1) The spectroradiometer, which gives a spectral energy distribution of the light source being measured from which the chromaticity can be calculated as indicated in Sub-clause 6.3.
- 2) The tristimulus colorimeter, which employs a combination of a photosensitive device and a filter to reproduce the distribution of spectral tristimulus values for the appropriate field angle. It provides a rapid and relatively simple method of measurement of the chromaticity co-ordinates, which is particularly of use for quality control during the manufacture of cathode-ray tubes.

In practice, it is necessary to calibrate the tristimulus colorimeter with a light source having a spectral characteristic similar to that of the light being emitted by the cathode-ray tube.

4. General precautions

The instrument shall be calibrated or standardized frequently.

All surrounding surfaces that are near enough to reflect appreciable light on the face of the cathode-ray tube screen shall be rendered as nearly non-reflecting as possible.

The observation room shall be dark.

The luminance of the display shall be held constant for the duration of the measurement. To this end, well regulated power supplies to the tube electrodes and deflection circuits are essential and control of ambient temperature may also be necessary.

In the case of multiple phosphor tubes, such as shadow-mask tubes, the tube should be adjusted for normal use.

Il faut prendre un soin particulier pour assurer la pureté d'excitation de chaque substance lumineuse. On s'assurera de la pureté par un examen des luminophores au microscope en excitant une couleur à la fois. Simultanément, on vérifiera visuellement s'il y a contamination évidente de chacune des substances lumineuses par l'une des deux autres. Une telle contamination peut n'apparaître que dans des zones limitées de l'écran. De tels faits seront notés et les mesures effectuées dans les zones appropriées.

5. Conditions générales de mesure

- 5.1 On doit faire fonctionner le tube à mesurer conformément aux conditions de fonctionnement recommandées par le fabricant.
- 5.2 On doit régler la luminance des zones à mesurer aux niveaux typiques de fonctionnement indiqués par le fabricant.

On doit utiliser une image correspondant à l'usage normal du tube et de luminance uniforme.

- 5.3 La zone d'écran sur laquelle on effectue la mesure doit être de teinte et de luminance uniformes et doit couvrir largement l'aire correspondant au champ de l'instrument de mesure.
- 5.4 La position de l'axe de l'instrument de mesure par rapport à l'écran doit être spécifiée.

Note. — Il peut être nécessaire d'examiner des zones autres que la zone centrale de l'écran.

6. Mesures au spectroradiomètre

6.1 Mesures

Le spectroradiomètre étant dans la position spécifiée, pour des spectres larges les lectures sont effectuées et notées à des intervalles égaux (normalement 10 nanomètres) sur la partie considérée du spectre visible (CIE: 400-760 nanomètres).

Pour des spectres de ligne, il faut effectuer des lectures supplémentaires à des intervalles plus petits.

Si l'on utilise des intervalles différents $\Delta\lambda$, on doit adapter les résultats de ces mesures à la valeur de $\Delta\lambda$ dans les formules du paragraphe 6.2.1.

6.2 Exploitation des résultats de mesure

6.2.1 Chromaticité dans des spectres à large bande

A partir des lectures obtenues et des constantes d'étalonnage de l'instrument, les coordonnées trichromatiques CIE de la lumière en mesure peuvent être calculées par la méthode des ordonnées pondérées, comme suit, pour les spectres à large bande.

- 1) Soit $G(\lambda)$ = indication à une certaine longueur d'onde λ .
- 2) Soit $S(\lambda)$ = puissance spectrale relative entrant dans la fente de l'instrument.
- 3) Ainsi, $K(\lambda) = \frac{S(\lambda)}{G(\lambda)}$ est l'étalonnage de l'instrument.

K est dépendant de la bande passante du spectromètre $\Delta\lambda$ et est obtenu par étalonnage (voir paragraphe 6.4).

- 4) On effectue les produits: $F_x = K\bar{x}(\lambda)$, $F_y = K\bar{y}(\lambda)$, $F_z = K\bar{z}(\lambda)$ où $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ sont les composantes trichromatiques spectrales tirées des tables établies par la CIE pour «l'observateur de référence colorimétrique».

Particular care should be taken to ensure purity of excitation of the individual phosphors. Purity should be checked by microscopic examination of areas of phosphor exciting one colour at a time. At the same time, visual examination for obvious contamination of each phosphor by one of the other phosphors should be made. This contamination may be present in limited areas of the screen only. These facts should be noted and measurements made in appropriate areas.

5. General conditions of measurement

- 5.1 The tube to be measured shall be operated according to the operating conditions recommended by the manufacturer.
- 5.2 The luminance of areas to be measured shall be set at typical operating levels as given by the manufacturer.

A display typical of the normal use of the tube and of uniform luminance shall be used.

- 5.3 The screen area on which the measurement is made shall be of uniform hue and luminance and shall be appreciably larger than the area that corresponds to the field of the measuring instrument.
- 5.4 The position of the axis of the measuring instrument relative to the screen shall be specified.

Note. — It may be necessary to examine areas other than in the centre of the screen.

6. Spectroradiometer measurements

6.1 Measurements

With the spectroradiometer in the specified position, readings are taken and recorded for broad-band spectra at equal intervals (normally 10 nanometres) over a stated portion of the visible spectrum (400-760 nanometres (CIE)).

For line spectra, additional readings shall be made at smaller intervals.

If different intervals $\Delta\lambda$ are used, the results of these measurements have to be adjusted to the value used for $\Delta\lambda$ in the formulae of Sub-clause 6.2.1.

6.2 Resolution of the measurement data

6.2.1 Chromaticity in broad-band spectra

Using the readings obtained and the calibration constants of the instrument, the CIE chromaticity co-ordinates of the light being measured can be calculated using the method of weighted ordinates as follows for broad-band spectra.

- 1) Let $G(\lambda)$ = reading at a certain wavelength λ .
- 2) Let $S(\lambda)$ = relative spectral power entering slit of instrument.
- 3) Thus, $K(\lambda) = \frac{S(\lambda)}{G(\lambda)}$ is the calibration for the instrument.

K is dependent on the spectrometer band-pass $\bar{\Delta}\lambda$ and is obtained by calibration (see Sub-clause 6.4).

- 4) Obtain $F_x = K\bar{x}(\lambda)$, $F_y = K\bar{y}(\lambda)$, $F_z = K\bar{z}(\lambda)$, where $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ are the spectral tristimulus values taken from the tables set up by the CIE for the "standard colorimetric observer".

5) On calcule les valeurs trichromatiques X , Y , Z à partir des équations:

$$X = \sum_{\lambda = 400 \text{ nm}}^{\lambda = 760 \text{ nm}} G(\lambda) F_x(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Y = \sum_{\lambda = 400 \text{ nm}}^{\lambda = 760 \text{ nm}} G(\lambda) F_y(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Z = \sum_{\lambda = 400 \text{ nm}}^{\lambda = 760 \text{ nm}} G(\lambda) F_z(\lambda) \Delta\lambda$$

d'où $S = X + Y + Z$,

d'où les coordonnées trichromatiques CIE:

$$x = \frac{X}{S} \quad y = \frac{Y}{S} \quad z = \frac{Z}{S}$$

Puisque, d'après les calculs, $x + y + z$ est toujours égal à 1, il est usuel d'indiquer les valeurs pour x et y seulement.

6.2.2 Courbe de caractéristique spectrale (large bande)

Si, au lieu d'utiliser les valeurs $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$, on calcule pour chaque longueur d'onde les valeurs de $K(\lambda) G(\lambda)$, on obtient des points définissant la courbe de répartition spectrale relative d'énergie.

6.2.3 Caractéristiques spectrales et chromaticité des spectres composés de larges bandes et de lignes

Une émission à spectre de ligne implique généralement l'existence d'une émission à spectre large. Le présent paragraphe décrit la manière de calculer la chromaticité de l'ensemble. Les calculs sont applicables à une seule couche luminescente à spectres de ligne et à spectres à large bande.

Il faut intégrer correctement l'énergie à l'intérieur du spectre afin d'obtenir les contributions correctes aux composantes trichromatiques; plusieurs méthodes peuvent être employées:

- 1) L'énergie spectrale relative est mesurée à des intervalles de 1 nanomètre sur toute la partie du spectre où se produit l'émission à spectre de ligne (en prévoyant des composantes trichromatiques spectrales réduites en proportion dans cet intervalle).

La masse d'informations ainsi obtenues rend presque indispensable l'utilisation d'un calculateur.

Les calculs s'effectuent selon la méthode du paragraphe 6.2.1.

- 2) Une méthode d'intégration réduisant la quantité d'informations à traiter peut être employée si le spectroradiomètre a une bande passante constante.

On règle la largeur de bande $\Delta\lambda$ à une valeur appropriée (généralement 5 nanomètres) et on fait les mesures du signal de sortie aux mêmes intervalles $\Delta\lambda$.

On peut aussi obtenir des résultats semblables en intégrant électriquement le signal de sortie par rapport à la longueur d'onde et en faisant les mesures à des intervalles fixes de longueur d'onde $\Delta\lambda$.

L'intégration est facilitée lorsque la bande de longueurs d'ondes balayée par unité de temps est constante, ce qui est généralement le cas avec des appareils enregistreurs.

- 3) Une troisième méthode consiste à calculer les composantes trichromatiques X_c , Y_c , Z_c du spectre large continu comme au paragraphe 6.2.1.

Une correction d'amplitude du spectre de ligne s'impose pour effectuer correctement le calcul de la chromaticité.

5) Compute the tristimulus values X , Y , Z from the equations:

$$X = \sum_{\lambda = 400 \text{ nm}}^{\lambda = 760 \text{ nm}} G(\lambda) F_x(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Y = \sum_{\lambda = 400 \text{ nm}}^{\lambda = 760 \text{ nm}} G(\lambda) F_y(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Z = \sum_{\lambda = 400 \text{ nm}}^{\lambda = 760 \text{ nm}} G(\lambda) F_z(\lambda) \Delta\lambda$$

obtain $S = X + Y + Z$,

then the CIE chromaticity co-ordinates are:

$$x = \frac{X}{S} \quad y = \frac{Y}{S} \quad z = \frac{Z}{S}$$

Since by the nature of the calculations $x + y + z$ is always equal to 1, it is usual to state values for x and y only.

6.2.2 Spectral characteristic curve (broad-band)

If, instead of using the values $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$, values of $K(\lambda)$ $G(\lambda)$ are calculated for each wavelength, points defining the relative spectral energy distribution curve are obtained.

6.2.3 Spectral characteristics and chromaticity of mixed broad-band and line spectra

Usually line emission does not exist without the presence of broad-band emission. This section describes how to calculate the chromaticity of the combination. The computations apply to either a single line phosphor or a combination of line and broad-band phosphors.

It is necessary to integrate correctly the energy within the band to obtain the correct contributions to the tristimulus values; several methods are possible:

- 1) The relative spectral energy is measured at 1 nanometre intervals over the part of the spectrum where line emission is present (allow proportionately reduced spectral tristimulus values in this interval).

The large amount of data so produced makes the use of a computer almost essential.

The calculation then follows the method of Sub-clause 6.2.1.

- 2) A method of integration which reduces the amount of data to be processed can be used if the spectroradiometer has a constant bandwidth.

The bandwidth $\Delta\lambda$ is set to a suitable value (typically 5 nanometres) and measurements of output taken at the same intervals $\Delta\lambda$.

Alternatively, similar results may be obtained by electrically integrating the output signal with respect to wavelength and measuring at fixed wavelength intervals $\Delta\lambda$.

This integration is facilitated if the wavelength band scanned per unit of time is constant, as will usually be the case with recording instruments.

- 3) A third method is to obtain the tristimulus values X_c , Y_c , Z_c of the continuous broad-band spectrum as in Sub-clause 6.2.1.

An adjustment in the amplitude of the line spectrum is required to integrate it properly into the chromaticity computation.

L'amplitude corrigée de chaque spectre de ligne est:

$$G(\lambda) = [G_l(\lambda) - G_c(\lambda)] [\bar{\Delta}\lambda / \Delta\lambda]$$

où:

$G_l(\lambda)$ = valeur maximale lue à la sortie pour une longueur d'onde λ .

$G_c(\lambda)$ = valeur lue à la sortie pour un spectre continu et la même longueur d'onde λ .

$\Delta\lambda$ = intervalle de longueur d'onde pour la mesure en spectre continu (par exemple 10 nm).

$\bar{\Delta}\lambda$ = bande passante du spectromètre en nanomètres.

La bande passante $\bar{\Delta}\lambda$ est fonction du système de fente du spectromètre. Il est recommandé que la bande passante ne dépasse pas 3 nanomètres pour obtenir une résolution adéquate des spectres de ligne. La bande passante considérée correspond à la demi-largeur d'une composante de ligne de la répartition spectrale d'énergie.

On calcule les composantes trichromatiques pour le spectre de ligne X_1, Y_1, Z_1 à l'aide de la valeur corrigée $G(\lambda)$. On combine ensuite les composantes trichromatiques comme suit:

$$X = X_c + X_1$$

$$Y = Y_c + Y_1$$

$$Z = Z_c + Z_1$$

En posant $S = X + Y + Z$, les coordonnées de chromaticité CIE sont alors:

$$x = \frac{X}{S} \quad y = \frac{Y}{S} \quad z = \frac{Z}{S}$$

6.3 Système de spectroradiomètre

6.3.1 Spectromètre

Le spectromètre peut être du type à transmission, utilisant des lentilles et un prisme, ou peut comporter un système optique réflecteur et une grille de diffraction pour disperser la lumière.

Pour éviter la lumière parasite, il est recommandé d'utiliser un double monochromateur.

Si l'on n'utilise qu'un simple monochromateur, il faudra employer des filtres supplémentaires devant la fente d'entrée du monochromateur pour limiter l'intensité des régions spectrales non désirées.

6.3.2 Dispositif photosensible

Un photomultiplicateur peut être utilisé pour mesurer l'intensité sortant du spectromètre.

Sa sensibilité ne doit pas trop changer en fonction de la longueur d'onde sur tout le spectre visible, en particulier sur chacune des plages de longueurs d'ondes sur lesquelles on effectue les mesures élémentaires; on doit également vérifier sa linéarité en amplitude dans la plage d'intensités utilisées pour la mesure.

6.3.3 Sources d'alimentation

Les sources d'alimentation doivent être réglables et bien régulées, au moins à 0,1 %.

Il faut attendre un temps suffisant après la mise en service des sources d'alimentation pour être sûr que la stabilité a été obtenue.

6.3.4 Indicateur de courant

Un galvanomètre ayant une sensibilité maximale d'au moins $0,0005 \mu A$ par millimètre (échelle de 10 cm) est nécessaire pour mesurer la sortie du photomultiplicateur.

Un système d'enregistrement de sensibilité suffisante peut être utilisé à la place du galvanomètre.

La linéarité du dispositif doit être vérifiée dans la plage d'intensités utilisée pour la mesure.

6.4 Méthode de détermination des constantes d'étalonnage

6.4.1 Vérification de l'échelle de longueurs d'ondes

Avant d'entreprendre toute mesure ou tout étalonnage de l'instrument, l'échelle de longueurs d'ondes doit être vérifiée ou ajustée de façon à être correcte.

The measured amplitude of each line spectrum is adjusted to give

$$G(\lambda) = [G_1(\lambda) - G_c(\lambda)] [\bar{\Delta}\lambda / \Delta\lambda]$$

where:

$G_1(\lambda)$ = maximum output reading at wavelength λ .

$G_c(\lambda)$ = output reading for the continuous spectrum at the same wavelength λ .

$\Delta\lambda$ = wavelength interval of the continuous spectrum measurement (e.g. 10 nm).

$\bar{\Delta}\lambda$ = spectrometer band-pass in nanometres.

The band-pass $\bar{\Delta}\lambda$ is a function of the spectrometer slit system. A band-pass not greater than 3 nanometres is recommended for adequate line spectrum resolution. The band-pass used here is the half-width of a line component of the spectral energy distribution.

Obtain the tristimulus values X_1 , Y_1 , Z_1 for the line spectrum using the adjusted $G(\lambda)$. Then combine the tristimulus values:

$$X = X_c + X_1$$

$$Y = Y_c + Y_1$$

$$Z = Z_c + Z_1$$

Obtain $S = X + Y + Z$, then the CIE chromaticity co-ordinates are:

$$x = \frac{X}{S} \quad y = \frac{Y}{S} \quad z = \frac{Z}{S}$$

6.3 Spectroradiometer system

6.3.1 Spectrometer

The spectrometer may be either of the transmission type employing lenses and a prism or may use reflecting type optics and utilize a diffraction grating for dispersion of the light.

In order to avoid stray light, it is advisable to use a double-monochromator.

If only a single monochromator is used, additional filters should be used in front of the entrance slit of the monochromator to reduce the intensity of undesired spectral regions.

6.3.2 Photosensitive device

A photomultiplier may be used to measure the intensity at the output of the spectrometer.

Its sensitivity shall not change too much with wavelength over the visible spectrum, especially over each range of wavelengths on which elementary measurements are made; its amplitude linearity shall also be checked over the range of intensities used for measurement.

6.3.3 Power supplies

Power supplies shall be adjustable and well regulated to at least 0.1%.

It is necessary to wait sufficient time after switching on the power supplies to ensure that stability has been achieved.

6.3.4 Current indicator

A galvanometer with a maximum sensitivity of at least $0.0005 \mu\text{A}$ per millimetre (10 cm scale) is necessary to measure the output of the photomultiplier.

A recorder system of sufficient sensitivity may be used in place of the galvanometer.

The linearity of the device shall be checked over the intensity range used for measurement.

6.4 Method of determination of calibration constants

6.4.1 Checking of wavelength scale

Before any measurement or calibration is attempted on the instrument, the wavelength scale shall be checked or adjusted to read correctly.

On peut y parvenir en comparant les lectures de longueurs d'ondes avec l'emplacement des pointes de lignes d'émission spectrale connues d'une source à décharge dans le gaz, par exemple une lampe au mercure-cadmium.

6.4.2 Détermination des constantes d'étalonnage

Une exigence pour l'étalonnage correct de l'instrument est que la surface examinée soit uniformément éclairée par une lumière de composition spectrale connue.

Une autre condition souhaitable pour l'étalonnage est que le niveau de lumière utilisé ne soit pas très sensiblement différent de celui rencontré en usage afin que toute modification nécessaire de la sensibilité puisse être effectuée par réglage de la tension de dynode du photomultiplicateur, sans modifier la largeur de fente.

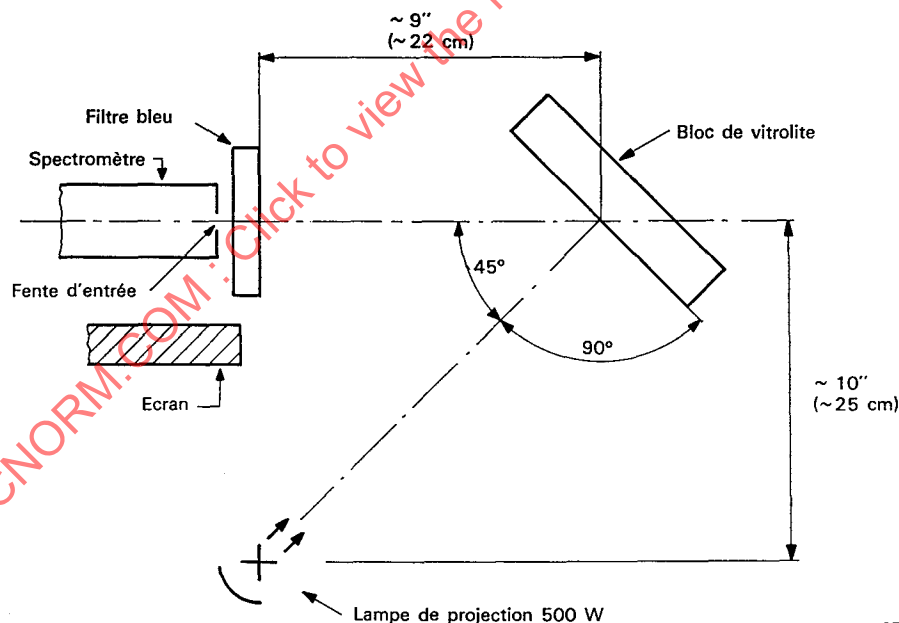
Ces conditions peuvent être remplies par la disposition indiquée à la figure 1 ci-dessous.

La source de rayonnement peut être une lampe spéciale à ruban de tungstène, de 500 W, étalonnée afin de connaître la tension ou le courant requis pour obtenir l'illuminant A. Le bloc de vitrolite est formé de verre blanc ayant un facteur de réflectance spectrale connu.

Le filtre bleu est constitué par un verre (par exemple Corning CS 1-71) de transmission spectrale étalonnée.

Ce filtre est prévu pour convertir la répartition spectrale d'énergie d'une lampe à incandescence à température de couleur de 2 856 K (illuminant A) en celle d'un corps noir (V.E.I. 45-05-210) à 6 500 K.

L'écran sert à empêcher la chaleur de la lampe d'atteindre le spectroradiomètre.



070174

FIGURE 1

Note. — Seule la lumière réfléchiée de façon diffuse et non spéculaire devra atteindre le fente d'entrée. Un angle de réflexion de 45° est suggéré comme normal à des fins de comparaison.

This can be done by comparing the wavelength reading with the location of peaks from known spectral emission lines of a gaseous discharge source such as a mercury-cadmium lamp.

6.4.2 Determination of calibration constants

A requirement for proper calibration of the instrument is that the area viewed shall be uniformly illuminated with a light of known spectral composition.

Another desirable condition for calibration is that the light level used shall not be greatly different from that encountered in use so that any required change in sensitivity can be taken care of by adjustment of dynode voltage on the photomultiplier without a change in the slit width.

These conditions can be met by the arrangement shown in Figure 1 below.

The radiation source may be a special 500 W tungsten-ribbon lamp, calibrated so that the voltage or current required to obtain illuminant A is known. The vitrolite tile is a block of white glass with known spectral reflectance.

The blue filter is a glass (for example Corning CS 1-71) which has been calibrated for spectral transmission.

This filter is designed to convert the spectral energy distribution from an incandescent lamp at a colour temperature of 2 856 K (illuminant A) to that of a black body (I.E.V. 45-05-210) at 6 500 K.

The shield is to prevent heat from the lamp from reaching the spectroradiometer.

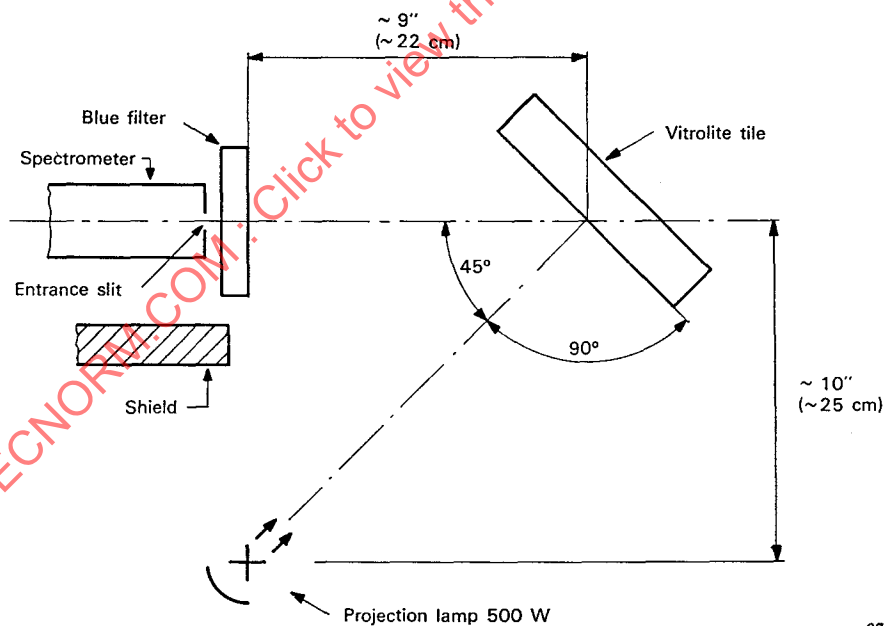


FIGURE 1

Note.— Only diffusely reflected non-specular light should reach the entrance slit. A 45° reflectance angle is suggested as a standard for cross-reference purposes.

Avec la disposition ci-dessus, et la lampe fonctionnant à la tension ou au courant spécifié, on obtient une série de lectures dans la gamme 400-760 nanomètres. Il faudra faire plusieurs mesures et la variation dans les lectures en tout point ne devra pas différer de plus de 0,5 % de la lecture à pleine échelle. Ce sont les valeurs G_c utilisées pour calculer les constantes d'étalonnage.

On a alors:

$$F_x = \frac{S_a R_v T \bar{x}}{G_c}$$

$$F_y = \frac{S_a R_v T \bar{y}}{G_c}$$

$$F_z = \frac{S_a R_v T \bar{z}}{G_c}$$

$$K = \frac{S_a R_v T}{G_c}$$

où:

S_a = émission spectrale relative d'une lampe normale — illuminant A.

R_v = facteur de réflexion spectrale relative (seulement diffuse) du bloc de vitrolite.

T = transmission spectrale relative du filtre bleu.

Notes 1. — Une autre source lumineuse est constituée par une lampe à halogène, qui fonctionne à une température de couleur plus élevée et peut être utilisée sans filtre de conversion.

2. — Pour les mesures très précises, la répartition spectrale relative d'énergie de la lampe étalon doit être connue.

3. — Le spectroradiomètre peut être complété par un calculateur analogique ou digital chargé d'effectuer les calculs ci-dessus et d'en donner numériquement le résultat.

7. Mesures à l'aide d'un colorimètre trichromatique

7.1 Généralités

Le colorimètre trichromatique comprend un ou plusieurs photodétecteurs, des filtres pour modifier leur réponse spectrale et obtenir les fonctions trichromatiques désirées et soit un dispositif de lecture, soit un calculateur analogique.

Les fonctions trichromatiques utilisées le plus généralement pour les mesures de tubes à rayons cathodiques sont les fonctions CIE $\bar{x}$, $\bar{y}$ et $\bar{z}$.

Chacune des fonctions $\bar{x}$ et $\bar{y}$ est obtenue de façon approchée à l'aide de plusieurs combinaisons filtre-photodétecteur.

Cette fonction $\bar{z}$ est obtenue de façon approchée, en général par une seule combinaison filtre-photo-détecteur.

Certains instruments ont des dispositifs de lecture simple qui permettent d'obtenir des indications à partir desquelles les coordonnées x et y sont calculées.

D'autres types de colorimètres comportent des circuits analogiques, dont les sorties donnent directement les coordonnées chromatiques.

Il ne faut pas supposer que les renseignements spectraux publiés pour les filtres et le photodétecteur sont suffisamment précis pour permettre la mise au point d'un colorimètre de précision.

Pour avoir des résultats très précis, le facteur de transmission spectrale des filtres et la réponse spectrale des photodétecteurs doivent être mesurés et adaptés l'un à l'autre afin d'obtenir une réplique des fonctions trichromatiques CIE.

Dans la mesure d'écrans qui ont des persistances sensiblement différentes sur diverses portions de leur sortie spectrale, le manque de correspondance entre le détecteur et l'œil humain dans l'intégration de lumière pulsée peut introduire des erreurs. On pense que l'importance de ces erreurs est faible.