



ASPECTS SPECIFIQUES AU CALCUL DU FLUX LUMINEUX EMIS PAR LES LUMINAIRES

Silvia-Maria M. DIGĂ, Ioana-Gabriela V. T. ȘÎRBU, Virginia I. IVANOV, Maria D. BROJBOIU

Université de Craiova, Faculté d'Electrotechnique, sdiga@elth.ucv.ro

Abstract – Many applications imply the lighting luminous flux calculus of the luminaries, starting from the photometrical field of them through the use of a variety of calculus methods. The authors have selected those methods which are relatively easy to implement in a software programme. In this manner a series of software programmes have been developed in the MATLAB programming language, which provide calculus facilities for: the total luminous flux, the two luminous fluxes emitted in the two hemispheres, the efficiency of the luminaries, the determination to which category the luminaries belong to and so on through the usage of the flat equal angles method and the graphical method.

Keywords: Luminous flux, calculus methods, the Rousseau method, the flat equal angles method.

1. INTRODUCTION

La connaissance de la répartition du flux lumineux émis par les luminaires est nécessaire dans de nombreux problèmes. Le photomètre sphérique, appareil qui sert pour la mesure directe du flux lumineux, n'offre que la valeur totale de cette grandeur, mais pour les luminaires de grandes dimensions sont nécessaires des dispositifs de mesure de dimensions appréciables. Pour ces raisons il est nécessaire calculer le flux lumineux des luminaires, partir du corps photométrique, qui représente la distribution des intensités lumineuses dans l'espace.

La détermination du flux lumineux des sources de lumière est possible, partir de l'intensité lumineuse de la source, en utilisant l'un des suivants types de méthodes : analytique, graphique ou numérique (grapho-analytique) [1], [2].

2. METHODES DE CALCUL DU FLUX LUMINEUX EMIS PAR LES SOURCES ELECTRIQUES DE LUMIERE

2.1 Méthodes analytiques

Si on dispose d'une expression analytique intégrable

pour l'intensité lumineuse, on peut déterminer, par un calcul direct, le flux lumineux de la source (par exemple, dans le cas des sources symétriques de lumière (à symétrie axiale))

$$\Phi = 2\pi \int_0^{\pi} I_{\alpha} \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \quad (1)$$

Pour plusieurs cas rencontrés en pratique il est difficile pourtant d'obtenir une expression analytique de la distribution de l'intensité lumineuse.

2.2 Méthodes graphiques

Entre les méthodes graphiques de calcul, les plus connues sont les méthodes Rousseau et Matthews, par lesquelles, on part de la courbe photométrique du luminaire symétrique et on arrive à la courbe du flux, qui ferme une surface égale, à une certaine échelle avec le flux lumineux.

La méthode graphique de calcul Rousseau du flux lumineux a comme point de partir la courbe photométrique et nécessite la construction au préalable du diagramme Rousseau, qui représente la transposition de la courbe photométrique polaire dans un système d'axes rectangulaires $xO'y$.

La courbe Rousseau, de pair avec les axes de coordonnées déterminent une aire A .

Le flux lumineux de la source sera calculé alors avec la formule:

$$\Phi = \frac{2\pi}{k \cdot R} A \quad (2)$$

où k est l'échelle à laquelle est représentée l'intensité lumineuse sur la courbe photométrique (en cm/cd ou mm/cd) et R est le rayon du demi-cercle avec le centre dans le pôle O de la courbe photométrique, construit par le tracement du diagramme Rousseau.

2.3 Méthodes numériques (grapho-analytiques)

Ces méthodes sont fondées sur le fait que le flux lumineux émis par une source dans un angle solide

ω_k est égal avec le produit entre la valeur de l'angle solide et l'intensité lumineuse moyenne. Elles se subdivisent en deux catégories: la méthode des angles solides égaux et la méthode des angles plans égaux.

2.3.1 La méthode des angles plans égaux

La méthode est fondée sur la division de l'espace en n angles plans égaux

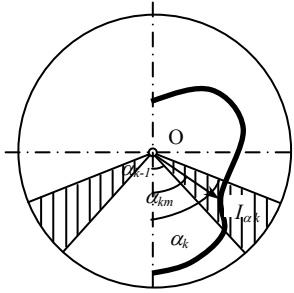


Figure 1: L'intensité lumineuse moyenne dans les limites de l'angle solide ω_k

Plus on divise la courbe photométrique en plusieurs angles égaux, plus l'erreur qui intervient dans le calcul du flux lumineux est plus réduite.

Si on divise l'espace en angles solides égaux, correspondants à des angles plans $\Delta\alpha$ de 10° , les intensités lumineuses moyennes se lisent aux angles de $5^\circ, 15^\circ, 25^\circ, 35^\circ, \dots, 85^\circ, 95^\circ, \dots, 165^\circ, 175^\circ$. Les valeurs des intensités lumineuses pour ces angles sont fournies, généralement en tableaux, dans les catalogues des producteurs de luminaires ou s'extraient de courbes photométriques.

Ainsi, dans ce cas, le flux lumineux total de la source peut être écrit:

$$\Phi = 1,095 \cdot \sum_{k=1}^{18} I_{\alpha,k} \sin \alpha_{km} \quad (3)$$

Pour faciliter le calcul, les valeurs des angles solides pour des zones de 10° angles plans sont indiquées dans des tableaux [3].

Dans le cas des sources de lumière asymétriques, le calcul du flux lumineux peut être fait approximativement, par la méthode des angles plans égaux, introduisant dans la relation 3, l'intensité lumineuse moyenne à $\alpha = \text{const.}$ en différents plans dans lesquels les courbes photométriques (à des différents angles β dans le plan équatorial):

$$I_{\alpha,k,med} = \frac{I_{\alpha,k,\beta_1} + I_{\alpha,k,\beta_2} + \dots + I_{\alpha,k,\beta_j}}{j} \quad (4)$$

Le flux calculé par les méthodes décrites représente le flux d'une source équipée avec une lampe conventionnelle de 1000 lm. Pour déterminer la valeur réelle du flux émis par un luminaire est nécessaire d'amplifier la valeur calculée par les

méthodes présentées avec le rapport $\Phi/1000$, où Φ représente le flux lumineux réel de la source de lumière.

3. LOGICIELS DE CALCUL DU FLUX LUMINEUX UTILISANT LA METHODE ROUSSEAU ET LA METHODE DES ANGLES PLANS EGAUX

Les auteurs ont choisi les méthodes qui sont relativement indiquées à implémenter dans un logiciel de calcul grâce au développement de la technique de calcul et de software. Elles ont réalisé puis des logiciels de calcul développés dans le milieu de programmation MATLAB qui calculent le flux lumineux total, les flux lumineux émis dans les deux hémisphères, le rendement des luminaires, etc. en utilisant la méthode Rousseau et respectivement la méthode des angles plans égaux. En outre les logiciels offrent une série d'autres facilités comme est la courbe photométrique du luminaire, selon on peut observer dans la Fig. 2.

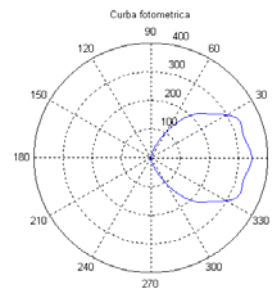


Figure 2: La courbe photométrique résultée du programme de calcul pour le luminaire FIRA-02-218

Comme étude de cas, on a considéré le luminaire fluorescent FIRA-02-218, pour lequel les valeurs des intensités lumineuses en fonction d'angles sont données dans des tableaux par le producteur (Tableau 1). Ces données sont introduites dans le fichier 'valori.dat'.

Tableau 1: Valeurs de l'intensité lumineuse pour le luminaire FIRA-02-218

α [$^\circ$]	Intensité lumineuse [cd]	
	0-180 $^\circ$	90-270 $^\circ$
0	346	346
5	342	339
15	327	325
25	304	348
35	268	261
45	225	207
55	137	148
65	45	87
75	5	38
85	4	19
95	0	6
105...175	0	0

A la suite du roulement du logiciel d'analyse créé, les résultats sont fournis de la manière suivante pour la méthode des angles plans égaux:

Luminaire FIRA-02-218

Flux total du luminaire [lm]

fi_tot = 2300

Nombre des angles plans égaux n:

n = 500

=Flux de la source équipée avec la lampe conventionnelle de 1000 lm:

fi = 840.1068

Flux réel de la lampe [lm]:

fi_real = 1.9322e+003

On a précisé antérieurement le fait que, en même temps que le nombre d'angles égaux dans lesquels est divisée la courbe photométrique, croît, l'erreur qui intervient dans le calcul du flux lumineux décroît.

A l'aide du logiciel de calcul a été réalisée une analyse de cet aspect, en obtenant la caractéristique de dépendance de la valeur du flux lumineux fonction du nombre d'angles plans choisi (Fig. 3, Fig. 4). Les résultats sont conformément aux prévisions, en obtenant dans ce cas un résultat convenable (à des erreurs minimales) pour des valeurs de n qui dépassent 40.

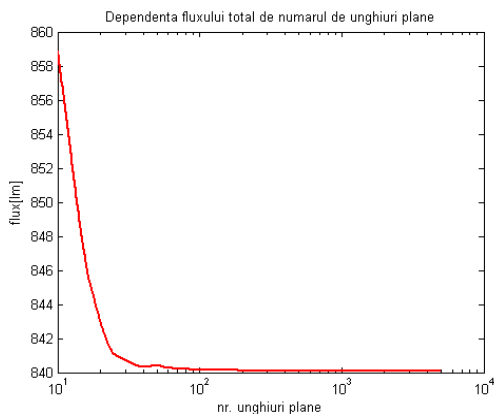


Figure 3: Dépendance de la valeur du flux total du nombre choisi d'angles plans

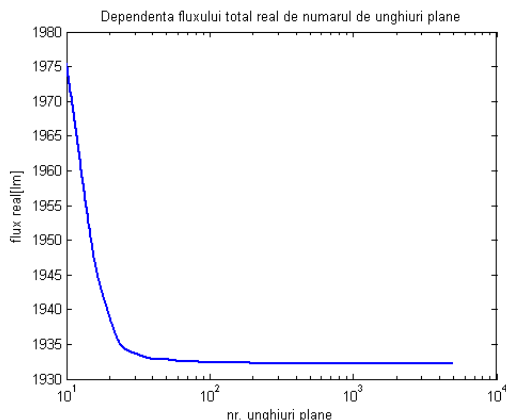


Figure 4: Dépendance de la valeur du flux total réel du nombre choisi d'angles plans

Dans ce cas particulier, appliquant (3) et (4) il en résulte:

- flux lumineux du luminaire

$$\Phi_c = 0,8409 \cdot \Phi_l$$

où : Φ_l - flux lumineux d'une lampe.

- le rendement du luminaire

$$\eta_c = \frac{\Phi_c}{\Phi_l} \cong 0,841$$

- catégorie dans laquelle s'encadre le luminaire

$$\frac{\Phi_{\cup}}{\Phi_c} = 0,996$$

où :

$$\Phi_{\cup} = 1,095 \cdot \left(\frac{\Phi_l}{1000} \right) \sum_{k=1}^9 I_{\alpha,k} \sin \alpha_{k,m} = 0,8376 \cdot \Phi_l \quad (5)$$

$$\Phi_{\cap} = \Phi_c - \Phi_{\cup} = 0,004 \cdot \Phi_l$$

Il résulte qu'il s'agit d'un luminaire direct qui vérifie l'inégalité:

$$\Phi_{\cup} \geq 0,9 \cdot \Phi_c \quad (6)$$

Méthode graphique (Rousseau)

Pour le calcul du flux lumineux a été tracé le diagramme Rousseau, conformément Fig. 5.

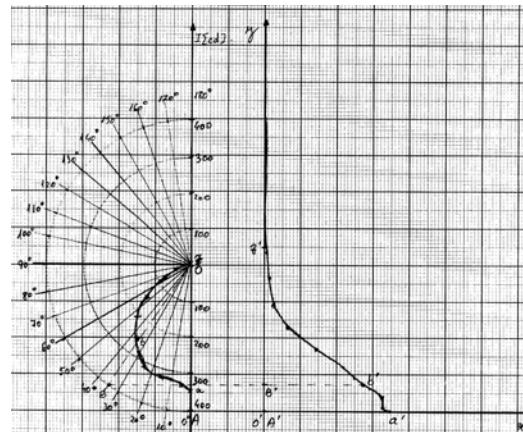


Figure 5: Explicative au tracement du diagramme Rousseau

Après au préalable ont été parcourus les pas de l'algorithme suivant :

- On choisit le rayon du demi-cercle auxiliaire $R = 40 \text{ mm}$.

- L'intensité lumineuse est représentée à l'échelle $k = \frac{1}{10} \left[\frac{\text{mm}}{\text{cd}} \right]$.

- Par planimétrie, on obtient l'aire fermée par la courbe Rousseau : $A = 541 \text{ mm}^2$.

Le flux lumineux sera conformément (2), $\Phi = 849,8 \text{ lm}$.

On calcule le flux lumineux transmis dans l'hémisphère inférieure par le luminaire :

- du diagramme Rousseau est déterminée l'aire correspondante à la portion comprise entre les angles $\alpha = 0^{\circ} \dots 90^{\circ}$.

$$A_{\cup} = 538 \text{ mm}^2$$

- Le flux lumineux émis dans l'hémisphère inférieure est conformément (2), $\Phi_{\cup} = 845,08 \text{ lm}$.

On calcule le rendement du luminaire:

$$\eta = \frac{\Phi_{\cup}}{\Phi_t} \cong 0,85$$

On détermine la catégorie dans laquelle s'encadre le luminaire:

$$\frac{\Phi_{\cup}}{\Phi} = 0,994$$

Il en résulte qu'il s'agit d'un *luminaire direct* qui vérifie l'inégalité (6).

A la suite du roulement du logiciel d'analyse créé, les résultats sont fournis de la manière suivante pour la *méthode graphique*:

Aire $A=4,7028e+004 \text{ [mm}^2\text{]}$

Flux total $\Phi=839,4429 \text{ [lm]}$

Aire A inférieure :

$A_u=4,6816e+004 \text{ [mm}^2\text{]}$

Flux inférieur $\Phi_u=835,6603 \text{ [lm]}$

Rapport des flux $\text{rap}=0,995$

Le logiciel construit aussi le diagramme Rousseau, conformément Fig. 6.

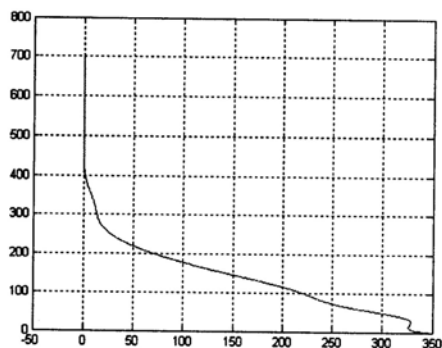


Figure 6: Le diagramme Rousseau engendré par le logiciel d'analyse conçu

Les flux lumineux calculés par les deux méthodes représentent les flux pour une source équipée avec une lampe conventionnelle de 1000 lm.

Il a résulté les valeurs:

$\Phi = 840,9 \text{ lm}$ - par la méthode des angles plans égaux;

$\Phi = 849,8 \text{ lm}$ - par la méthode graphique.

Le flux lumineux réel est:

- par la méthode des angles plans égaux:

$$\Phi_{c(real)} = 0,8409 \cdot \Phi_t = 1934,07 \text{ lm}$$

- par la méthode graphique:

$$\Phi_{c(real)} = \Phi \cdot \left(\frac{\Phi_{\cup}}{1000} \right) = 1954,54 \text{ lm}$$

4. CONCLUSIONS

À l'aide des logiciels de calcul conçus par les auteurs, on peut réaliser une analyse comparative sous l'aspect des erreurs minimales des paramètres calculés avec les deux méthodes de calcul.

Références

- [1] Digă, S. M., Brojboiu, M., Ivanov, V., *Considerations on the computation methods of the light flux*, Proceedings of The Fourth International Power Systems Conference, November 8- 9, 2001, Timișoara, Scientific Bulletin of "Politehnica", University from Timișoara – Energetics Series, vol. 46 (60) 2001, Fascicle 1-2, ISSN 1582-7194, 135-139.
- [2] Digă, S. M., Brojboiu, M., *Considérations sur le calcul de l'éclairage produit par des panneaux lumineux*, Scientific Bulletin of "Politehnica", University from Timișoara – Energetics Series, vol. 47 (61) 2002, Fascicle 1-2, ISSN 1582-7194, pp. 52-57.
- [3] Ciobanu, L., *Tratat de inginerie electrică. Instalații electrice de joasă tensiune – Elemente de audit și domotică*, Editura București: Matrix Rom, 2004.