



HAL
open science

Répartition de l'énergie dans le spectre de la lumière du ciel nocturne aux différentes heures de la nuit

V.I. Černiájev, I.A. Khvostikov, K.B. Panschin

► **To cite this version:**

V.I. Černiájev, I.A. Khvostikov, K.B. Panschin. Répartition de l'énergie dans le spectre de la lumière du ciel nocturne aux différentes heures de la nuit. *Journal de Physique et le Radium*, 1936, 7 (3), pp.149-152. 10.1051/jphysrad:0193600703014900 . jpa-00233404

HAL Id: jpa-00233404

<https://hal.science/jpa-00233404>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE DANS LE SPECTRE DE LA LUMIÈRE DU CIEL NOCTURNE AUX DIFFÉRENTES HEURES DE LA NUIT

Par V. I. ČERNIAJEV, I. A. KHVOSTIKOV et K. B. PANSCHIN.

Institut d'Optique. Leningrad.

Sommaire. — On a effectué, à l'aide d'un nouveau procédé photométrique, les mesures de la courbe spectrale de la répartition de l'énergie de la lumière du ciel nocturne.

Les mesures se faisaient dans l'intervalle de 4550 à 5900 Å aux différentes heures de la nuit.

On a décelé une variation nocturne de l'énergie, différente pour les différentes parties du spectre. Ces courbes montrent la présence pendant toute la nuit, de la lumière solaire diffusée par les couches supérieures de l'atmosphère. On a pu séparer quantitativement la luminescence, la lumière diffuse et la lumière du fond stellaire. La comparaison des étalons avec les émissions du corps noir nous a permis d'exprimer toutes les mesures en valeur absolue.

Comme on sait, l'existence du seuil de perception visuelle de la rétine peut être utilisée en photométrie visuelle. En affaiblissant jusqu'au seuil de la vision, la lumière de la source étudiée, et ensuite la lumière d'une source d'une brillance connue, on peut calculer, suivant le degré d'affaiblissement, la relation des brillances des deux sources. On se servait de ce procédé, par exemple en astronomie, mais on l'a complètement abandonné par la suite, à cause, paraît-il, de son peu de commodité.

Le professeur S. I. Vavilov a démontré tout récemment que, dans les conditions correspondantes des mesures, ce procédé pouvait être appliqué d'une façon fructueuse aux expériences quantitatives avec une lumière d'une intensité extrêmement faible⁽¹⁾. Les expériences étant réalisées dans les conditions rationnelles proposées par Mr S. I. Vavilov, le procédé permet d'effectuer des mesures précises pour les luminescences tellement faibles qu'elles sont inaccessibles à toute autre méthode quelconque, surtout lorsque l'intensité de la lumière varie rapidement par rapport au temps. Toute une série d'auteurs ont appliqué cette méthode, nommée par S. I. Vavilov « la méthode d'extinction », à la solution de diverses questions se rapportant à la physique⁽²⁾.

Nous avons essayé d'appliquer la dite méthode à l'étude de la lumière très faible du ciel nocturne. Une tentative dans cette voie a été entreprise pendant les travaux de l'expédition scientifique générale de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. en été de 1934 au mont Elbrouss (Caucase). En se servant de la méthode d'extinction on est parvenu à isoler à l'aide d'un mono-

chromateur à fente étroite la raie verte de l'oxygène λ 5577 Å et à l'observer presque sans addition de lumière du spectre continu. On a établi la présence d'une variation nocturne très marquée des intensités : on a observé que l'intensité de la raie verte, pendant la première moitié de la nuit, croissait très sensiblement et atteignait le maximum vers une heure de la nuit (à une heure de la nuit l'intensité est à peu près trois fois plus grande qu'à dix heures du soir), et diminuait ensuite, en conservant vers 3 h 30 min du matin une intensité 1,5 fois plus grande qu'à 10 h du soir⁽³⁾.

Il faut noter que le procédé photométrique visuel, se rapportant à la raie verte, la plus brillante dans le spectre de la lumière du ciel nocturne, se faisait autrefois par Rayleigh⁽⁴⁾ à l'aide de la méthode photométrique ordinaire (en comparant les deux moitiés du champ de vision).

Toutefois, les erreurs d'observation sont très grandes dans ce cas-là et l'application de la méthode d'extinction permet d'augmenter considérablement la précision, tout en rendant accessibles les objets d'une intensité beaucoup plus petite.

Nous avons décidé, pendant l'expédition de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. au Mont Elbrouss en été de 1935, de continuer l'étude de la lumière nocturne au moyen de la méthode d'extinction. L'étude des variations de l'intensité dans une région la plus large possible du spectre, nous a paru d'un intérêt tout particulier. Nous avons réussi à faire des observations presque dans tout le spectre visible (de 4550 à 5900 Å) en nous servant d'un monochromateur à fente large.

Le monochromateur M (fig. 1) en verre de Hilger, dirigé vers la région du ciel au voisinage de l'étoile polaire, avait près de la fente d'entrée, un prisme P se rejetant en arrière et permettant de diriger vers l'appareil la lumière provenant d'un étalon de comparaison.

⁽¹⁾ BRUMBERG et WAWILOV (VAVILOV). *C. R. Acad. Sci.*, U. R. S. S., III, 1934, 409.

⁽²⁾ CERENKOV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1934, 2, N° 8, 431; KHWOSTIKOV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1934, 4, N° 1-2, 14; KHWOSTIKOV et LEBEDEV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1935, 1, N° 2-3, 118; DOBROTIN, FRANK, CERENKOV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1935, 1, N° 2-3, 115; ANTONOV ROMANOVSKI. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1934, 3, N° 7-8, 432; BRUMBERG et WAWILOV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1934, 3, 409.

⁽³⁾ KHWOSTIKOV et LEBEDEV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1935, 1, N° 2-3, 118; DOBROTIN, FRANK, CERENKOV. *C. R. Acad. Sc.*, U. R. S. S., 1935, N° 2-3, 115.

⁽⁴⁾ LORD RAYLEIGH. *Proc. Roy. Soc.*, Lond. (A), 1930, 129, 458.

On installait derrière la fente de sortie un objectif L_1 , disposé de telle façon que l'œil voyait non pas l'image de la fente, mais l'objectif lui-même éclairé uniformément. On installait devant l'œil un photomètre, contenant un coin neutre K et ayant un dispositif pour l'enregistrement des lectures de position du coin dans l'obscurité. On employait, en qualité d'étalon de comparaison,

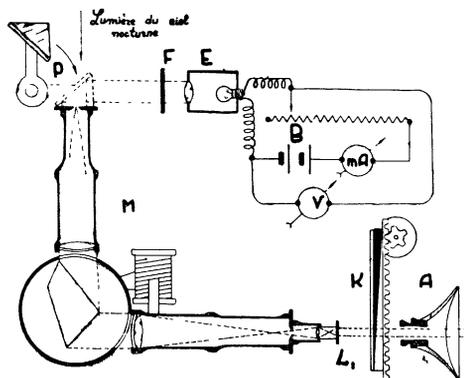


Fig. 1.

une lampe à incandescence E éprouvée spécialement au laboratoire photométrique de l'Institut d'Optique à Leningrad et, en outre, des cristaux lumineux radioactifs (des sels d'uranium) se distinguant par une constance exceptionnelle de la brillance de luminescence. Nous avons pu à l'aide de la lampe à incandescence, maintenue à un régime rigoureusement constant et connaissant la température de couleur équivalente du filament, comparer l'énergie dans les différentes parties du spectre. Le deuxième étalon donnait la possibilité de contrôler la constance de toutes les conditions de la mesure. Les étalons ont été comparés au laboratoire pyrométrique de l'Institut d'Optique avec un corps noir à la température de 850°K et nous avons pu obtenir les valeurs de l'énergie de la lumière nocturne en valeur absolue.

La largeur des fentes du monochromateur était telle que la région spectrale observée allait de 150 \AA dans le bleu du spectre jusqu'à 300 \AA dans la région jaune. Avec des fentes plus étroites les mesures auraient été trop difficiles, à cause d'une faible intensité de la lumière.

La série complète de mesure tout le long du spectre (de $4\ 550$ jusqu'à $5\ 900 \text{ \AA}$, par tranches de 150 \AA) durait de 30 à 45 min, ce qui permettait de mesurer 5 ou 6 séries chaque nuit. Les mesures fondamentales ont été effectuées, pendant la période de la nouvelle lune, du 27 août au 2 septembre, par trois observateurs différents et à tour de rôle.

La figure 2 représente les résultats des mesures. Les ordonnées représentent les densités de l'énergie de la lumière du ciel; il est à noter que chaque division de l'échelle correspond à $2,85 \cdot 10^{-7} \frac{\text{erg}}{\text{sec. cm}^2 \cdot \text{\AA}}$.

Les abscisses représentent les longueurs d'onde.

Chaque courbe se rapporte à une heure définie, indiquée sur le dessin.

On ne doit pas oublier que les mesures ont été faites avec une fente large et, par conséquent, les courbes de la figure 2 représentent la valeur moyenne de l'énergie dans un certain intervalle. Pour une position du monochromateur $\lambda\ 5\ 600 \text{ \AA}$, par exemple, la largeur de la région spectrale isolée fait 300 \AA , approximativement;

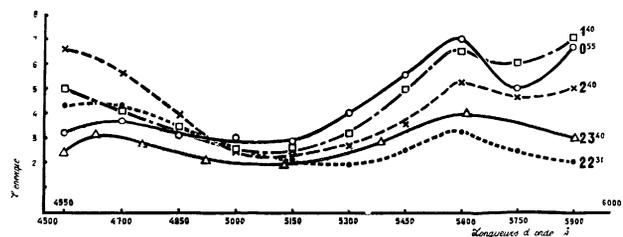


Fig. 2.

dans ce cas-là nous considérons l'énergie mesurée comme répartie dans tout l'intervalle. Mais en réalité, presque toute l'énergie de cet intervalle est due à une émission monochromatique $\lambda\ 5\ 577 \text{ \AA}$. Nos courbes ne donnent point le détail du spectre; elles montrent la valeur moyenne de l'énergie dans cet intervalle. La surface, limitée par chacune des courbes, donne ainsi une énergie totale, émise par le ciel, pendant une seconde dans l'intervalle des longueurs d'onde de $4\ 550$ jusqu'à $5\ 900 \text{ \AA}$ par 1 cm^2 du ciel. Les résultats des calculs pour les différents moments de la nuit sont donnés par le tableau I.

TABLEAU I. — *Energie émise pendant une seconde par 1 cm^2 du ciel nocturne dans l'intervalle des longueurs d'onde de $4\ 550$ jusqu'à $5\ 900 \text{ \AA}$ aux différentes heures de la nuit.*

HEURES DE LA NUIT	ÉNERGIE DE L'ÉMISSION ERG/SEC CM ²
10 h 30 mn	$1,14 \cdot 10^{-3}$
11 h 40 mn	$1,17 \cdot 10^{-3}$
0 h 53 mn	$1,72 \cdot 10^{-3}$
1 h 40 mn	$1,68 \cdot 10^{-3}$
2 h 40 mn	$1,63 \cdot 10^{-3}$

On voit d'après les chiffres cités (tableau I) et d'après la forme des courbes (fig. 2) que ce n'est pas la valeur seule de l'énergie émise qui varie essentiellement pendant la nuit, mais que sa composition spectrale en fait autant. L'analyse des courbes montre, en même temps, que les régions du spectre plus réfrangible et moins réfrangible se comportent différemment. Si l'on peut constater, dans la région jaune et verte du spectre, la présence d'un maximum d'intensité vers une heure

de la nuit, et si toute la marche nocturne rappelle la marche de la raie verte mesurée précédemment, un minimum d'intensité, très marqué à minuit, se trouve par contre dans le bleu du spectre. On aurait donc pu penser que chacune des courbes de la répartition de l'énergie, données par la figure 2, représentait la superposition des deux courbes, correspondant à l'émission propre du ciel (luminescence) et à la lumière solaire diffusée par les couches élevées de l'atmosphère terrestre.

L'analyse détaillée des courbes (fig. 2) confirme cette conclusion. La figure 3 représente les courbes montrant la marche nocturne pour les différentes longueurs d'onde dans le spectre du ciel nocturne. Ces courbes sont tracées d'après les courbes de la figure 2. Pour les longueurs d'onde 4 550 et 4 700 Å on a un minimum, nettement marqué, vers minuit. Au contraire, pour $\lambda = 5 600$; 5 450 et 5 300 Å, la marche nocturne est toute différente, ayant un maximum vers une heure de la nuit, rappelant de près la marche de la raie verte.

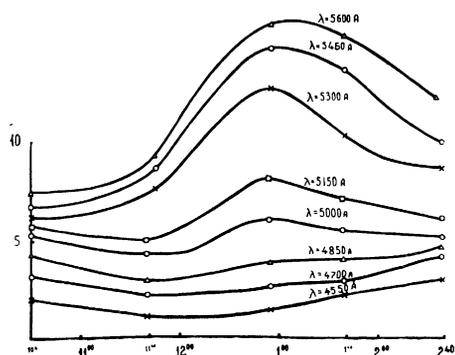


Fig. 3.

Les courbes intermédiaires représentent, de toute évidence, la combinaison des deux effets. On peut, donc, croire que dans la région de 5 000 à 6 000 Å, la lumière de luminescence du ciel, dont la marche nocturne est semblable à celle de la raie verte $\lambda 5 577$ Å, est prépondérante. Or, dans la région bleue, la lumière diffuse du ciel, pour laquelle doit nécessairement exister un minimum à minuit, présente une part considérable. Dans ce cas-là, il faudrait supposer la présence de la lumière diffuse pendant toute la nuit. Et, en effet, nos expériences sur la polarisation de la lumière nocturne (qui paraîtront dans un prochain numéro du même volume), rendent une pareille conclusion tout à fait vraisemblable.

On peut essayer de séparer les courbes (fig. 2) en courbes pour la lumière diffuse, et en courbes pour la luminescence du ciel. Il ne faut pas toutefois oublier la présence de la radiation du ciel nocturne d'une origine différente : le fond stellaire, représentant sans doute une part considérable de la lumière totale.

Les résultats d'une pareille séparation des courbes, sont représentés par la figure 4, où la courbe *L* repré-

sente la luminescence du ciel, la courbe *D*, la lumière diffuse et *E. f.* le fond stellaire.

En faisant la séparation des courbes, nous partions de trois suppositions : 1. En ce qui concerne la lumière du fond stellaire, nous avons cru que l'émission intégrale correspondait à l'émission du corps noir pour $T = 5 500$ abs. (type spectral *G*). C'est un fait connu pour la plupart des nébulosités, pour la voie lactée, et une supposition pareille, concernant le fond stellaire total, est une des plus probables. En outre, on peut croire que la valeur absolue de brillance du fond stellaire est constante pendant toute la nuit.

2. Pour la lumière diffuse nous nous sommes servi d'une courbe de la répartition spectrale de l'énergie, prenant en considération la diffusion secondaire. De telles courbes ont été calculées par King (5). Nous avons considéré la forme de la courbe comme constante aux différentes heures de la nuit.

3. Finalement, quant à la lumière de luminescence, nous avons cru que dans toute la région de 5 300 à 5 900 Å la marche de l'intensité coïncidait avec la marche nocturne pour la raie verte, mesurée en 1934 (3).

Ces trois suppositions, très probables, nous semblent-il, suffisent pour faire la séparation des courbes.

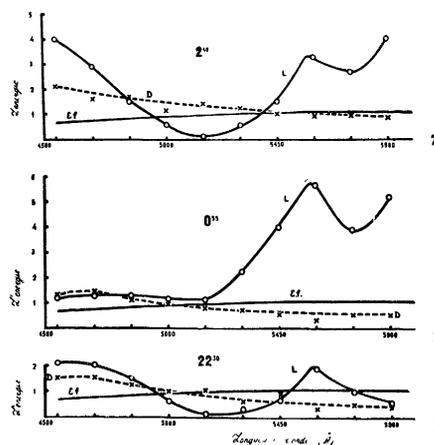


Fig. 4

A l'aide de ces courbes (fig. 4) il est possible de calculer non seulement la part relative de l'émission totale du ciel nocturne, séparément pour le fond stellaire, pour la lumière diffuse et pour la luminescence aux différents moments de la nuit, mais aussi la valeur absolue de l'énergie pour ces trois émissions. Les résultats de ces calculs, faits au moyen de l'intégration graphique des courbes sont donnés par le tableau II.

Comme on le voit d'après le tableau ci-après, les parts relatives de la lumière diffuse, de la luminescence et du fond stellaire sont essentiellement différentes pour les différents moments de la nuit.

(5) KING. *Proc. Roy. Soc., London (A)*, 1913, 88; *Phil. Trans.*, 1913, 212.

TABLEAU II. — *Energie dans l'intervalle de 4 550 — 5 900 Å pour la luminescence, pour le fond stellaire et pour la lumière diffuse.*

HEURES DE LA NUIT	LUMINESCENCE	FOND STELLAIRE	LUMIÈRE DIFFUSE
10 ³⁰	4,0.10 ⁻⁴ (35 %)	3,8.10 ⁻⁴ (33 %)	3,6.10 ⁻⁴ (32 %)
0 ³⁵	10,4.10 ⁻⁴ (60 %)	3,8.10 ⁻⁴ (22 %)	3,04.10 ⁻⁴ (18 %)
2 ⁴⁰	7,6.10 ⁻⁴ (46,6 %)	3,8.10 ⁻⁴ (23,4 %)	4,9.10 ⁻⁴ (30 %)

Se basant sur les courbes de la figure 4, on est obligé de constater que, pour la courbe de luminescence, la marche nocturne de l'intensité dans les régions verte et bleue du spectre n'est pas la même. Une possibilité pareille ne peut pas être exclue parce que dans la région des petites longueurs d'onde du spectre se trouvent les bandes intenses de l'azote, dont la marche nocturne peut être toute autre que celle des raies de l'oxygène. Nous devons, toutefois, noter que nos résultats sont très loin d'être suffisants en ce qui concerne la solution de cette question, d'abord parce que les erreurs faites en séparant les trois courbes se manifestent surtout dans la forme des courbes de la luminescence en ce qu'on croyait connaître d'avance cette forme pour la lumière diffuse et pour le fond stellaire, et, ensuite, parce que l'erreur relative des mesures est plus grande dans la région plus réfrangible, que dans la région bleu claire et dans la région verte, à cause de la faible sensibilité de l'œil.

Nous avons essayé de calculer avec la courbe pour la luminescence, la brillance absolue de la raie verte, pour faire la comparaison avec les résultats, obtenus par lord Rayleigh pour la raie verte 5 577 Å. Comme les raies intenses dans le spectre de la lumière du ciel, au voisinage de la raie verte, sont absentes, nous avons cru que l'énergie du domaine du spectre à 300 Å autour de λ 5 600 (la largeur du domaine a été due

aux fentes larges du monochromateur) est donnée toute entière par l'énergie λ 5 577. Après avoir déterminé l'énergie de ce domaine et divisé par $h\nu$ pour la raie verte, nous avons obtenu les nombres suivants des quanta, émis pendant 1 seconde par 1 cm² du ciel :

TABLEAU III. — *Valeurs absolues de l'intensité de la raie verte λ 5 577 (nombre des quanta N pendant une seconde par 1 cm² du ciel).*

HEURES DE LA NUIT	N
10 ³⁰	0,8.10 ⁸
0 ³⁵	2,0.10 ⁸
2 ⁴⁰	1,2.10 ⁸

Pour le même nombre de quanta, mais en prenant la moyenne pendant la nuit, Rayleigh (⁴) a obtenu la valeur $N = 1,8.10^8$. Par suite de la coïncidence étroite des nombres cités (⁶), avec les résultats obtenus par Rayleigh, on peut croire que la séparation des courbes, effectuée par nous, basée sur les suppositions décrites plus haut, se rapproche d'assez près de la corrélation réelle des trois émissions indiquées.

En résumé, nous devons noter que les valeurs données par nous, mesurées le plus souvent pour la première fois, ne peuvent prétendre donner qu'un ordre de grandeur. Des observations ultérieures et systématiques seront indispensables pour établir les valeurs d'une parfaite précision et pour définir leur constance pendant les différentes saisons.

Nous exprimons au professeur S. I. Vavilov, membre de l'Académie, notre sincère reconnaissance pour sa constante sollicitude à l'égard de notre travail et pour ses précieuses indications.

(⁶) Il est à noter que nous avons obtenu tous les chiffres ci-dessus indiqués, sans avoir compté l'absorption atmosphérique de la lumière. Par conséquent, les vraies valeurs sont probablement un peu plus grandes.