Révision des coefficients d'absorption de l'ozone dans la région 3416-3130 Å

Damien Barbier, D. Chalonge

► To cite this version:

Damien Barbier, D. Chalonge. Révision des coefficients d'absorption de l'ozone dans la région 3416-3130 Å. J. Phys. Radium, 1940, 1 (6), pp.217-220. 10.1051/jphysrad:0194000106021700 . jpa-00233746

HAL Id: jpa-00233746

<https://hal.science/jpa-00233746>

Submitted on 1 Jan 1940

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.

REVISION DES COEFFICIENTS D'ABSORPTION DE L'OZONE DANS LA RÉGION 3416-3130 Å ⁽¹⁾

Par D. BARBIER et D. CHALONGE.

Sommaire. — Dans le domaine considéré, la densité optique de l'ozone est bien proportionnelle à la quantité de gaz traversée par le rayonnement. Les valeurs des coefficients d'absorption de l'ozone données par Ny et Choong sont trouvées très satisfaisantes, à l'exception de celle relative au maximum d'absorption 3200 Å.

Introduction. — Dans une précédente publication [1], nous avons publié les déterminations de la température moyenne de l'ozone stratosphérique, effectuées, au cours de trois nuits différentes, à partir de spectres stellaires. Les températures trouvées sont de l'ordre de -80°C et paraissent assez improbables, ainsi que A. et E. Vassy l'ont indiqué [2]. Les spectres que nous avons utilisés ont été obtenus dans des conditions très favorables à la bonne détermination de la température de l'ozone (transparence atmosphérique excellente, bonne distance zénithale de l'étoile servant de source) et ils sont satisfaisants du point de vue spectrophotométrique (noircissement convenable, absence totale de voile).

La méthode employée pour la gradation des plaques est celle dont nous nous servons depuis plusieurs années pour des études astrophysiques : elle a fait l'objet de nombreux contrôles par des méthodes diverses [3], [4], en particulier par comparaison avec les procédés utilisés par Kienle [5] et Déjardin [6]. En outre, la méthode différentielle de calcul que nous employons pour le dépouillement des spectres [7] permet d'utiliser au mieux les observations. Il nous paraît très improbable que la faible valeur obtenue pour la température de l'ozone atmosphérique provienne d'erreurs dans nos mesures stellaires : c'est pourquoi nous avons entrepris de déterminer avec soin avec quelle précision sont connues les données qui interviennent dans les calculs et résultent des mesures de laboratoire.

Dans le travail présenté ici, nous n'avons envisagé que la détermination, à la température ordinaire, des coefficients d'absorption de l'ozone : nous nous sommes posé la question de savoir si ces coefficients avaient une signification définie en recherchant si la densité optique est bien proportionnelle à l'épais-

seur réduite de l'ozone (épaisseur d'ozone pur sous 760 mm et à 20°C) et dans ce cas, de vérifier les valeurs des coefficients données par Ny et Choong [8]. On sait en effet que, lorsque des bandes d'absorption d'une substance absorbante présentent une structure plus fine que celle que permet de résoudre le spectrographe employé, il peut arriver que cette proportionnalité entre la densité optique et l'épaisseur de la substance n'existe pas, ou, en d'autres termes, qu'on ne puisse définir un coefficient d'absorption. Cela arrive quelquefois, en particulier dans l'infrarouge, la résolution des spectrographes thermoélectriques étant généralement faible dans cette région. Les bandes de l'ozone qui n'ont pas été nettement résolues pourraient donner naissance à un tel effet ⁽²⁾. Il semble que, jusqu'ici, aucune recherche systématique n'ait été entreprise en vue de le mettre en évidence, car son influence, ainsi qu'on l'a constaté empiriquement, n'aurait sans doute pas été très grande sur les déterminations de l'épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique. Mais, l'effet de température se traduisant par des variations très faibles, en valeur absolue, des coefficients d'absorption, il est évidemment très important de mesurer ces coefficients de façon très précise, si toutefois ils ont un sens.

Nous n'avons effectué aucun dosage chimique au cours de cette étude : pour obtenir les valeurs des épaisseurs d'ozone utilisées dans les mesures, nous avons fait appel à la méthode graphique que nous avons plusieurs fois décrite ⁽³⁾, supposant que les coefficients d'absorption donnés par Ny et Choong sont corrects *en moyenne* et que leurs valeurs individuelles ne sont pas sujettes à des erreurs trop grandes; cette hypothèse a été légitimée par la suite par la redétermination des coefficients à partir de nos mesures.

Méthode et appareillage. — La figure 1 représente le schéma du montage. Le rayonnement continu d'un tube à hydrogène T ⁽⁴⁾ était concentré

⁽¹⁾ Le présent article ne constitue nullement une réponse aux critiques faites par M. Vassy à la méthode de calcul que nous avons décrite pour l'évaluation de la température de l'ozone atmosphérique (*J. de Physique*, 1939, 10, p. 113). Il nous semble inutile de prolonger plus longtemps une discussion sur un sujet aussi secondaire et nous considérons cette polémique comme close par les « Remarques complémentaires » (*J. de Physique*, 1939, 10, p. 324,) dans lesquelles nous avons développé, aussi clairement que nous le pouvions, les arguments montrant les avantages du procédé de calcul employé par nous.

⁽²⁾ Au cours d'une étude qui n'a fait l'objet d'aucune publication, M^{me} Lefebvre pense avoir observé une amorce de structure de rotation.

⁽³⁾ Voir, en particulier [7], p. 115.

⁽⁴⁾ Tube Gallois à puissance moyenne.

sur la fente d'un spectrographe Hilger S à optique de quartz (spectrographe modèle E 497, donnant une dispersion de 15 Å par millimètre vers 3200 Å) à l'aide d'un ensemble de deux lentilles de quartz identiques L_1 , L_2 de 30 cm de distance focale moyenne placées, l'une L_1 à 30 cm du milieu du capillaire du tube à hydrogène, l'autre L_2 à 30 cm de la fente du spectrographe. Dans l'intervalle situé entre les deux lentilles, où les rayons sont sensiblement parallèles, on plaçait un tube d'absorption fermé par des fenêtres de quartz et contenant l'oxygène ozonisé. Ce tube était, soit le tube A (fig. 1 a), soit le tube B (fig. 1 b), construits, l'un et

Fig. 1.

l'autre, de façon à permettre d'obtenir successivement le spectre d'épaisseurs d'ozone dans des rapports géométriquement déterminés.

A était constitué par trois compartiments A_1 , A_2 , A_3 séparés par des fenêtres de quartz, réunis par des robinets à trois voies R_1 , R_2 et ayant des longueurs connues et voisines de 30, 50 et 20 cm. Les trois compartiments étaient remplis d'oxygène ozonisé. On prenait alors sur la même plaque une série de spectres d'absorption, de même temps de pose, relatifs d'abord à l'ensemble des trois compartiments, puis à l'ensemble de A_1 et A_3 , le compartiment A_2 ayant été rempli d'oxygène pur et enfin à A_1 ou A_3 , un second compartiment ayant été rempli à son tour d'oxygène.

Le tube B, en forme de croix, pouvait être traversé par la lumière, soit dans le sens MN, soit (après rotation de 90° du tube) dans le sens PQ, M, N, P, Q, étant des fenêtres de quartz; le trajet MN était égal à 29,5 cm et PQ à 6,25 cm. L'emploi de ce dernier tube s'est montré beaucoup plus sûr que celui du premier, car la concentration d'ozone était certainement la même sur les deux trajets MN et PQ, alors qu'elle pouvait présenter des variations notables d'un compartiment à l'autre du tube A : c'est seulement dans le cas d'une concentration uniforme que l'épaisseur réduite d'ozone traversée peut être considérée comme proportionnelle à la longueur de la colonne d'oxygène ozonisé. Aussi, est-ce à ce tube B que nous avons eu recours pour vérifier la proportionnalité des densités optiques aux épaisseurs réduites.

Quant aux spectres de gradation, ils ont toujours été pris avec des tubes d'absorption remplis d'oxygène pur : ils consistaient en une série de sept spectres,

de même temps de pose que les spectres d'absorption et correspondant à des diaphragmations différentes et connues de la lentille collimatrice (uniformément éclairée) du spectrographe.

L'ozone était préparé à l'aide d'un ozoniseur de Berthelot de 80 cm de long, traversé par un rapide courant d'oxygène. A sa sortie, l'oxygène ozonisé traversait un tube en U à parois minces plongeant dans l'oxygène liquide. Grâce à la rapidité du courant gazeux, seule une partie de l'ozone se liquéfiait et l'on obtenait en 30 min une quantité d'ozone liquide à peu près pur de l'ordre de 1 cm³. Il suffisait de retirer l'oxygène liquide et de diriger dans le tube d'absorption le courant d'ozone qui se dégagait alors pour obtenir dans le tube d'absorption de l'oxygène ozonisé à une concentration très supérieure à 50 pour 100.

Proportionnalité des densités optiques aux épaisseurs réduites. — Comme nous venons de le dire, c'est le tube B qui a été utilisé pour cette vérification. Soit, pour une longueur d'onde λ , D la densité optique mesurée suivant la grande longueur et d celle correspondant à la petite longueur. Le rapport des deux longueurs étant

$$\alpha = \frac{6,25}{29,5} = 0,212,$$

on doit avoir

$$d = 0,212 D.$$

On voit que la concentration de l'ozone dans le tube ne s'introduit pas effectivement. Elle joue néanmoins un rôle important : de faibles concentrations permettent l'étude des régions spectrales très absorbées et de fortes concentrations de celles pour lesquelles l'ozone est plus transparent. L'étude a été faite pour deux concentrations différentes et chaque fois sur deux clichés contenant des spectres analogues. Les spectres pris à travers la petite longueur du tube, étaient en deux groupes de trois spectres pris, l'un avant ceux relatifs à la grande longueur (4 spectres) et l'autre après, de manière à permettre l'élimination de l'effet de décomposition de l'ozone. Les poses étant de 30 sec, la prise de tous les spectres correspondant à l'ensemble des deux clichés ne demandait pas plus de 30 min.

Dans le Tableau I, nous donnons les valeurs de d , de αD et leurs différences pour chacun des maxima et des minima d'absorption principaux (valeurs de λ de Ny et Choong) situés dans la région d'exposition normale des clichés. ε représente l'épaisseur réduite d'ozone mesurée suivant la grande longueur du tube.

L'examen de ce tableau montre que les valeurs de $d - \alpha D$ restent toujours très petites et la prédominance des valeurs négatives dans la deuxième série peut presque certainement être attribuée à de petites erreurs de mesure. Ces erreurs sont inévitables en photométrie photographique lorsque des

maxima et minima d'absorption voisins présentent de très forts contrastes (effet Eberhardt) et c'est le cas pour des spectres pris à travers plusieurs centimètres d'ozone.

TABLEAU I.

$\lambda_{\max.}$	$\lambda_{\min.}$	1 ^{re} série : $\varepsilon = 3,15$ cm			2 ^e série : $\varepsilon = 8,68$ cm		
		$d.$	$\alpha D.$	$d - \alpha D.$	$d.$	$\alpha D.$	$d - \alpha D.$
3311,8	3299,2				0,212	0,224	-0,012
3279,0	3269,2	0,116	0,120	-0,004	0,109	0,122	-0,013
3248,2	3239,2	0,074	0,076	-0,002	0,328	0,331	-0,003
3220,4	3216,2	0,165	0,165	0	0,184	0,194	-0,010
3200,0	3190,2	0,112	0,109	+0,003	0,450	0,443	+0,007
		0,224	0,225	-0,001	0,280	0,291	-0,011
		0,165	0,167	-0,002			
		0,294	0,293	+0,001			
		0,238	0,240	-0,002			

Nous pouvons donc conclure qu'à la précision de nos mesures, dans l'intervalle 3312-3190 Å, la

proportionnalité des densités optiques aux épaisseurs d'ozone est vérifiée et que, par suite, on ne doit pas rechercher dans cette voie une explication au résultat (température stratosphérique très basse) signalé au début de ce travail.

Toutefois, et afin d'assurer le plus complètement possible cette conclusion, nous avons fait intervenir l'ensemble des observations faites aussi bien avec le tube A qu'avec le tube B, de la manière suivante : l'épaisseur d'ozone utilisée dans chaque expérience ayant été calculée à partir des valeurs des coefficients de Ny et Choong, nous avons déterminé les valeurs des coefficients k pour chaque longueur d'onde (quotient de la densité optique par l'épaisseur d'ozone), puis nous avons formé les différences Δk des coefficients correspondant à un maximum d'absorption et au minimum de longueur d'onde inférieure le plus proche. Ces valeurs Δk jouent en effet un rôle important dans la détermination de l'effet de température [7] et elles devraient être déterminées à mieux que 0,01 près. Le Tableau II donne, pour chaque couple maximum-minimum et pour chaque épaisseur d'ozone, les valeurs obtenues (correspondant à deux clichés contenant eux-mêmes de 4 à 6 spectres).

TABLEAU II.

$\lambda_{\max.}$	$\lambda_{\min.}$	$\varepsilon=0,246$	$\varepsilon=0,426$	$\varepsilon=0,644$	$\varepsilon=0,644$	$\varepsilon=0,833$	$\varepsilon=1,29$	$\varepsilon=1,38$	$\varepsilon=1,72$	$\varepsilon=2,58$	$\varepsilon=3,15$	$\varepsilon=5,24$	$\varepsilon=7,21$	$\varepsilon=8,68$
3401,0	3384,2											0,016	0,017	0,015
3372,0	3357,4								0,032			0,032	0,031	0,030
3338,0	3327,8	0,058		0,046	0,027	0,042	0,039	0,038	0,044	0,053	0,032	0,042	0,040	0,044
3311,8	3299,2	0,108		0,059	0,046	0,055	0,062	0,055	0,059	0,055	0,046	0,054	0,053	0,056
3279,0	3269,2	0,092	0,080	0,078	0,060	0,076	0,087	0,076	0,084	0,083	0,069	0,080	0,078	0,074
3248,2	3239,2	0,108	0,113	0,099	0,083	0,090	0,104	0,090	0,100	0,098	0,084	0,093	0,090	0,083
3220,4	3216,2	0,150	0,139	0,101	0,091	0,094	0,111	0,092	0,098	0,097	0,086	0,087	0,078	
3200,0	3190,2	0,124	0,104	0,089	0,086	0,094	0,086	0,087	0,094	0,086	0,079			
3175,7	3167,2	0,070	0,099	0,044	0,048	0,058	0,052	0,043	0,052	0,042	0,040			
3154,5	3151,0	0,092	0,114	0,072	0,066	0,075	0,071	0,062	0,070	0,058				
3135,0	3130,5	0,107	0,135	0,062	0,098	0,076	0,058	0,053	0,042	0,040				

Les valeurs de Δk contenues dans le Tableau II devraient être indépendantes de l'épaisseur d'ozone ε . On constate qu'il en est bien ainsi, sauf pourtant pour les deux plus faibles épaisseurs, pour lesquelles en moyenne, les valeurs de Δk sont trop grandes. On conçoit bien que, lorsque ε est petit, les mesures de Δk soient relativement imprécises, mais le fait que, systématiquement, elles sont trop grandes, mérite un mot d'explication. Soit (*fig. 2*) une portion, fortement agrandie, d'un enregistrement microphotométrique montrant un minimum et un maximum voisins A' et B' et, en trait discontinu, ce que l'enregistrement aurait été si la plaque était dépourvue de grain; au lieu de mesurer l'écart entre les points A et B, on est conduit par la granulation à mesurer

l'écart entre les points A' et B', toujours plus grand que le premier. Supposons, pour fixer les idées, que, une fois convertie en intensité, la différence A'B' soit supérieure de 0,005 à AB et que l'épaisseur d'ozone soit 0,25 cm : il en résulte que la valeur mesurée de Δk sera plus grande de $\frac{0,005}{0,25} = 0,020$

que la valeur réelle. Ceci montre que l'on ne doit pas déterminer la température de l'ozone atmosphérique avec des épaisseurs d'ozone inférieures à 0,6 cm, sinon les températures trouvées seraient trop basses (contraste apparent plus grand des bandes). Notons que les températures auxquelles nous faisons allusion dans l'introduction ont été obtenues avec des épaisseurs d'ozone supérieures à

cette valeur limite et que, par conséquent, cette explication ne permet pas de rendre compte de leurs faibles valeurs. Par contre, quelques-unes des

Nous avons, en fait, déterminé k , à partir des divers spectres par la relation

$$k = \frac{\sum D}{\sum \varepsilon}.$$

Le Tableau III donne les valeurs de k trouvées par nous de cette façon (2^e colonne) et, à titre de comparaison, celles obtenues par Ny et Choong (3^e colonne). On constate que les différences sont très faibles et d'un ordre de grandeur comparable à celui des erreurs d'observation : il y a quelque divergence seulement pour la longueur d'onde 3200 Å. Les dispersions des spectrographes sont assez différentes et ce fait, joint à la parfaite proportionnalité des densités optiques et des épaisseurs d'ozone, montre que les mesures de coefficients d'absorption de l'ozone sont, tout au moins dans de très larges limites, indépendantes du spectrographe utilisé.

Fig. 2.

valeurs de la température publiées dans notre article du *Journal de Physique* [7] ne satisfaisaient pas à cette condition.

Valeurs révisées des coefficients d'absorption.

— En admettant que les mesures de Ny et Choong sont correctes en moyenne, nous avons déterminé, ainsi que nous l'avons déjà dit, les valeurs ε de l'épaisseur d'ozone pour chaque spectre. Des valeurs des densités optiques D mesurées, il est alors facile de déduire le coefficient d'absorption k pour chaque longueur d'onde grâce à la relation

$$D = k\varepsilon.$$

TABLEAU III.

$\lambda_{\max.}$	$\lambda_{\min.}$	k .	k .	$\lambda_{\max.}$	$\lambda_{\min.}$	k .	k .
		(Nouvelle déterm.)	(Ny et Choong.)			(Nouvelle déterm.)	(Ny et Choong.)
	3116,8	0,018	0,006		3239,2	0,161	0,163
3401,0		0,041	0,035	3220,4		0,338	0,336
	3384,2	0,025	0,017		3216,2	0,248	0,240
3372,0		0,062	0,062	3200,0		0,456	0,420
	3357,4	0,031	0,0285		3190,2	0,355	0,356
3338,0		0,090	0,088	3175,7		0,588	0,595
	3327,8	0,048	0,043		3167,2	0,542	0,535
3311,8		0,123	0,122	3154,5		0,768	0,75
	3299,2	0,070	0,060		3151,0	0,699	0,71
3279,0		0,185	0,181	3135,0		0,982	0,98
	3269,2	0,107	0,109		3130,5	0,921	0,93
3248,2		0,251	0,240				

Manuscrit reçu le 14 novembre 1939.

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] BARBIER et CHALONGE, *C. R. Acad. Sc.*, 1939, 208, p. 1238.
- [2] A. et E. VASSY, *C. R. Acad. Sc.*, 1939, 208, p. 1518.
- [3] ARNULF, BARBIER, CHALONGE et SAFIR, *Ann. Astrophys.*, 1938, 1, p. 293.
- [4] ARNULF, BARBIER, CHALONGE, SCHAHMANÈCHE et M^{lle} MORGULEFF, *Ann. Astrophys.*, 1938, 1, p. 402.
- [5] BARBIER, CHALONGE, KIENTLE et WEMPE, *Zeit. für Astrophys.*, 1936, 12, p. 178.
- [6] BARBIER, CHALONGE, DÉJARDIN et CAVASSILAS, *Rev. d'Optique*, 1939, 18, p. 142.
- [7] BARBIER et CHALONGE, *J. de Physique*, 1939, 10, p. 113 et 324.
- [8] NY TSI-ZÉ et CHOONG SHIN-PIAW, *Chinese Journal of Physics*, 1933, 1, p. 1.