

SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

Séances mensuelles de Mai et Juin 1915

La séance mensuelle de mai, qui avait été fixée par le Conseil au dimanche 30 mai, à 15^h, a été reportée, en raison de difficultés d'organisation de l'ordre du jour dans les circonstances actuelles, au mercredi 16 juin, à 20^h15^m. Le compte rendu en sera publié au prochain Bulletin.

Le secrétaire-adjoint :

EM. TOUCHET.

LA SCINTILLATION DES ÉTOILES⁽¹⁾

Les ondulations instrumentales des images célestes sont produites par notre atmosphère, par les mouvements et les irrégularités de ses diverses couches ; et il en est de même du phénomène bien connu de la scintillation des étoiles.

Ces deux phénomènes, ondulations et oscillations, ont donc une proche parenté ; voyons si, comme on l'a fait quelquefois, il est possible de les regarder comme identiques.

Scintillation. — La scintillation des étoiles est un phénomène très complexe qui, à l'œil nu, consiste en des variations rapides d'éclat, de couleur, de grandeur apparente, accompagnées de rayons divergents ; ceux-ci paraissent s'élancer de l'étoile, et sont d'autant plus longs que l'éclat de l'étoile considérée est plus grand.

La cause de ces rayons divergents est incontestablement dans l'œil de l'observateur, mais les changements d'éclat et de couleur sont réels ⁽²⁾.

Souvent on a voulu, avec Mairan, Biot, Kæmtz, expliquer la scintillation par une oscillation, un simple tremblement produit par l'atmosphère, par des variations sensibles de la réfraction ; mais les étoiles scintillent quelquefois beaucoup sans osciller notablement. Aussi Arago, dans une notice bien connue ⁽³⁾, s'élève fortement contre cette explication. Toutefois, il est certain qu'il y a aussi déplacement, et l'on peut le prouver d'une manière bien simple :

Devant l'objectif d'une lunette de 0^m,30 d'ouverture, par exemple, plaçons un écran percé de trois trous d'environ 0^m,03 de diamètre, et visons une étoile ; puis, après avoir mis l'oculaire au point, enfonçons-le suffisamment. On obtient ainsi trois images circulaires de l'étoile, et le triangle qu'elles déterminent change constamment de forme, lorsque les images scintillent, ce qui prouve bien que chaque image est mobile.

⁽¹⁾ Notes présentées à l'Académie des Sciences, séances du 26 avril et du 3 mai 1915.

⁽²⁾ Cela résulte des observations faites avec certains scintillomètres, ou sur les images des étoiles décomposées en spectre, comme l'ont fait MM. C. Wolf, Respighi, etc

⁽³⁾ *De la scintillation.* Notice dans *Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1852*, p. 363-504, ou *Œuvres complètes*, t. VII, p. 1-96.

Aussi l'étoile, examinée au foyer, est alors un petit cercle plus ou moins régulier qui constitue ce qu'on appelle parfois le *cercle de dissipation* ⁽¹⁾, et dont la constitution est d'ailleurs fort variable suivant les circonstances.

Ainsi, il ne paraît pas y avoir identité entre les ondulations et la scintillation ; et je me propose de passer en revue les diverses circonstances qui font varier la scintillation pour voir jusqu'à quel point les ondulations instrumentales suivent une marche parallèle.

Une bonne théorie de la scintillation pourrait nous guider avantageusement dans cette comparaison ; mais aucune de celles qui ont été proposées n'a réuni tous les suffrages. Celle d'Arago, qui est la plus connue, a aujourd'hui moins de faveur.

De même, on n'est pas d'accord sur le siège réel de la scintillation ; beaucoup le placent dans les basses couches de l'atmosphère, mais d'autres soutiennent qu'il se trouve dans les régions élevées, en s'appuyant sur les observations faites en haute altitude.

Les observations de scintillation sont aujourd'hui négligées ; aussi nous ne disposons guère que de celles un peu anciennes faites par Ch. Dufour, à Morges, à partir de 1853, et par Ch. Montigny, à Bruxelles, à partir de 1870 ; même nous n'avons que les conclusions que ces observateurs ⁽²⁾ ont tirées.

Pour la scintillation comme pour les ondulations, phénomènes très fugitifs, l'observation ne saisit que les caractères les plus saillants ; et ces caractères doivent varier avec le mode d'observation, avec les instruments employés ; comparons d'abord les résultats que fournissent les divers modes d'observation.

Scintillomètres. — Le plus ancien paraît être celui de Simon Marius, constitué par une petite lunette sans oculaire ; en plaçant l'œil au foyer, on aperçoit l'étoile sous forme d'un cercle, toujours en ébullition, parcouru successivement par diverses couleurs rapidement variables ; la rapidité de ces changements est liée à la scintillation.

En général, on préfère les scintillomètres qui séparent ces couleurs successives et qui sont basés sur la persistance des impressions lumineuses dans l'œil : ceux de Montigny étalent l'image en trait ou en ruban circulaire.

Les principales indications données par ce scintillomètre sont les suivantes :

1° Le nombre de changements de couleur de l'étoile en une seconde ; ce nombre, ramené toujours à la hauteur de 30°, est considéré comme l'*intensité* de la scintillation.

(1) On l'appelle aussi *cercle de dispersion scintillatoire*, mais ce nom paraît devoir être rejeté parce qu'il suppose l'identité entre la scintillation et les ondulations.

(2) Ces observations paraissent avoir été provoquées par la Notice d'Arago. Pendant quelques années, on espéra qu'elles fourniraient des pronostics sur les prochains changements de temps ; mais, quand les lois du déplacement des dépressions barométriques furent bien établies, et utilisées pour les prévisions météorologiques, les observations de scintillation furent presque complètement abandonnées.

2° Les divers caractères que présente le trait circulaire : épaisseur, régularité...

3° Les couleurs que présente ce trait.

L'*intensité*, telle qu'elle vient d'être définie, peut dépendre de l'ouverture, de la distance focale..., de la lunette employée ; mais nous n'avons à ce sujet aucune donnée. Aussi serait-il intéressant de faire en un même lieu et au même instant des essais comparatifs de scintillomètres différents et avec diverses lunettes ou avec diverses ouvertures de la même lunette : un diaphragme à ouverture variable, tel qu'un iris, permettrait de faire facilement ces derniers essais.

Nous savons peu de chose aussi de l'influence de l'éclat des étoiles ; d'après des observations faites par Goujon sous la direction d'Arago, dans une lunette on voit encore des couleurs sur une étoile de 6^e grandeur développée en ruban, mais il n'en resterait aucune trace dans celles de 7^e.

Ch. Dufour, de son côté, après avoir quelque temps observé avec un scintillomètre spécial, l'abandonna bientôt pour faire à l'œil nu les observations qui l'ont conduit aux lois qui portent son nom.

Il notait d'abord la scintillation par les nombres 0 à 10, « zéro étant une scintillation nulle, et 10 une de ces scintillations fortes qui ne se rencontrent que rarement, et seulement alors que l'étoile est près de l'horizon et qu'elle paraît scintiller, changer de couleur et parfois même disparaître. » Puis, avec un peu d'exercice, il trouva des degrés entre 0 et 1, 1 et 2..., qu'il désignait par exemple par 0,7 — 1,2..., — ce qui revenait à diviser l'intervalle total en 100.

Ce procédé, qu'il compare bien à tort à l'estimation d'éclat des étoiles par la méthode des degrés, soulève des objections que Dufour est le premier à reconnaître, et qui furent développées par l'abbé Moigno et Babinet.

Les observations faites par Dufour sont-elles comparables à celles de Montigny ? Dufour pense que l'emploi d'un « instrument de précision » est préférable ; et Montigny dit qu'avec son scintillomètre il a vérifié les lois de Dufour.

Une circonstance qui montre bien le parti qu'on peut tirer des observations à l'œil nu, c'est qu'elles ont révélé à Dufour les lois qui portent son nom ⁽¹⁾ et qui ont toujours été confirmées depuis, particulièrement les deux premières.

Passons maintenant à la comparaison de la scintillation et des ondula-

(1) 1° Toutes choses égales d'ailleurs, les étoiles rouges scintillent moins que les étoiles blanches.

2° L'intensité de la scintillation est à peu près proportionnelle au produit obtenu en multipliant la réfraction astronomique, pour la hauteur à laquelle se trouve l'étoile, par l'épaisseur de la couche d'air traversée par le rayon lumineux que l'on considère.

3° Outre le fait de la différence des couleurs, il paraît y avoir encore, entre la scintillation des diverses étoiles, des différences essentielles qui proviennent peut-être des étoiles elles-mêmes.

tions dans les diverses circonstances que les observations nous permettent de discuter.

Influence de la constitution spectrale des étoiles. — Dufour a établi (1^{re} loi) que les étoiles rouges scintillent moins que les étoiles blanches. Ce fait, confirmé par Montigny, s'explique d'ailleurs aisément par l'examen du spectre et par les lois établies par Respighi. Voici le Tableau résumé des observations de Montigny : la scintillation est ramenée à la hauteur de 30° au moyen de la deuxième loi de Dufour, et les types spectraux dont il s'agit ici sont ceux du P. Secchi :

Série d'observations à partir de 1870	Intensité moyenne de la scintillation			Nombre des Étoiles observées	Nombre des observations
	1 ^{er} type	2 ^e type	3 ^e type		
Jusqu'au 1 ^{er} décembre 1873 .	86	69	56	41	611
— 1 ^{er} septembre 1877 .	86	74	57	108	3203
— 1 ^{er} décembre 1883 .	87	79	59	120	25171

Pour comparer ces résultats à ce qui a lieu pour les ondulations, nous manquons d'observations relativement à ces dernières. Mais souvent, dans les mesures d'étoiles doubles, j'ai été frappé de ne pouvoir mesurer certains couples alors que la même difficulté ne se présentait pas pour d'autres dont l'éclat, la distance et la hauteur étaient comparables. Parfois aussi, dans les mêmes conditions, des étoiles de même éclat n'ont pas leurs disques de diffraction de même diamètre ; et il y a lieu de tenir compte de cette circonstance quand on veut juger sur une étoile double du pouvoir séparateur d'une lunette.

Aurores boréales ; perturbations magnétiques. — Montigny, confirmant les observations d'Ussher, de Forbes..., a trouvé que la scintillation des étoiles est bien plus grande quand une aurore boréale est visible ou quand il se produit une perturbation magnétique.

Pour juger s'il en est de même des ondulations instrumentales, je ne connais que les observations d'Ussher qui, à Dublin, avait « toujours remarqué que les aurores boréales rendent les étoiles singulièrement ondulantes dans le télescope. »

Dépressions barométriques. — Le passage de ces dépressions, à une distance plus ou moins grande, se répercute sur beaucoup de phénomènes météorologiques : pression, température, pluie, vent...

Dufour et surtout Montigny, qui se plaçaient l'un et l'autre au point de vue météorologique, ont cherché comment varient la scintillation, les couleurs qu'elle met en évidence..., avec ces divers phénomènes, avec les saisons, etc.

Dufour, à Morges, trouve que les scintillations faibles ou très faibles prédisent le mauvais temps. Pour Montigny, à Bruxelles, la scintillation augmente en même temps que le vent, la pression barométrique et l'humidité relative, tandis qu'elle diminue quand la température s'élève. En somme,

les résultats de ces deux observateurs sont assez contradictoires. Cela tient-il à des influences locales ? En réalité, il semble bien que des raisons aussi minutieuses que celle de Montigny doivent être illusoires ; car à défaut de vues théoriques, il faudrait des observations plus nombreuses, poursuivies pendant beaucoup plus de temps, pour déterminer l'effet individuel de chacune de ces causes, enchevêtrées en quelque sorte les unes avec les autres. Mais, visiblement, les résultats de Montigny concordent avec une loi analogue à celle que nous avons énoncée pour les ondulations, savoir, leur relation avec le régime cyclonique ou anticyclonique.

Cela est particulièrement manifeste pour ce qui concerne la direction du vent ; car Montigny trouve qu'en moyenne la scintillation est plus grande par les vents soufflant de la région ouest (régime cyclonique), tandis qu'elle est plus faible pour ceux qui soufflent des régions nord et est (régime anticyclonique). En outre, on s'explique pourquoi la scintillation est moindre en été qu'en hiver, cette dernière saison étant beaucoup plus sous l'influence du régime cyclonique.

Voisinage des nuages. — Quand une étoile se trouve au voisinage des nuages, la scintillation, dit Dufour, est toujours considérablement augmentée.

Dans les mêmes conditions, les ondulations sont augmentées aussi, comme l'ont remarqué divers observateurs d'étoiles doubles.

Influence de l'azimut. — Scheiner disait déjà que les étoiles scintillent d'autant plus qu'elles sont plus boréales ; mais Arago jugeait cela impossible. Cependant les observations de Montigny, poursuivies pendant près de 1 000 soirées, de 1880 à 1888, et résumées dans le Tableau suivant, appuient l'opinion de Scheiner. Et les observations spectrales de Respighi font comprendre comment cela est possible.

Intensité de la scintillation suivant l'orientation :

	Direction : Est	Sud	Ouest	Nord	Moy.	Nombre des jours d'obs.
Moyenne par temps sec	345	330	325	386	346	327
— générale	475	450	445	535	476	986
— sous l'influence des dépressions ...	745	705	680	850	745	177

On voit que la différence, faible par temps sec, est notable sous l'influence des dépressions ; et toujours la scintillation est plus grande dans la direction nord.

Pour les ondulations, les observations manquent.

Influence du crépuscule. — Sans donner de détail, Dufour dit que la scintillation est en général plus forte le soir au crépuscule, ou le matin à l'aurore ; et Montigny ajoute que ses observations sont d'accord avec cette remarque : la scintillation aurait donc une variation diurne avec deux maxima, l'un dans le crépuscule et l'autre dans l'aurore.

D'autre part, les ondulations instrumentales ont au contraire un minimum vers le crépuscule du soir : ici il y a donc une opposition nette et complète.

Malgré cette dernière opposition, qu'il importerait de mettre hors de doute par des observations plus nombreuses, faites dans un assez grand nombre de points, on peut conclure que les deux phénomènes comparés, scintillation et ondulations, présentent un véritable parallélisme.

On voit combien de questions restent à élucider dans cette comparaison de la scintillation aux ondulations, parce que les observations manquent. Aussi croit-on pouvoir recommander aux observateurs, et plus particulièrement à ceux qui mesurent des étoiles doubles, de noter aussi la valeur de la scintillation, ne fût-ce qu'à l'œil nu : les résultats déjà obtenus ainsi montrent la valeur de telles observations.

Peut-être aussi la classification des divers points de la surface de la Terre, suivant que la scintillation est nulle, faible..., très forte, apporterait des renseignements utiles.

Remarques. — J'ai indiqué précédemment divers caractères que présentent les images agitées des étoiles.

Pour les étoiles doubles, le P. Secchi, observant à Rome avec une lunette de 0^m,217 d'ouverture, distinguait six aspects différents, suivant l'état des images.

1° *Atmosphère parfaite.* — L'image est formée de deux disques très petits, nettement circonscrits et définis, sans franges ni rayons. Cet état est très rare même à Rome.

2° *Atmosphère très bonne.* — Les disques sont encore nets et précis, mais on les voit déjà entourés de rayons très fins et déliés.

3° *Atmosphère bonne.* — Elle est assez commune lorsque le ciel est serein ; les rayons très prononcés qui entourent les images ne sont pas assez longs pour amener un commencement de fusion des composantes.

4° *Atmosphère passable.* — Déjà l'image de l'étoile est entourée d'une sorte de halo ou anneau coloré, confus et irisé. Cet état précède la formation des nuages.

5° *Atmosphère mauvaise.* — L'image n'est plus unique : elle ressemble à une fleur dont les images secondaires oscillantes représentent les pétales ; elle est constamment en mouvement. Les images tremblent et sautillent continuellement.

6° *Atmosphère très mauvaise.* — Le diamètre des grandes étoiles atteint jusqu'à 8'' ; la lumière diffuse forme une auréole de plus de 20''. C'est dans tout le champ comme un halo mal défini...

Le P. Secchi attribue une grande influence à l'amplitude de la variation diurne de la température au point d'observation et croit, avec Piazzzi, que les images sont moins agitées dans les pays septentrionaux, comme l'Angleterre, qu'à Palerme ; et cela, dit-il, serait confirmé par les grandes irrégularités de la réfraction trouvées par Biot, observant en Italie.

Le P. Secchi dit aussi qu'à Rome on n'a de belles images que lorsque le temps est depuis plusieurs jours fixé au beau, tandis que lorsque souffle la

tramontana on a toujours des images mal terminées, même quand elles sont calmes.

Enfin, pour M. See, le voisinage d'un océan serait, avec les influences cycloniques, une cause de mauvaises images.

A Dorpat, Washington, Milan, Paris, etc., le moment des images calmes tombe au voisinage du coucher du Soleil et ne dure pas bien longtemps. Mais certains sites sont plus favorisés ; ainsi Piazzzi Smyth, à Madère, a eu parfois de belles images pendant toute la nuit, à la station de Guajara (8 843 pieds d'altitude). Et à la station d'Altavista (10 707 pieds d'altitude), il avait de belles images particulièrement le matin. Toutefois, ses observations n'ont pas été assez prolongées pour établir si ce régime est régulier.

G. BIGOURDAN,
Astronome à l'Observatoire de Paris,
Membre de l'Institut.

LE NEUVIÈME SATELLITE DE JUPITER

La découverte de ce minuscule satellite de l'immense planète, annoncée dans l'*Astronomie* de septembre 1914, vient d'être complétée par son auteur, M. Seth B. Nicholson, qui, dans le Bulletin de l'Observatoire Lick, a donné les éléments de l'orbite de ce faible compagnon, calculés par la méthode de Leuschner.

Voici les éléments de cette orbite, placés à côté de ceux de l'orbite du huitième satellite, à titre de comparaison et d'identification.

	IX ^e SATELLITE	VIII ^e SATELLITE
Époque et osculation T. M. G...	1914 juil. 27, 8817	1908 mars 8, 8223
Anomalie moyenne de l'époque... M ₀	49° 28'	266° 4'
Distance du nœud au périhélie .. ω	71 10	67 46
Longitude du nœud Ω	309 23	240 2
Inclinaison i	157 51	144 51
Excentricité e	0, 1630	0, 3250
Mouvement diurne moyen μ	0°,3154	0°,4573
Période P	3 ^{ans} ,125	2 ^{ans} ,155
Log. du demi-grand axe..... log. a	9, 3232	9, 2156

Rappelons que ce neuvième satellite est de 19^e grandeur environ, d'où invisibilité totale même dans les plus puissants instruments. Seule la photographie qui enregistre le lent déplacement dû à son mouvement de translation autour de Jupiter, nous révèle l'existence de cet astre inaccessible à nos yeux. Son mouvement est rétrograde, comme celui du huitième satellite.