

d'étendre l'enquête commencée par M. Vanden Broeck et dont les conséquences peuvent être si importantes, non seulement au point de vue de la prévision des dégagements de grison, mais encore au point de vue des considérations les plus élevées de la mécanique terrestre.

Un tel programme ne peut être abordé qu'en chargeant de cette étude un grand nombre d'observateurs, les fonctionnaires des mines, les conducteurs de travaux miniers, des observateurs amateurs mêmes, les géologues et les naturalistes appelés à parcourir les régions où ces mouvements peuvent se reproduire.

La rédaction du programme d'observations à demander est en partie fixée par le programme publié en 1896 par MM. Vanden Broeck et Lancaster dans le journal *Ciel et Terre*. A ce modèle d'observations météorologiques il y a lieu d'ajouter les renseignements obtenus par l'observation du microphone mis en service, pendant les observation des bruits aériens et pendant des temps assez étendus après la production de ces phénomènes ou même préventivement, si possible. D'autre part, dans les travaux miniers, l'observation régulière des bruits microphoniques renseignés par l'appareil présenté est de nature à permettre d'étudier les actions de glissement des roches et à les distinguer des bruits dus à l'exploitation et des chocs précis dus aux fractures.

J'ai lieu de croire que la diffusion de l'appareil que je présente et que j'ai rendu assez sensible et assez peu coûteux pour en permettre un emploi très étendu, est de nature à faire avancer cette question capitale posée par un savant belge :

Y a-t-il concomitance entre les phénomènes météorologiques électriques, les phénomènes connus sous le nom de mistpoeffers, les affaissements constatés de la côte belge et les manifestations géologiques de nos couches carbonifères?

LÉON GÉRARD.

LA CAUSE DE LA SCINTILLATION DES ÉTOILES

Des études récentes des ondulations aériennes visibles dans les télescopes m'ont conduit à rattacher ces agitations atmosphériques à la scintillation des étoiles. Les phénomènes ondulatoires en question n'ont pas été considérés jusqu'ici par les observateurs, et il semble probable qu'ils sont la véritable cause de la scintillation des étoiles, qui est

restée assez obscure jusqu'à ce jour. Les vagues aériennes ayant été décrites précédemment, nous pouvons nous borner à considérer l'effet qu'elles ont sur les images de télescopes de différentes ouvertures. Dans le cas de l'observation à l'œil nu, l'ouverture qui laisse entrer la lumière est d'environ 2 millimètres de diamètre; par conséquent toute ondulation qui déviera d'autant la lumière de l'étoile, fera subitement scintiller l'astre; et si elle ne la fait pas entièrement disparaître, la vague produira une dispersion de la lumière; l'œil alors s'apercevra d'une variation dans la largeur et d'une rapide succession des couleurs du spectre. L'action d'une vague est essentiellement semblable à celle d'une lentille, car elle doit toujours détourner le front de l'onde lumineuse; mais il n'arrivera que rarement que l'œil se trouvera au foyer de la vague (s'il existe réellement un foyer exact); par conséquent, comme il y aura d'incessantes fluctuations en largeur lorsque la vague passera devant l'œil, il y aura aussi une rapide succession de couleurs. Si nous considérons une vague, que nous pouvons supposer de la forme d'une lentille biconvexe, l'œil étant supposé placé entre la vague et son foyer principal, il est clair que, la vague interceptant la lumière de l'étoile, l'œil percevra d'abord un spectre, depuis le rouge jusqu'au bleu; lorsque le centre de la vague passera, les couleurs changeront graduellement dans un ordre inverse. Voilà le phénomène que l'on observe lorsque l'œil inarmé perçoit la scintillation. En pratique, il arrivera rarement qu'une vague simple et régulière, comme nous l'avons supposée, passera devant l'œil; mais on verra aisément que, quelque compliquées et opposées que puissent être les vagues réelles, l'apparence, à certains intervalles irréguliers, sera essentiellement celle que nous avons décrite. Si, sur le faible espace couvrant la pupille, les rayons de différentes vagues, ou différentes portions d'une même vague viennent à interférer, comme il arrivera, il se produira une extinction momentanée de l'étoile. Si l'interférence ne va pas jusqu'à occasionner l'extinction, il y aura une subite diminution, puis une augmentation d'éclat et une succession de couleurs différentes. Si les vagues sont visibles, la scintillation sera bien marquée aussi. Nous avons vu que la longueur des vagues varie de 1 à 20 cm. (quelquefois la longueur surpasse même 40 cm.). Donc, avec une intensité de mouvement atmosphérique déterminée, un certain temps s'écoulerait entre la succession des couleurs des différentes portions de la vague, l'intervalle dépendant de la vitesse du courant et de la grandeur de la vague. Si les vagues simples se superposent pour donner des vagues

composées, cet intervalle peut être allongé ou raccourci d'une quantité correspondante. Si les intervalles deviennent trop courts, l'œil est incapable de rien percevoir d'autre qu'une sorte de tache. A d'autres moments plus éloignés, les éclats sont clairs et distincts, comme on le voit fréquemment, surtout quand les vagues sont grandes et visibles.

J'ai récemment comparé la scintillation dans des télescopes d'une ouverture de 2,54; 5,18; 10,16; 15,24; 61,0 centimètres, avec les résultats suivants :

1. Quand les vagues sont visibles et violentes, la scintillation est perçue et par l'œil et dans les petits télescopes.

2. Quand les vagues sont petites, il n'y a pas de vraie scintillation dans les grands télescopes, quoique les parties de l'image subissent un balancement considérable, ainsi qu'une dispersion de leur couleur; cependant la scintillation se continue dans les télescopes de petite ouverture, et elle est toujours perceptible à l'œil nu.

3. Quand la longueur de la vague surpasse l'ouverture du télescope, il y a toujours une certaine scintillation, tandis que si les vagues sont plus courtes que le diamètre de l'objectif, il ne se produit qu'une scintillation partielle; elle peut même être nulle.

4. Nous n'avons jamais vu de scintillation distincte dans le réfracteur de 61 cm., quoique, dans quelques cas, quand les vagues étaient grandes et remarquables, l'image d'une étoile éprouvât un balancement considérable et une fluctuation de couleur plus grande que d'ordinaire.

5. L'intensité de la scintillation est une fonction de la hauteur de l'étoile sur l'horizon. On peut expliquer cela par ce fait, que très bas les nombreuses vagues successives superposées dans la ligne de vision agissent fréquemment comme des vagues combinées et augmentent aussi les effets visibles sur l'éclat de l'étoile, sur sa position et sur sa couleur.

6. Pour établir une connexion directe entre les vagues et la scintillation, de façon à ne pas laisser de doute sur la cause de ce phénomène, j'ai plusieurs fois compté attentivement le nombre d'éclats pendant 10 secondes, tandis que M. Gogshall comptait le temps. De cette façon nous avons trouvé que le nombre des éclats est sensiblement le même pour toutes les hauteurs supérieures à 30°. Ayant ainsi fixé le taux de la scintillation, nous avons alors immédiatement examiné le nombre d'agitations causées par des vagues violentes que nous avons vues dépasser le champ du grand télescope et

nous avons trouvé que le nombre de grandes vagues dépassant l'objectif était sensiblement le même que le nombre d'éclats observés à l'œil nu. Ce nombre en moyenne était d'environ 22 pour 10 secondes. Notre computation au sujet de α Scorpii, α Bootis, α Lyræ et α Ursæ Majoris à 17 h. (temps sidéral) montra que le nombre d'éclats, dans différentes parties du ciel, était sensiblement le même, de sorte que la direction des courants, relativement à l'observateur, semble avoir fort peu de rapport avec la scintillation. Nous remarquâmes que parfois il se produisait jusqu'à quatre éclats en 1 seconde, tandis qu'à d'autres moments on ne pouvait en voir qu'un (nous ne tenions compte que des vagues et des éclats qui étaient reconnus avec certitude).

7. Il semble incorrect d'affirmer que la réfraction varie d'instant en instant. Elle varie graduellement d'heure en heure à cause de la fluctuation continuelle de la pression barométrique, de la température et de l'humidité. Mais les petits changements momentanés dans la position apparente d'une étoile sont comme ceux qui affectent la forme de l'image et qui dispersent les couleurs; ils doivent être attribués uniquement aux combinaisons momentanées des vagues aériennes qui interceptent la lumière de l'étoile.

8. Quand l'allure des courants est excessivement modérée et douce et que les vagues atmosphériques sont absentes dans la pratique, il faut que la scintillation cesse presque complètement; en effet, nous avons confirmé cette induction par l'observation, quoique, même dans les meilleures situations, ces intervalles de calme soient rares et courts. Humboldt mentionne l'immobilité des étoiles et l'absence presque complète de scintillation visible dans les plaines du Pérou (*Cosmos*, vol. III, p. 103, Bohn's Translation). La bonne visibilité à la station Harvard, près Arequipa, peut être considérée comme une confirmation moderne de ce résultat, à un point de vue un peu différent.

Dans le *Philosophical Magazine* pour juillet 1893 (article réimprimé dans *Astronomy and Astrophysics*, nov. et déc. 1893), Lord Raleigh a très complètement considéré les théories de la scintillation données par les auteurs précédents; il a présenté une longue analyse des effets de la réfraction sur le chemin suivi par la lumière à travers l'atmosphère. Il dit que la vraie cause de la scintillation est obscure; voici les termes qu'il emploie: « Une des principales difficultés qui subsistent dans la théorie de la scintillation est de voir combien la transition d'un indice à un autre dans une irrégularité atmosphérique peut être

suffisamment brusque. Le fait que les différentes parties d'un objet de verre pas trop petit sont affectées diversement, semble prouver que la transmission en question n'occupe pas beaucoup de centimètres. Maintenant, que l'irrégularité soit due à la température ou à l'humidité, nous nous attendrions à ce qu'une transition, quoique brusque d'abord, fût après quelques minutes ou quelques heures adoucie à un degré plus grand que celui qui s'accorde avec l'estimation ci-dessus. Peut-être la soudaineté de la transition est-elle pour ainsi dire continuellement renouvelée par le contact de nouvelles portions de lumière et d'air dense à mesure que les courants ascendants et descendants avancent dans leur marche. Les suppositions et les expériences de Jevons sur la forme « cirrus » des nuages (*Phil. Mag.*, XIV, p. 22, 1857) peuvent trouver certaine application ici. Une question préliminaire, qui demande de l'attention, c'est l'origine des irrégularités qui causent la scintillation.

Lord Raleigh conclut en disant que l'état actuel de la météorologie n'explique pas l'origine et le caractère des irrégularités auxquelles est due la scintillation. Il est clair, d'après la discussion ci-dessus et les descriptions des vagues aériennes publiées par M. Douglas (1) et moi, que les irrégularités atmosphériques qui causent la scintillation sont enfin reconnues; on ne voit pas encore très clairement comment ces vagues se maintiennent, quoique les suppositions faites dans l'article qui accompagne celui-ci semblent plausibles.

Lord Raleigh attache une importance considérable à l'action dispersive de l'atmosphère sur les rayons rouges et bleus, qui sont donc séparés et sont forcés de suivre des chemins différents dans le plan vertical. Il me semble que la dispersion ne peut avoir d'effet sur la scintillation que de cette façon-ci : quand les rayons de l'étoile sont ainsi séparés, les rouges étant au-dessus des bleus, il est peut-être plus facile pour une combinaison fortuite des vagues de séparer encore plus les extrémités du spectre, ou d'éteindre une partie, alors que l'autre reste, et de produire ainsi un changement de couleur ou d'éclat.

La théorie des vagues permet d'expliquer la brusque transition d'une phase à une autre, ainsi que tous les phénomènes généraux con-

(1) Après avoir terminé cet article, je trouve que M. Douglas a supposé une connexion entre la scintillation et les courants croisés. (*Popular Astronomy*, juin 1897.)

sidérés par les observateurs précédents. Les observations spectroscopiques de Respighi, citées par Raleigh, trouvent aussi une explication complète, de même que la relation des phénomènes avec l'altitude et l'ouverture du télescope. Il est inutile d'ajouter que cette théorie rend parfaitement compte de l'absence de scintillation pour les planètes à large disque; dans ce cas, en effet, les vagues sont généralement plus petites que le diamètre angulaire de la planète, et conséquemment ne peuvent affecter la lumière de tout le disque; c'est pourquoi l'œil ne perçoit pas de changement comparable à celui que l'on observe dans les étoiles; cependant il doit y avoir scintillation pour certains points de la surface de la planète. Il est bien reconnu que, quand la vision est mauvaise, l'image planétaire de Mars, par exemple, est fréquemment déplacée de presque la moitié de son diamètre et qu'une altération de forme est très commune. Ce déplacement matériel, aussi bien que les changements de certains points de la surface, si fréquemment observé par ceux qui étudient le détail de la planète, peut être mis sur le compte de l'action des vagues aériennes qui détournent le front de l'onde lumineuse en entrant dans le télescope.

Donc, quoique la théorie des vagues donne certainement la vraie cause de la scintillation des étoiles, de nombreuses observations sont encore nécessaires pour déterminer la forme exacte des vagues dans toutes les conditions et pour rechercher leurs effets sur la fixité des images stellaires. — *Astr. Nachr.*, Bd. 144 (1).

Lowel Observatory, Flagstaff, Arizona, 1897, 24 août.

T. J. J. SEE.

Procès-verbaux des Séances.

SÉANCE DU 4 AVRIL 1898

PRÉSIDENCE DE M. F. JACOBS, PRÉSIDENT

— La séance est ouverte à 8 h. 45 m.

M. Ch. Fievez donne lecture du procès-verbal de la séance mensuelle du 7 mars; ce procès-verbal est adopté.

(1) Reproduit dans *Popular Astronomy*, 49, January 1898.