

SÉANCE DU MARDI 2 OCTOBRE, MATIN.

PRÉSIDENT DE SÉANCE : J. STOCK.

LES FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES

J. DOMMANGET.

I. — INTRODUCTION.

a. Position du problème. — Les ondes lumineuses émises par les astres doivent nécessairement traverser l'atmosphère terrestre avant de parvenir aux instruments d'observation astronomique. Au cours de cette traversée, divers phénomènes atmosphériques affectent ces ondes aussi bien en ce qui concerne l'énergie qu'elles transportent qu'en ce qui concerne leur forme ou leur orientation. Il surgit ainsi pour l'astronome une série de problèmes particuliers, consistant principalement dans la manière d'éviter au maximum les effets des phénomènes atmosphériques, effets pouvant être désastreux pour la qualité et le rendement des programmes d'observation.

Ces problèmes se partagent en deux groupes : ceux relatifs aux choix des programmes et des techniques d'observation en fonction des caractéristiques atmosphériques d'un site donné et ceux relatifs au choix des sites en fonction de programmes d'observation projetés. Ce dernier groupe de problèmes, spécialement, amène l'astronome à entreprendre l'étude de l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire, un peu contre son gré, à empiéter sur le domaine réservé au météorologiste.

Mais l'astronome trouve toutefois une justification de son attitude dans le fait que les vues de l'un et de l'autre de ces spécialistes sur l'importance des facteurs météorologiques pour caractériser l'atmosphère surplombant une région sont fondamentalement différentes. Les préoccupations de part et d'autre étant distinctes, les observations et les recherches faites par le météorologiste ne permettent pas nécessairement de résoudre les difficultés devant lesquelles se trouve l'astronome.

Étant donné l'objet du présent Symposium, il convenait donc qu'un astronome soit chargé de présenter un exposé ayant pour buts, d'une part, de situer l'importance des facteurs météorologiques sur le plan de l'astronomie d'observation et, d'autre part, de susciter éventuellement

par la suite des échanges de vues sur les questions se rapportant à la recherche des sites d'observatoires eu égard à la météorologie.

Ces questions sont nombreuses et délicates. Elles surgissent de plus en plus avec force par suite du perfectionnement des instruments d'observation, de l'invention d'accessoires de mieux en mieux appropriés à des recherches particulières et de l'accroissement de précision des techniques d'observation et de mesure.

Il est heureux que pour en discuter, nous puissions compter parmi nous des météorologistes éminents dont l'aide nous sera infiniment précieuse.

b. Le rôle de l'atmosphère terrestre dans l'observation astronomique. — Lorsqu'une onde lumineuse issue d'un astre traverse le milieu atmosphérique entourant notre globe, elle est toujours affectée de manière plus ou moins sensible par des phénomènes divers. C'est ainsi qu'on peut assister à :

— *un arrêt total de l'onde*, par suite de l'interposition d'écrans opaques dans le cas où cette atmosphère contient des formations nuageuses denses : de la brume ou du brouillard;

— *un arrêt partiel de son énergie, par absorption et par diffusion* (vapeur d'eau, brume, constituants fondamentaux de l'atmosphère, cirro-stratus, poussières, aérosols, etc.);

— *des déformations de l'onde*, par suite des propriétés de réfraction du milieu traversé (réfraction normale, inhomogénéités locales de réfraction).

Il est donc indispensable qu'un site d'observatoire soit choisi en réunissant de nombreuses informations sur une série de *facteurs* liés à ces phénomènes. Ces facteurs sont :

— *la nébulosité*, dont l'importance fondamentale est évidente;

— *les précipitations*, qui, d'une part, fournissent des indications pouvant suppléer dans certains cas au manque d'informations sur la nébulosité et qui, d'autre part, peuvent jouer un rôle important en ce qui concerne la pureté de l'atmosphère;

— *le vent* — aux différentes altitudes — qui prend une part active dans la genèse de la turbulence atmosphérique et qui est responsable du transport des poussières et généralement aussi du déplacement des formations nuageuses;

— *la température* (particulièrement ses variations diurnes), qui est à l'origine d'un certain type de turbulence (turbulence thermique), en intervenant dans la formation d'inhomogénéités de réfraction;

— et *l'humidité*, parce que la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est fondamentale en ce qui concerne sa transparence

et que la condensation nocturne pouvant en résulter sur les appareils, dans des cas extrêmes, est très gênante pour l'observation. Il est possible aussi que la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère agisse sur la formation des inhomogénéités de réfraction.

II. — L'IMPORTANCE DES FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES EN ASTRONOMIE. LEUR OBSERVATION SYSTÉMATIQUE.

a. La nébulosité :

1. Les divers types de nuages n'affectent pas tous les programmes d'observation astronomique de la même manière. Leurs effets dépendent non seulement de la fraction de ciel qu'ils couvrent, mais également de leur nature et de leur répartition sur la voûte céleste en fonction du temps.

Il est évident qu'un ciel entièrement couvert arrête complètement tout programme d'observation et, qu'au contraire, un ciel parfaitement dégagé est une condition idéale dans tous les cas. Néanmoins, un ciel partiellement nuageux permet parfois de poursuivre certaines observations sans affecter sensiblement la qualité des résultats.

Les observations photométriques de grande précision et les observations spectrophotométriques ne tolèrent aucune nébulosité, pour des raisons évidentes. L'observation photographique de nébuleuses ou encore de régions brillantes ou absorbantes réclament également un ciel parfaitement transparent et homogène et par conséquent uniformément dégagé. Il en va de même généralement pour les observations des surfaces planétaires. Les observations photographiques d'astres errants peuvent également être sensiblement affectées par des passages de nuages. Dans de telles conditions, les traînées faites sur les clichés par ces astres, ne présentent plus toujours une régularité suffisante permettant d'assurer le maximum de précision lors des mesures.

Certaines observations de spectrographie stellaire (par exemple, celles conduisant aux vitesses radiales) ne sont pas trop affectées par des interruptions de pose de ce genre. Elles sont toutefois très sensibles à la présence de cirro-stratus produisant un étalement important des images et, dès lors, une perte notable d'éclat. Les observations d'étoiles doubles visuelles par contre ne sont pas fondamentalement gênées par la présence de quelques petits nuages dispersés dans le ciel pour autant qu'il soit possible d'observer dans des directions échappant à la turbulence pouvant les accompagner. Les cirro-stratus, au contraire, affectent la qualité des images en les étalant mais n'interrompent pas toujours entièrement le programme d'observation si l'on se limite à observer des étoiles moins serrées. Quant aux observations méridiennes, elles ne sont pas fondamentalement perturbées par le passage de quelques nuages,

ni même par la présence de quelques cirro-stratus très ténus devant les étoiles brillantes considérées dans leurs programmes. Seule, la stabilité (absence d'agitation) des images importe.

Par contre, l'observation de la couronne solaire exige un ciel d'une pureté parfaite (appelé pour cette raison : « ciel coronal ») et, dès lors, une absence totale de tout nuage, comme de toute particule en suspension dans l'atmosphère. En ce qui concerne la granulation solaire, il est également nécessaire de disposer d'un ciel très peu diffusant.

L'existence de cycles diurnes ou saisonniers dans la nébulosité intéresse également l'astronome au plus haut point. Les observations de parallaxe par voie trigonométrique, par exemple, réclament une distribution uniforme sur l'année de la fréquence des nuits d'observation, permettant ainsi de répartir convenablement les observations tout au long de l'ellipse parallactique annuelle propre à chaque étoile et d'assurer par conséquent un maximum de précision dans un domaine où celle-ci généralement, n'est déjà pas trop grande. Les observateurs d'étoiles variables sont également intéressés par l'existence éventuelle de cycles dans la nébulosité, les moments les plus favorables pour l'observation de ces objets célestes se présentant suivant des périodes dont la commensurabilité avec le cycle existant pour la nébulosité peut s'opposer à la réalisation d'un programme d'observation systématique.

La répartition des nuages dans le ciel constitue aussi une donnée importante dans la recherche d'un site d'observatoire. En certains lieux, en effet, pour des raisons orographiques sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir (§ c), toute une région du ciel (toujours la même) peut être régulièrement couverte de nuages alors que la partie dégagée présente une pureté parfaite. Un tel site peut entièrement convenir pour certaines catégories d'observations astronomiques (observations du disque solaire, par exemple), sinon pour toutes, malgré les impressions défavorables données par l'examen des chiffres représentant la nébulosité. Une grande plaine entourée de chaînes de montagnes, elles-mêmes surmontées de nuages d'origine orographique (exemple : République Sud-Africaine, Grand Karroo) en est un exemple particulièrement typique, dans certaines occasions.

Il apparaît, dès lors, évident que pour être entièrement utilisables lors du choix d'un site d'observatoire astronomique, les relevés météorologiques devraient fournir, en ce qui concerne la nébulosité, tous les renseignements relatifs non seulement à la fraction couverte du ciel, mais également à la nature des nuages qui en sont responsables en insistant particulièrement sur la présence éventuelle des nuages du genre des cirrus. Enfin, l'allure systématique de la répartition des formations nuageuses dans le ciel devrait être renseignée également, le cas échéant, avec soin.

2. Les observations de la nébulosité sont faites dans les stations météorologiques suivant trois rythmes distincts, convenus internationalement mais plus ou moins respectés en fonction d'impératifs apparaissant sur le plan national ou régional. Ces rythmes sont les suivants (Temps Universel) :

- de 6 en 6 h, aux heures *synoptiques principales* : 0, 6, 12 et 18 h;
- de 3 en 3 h, c'est-à-dire aux heures précédentes ainsi qu'aux heures *synoptiques intermédiaires* : 3, 9, 15 et 21 h;
- d'heure en heure.

Pour les besoins de l'exposé, nous distinguerons ainsi des stations synoptiques respectivement des catégories A, B et C.

L'observation de la nébulosité fait partie d'un ensemble d'observations au sol portant également sur la température, l'humidité, la pression, l'intensité et la direction du vent. Ces observations font l'objet de messages codés de l'O. M. M. appelés : *message SYNOP* dans le cas des heures synoptiques principales et intermédiaires et, *message AERO*, dans le cas des autres heures d'observation. Parfois, dans le cas des stations horaires, seuls des messages AERO sont établis, même aux heures synoptiques principales et intermédiaires.

Les messages AERO sont moins complets que les messages SYNOP. Ce sont, en fait, des messages SYNOP réduits pour les besoins de l'aviation.

Dans les messages SYNOP, la nébulosité est indiquée, d'une part, par la *nébulosité totale* N , désignant « la fraction de la voûte céleste couverte de nuages, sans tenir compte de leur genre » (N est le premier chiffre du second groupe du message) et, d'autre part, par la *nébulosité partielle* N_h , se rapportant uniquement aux nuages bas et moyens ou seulement aux nuages moyens lorsqu'il n'y a pas de nuages bas. Cette indication se trouve dans le cinquième groupe du message, $N_h C_I h C_M C_{II}$, contenant en plus, aux quatre places suivant la fraction N_h de nuages, des indications sur la nature des nuages bas (C_I), la hauteur (h) des nuages dont l'importance est évaluée par N_h , la nature des nuages moyens (C_M) et celle des nuages élevés (C_{II}).

Il est évident que de telles indications permettent de retrouver si la « couverture » signalée par le chiffre N contient tous les types de nuages, auquel cas, l'observation astronomique est généralement impossible, ou bien, si la valeur de N se rapporte uniquement aux nuages de la famille des cirrus ($N_h = 0$). De même, lorsque N est petit et est égal à N_h , l'absence de cirrus est certaine et elle est confirmée par ailleurs par le chiffre 0 mis en lieu et place de C_{II} . Certains types d'observation astronomique sont alors possibles, la nébulosité totale n'étant pas trop forte.

En ce qui concerne les instructions données aux observateurs, il faut noter, en particulier, que « l'estimation de la nébulosité totale et des nébulosités partielles doit être faite d'un lieu dégagé d'où il est possible de voir la totalité de la voûte céleste » (*Atlas International des Nuages*.) Comme, d'autre part, il n'est généralement fait aucune remarque concernant la répartition des nuages dans le ciel, il est impossible de faire *a posteriori*, la distinction entre des formations nuageuses situées très bas sur l'horizon, dès lors sans influence sur le déroulement normal des observations astronomiques, et des formations nuageuses situées près du zénith rendant toute observation impossible. On a recommandé la tenue d'un « Journal des Nuages » dans lequel figureraient entre autres, toutes les indications nécessaires sur la répartition des nuages dans le ciel (*Atlas International des Nuages*). Toutefois, cette recommandation n'est presque jamais suivie.

Il reste maintenant à savoir comment on peut disposer de ces données afin de connaître la qualité météorologique d'un site en fonction des exigences des programmes d'observation astronomique. A ce sujet, il faut noter tout d'abord que les messages SYNOP sont conservés dans les archives des institutions météorologiques nationales, ainsi que généralement les messages AERO, mais que ni les uns ni les autres ne font d'habitude l'objet de publications sauf dans quelques pays (exemple : Belgique). Seules, sont publiées les moyennes climatologiques des valeurs de la nébulosité totale N. Actuellement cependant, dans de nombreux pays, les messages SYNOP sont transcrits sur cartes perforées. Il doit donc être possible d'en obtenir des copies ou peut-être mieux, directement, les seules valeurs statistiques intéressant l'astronome, conformément à ce que nous verrons plus loin (III, § b, 2). Notons encore que pour certaines stations synoptiques sélectionnées spécialement, toutes les observations faites au cours de l'Année Géophysique Internationale ont été publiées.

Afin de pouvoir juger de l'intérêt que présentent ces observations pour l'astronome, il faut encore prendre en considération, la *densité du réseau synoptique*. Celle-ci varie sensiblement d'une région à l'autre du globe, comme on peut s'en rendre compte par les exemples figurant dans le tableau I.

Dans bien des cas, il existe encore d'autres stations d'observation, non recommandées par l'O. M. M. mais généralement incomplètes. Ainsi, en ce qui concerne, par exemple, la République Sud-Africaine, l'Australie et le Chili, il existe encore de nombreuses autres stations synoptiques, recommandées ou non, pour lesquelles il manque généralement les heures d'observation de nuit, c'est-à-dire précisément celles qui intéressent le plus l'astronome, mis à part naturellement les spécialistes du Soleil. C'est pourquoi nous n'avons pas pris ces stations en considération dans l'établissement de notre tableau. D'autre part, les

TABLEAU I.

| Région. | Stations synoptiques des catégories A et B (messages SYNOP). | Stations synoptiques de la catégorie C (messages AERO uniquement). | Densité des réseaux synoptiques | |
|---|---|---|------------------------------------|--------------------------|
| | | | des catégories A et B. | de la catégorie C. |
| Une station pour (km ²): | | | | |
| Etats-Unis et Canada..... | Quelques-unes généra- lement de catégorie A, non complètes | Quelque 400 | - | 45 000 |
| Russie d'Europe (limitée au méridien situé à 50° de long. E. Gr.). | Quelque 600, de catégorie B | Quelques-unes | 9 000 | - |
| Belgique..... | 15 de catégorie B | 12 de catégorie B sont aussi de catégorie C | 2 000 | 2 500 |
| Tchécoslovaquie.. | 24 de catégorie B | 7 | 5 000 | 18 000 |
| République Sud-Africaine... | 1 de catégorie B | La station de catégorie B est également, le jour, de catégorie C | Plus de 1 million | - |
| Australie..... | 13 de catégorie B | Les 13 de catégorie B sont également de catégorie C | 600 000 | |
| Chili..... | 1 de catégorie B Beaucoup d'autres de différentes catégories mais incomplètes | - | 750 000 | - |
| Argentine..... | Manquent toujours les observations de 3 h (T. U.) (= 0 h de temps civil) | | - | - |
| Iles Canaries..... | 2 de catégorie B | 1 de catégorie B est également de caté- gorie C | - | - |

valeurs caractérisant dans la dernière colonne la densité des réseaux nationaux sont des moyennes n'ayant que la valeur d'indications très approchées, les stations pouvant être dispersées de façon très hétérogène dans un même pays, pour des raisons qui tiennent en ordre principal au développement des diverses régions (exemple : le centre de l'Australie comparé à la région côtière).

Dans certaines stations, l'absence d'observations systématiques de la nébulosité est partiellement compensée par l'enregistrement de l'inso-lation (au moyen de l'héliographe de Campbell, par exemple). Mais il faut insister tout particulièrement sur le fait que de telles observations ne sont pratiquement d'aucune utilité pour l'astronome, les formations nuageuses de la famille des nuages élevés passant inaperçues ou étant du moins très difficilement repérables par cette méthode.

b. Les précipitations :

1. Les précipitations sont importantes à connaître du point de vue astronomique, pour deux raisons bien distinctes.

Elles constituent tout d'abord une information complémentaire très utile vis-à-vis des observations de la nébulosité, particulièrement lorsqu'il se présente des carences dans leur rythme ou dans la densité des stations : les précipitations sont l'indice suffisant d'une nébulosité plus ou moins abondante d'un type bien défini, l'inverse n'étant toutefois pas vrai. Au Gabon, par exemple, la saison des pluies offre plus d'éclaircies que la saison sèche au cours de laquelle le ciel est pour ainsi dire continuellement couvert. En tous cas, à condition de procéder avec grande prudence dans l'interprétation des données relatives aux précipitations comme indice d'une nébulosité, le facteur météorologique « précipitations » ne peut être négligé pour orienter les recherches d'un site d'observatoire astronomique.

Ce facteur est d'ailleurs déterminant dans le tracé des limites des zones climatiques à l'échelle du globe comme à l'échelle régionale parce qu'il est fondamentalement responsable de l'abondance ou de l'absence de végétation. En tant que facteur climatologique, il fut pour ainsi dire le seul facteur sûr dont nous ayons pu faire usage pour orienter en République Sud-Africaine nos recherches qui aboutirent à la découverte du Grand Karroo comme région favorable à l'installation d'un observatoire important.

D'autre part, il n'échappe à aucun observateur combien la limpidité du ciel nocturne est accrue après une période de pluies. Si dans des régions comme l'Europe occidentale, ce phénomène est déjà bien sensible, il l'est encore plus dans celles où la nature du sol, le type de végétation et l'importance des vents favorisent la formation d'immenses nuages de poussières fines évoluant ensuite le plus souvent à haute altitude et

pouvant ainsi être transportés très loin (exemple : Kalahari). Dans de telles régions, il n'est d'ailleurs pas rare de constater que les premières pluies succédant à de longues périodes de sécheresse, sont fortement colorées par la poussière qu'elles entraînent vers le sol.

La répartition des pluies au cours de l'année est donc un facteur important à prendre en considération comme complément d'information nécessaire pour orienter les premières recherches d'un site (voir *fig. 64*, p. 238) particulièrement dans le cas d'un observatoire destiné à la photométrie et à la spectroscopie. Mais il est également important de connaître la répartition diurne des précipitations. En effet, dans les régions équatoriales et subtropicales, on peut noter la réapparition régulière de précipitations (souvent orageuses) à des heures déterminées, ces manifestations pouvant être très favorables si elles ont lieu quelques heures avant le début des observations astronomiques, ou, au contraire, très défavorables, bien entendu, si elles se présentent à ce même moment.

2. De tous les facteurs météorologiques cités plus haut, c'est sans doute pour le facteur « précipitations » qu'on possède le plus d'informations : le réseau de stations ne perd sa forte densité que dans les régions inaccessibles. Ce fait tient sans doute, d'une part, à ce que l'appareillage nécessaire est des plus simples et que le relevé des observations ne nécessite aucune compétence particulière, mais aussi, d'autre part, parce que les précipitations — plus que la nébulosité, par exemple — intéressent particulièrement la culture et l'élevage. On trouve d'ailleurs, dans certaines régions du globe, de nombreux « météorologistes-amateurs » chez les exploitants agricoles. On peut dire, par exemple, qu'en République Sud-Africaine, un fermier sur deux au moins possède son pluviomètre, certains d'entre eux ayant même poussé la curiosité jusqu'à dresser des graphiques saisonniers, annuels ou encore s'étendant sur plusieurs décennies.

Malheureusement, il ne peut être question de publier toutes les valeurs individuelles des relevés pluviométriques pour chacune des stations d'observation. De telles publications ne concernent généralement que quelques stations fondamentales par pays. D'autre part, sont également publiées, pour un nombre plus grand de stations, des moyennes annuelles, saisonnières, mensuelles et pentadaires. Mais, en général, on ne trouve d'indications concernant la répartition des pluies au cours de la journée que dans les messages synoptiques (SYNOP et AERO). En Europe et en Afrique, par exemple, les messages SYNOP contiennent deux relevés quotidiens de la hauteur des pluies, à 12 h d'intervalle, ainsi que des indications toutes les 3 ou 6 h, suivant les stations, sur l'existence ou l'absence de pluies, neiges, orages, tempêtes, etc. La codification varie d'une région à l'autre.

c. Le vent :

1. Le vent peut être soit un important facteur de perturbation pour les observations astronomiques, soit, au contraire, un élément favorable dans certains sites particuliers.

La présence de *vent au sol* au cours des observations astronomiques est gênante. Pour certaines directions particulières du vent vis-à-vis de l'ouverture de la coupole, le vent peut agir sur la stabilité de l'instrument et produire, dans le plan focal de la lunette, une agitation relative bien plus grande que celle produite par les plus fortes inhomogénéités de réfraction et donc rendre impossibles, dans certains cas, les programmes d'observation les moins exigeants.

Le vent au sol peut également être responsable de la présence de poussières dans l'atmosphère, du moins dans les régions où la distribution et la nature de la végétation, ainsi que l'aridité du sol, favorisent la formation de telles poussières. La transparence du ciel peut donc dépendre de l'existence de vents forts ou violents, même dans des régions voisines assez éloignées de celle considérée. Il est inutile d'insister d'autre part sur les effets néfastes d'un vent dominant entraînant vers le site étudié les fumées ou poussières de villes ou de régions industrielles.

Le vent au sol est aussi un facteur de turbulence atmosphérique (turbulence dynamique) par ses actions sur les accidents du terrain et même sur la coupole. Il est apparu au cours de ces dernières années que dans l'écoulement laminaire des couches atmosphériques, les accidents de terrain (surtout les chaînes de montagnes) pouvaient être la cause, sous l'effet du vent, de perturbations atteignant de très grandes altitudes, beaucoup plus grandes qu'on ne l'avait soupçonné jusqu'à présent. L'allure générale de ces perturbations dépend essentiellement de la répartition des vents avec l'altitude (*fig. 15*).

Pour une répartition particulière, peuvent prendre naissance des *ondes quasi stationnaires de gravité* s'étendant très loin au-delà de la région montagneuse qui en est responsable. La longueur de ces ondes est couramment comprise entre 1 et 20 km.

Les forts courants ascendants et descendants qui caractérisent ces perturbations ainsi que les importants courants horizontaux qui les accompagnent souvent, sont parfois visualisés par les formations nuageuses auxquelles elles donnent naissance (voir *fig. 15* et *pl. I a*). Ces perturbations se retrouvent jusqu'à la tropopause et pénètrent même parfois dans la stratosphère. Ainsi s'expliquerait que, dans certaines régions au relief très variable, celui-ci se retrouve dans la structure générale et la répartition des nuages surplombant la région. L'exemple du Karroo (cité plus haut), entouré de chaînes de montagnes très souvent couvertes de nuages, alors que la plaine en est dégagée, illustre bien ce point.

PLANCHE I.

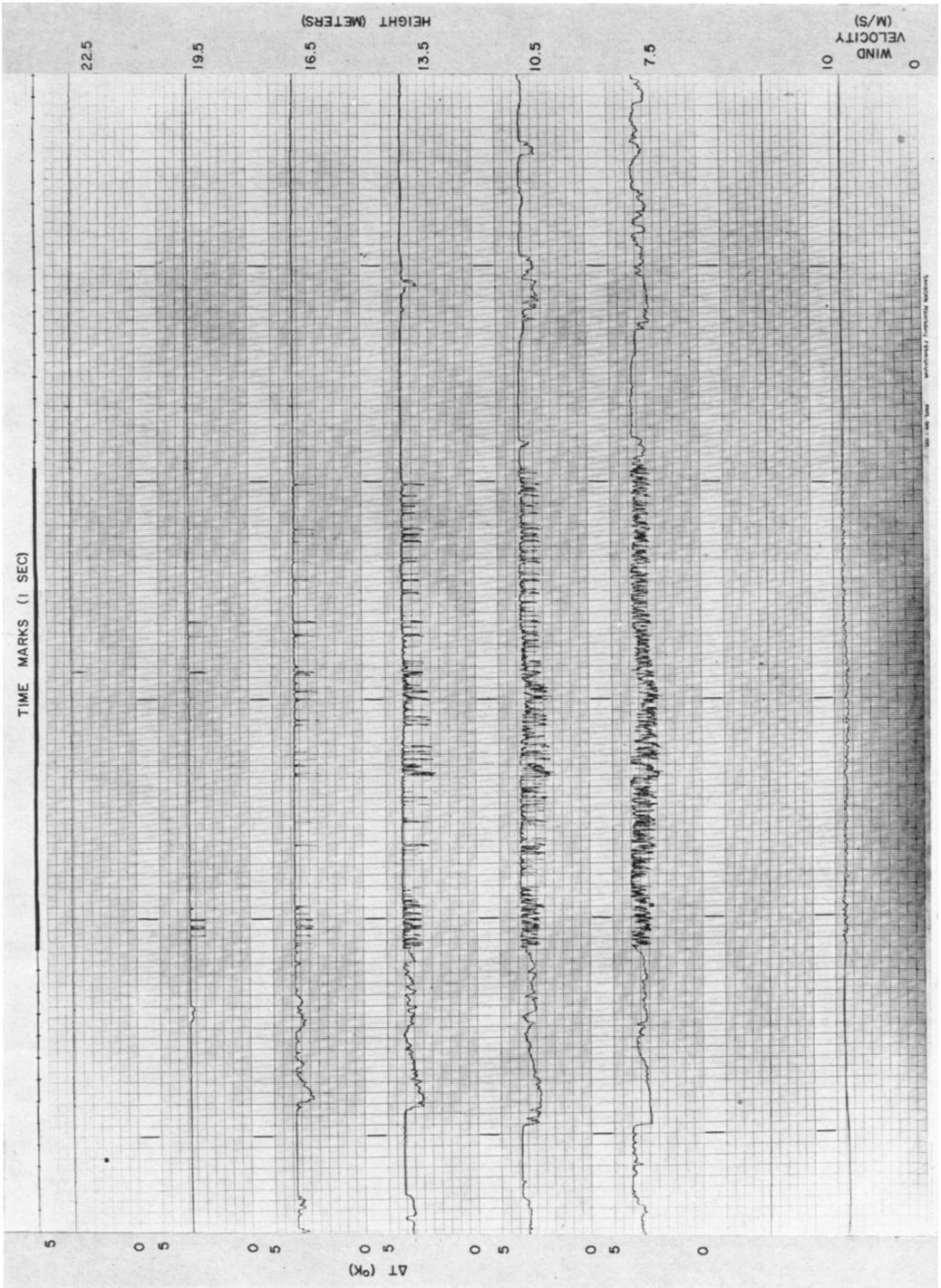


(a) Vue du Petit Karroo, près de Oudtshoorn, montrant des nuages en rouleaux sur les Monts Swartberg.



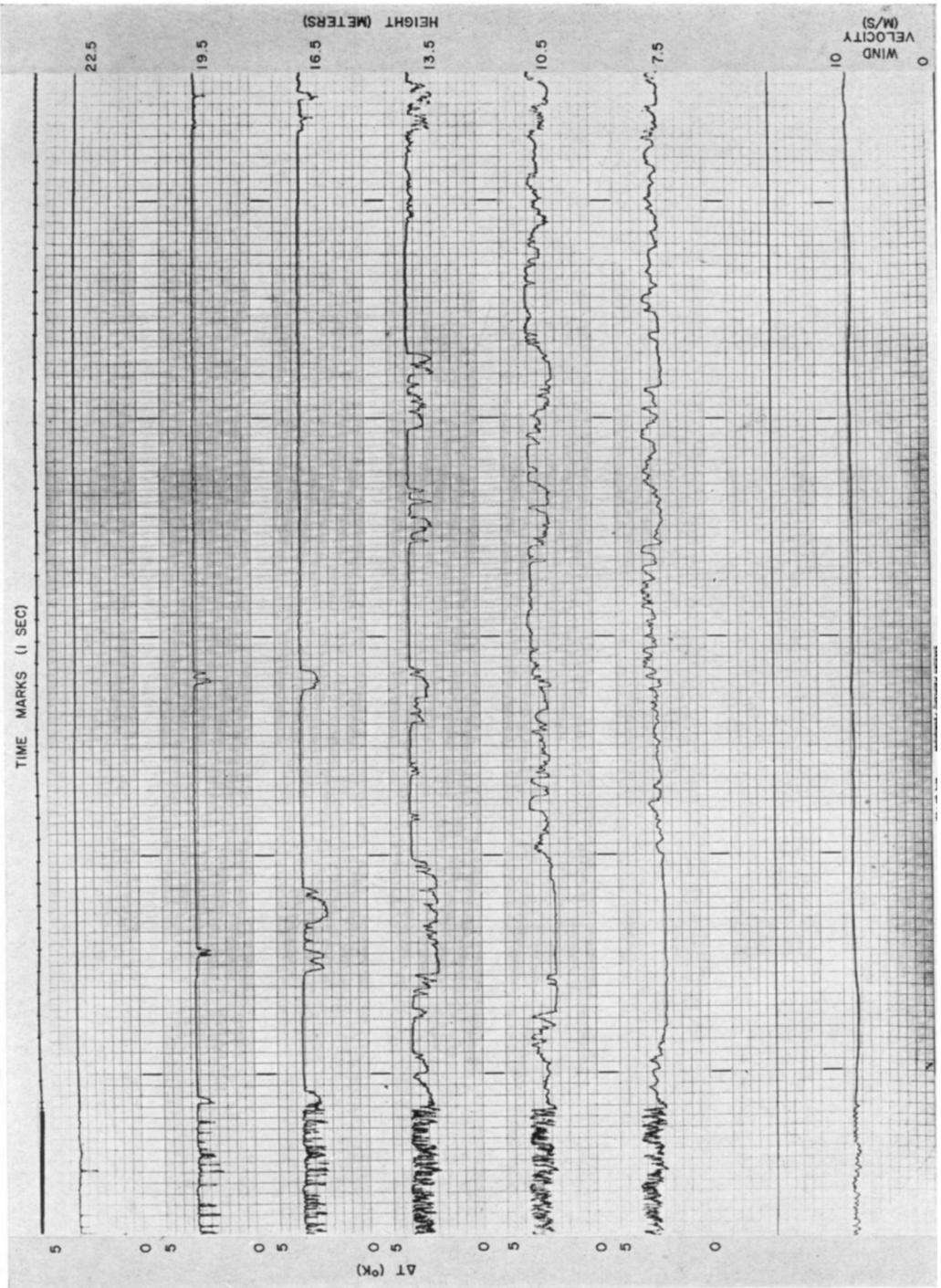
(b) Vue aérienne de l'Observatoire du Pic du Midi (2860 m) du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

PLANCHE II.



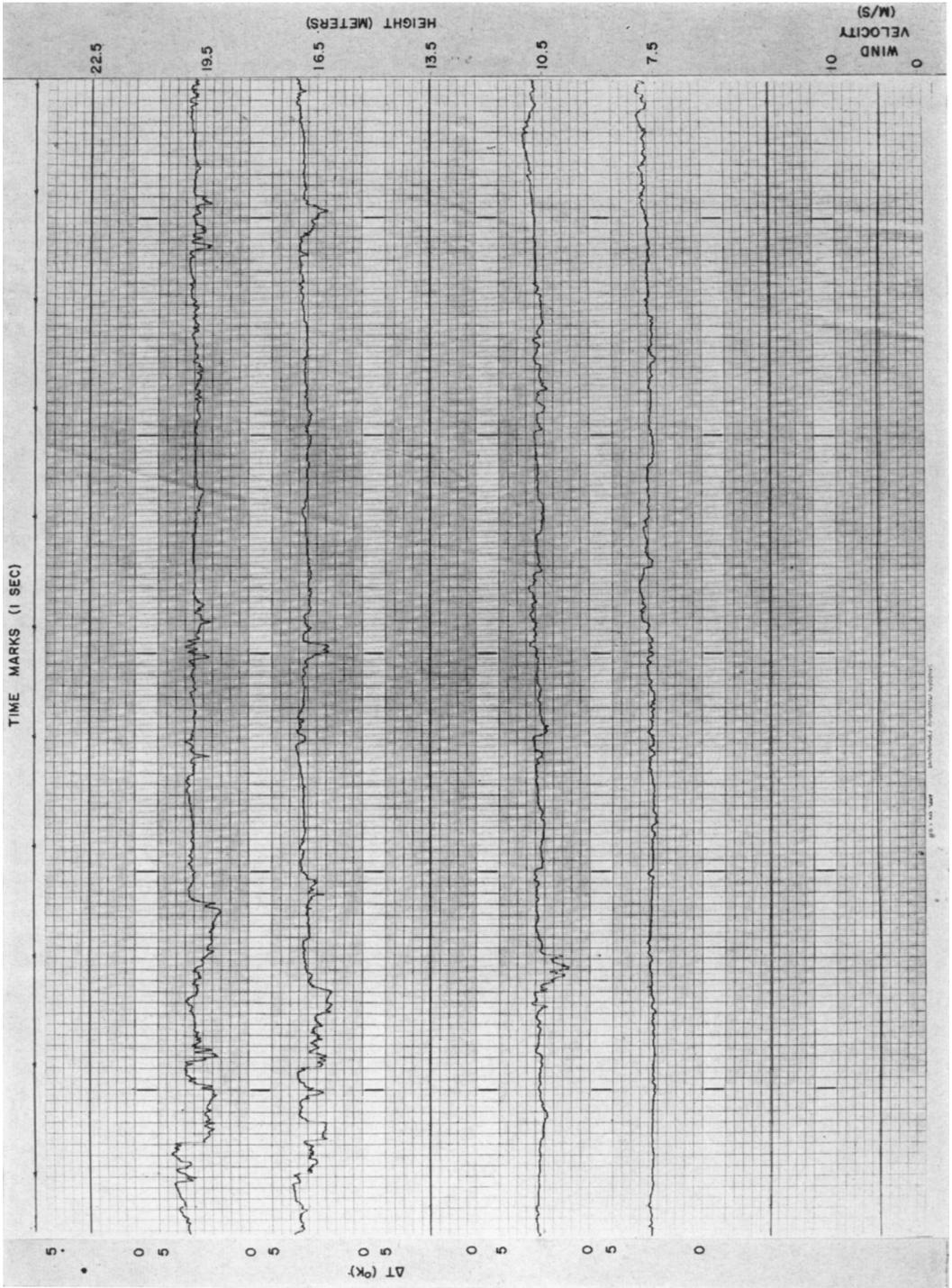
An example of temperature fluctuations recorded at various levels above the ground. Time increases from right to left. The time-base in the central part of the record is 20 s per large division. The 4.5 m channel was inoperative.

PLANCHE III.



A record similar to plate II, but with an expanded time-base.

PLANCHE IV.



A non-typical record showing a rare occurrence of extremely rapid temperature fluctuations. The 4.5, 13.5 and 22.5 m channels were inoperative. Note the greatly expanded time-base. At the time these measurements were made very rapid image motions exceeding 10 seconds of arc were observed with the double-beam telescope.

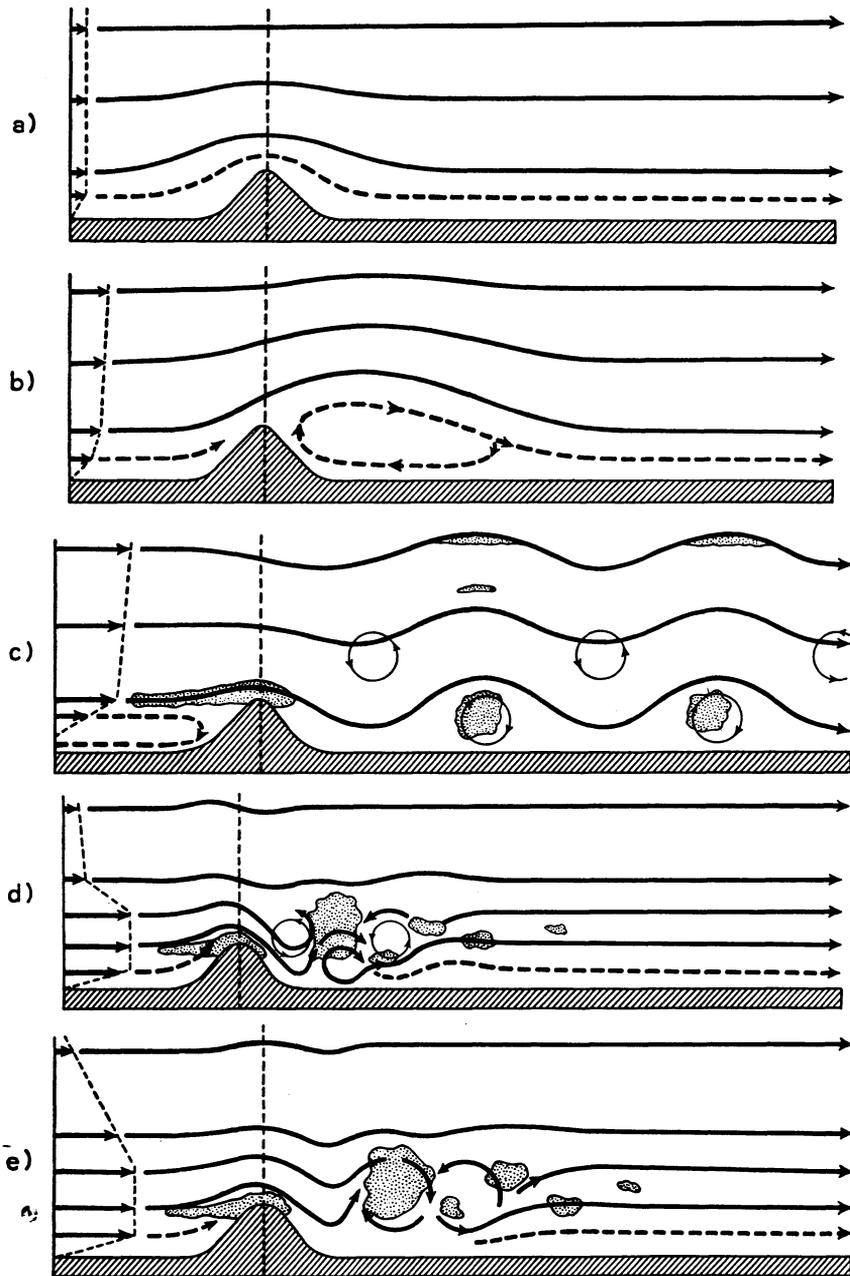


Fig. 15. — Classification des types de perturbation des vents au-dessus d'une chaîne de montagnes, d'après J. Förchtgott : *a*, écoulement laminaire; *b*, écoulement à tourbillons stationnaires; *c*, écoulement ondulateur; *d*, *e*, écoulement à rotors.

Symposium U. A. I. n° 19.

7

Les jet-streams, dont il est question ci-après, paraissent d'ailleurs plus réguliers dans l'hémisphère austral (où dominent les océans) que dans l'hémisphère Nord (où dominent les terres émergées), sans doute par suite de la différence existant entre les mécanismes thermiques prenant naissance au-dessus des mers et ceux prenant naissance au-dessus des continents, mais aussi, croit-on, parce que les continents présentent des accidents orographiques non négligeables dans la perturbation et la distribution générales des courants atmosphériques de grande altitude.

L'absence totale de vent n'est pas toujours préférable. Au sol, elle permet, en effet, les échanges thermiques sous forme de courants de convection stationnaires, entre le sol et les couches les plus basses de l'atmosphère et facilite ainsi un mécanisme de turbulence particulièrement gênant. Aussi, on ne s'étonnera pas qu'un vent faible soit finalement bien souvent préférable à l'absence totale de vent, puisqu'il active le refroidissement du sol en empêchant simultanément la formation de courants de convection.

En altitude, le vent est également un facteur de turbulence atmosphérique par suite des phénomènes thermodynamiques susceptibles de prendre naissance au contact de deux couches atmosphériques se déplaçant à des vitesses différentes.

Plus le courant atmosphérique est situé à grande altitude, plus ses effets intéressent de grandes régions. D'abord, parce qu'ils sont visibles d'un plus grand nombre de stations au sol, mais aussi et surtout parce que ces courants sont d'autant plus vastes et, dès lors, plus stables. Dans cet ordre d'idées, les jet-streams seraient à prendre particulièrement en considération, car il n'est pas exclu que certains types de turbulence intéressant l'astronome et pouvant affecter d'immenses régions, voire un continent, trouvent leur origine dans la présence de ces courants de haute altitude (*fig. 16*). On a d'ailleurs pu mettre en évidence déjà que ces courants dont les noyaux se déplacent à des vitesses comprises entre 50 et 100 m/s, à 1 ou 2 km sous la tropopause, sont accompagnés de zones turbulentes généralement localisées sur leurs « faces » dépressionnaires.

Dans certains cas particuliers, le vent peut être un allié précieux pour l'astronome. Nous citerons seulement ici, à l'appui de cette thèse, deux exemples relatifs à la République Sud-Africaine.

Il s'agit tout d'abord des effets du « Bergwind » prenant naissance sur la face Nord (exposée au rayonnement solaire) des Swartbergen, chaîne de montagnes d'altitude moyenne voisine de 1800 m, orientée Est-Ouest, parallèlement à la côte de l'océan Indien, à quelque 80 km de celle-ci. Cette chaîne de montagnes borde au Sud, le Grand Karroo (*fig. 17*) dont l'altitude est comprise entre 500 et 1000 m. Or, on peut observer dans la région de Prince-Albert, petit village situé dans

le Grand Karroo immédiatement au Nord de la chaîne de montagnes, l'apparition assez régulière, surtout pendant l'été austral, entre 15 et 17 h, d'un fort vent (du Sud) venant de la montagne. En quelques heures, ce vent chasse complètement vers le Nord jusqu'à plusieurs

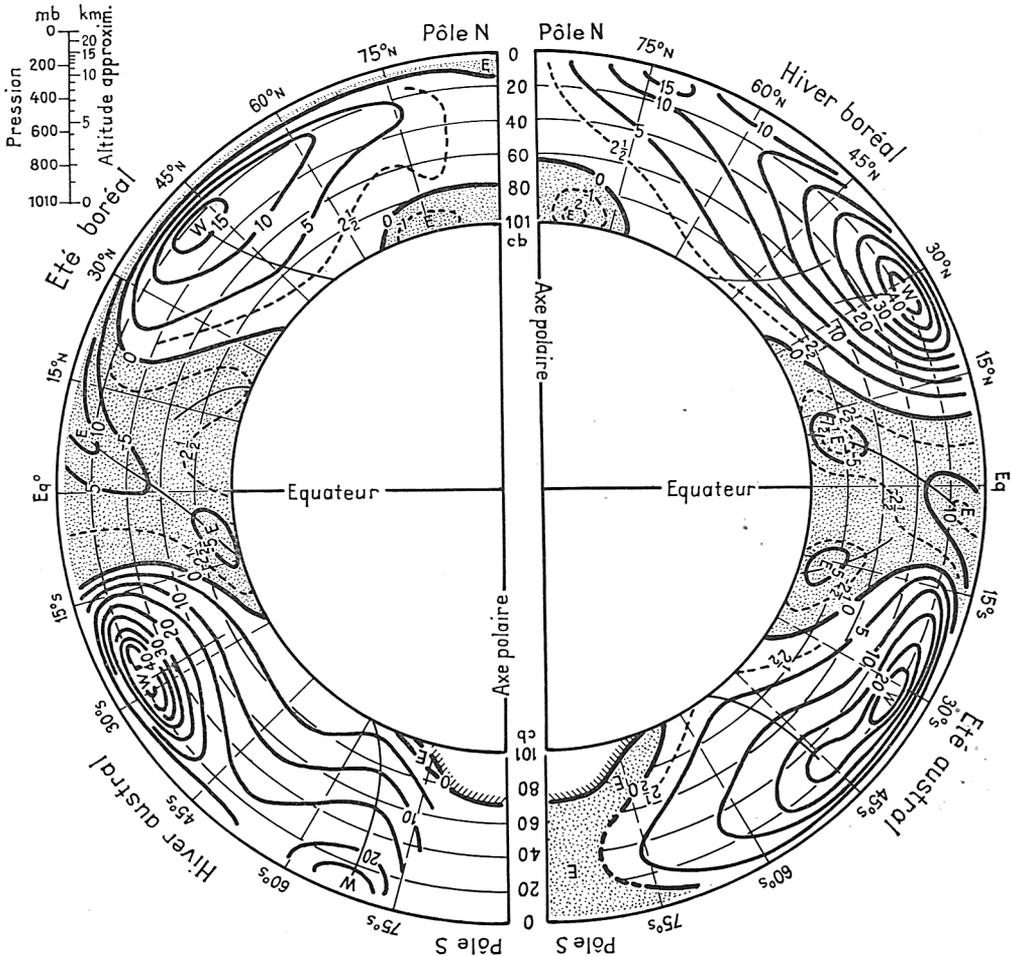


Fig. 16. — La circulation zonale normale (en été et en hiver) pour l'ensemble des deux hémisphères, d'après Y. Mintz.

dizaines de kilomètres, voire jusqu'à plus de 100 km, tous les nuages bas accumulés dans la région au cours de la journée. L'intensité de ce vent tombe aussi brusquement qu'il a pris naissance, généralement avant le coucher du Soleil et fait place à une nuit claire et parfaitement calme.

Un autre exemple concerne la présence, dans la région de l'observatoire du Cap, d'un vent dominant prenant très souvent naissance dans la soirée et dont l'action consiste à chasser au loin les poussières et brumes accumulées au-dessus de la ville dans la journée. C'est ainsi qu'en dépit de la très faible altitude de l'observatoire (quelques mètres) des observations photométriques de qualité peuvent y être faites régulièrement.

Des renseignements précis sur ces types de vents sont, dès lors, très précieux pour procéder au choix d'un site.

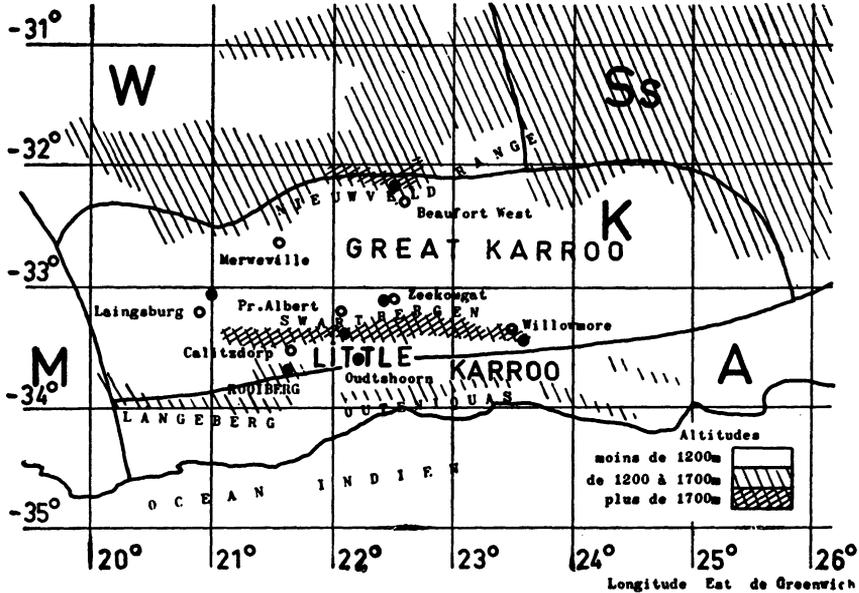


Fig. 17. — Carte donnant le relief général de la région météorologique dite « A », les positions des stations d'observation (cercles blancs) et les principales villes (cercles noirs).

Il est donc absolument fondamental, afin de parfaire, d'une part, notre compréhension des phénomènes de turbulence et, d'autre part, nos informations sur la nébulosité et la transparence du ciel, de connaître toutes les caractéristiques des vents au sol et en altitude dans le site même ainsi que dans la région environnante, celle-ci pouvant s'étendre assez loin de l'endroit choisi.

2. L'observation du vent au sol est faite dans toutes les stations synoptiques avec les rythmes propres à chacune des catégories auxquelles elles appartiennent. L'intensité et la direction du vent au sol figurent donc dans les messages SYNOP et AERO. De plus, des moyennes

climatologiques sont établies et publiées par les institutions météorologiques nationales.

En altitude, le vent n'est observé que dans les stations synoptiques effectuant des observations par des moyens radioélectriques (radiovents) ou par des moyens optiques (ballons-pilotes, suivis au théodolite). Seuls, les radiovents permettent des observations régulières indépendamment des conditions de visibilité. Ils font l'objet de messages codés appelés messages PILOT.

La densité du réseau des stations où l'on procède à l'observation du vent par « radiovents » varie d'une région à l'autre du globe. Cette densité de ce réseau est naturellement moindre que celle du réseau des stations synoptiques. Le rythme d'observation convenu internationalement est de quatre radiovents par jour, aux heures synoptiques principales, mais il n'est respecté que dans peu de stations du réseau dont nous venons de parler. Néanmoins, sur la base des données ainsi recueillies, des études ont pu être entreprises sur les grands courants aériens en altitude, par certaines institutions météorologiques nationales. Nous citerons, par exemple, les études générales sur les courants à l'échelle du globe, à différentes altitudes standards, faites en Angleterre (*Memoirs of the Meteorological Office*) et en Allemagne (*Meteorologische Abhandlungen*).

Remarquons encore que les radiovents ne permettent pas de mettre en évidence toutes les fluctuations du vent en intensité et en direction. L'inertie du ballon ainsi que les caractéristiques radioélectriques de l'appareillage d'observation au sol et le rythme des mesures (une toutes les minutes, environ) sont naturellement responsables de ce fait.

Lorsque les éléments turbulents sont d'assez grandes dimensions, les mouvements horizontaux du ballon et ses fluctuations en ascension peuvent être détectés. Toutefois, c'est surtout par l'observation en avion, planeur ou ballon, que les irrégularités dans les courants aériens ont été le mieux étudiées. Mais ce sont là des cas isolés ayant permis de localiser néanmoins certaines zones de turbulence associées par exemple au jet-stream et aux effets orographiques.

Citons encore l'agitation des éléments de la grappe de ballons entraînant l'astronome-aéronaute A. Dollfus dans la stratosphère et l'étude de certains courants de très haute altitude, par la déformation des nuages de sodium ou de particules émis par des fusées expérimentales (J. Blamont).

d. La température :

1. L'étude de la température de l'atmosphère terrestre en fonction de l'altitude est fondamentale pour l'interprétation du phénomène général de la réfraction atmosphérique. Mais l'étude des inversions thermiques et des fluctuations locales de la température autour des valeurs d'équilibre le long du trajet des rayons lumineux nous parve-

nant d'un astre sont seules intéressantes pour connaître les variations de la densité et, dès lors, d'indice de réfraction, c'est-à-dire le mécanisme de détérioration des images télescopiques.

Il est bien évident que la façon la plus sûre de juger avec précision des effets des inhomogénéités d'indice de réfraction sur la qualité des images, est d'observer directement ses effets. Il n'empêche que la localisation *a priori* et la connaissance des dimensions des éléments turbulents constitutifs du milieu inhomogène, doivent apporter une contribution importante dans la préparation d'une prospection et puissent aider à confirmer ou à infirmer certaines interprétations parfois délicates d'observations de la qualité des images faites plus tard dans les sites choisis.

C'est ainsi que les variations diurnes de température au sol constituent déjà une indication précieuse bien que la connaissance des anomalies de variation de la température avec l'altitude serait encore plus utile. Les variations au sol permettent de se faire une idée des échanges thermiques devant avoir lieu dans les couches les plus basses de l'atmosphère. Des observations de la température faites seulement dans les 100 premiers mètres au-dessus du niveau général de la région, le long d'une colline, ont permis, par exemple, aux membres de l'expédition de l'Observatoire Européen Austral, de confirmer l'existence dans la région de Bloemfontein (République Sud-Africaine, État Libre d'Orange), par nuit sans vent ou vent faible, d'une couche d'inversion thermique (soupçonnée par les météorologistes) particulièrement importante et de montrer ses effets désastreux quant à l'altération des images stellaires dans un télescope de 25 cm d'ouverture. On se libère facilement des effets de la zone de turbulence qui lui est associée, en plaçant les observatoires à plus de 100 m au-dessus du niveau général de la région, sur des « kopjes », c'est-à-dire sur l'une ou l'autre des nombreuses buttes-témoins dont la région est parsemée (le Boyden Observatory et le Lamont-Hussey Observatory sont situés sur des « kopjes » dominant le vaste plateau entourant Bloemfontein).

Comme les fluctuations de température dans le temps et dans l'espace sont directement responsables de la détérioration des images, nous n'insisterons pas ici plus avant sur l'importance du facteur météorologique « température », le problème qu'il pose devant faire l'objet d'une autre séance de travail.

Notons encore, toutefois, que les grandes variations diurnes de température sont gênantes d'une part parce qu'elles peuvent être déterminantes dans la formation de couches atmosphériques turbulentes et, d'autre part, parce qu'elles accroissent le temps nécessaire à l'uniformisation de la température des différentes parties d'un grand instrument, au cours de la nuit, condition indispensable à l'obtention des meilleures images.

2. La température est observée au sol systématiquement dans toutes les stations synoptiques (*voir* tableau). En altitude, seuls les radiosondages donnent des mesures de la température, ainsi que, accessoirement, les opérations menées en avion ou en ballon libre, au cours de missions spécialement organisées à cet effet. La densité du réseau des stations de radiosondages est semblable à celle du réseau des stations où sont effectuées des observations du vent en altitude

Les radiosondages sont effectués en principe à deux des heures synoptiques principales, en l'occurrence, à 0 h et à 12 h (T. U.) et font l'objet de messages codés de l'O. M. M., appelés messages TEMP.

La précision des mesures est de 0^o,1 pour les observations au sol et de l'ordre du degré ou plus, pour les mesures en altitude par radiosondages, cette précision allant en décroissant sensiblement avec l'altitude, par suite de l'allure générale des erreurs instrumentales en fonction de la grandeur du paramètre à mesurer.

Étant donné l'inertie des appareils de mesure et surtout des appareils de réception radioélectriques, il est pratiquement impossible de mettre en évidence de petites variations de température à l'intérieur d'éléments turbulents de l'ordre du décimètre ou du mètre. Il n'empêche que certains résultats ont été obtenus par radiosondages pour des éléments de plus grandes dimensions, par exemple, ceux associés au jet-stream. Ceux-ci peuvent intéresser l'astronome car on ne peut encore dire aujourd'hui jusqu'à quel point les éléments turbulents de grandes dimensions sont accompagnés d'éléments de dimensions plus petites.

Notons encore qu'on a pu observer, dans les couches d'air situées au-dessus de régions accidentées, des différences adiabatiques de température dans les perturbations d'origine orographique. Il est fort probable que ces différences de température perturbent considérablement les observations astronomiques.

Pour en terminer avec la température, nous ajouterons encore que les observations de ce facteur météorologique sont données dans les messages seulement pour certaines pressions standards ainsi que pour des points caractéristiques (anomalies, inversions, etc.) de la courbe de température en fonction de l'altitude. Il faut néanmoins se souvenir que le retour aux enregistrements eux-mêmes permet de recueillir plus de renseignements que ceux contenus dans les messages.

e. L'humidité :

1. La vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère absorbe l'énergie lumineuse dans différentes régions du spectre. Cette absorption, déjà sensible dans la partie visible, devient particulièrement importante dans la région infrarouge. On conçoit qu'il y ait tout intérêt à ce que l'atmosphère sūplombant une station d'observation astronomique contienne le moins possible de molécules d'eau, spécialement dans le

cas d'observations spectroscopiques et photométriques. Bien que la manière la plus efficace de s'en assurer soit de procéder sur place à des mesures de transparence atmosphérique dans les domaines spectraux intéressés, les mesures de l'humidité de l'air au sol et en altitude constituent des informations, peut-être insuffisamment précises pour conduire à une estimation satisfaisante de ces effets, mais néanmoins non négligeables.

Par contre, alors que la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère représente, à partir d'un certain degré, une gêne considérable pour les observations spectroscopiques et photométriques, elle peut parfois — dans des limites raisonnables — être favorable à l'observation visuelle de grande précision (étoiles doubles, par exemple) et à l'astronomie de position, en général. La vapeur d'eau peut, en effet, jouer le rôle de manteau protecteur entravant les échanges thermiques entre le sol et les couches basses de l'atmosphère et peut donc s'opposer à la formation de courants de convection dans ces couches et, dès lors, à la naissance d'une des composantes de la turbulence atmosphérique.

Il apparaît ainsi combien les facteurs météorologiques : température et humidité de l'air sont associés l'un à l'autre dans le problème de la recherche d'un site d'observatoire astronomique.

D'autre part, il est inutile d'insister sur l'effet de la brume ainsi que sur l'importance des condensations pouvant se produire sur les instruments d'observation. Certains sites présentent cette dernière particularité de façon tellement systématique qu'il ne pourrait jamais être question d'y installer un observatoire.

2. L'humidité de l'air fait généralement l'objet de mesures systématiques dans les stations où sont exécutées les mesures de la température, au sol comme en altitude. Il n'y a donc pas lieu de revenir ici sur la densité du réseau des stations d'observations et sur les rythmes quotidiens d'observation.

Il faut cependant remarquer que la précision des mesures, déjà pas très grande dans le cas d'observations faites au sol, va en décroissant sensiblement avec l'altitude. Les valeurs mesurées ne sont pour ainsi dire que des ordres de grandeur et, de plus, des moyennes portant sur d'assez grandes variations en hauteur, étant donné la vitesse ascensionnelle de la sonde.

III. — INTÉRÊT ET USAGE POSSIBLE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES POUR GUIDER DANS LE CHOIX D'UN SITE D'OBSERVATOIRE.

a. Possibilités d'exploitation des données météorologiques en vue d'orienter une prospection astronomique. — Sur la base de ce que nous avons vu plus haut (§ 2), deux remarques importantes sont à faire en ce qui concerne la documentation météorologique disponible.

Elles ont trait à ce qui différencie essentiellement le matériel statistique nécessaire aux recherches climatologiques et celui dont on *devrait* disposer en vue de la recherche de sites astronomiques.

1. Tout d'abord, les *moyennes annuelles, saisonnières, mensuelles et diurnes* relatives aux facteurs météorologiques observés — données fondamentales en climatologie et les seules à faire pratiquement l'objet de publications — sont presque toutes inutilisables par l'astronome pour des raisons évidentes. Il suffit, par exemple, de rappeler qu'une nébulosité de $\frac{1}{8}$ uniformément répartie sur toute une nuit est beaucoup plus défavorable à l'observation astronomique qu'une nébulosité de $\frac{2}{8}$ affectant seulement la première moitié de la nuit, suivie d'une nébulosité nulle au cours de la seconde moitié. Pourtant, dans les deux cas, la nébulosité moyenne est de $\frac{1}{8}$. Il en va de même pour tous les autres types de moyennes et pour la plupart des facteurs météorologiques (nébulosité moyenne mensuelle à 8 h, par exemple; précipitations diurnes moyennes; températures moyennes; variations diurnes moyennes de la température, etc.), sauf peut-être pour les vents en haute altitude comme nous le verrons plus loin (§ b, 2). Il peut arriver ainsi qu'une région reconnue climatiquement favorable sur la base d'études synoptiques conduites par des météorologistes n'offre, en fait, aucun site convenable lors d'un examen plus poussé au cours de la prospection sur le terrain.

Aussi, puisque les relevés statistiques pouvant intéresser l'astronome sont généralement inexistant, il est indispensable d'avoir recours aux observations individuelles en retournant aux documents météorologiques originaux, c'est-à-dire aux messages SYNOP, AERO, PILOT (radiovents) et TEMP (radiosondages) :

Dans le cas où ces documents sont disponibles, il reste à préciser le genre de statistique à faire. A notre sens, il faut procéder à un simple relevé des fréquences d'apparition de nuits (ou de jours dans le cas d'observations solaires) présentant certains caractères définis suivant les divers facteurs météorologiques (*voir plus loin*, § b, 3).

2. Ensuite, les stations d'observation synoptiques, de radiovents et de radiosondages, sont souvent trop éloignées les unes des autres pour qu'une interpolation soit permise entre les mesures faites dans les stations environnant le site étudié. Aussi, une région peu favorable du point de vue météorologique peut recéler des sites particuliers tout à fait exceptionnels pour l'Astronomie. Cette remarque est d'autant plus à prendre en considération qu'on recherche actuellement pour les observatoires astronomiques des sites généralement assez élevés afin d'éviter aux ~~ondes~~ *ondes lumineuses* d'avoir à traverser les plus basses couches atmosphériques, c'est-à-dire les plus denses et les plus perturbatrices à tout point de vue (nébulosité, transparence et turbulence) et qu'on se

trouve ainsi orienté, dans bien des cas, vers des régions au relief tourmenté où les variations des facteurs météorologiques sont parfois très importantes entre deux sites très peu distants (quelques kilomètres) l'un de l'autre.

b. Le choix d'un site d'après les facteurs météorologiques :

1. Dès qu'il a décidé des programmes d'observation à réaliser dans l'observatoire qu'il projette de construire et des types d'instruments qui l'équiperont, l'astronome se trouve aussitôt placé devant le problème du choix du site. Ce choix dépend d'une compatibilité aussi heureuse que possible entre les exigences des programmes d'observation projetés et les qualités de l'atmosphère surplombant la région environnant immédiatement le site cherché.

Parmi les cinq facteurs météorologiques dont nous venons d'examiner le rôle et l'importance en Astronomie, on peut distinguer, semble-t-il, deux catégories.

D'une part, *la nébulosité, les précipitations et le vent* sont des facteurs dont l'action *essentielle* est d'agir sur la fréquence des heures et des nuits d'observation, c'est-à-dire sur le rendement général des instruments, *quels que soient les programmes*. D'autre part, *la température et l'humidité* sont des facteurs dont l'action sur le rendement se double d'une action primordiale sur la qualité des observations.

Aussi, il semble que lors d'une première prise de contact avec le problème du choix d'un site, vu sous l'angle de la météorologie, il faille se tourner avant tout vers les facteurs constituant la première catégorie, ceux de la seconde ne présentant de l'intérêt qu'à partir du moment où les facteurs météorologiques de la première catégorie sont favorables à l'observation. Les efforts devraient donc porter principalement sur la réunion de toutes les informations disponibles sur la nébulosité, les précipitations et le vent.

2. *La nébulosité* peut être très difficile, voire impossible, à estimer dans le site envisagé. Les résultats statistiques tirés d'observations faites dans les stations synoptiques environnantes ne peuvent servir que d'indications très générales ne permettant pas de prévoir avec une précision suffisante le nombre d'heures et de nuits (jours) d'observation dont on pourra disposer en moyenne, dans le site, au cours de l'année. Ceci tient aux deux remarques faites au paragraphe *a* et d'autant plus que la répartition des nuages dans le ciel n'est indiquée nulle part, comme nous l'avons vu plus haut (II, § *a*, 2).

Les précipitations constituent des informations d'appoint très importantes dans la définition des zones climatiques et, dès lors, dans la connaissance de la nébulosité générale de la région. L'existence de cycles diurnes dans les précipitations (comme dans la nébulosité) aux stations synop-

tiques est importante à connaître car elle présente souvent un caractère général à l'intérieur d'une même zone climatique, caractère qu'il y aurait lieu, bien entendu, de vérifier sur place par la suite. La présence de pluies saisonnières est peut-être l'un des facteurs les plus déterminants permettant l'élimination de certaines régions.

Les vents en altitude bien que perturbés par d'éventuels accidents orographiques conservent néanmoins dans l'ensemble, leur orientation générale. Les études statistiques publiées à leur sujet sont donc très utiles car elles permettent d'éviter le choix de régions parcourues par des vents transportant des poussières originaires de régions désertiques ou industrielles. Elles permettent également de soupçonner des effets orographiques en comparant l'orientation des vents dominants aux diverses altitudes, à celle des chaînes de montagnes.

3. On peut donc conclure que les observations synoptiques, au sol et en altitude, suffisantes pour permettre au météorologiste de reconnaître les différentes zones climatiques existant dans un pays, sont généralement insuffisantes pour permettre à l'astronome de *choisir avec assurance*, les régions susceptibles de receler des sites appropriés à l'installation d'un observatoire. Elles permettent tout au plus de classer les différentes régions suivant leurs chances d'offrir des sites intéressants.

Mais il n'empêche que même si nos connaissances des facteurs météorologiques permettent seulement d'orienter les prospections, en mettant en garde contre tel indice apparemment défavorable ou, au contraire, en attirant l'attention sur tel autre peut-être intéressant, ils méritent qu'on s'y arrête. Mais après avoir interprété au mieux les données météorologiques disponibles, il paraît nécessaire de passer immédiatement à l'organisation de la prospection.

C'est alors que les informations recueillies sur les facteurs météorologiques de la seconde catégorie, *la température et l'humidité*, peuvent intéresser utilement l'astronome. Rapprochées des observations de la turbulence et de la transparence atmosphériques, elles l'aideront dans l'interprétation des phénomènes et le classement des sites par ordre de qualité.

Sans vouloir ici interférer avec le sujet d'une autre séance de travail, spécialement consacrée à l'organisation des prospections, il semble néanmoins indispensable de faire quelques remarques sur ce point.

Étant donné que la répartition des stations synoptiques ne convient presque jamais pour le but poursuivi par l'astronome, il semble impérieux d'installer, dès le début de la prospection, un réseau de stations d'observations météorologiques, organisé dans le sens souhaité. La distribution des stations ne peut être décidée que *sur place*, en fonction des facteurs non météorologiques susceptibles d'entrer en ligne de compte.

Ces observations devraient être faites au moins aux heures synoptiques principales et intermédiaires, afin de permettre éventuellement plus tard, une étude comparative et peut-être un raccordement avec les résultats obtenus par les météorologistes dans les stations synoptiques environnantes. Ensuite, ces observations devraient comprendre :

— l'estimation de la nébulosité, par son importance (en octas), par la nature des nuages, par leur répartition dans le ciel et par leurs mouvements. On pourrait utilement s'inspirer des recommandations faites par l'O. M. M. en ce qui concerne la tenue d'un « Journal des Nuages »;

— l'indication de précipitations, orages, tempêtes, etc. (La hauteur des pluies n'est pas un renseignement absolument indispensable);

— l'observation du vent au sol et, si possible, celle des vents en altitude par radiovents ou ballons-pilotes. L'observation par ballon-pilote pourrait suffire, les données correspondantes n'étant utiles à connaître que par beau temps, c'est-à-dire précisément lorsque de telles observations sont faisables;

— l'enregistrement de l'humidité et de la température.

Quant à la présentation des résultats, elle pourrait se faire par voie statistique à condition de respecter chaque fois l'unité d'une même nuit (ou jour) en procédant à la classification des nuits (jours) suivant des critères à établir. Ceci éviterait que des moyennes viennent cacher

TABLEAU II.

| Nébulosité. | Vent. | | |
|---|--|--|-------------------|
| | Moins de 2 m/s. | De 2 à 8 m/s. | Plus de 8 m/s. |
| Ciel entièrement dégagé..... | 1 a | 1 b | 1 c |
| Ciel entièrement dégagé au cours de la | $\left. \begin{array}{l} 1^{\text{re}} \text{ moitié} \\ \text{de la nuit} \\ 2^{\text{e}} \text{ moitié} \\ \text{de la nuit} \end{array} \right\}$ | et faiblement couvert (de l'ordre de 1/8) au cours de l'autre moitié. | |
| | | 2 a | 2 b |
| Ciel entièrement dégagé au cours de la | $\left. \begin{array}{l} 1^{\text{re}} \text{ moitié} \\ \text{de la nuit} \\ 2^{\text{e}} \text{ moitié} \\ \text{de la nuit} \end{array} \right\}$ | et fortement couvert au cours de l'autre moitié. | |
| | | 2' a | 2' b |
| Ciel partiellement couvert toute la nuit..... | 3 a | 3 b | 3 c |
| Ciel fortement couvert toute la nuit..... | 3' a | 3' b | 3' c |
| Ciel partiellement couvert toute la nuit..... | 4 a | 4 b | 4 c |
| Ciel fortement couvert toute la nuit..... | 5 a | 5 b | 5 c |

l'objet réel des recherches. On pourrait, par exemple, considérer pour les observations de nuit, des catégories comme celles contenues dans le tableau II.

Une sous-classification supplémentaire permettrait d'indiquer la répartition de la nébulosité et son genre, et peut-être aussi l'existence de précipitations au cours de la journée précédant chaque nuit considérée.

De telles classifications ont déjà été utilisées au cours de certaines prospections (exemple : Ténériffe).

On ne devrait cependant jamais omettre de fournir simultanément, en plus d'une statistique de ce genre, la liste détaillée des observations individuelles afin de permettre, le cas échéant, tout autre dénombrement pouvant présenter de l'intérêt.

Ensuite, une étude générale des conditions météorologiques pourrait être entreprise en rattachant le réseau météorologique propre à la prospection astronomique, au réseau des stations synoptiques et climatologiques environnantes.

c. Étude des corrélations entre facteurs climatologiques et turbulence atmosphérique ('). — Alors qu'on connaît bien les divers éléments intervenant dans l'absorption et la diffusion atmosphériques, on est beaucoup moins bien renseigné sur les effets précis des facteurs météorologiques sur la turbulence atmosphérique. On en connaît évidemment les principes généraux — que nous avons examinés sommairement plus haut — mais peu d'études ont été faites sur la localisation, par exemple, des zones de turbulence dans l'atmosphère, pour autant bien entendu que de telles zones existent.

Il est évident que la localisation de ces zones pourrait être de grande utilité pour aider dans la recherche de sites d'observatoires astronomiques (jet-stream, par exemple). Aussi, il ne paraît pas possible de terminer cet exposé sans proposer que des recherches systématiques soient faites partout où elles sont possibles, sur les corrélations pouvant lier les facteurs météorologiques aux divers aspects de la détérioration des images. De telles recherches ont déjà été faites, par exemple, en ce qui concerne la scintillation (W. M. Protheroe). Nous avons nous-même entrepris à l'Observatoire Royal de Belgique des observations de l'altération des images données par un équatorial de 45 cm d'ouverture diaphragmé à 25 cm, en liaison avec les radiosondages et radiovents effectués à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, à 0 h (T. U.).

Néanmoins, il ne faudrait pas espérer que la connaissance de telles corrélations — si elles existent — conduiront un jour à substituer à

(') Ce dernier passage du rapport introductif dont le texte fut distribué en séance n'a pas fait l'objet de l'exposé. Sa publication paraît néanmoins intéressante car les idées qui y sont développées ont été évoquées souvent par plusieurs orateurs au cours des diverses séances de travail.

une prospection sur le terrain une série de recherches statistiques permettant de conclure avec la même assurance au choix d'un site. Outre leur complexité, la turbulence et la transparence atmosphériques dépendent encore de bien des facteurs non-météorologiques dont l'intervention subtile ne peut être prévue avec toute la précision désirée. Ce sont: l'orographie générale et locale, le voisinage éventuel d'océans, de grands lacs, déserts, sites industriels et villes, la nature du sol, etc. Il est donc indispensable, à notre sens, d'étudier la turbulence et la transparence atmosphériques sur place et d'abandonner définitivement l'idée d'une délimitation *a priori* des seules régions dans le monde offrant quelque chance d'y trouver des sites intéressants, en se basant *uniquement* sur les données météorologiques existantes ou sur celles qu'on pourrait espérer réunir dans l'avenir.

* * *

C'est pour nous un agréable devoir de remercier M. L. Dufour, météorologiste à l'Institut Royal Météorologique de Belgique, pour les nombreuses indications et les conseils des plus utiles qu'il a bien voulu nous donner lors de la préparation de cet exposé introductif.

