

LA METEOROLOGIE

SES POSSIBILITES, SES BESOINS URGENTS

I - Les étapes de la protection météorologique de la Navigation Aérienne et les moyens employés.

Les besoins sans cesse grandissants de l'Aéronautique ne sont pas étrangers au fait que les Météorologistes ont pu étendre leur domaine d'investigation. Si, même du seul point de vue de la science, il eut été nécessaire d'aller sonder l'atmosphère jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres d'altitude, comme il eut été nécessaire de disposer de renseignements sur les océans, il n'est pas douteux que le rayon d'action et l'altitude de vol des appareils ont, en s'accroissant, posé ces questions à l'ordre du jour de la Météorologie avec une urgence qui lui a, parfois, permis d'obtenir en temps utile les moyens nécessaires.

Mais on ne doit pas oublier que ce sont les recherches antérieures à l'Aviation (par exemple en France les sondages à haute altitude de TEISSEREND de BORT en 1899) qui avaient appris aux météorologistes les variations de température entre le sol et 12 à 13 km et donné à ceux-ci une idée de la variation de la vitesse du vent à haute altitude.

Jusqu'en 1930, le chemin parcouru sans escale par les avions s'allonge d'année en année, mais leur altitude de vol reste comprise entre le sol et 3.000 mètres. Cependant, dès 1925, la protection des raids conduit les météorologistes à demander l'intensification du réseau d'observations au sol et à basse altitude.

C'est ainsi que dès la fin de 1926, dans un rapport relatif à la protection météorologique de l'année (Pelletier d'Oisy: Villacoublay - Pologne; Arrachart : Paris - Irkoutsk...) j'étais amené à conclure :

" En vue d'améliorer dans les meilleures conditions la protection de tels voyages, il est nécessaire :

1°) de disposer d'un réseau d'observations complet et dense en Russie et dans l'Europe du Sud-Est;

2°) parallèlement, de faire adopter un code météorologique mieux adapté à une diffusion rapide et large et qui permette surtout des échanges internationaux rapides (on se souviendra que ce code a été établi à Varsovie en 1929);

3°) d'organiser une diffusion internationale des renseignements météorologiques émanant de pays extra-européens : Syrie, Turquie, Perse, Orient, Indes;

4°) d'améliorer le réseau de sondages de vent.

Mais si les protections météorologiques des années héroïques des grands raids ont facilité l'organisation des réseaux de surface, elles ont surtout permis de mettre au point les méthodes mêmes de protection. Et ces méthodes entrent véritablement dans le cadre des moyens mis à la disposition des météorologistes et des aviateurs. Contacts fréquents et fructueux entre eux, explications, établissement des premières coupes verticales prévues de l'atmosphère (la première dans le monde date de 1926); tels sont les atouts qui permirent, dans une large mesure - selon les intéressés eux-mêmes - le succès de COSTE et BELLONTE en 1930.

Cependant, malgré l'altitude de vol relativement basse des appareils, il est déjà nécessaire de connaître le vent au moins jusqu'à plusieurs Km au-dessus de cette altitude. Le météorologiste ne disposait alors que de sondages de vent faits au théodolite; c'est-à-dire que leurs mesures étaient tributaires du temps. Malgré l'amélioration du réseau de sondages réclamée, il n'aurait pas été possible d'accroître suffisamment notre connaissance sur les courants aériens et leurs variations avec l'altitude en cas de situation météorologique perturbée ou par nébulosité importante.

C'est pourquoi l'étude des vents en altitude grâce à une méthode indirecte, a été tentée; la première carte d'isobares à une altitude déterminée fut calculée et tracée à l'occasion de la préparation d'un raid Paris-Tunis en 1928. Cet essai de pallier les insuffisances de la technique du moment (les radio-sondages en étaient encore au stade expérimental), par des procédés aléatoires, montre combien les progrès de cette technique étaient espérés et indispensables.

De 1929 à 1939, l'altitude de vol des avions d'usage normal s'élève progressivement jusqu'à 5.000 m.

Aux moyens d'investigation précédents (y compris les améliorations apportées aux réseaux d'observations de base) vinrent s'ajouter ceux résultant des techniques nouvelles et l'avion fut l'une de celles-ci. En utilisant l'avion comme moyen de "sonder l'atmosphère", on se fixait ipso facto les mêmes possibilités et les mêmes servitudes que ceux auxquels les renseignements devaient servir.

L'avion et les instruments embarqués étaient en effet tributaires du mauvais temps et lorsqu'ils pouvaient atteindre 5 ou 6.000 mètres, nul ne pouvait savoir avec précision ce qui

se passait au-delà, là où les avions voleraient sous peu, quel que fût l'état du temps, étant donnés les progrès apportés à la navigation par la radiogoniométrie et le pilotage sans visibilité.

Cependant, une autre technique nouvelle, due à l'invention de R. BUREAU, avait vu jour en 1927: le Radiosondage.

Si nous ne l'avons pas mentionnée plus tôt dans cette rétrospective, c'est que son exploitation fut lente à mettre au point et surtout à s'imposer. C'est là un des exemples de progrès qui est resté près de 10 ans dans une demi pénombre, faute de moyens suffisants.

Pendant cette décade 1930-1939, seules quelques rares stations (4 en 1939, dont une en France) effectuaient quotidiennement, en Europe, un radiosondage et aucune vue d'ensemble de l'atmosphère en altitude ne pouvait en être tirée; aucune carte en altitude ne pouvait être établie rapidement étant donnée la trop faible densité des radiosondages.

Ce n'est qu'à la fin de 1939 que commença l'exploitation régulière de cette invention datant de 1927.

Dès 1939, l'altitude de 5.000 mètres fut vite dépassée et au cours de cette dernière décade, les moyens techniques de la période d'avant-guerre furent rapidement insuffisants.

Pendant les hostilités, on arriva vite à concevoir la nécessité d'un véritable réseau de navires météorologiques dont la France avait été, dès 1937, à l'origine avec "le Carimaré". Ces navires avaient pour mission, tout comme leur prédécesseur, non seulement d'exécuter des radiosondages et des sondages de vent afin de renseigner les météorologistes sur l'état de l'atmosphère en surface et en altitude et permettre à ceux-ci de déterminer l'état futur des routes aériennes, mais aussi de guider les avions; le radar rendait plus facile leurs travaux.

Les exigences de la navigation aérienne transatlantique du temps de paix se révélèrent, au total, assez peu différentes de celles du temps de guerre. Une partie importante de l'infrastructure météorologique en Atlantique Nord subsista après 1945; une conférence internationale tenue à Londres en 1946, fixa un plan de 13 points de stationnement et leur répartition entre les états riverains de l'Atlantique.

A l'heure actuelle, le réseau de navires météorologiques est constitué par 10 points de stationnement, dont un tenu par la France par 45° N et 16° W (au grand large de la Corogne; il constitue l'un des moyens nouveaux mis au service de la Météorologie, car il s'agit là d'une source particulièrement précieuse de données régulières, tant au niveau de la mer qu'en altitude sur une région survolée, de jour et de nuit, par plus de 12.000 avions par an.

Par ailleurs, les observations d'aéronefs dont l'horaire, la position et l'altitude sont forcément variables et irréguliers, apportent néanmoins des recoupements aussi précieux que nécessaires aux météorologistes disposant déjà d'une vue d'ensemble sur l'état de l'atmosphère en altitude.

Ainsi donc, grâce à la poussée impérieuse des événements et des nécessités nouvelles, la Météorologie a acquis sur une partie du Globe des moyens lui permettant de parer au plus pressé pendant la période qui suivit la Libération. Mais, l'Aéronautique est depuis 5 ans en pleine évolution et une nouvelle étape s'impose aux météorologistes.

II - Les perspectives nouvelles.

En effet, les perspectives ouvertes à l'Aéronautique posent des problèmes nouveaux qu'il s'agit de résoudre dès maintenant.

C'est un fait remarquable dans l'évolution de l'esprit humain et, en particulier, de ses découvertes scientifiques, que les progrès vont en s'accélégrant de façon vertigineuse, car s'il a fallu des milliers d'années pour passer de l'âge de pierre à l'âge de fer, puis pour jeter les bases des sciences modernes, il n'en fallut plus qu'une trentaine pour découvrir et utiliser des techniques qui ont révolutionné le monde (radio, aviation, énergie atomique, etc...) De même, les avions qui ont mis 10 ans pour passer de 5.000 à 7.000 mètres, n'en vont mettre que 2 pour franchir l'échelon 7.000 à 13.000 mètres; il est donc indispensable que la météorologie s'adapte de plus en plus rapidement à des problèmes de plus en plus ardu.

Les avions militaires à réaction volent déjà au voisinage de 10.000 mètres; demain, ils voleront au moins à 13.000 mètres.

Sur un autre plan, si quelques quadrimoteurs de transport anglais à réaction "Comet" ont volé à plus de 700 Km à l'heure entre 10 et 14 Km, on sait qu'à partir de 1958, un grand nombre d'avions civils voleront normalement (Caravelle, Boeing, DC-8) à des altitudes jusqu'ici encore mal connues.

Or, contrairement à de vieilles idées, la substratosphère et les couches inférieures de la stratosphère ne sont pas des zones de calme.

Dans une étude que j'ai publiée, en Octobre 1938, dans la revue l'"Aéronautique", à l'aide des premiers renseignements tirés de radiosondages isolés, je mettais déjà en garde contre la légende du "calme substratosphérique".

Cette croyance était basée sur le fait que la non-décroissance de la température avec l'altitude dans cette zone, implique que les mouvements verticaux sont soumis à un freinage considérable qui empêche leur développement. Ceci n'est que partiellement exact, car la non-décroissance de la température n'est pas toujours respectée et les variations d'altitude de la tropopause montrent des accidents sérieux dans la distribution verticale de la température. De plus, il reste la possibilité de mouvements horizontaux de l'air; les mesures effectuées quotidiennement ont révélé la grande fréquence de vents forts ou très forts, généralement de secteur Ouest. Ces vents peuvent atteindre et dépasser la vitesse de 300 Km par heure.

Il est certain que de tels vents, surtout lorsque leur vitesse varie rapidement avec l'altitude, doivent engendrer une assez forte turbulence mécanique, due au développement de tourbillons de frottement.

La traversée, par un avion rapide, de ces tourbillons successifs est susceptible d'engendrer des accélérations considérables.

En tout état de cause, la fréquence de forts gradients verticaux de température sous la tropopause montre que cette région est susceptible d'être fréquemment le siège de forts mouvements verticaux et par conséquent d'une forte turbulence thermique fréquemment accentuée par suite de la présence d'un gradient important de la vitesse verticale du vent, créant par conséquent une forte turbulence dynamique.

Les ballons de radiosondage atteignent des altitudes qui dépassent fréquemment 16.000 m.; on peut dire qu'en moyenne les altitudes atteintes sont de l'ordre de 16.000 m. On pourrait sans grand effort, en prenant des ballons de plus grandes dimensions, élever cette moyenne de 20-22.000m.; plus, s'il était nécessaire. Quelques problèmes techniques se posent cependant, tels que le choix de la fréquence d'émission des sondes, l'accroissement de la précision et de la fidélité des capsules barométriques, la ventilation du thermomètre et de l'hygromètre, le remplacement du radiovent par un radar adapté à la mesure du vent; mais tous ces problèmes, déjà à l'étude, sont susceptibles de recevoir une solution rapide. C'est uniquement une question de crédits.

Plus difficile à résoudre est l'établissement d'un réseau cohérent de stations de radiosondage couvrant les continents et les océans. Si la question est déjà fort avancée en ce qui concerne l'Amérique du Nord, l'Atlantique et l'Europe, il n'en est pas de même ailleurs, notamment en Afrique.

En particulier, le seul fonctionnement du réseau météorologique d'Afrique du Nord est déjà difficile à assurer, faute

2) les avions qui voleront à haute altitude devront, en tous cas, traverser les couches inférieures et en connaître la structure fine.

Il est donc clair que la connaissance de toute l'atmosphère, au-dessous de 20 Km, est nécessaire pour assurer une protection météorologique correcte de l'aviation moderne.

Les plans de vol, par exemple, devront être établis avec au moins autant de précision que pour les vols actuels. En effet, comme on vient de le voir, les vitesses de vent au-dessus de 10 kilomètres sont souvent 3 à 4 fois plus élevées qu'aux niveaux inférieurs; ceci revient à dire que le calcul de la dérive pour les aéronefs de demain, dont la vitesse sera seulement de l'ordre du double de celle des avions actuels, devra être effectué avec le plus grand soin tandis que la route de l'aéronef devra éviter les zones de turbulence et de vent violent (jet) qui devront être déterminées avec autant de précision que possible. Pour permettre l'établissement de tels plans de vols, les cartes aux divers niveaux dont j'ai parlé il y a un instant devront être établies au moins 2 fois par jour; elles devront être accompagnées de coupes verticales concernant les masses d'air et les nuages et de cartes du niveau de la tropopause pour déceler les zones probables de turbulence active.

Par ailleurs, le retour au sol des avions à grandes vitesses exigera des "percées", assurées avec le maximum de garantie.

Enfin, il est impérieusement nécessaire, non seulement du point de vue moral, mais surtout sur le plan pratique, que les territoires français n'apparaissent pas comme des lacunes sur les cartes en altitude établies par les services météorologiques étrangers.

En résumé, qu'il s'agisse de préparer le voyage et de choisir la route optima ou qu'il s'agisse de déterminer la nature et l'épaisseur des couches de nuages que les avions ultrarapides vont trouver peu après leur départ pour atteindre leur altitude de vol ou pendant la percée des couches de nuages peu avant de se poser, la Météorologie ne pourra plus se contenter, dès la fin de 1958, des seuls moyens mis en oeuvre actuellement. Plus encore, pour procéder aux études préliminaires nécessaires à ce nouveau travail, elle aurait besoin de procéder, dès maintenant, à des mesures qui nécessitent un appareillage spécial ou l'amélioration de celui qui existe.

La Météorologie française est-elle en mesure de faire face aux nouvelles obligations que lui imposera la généralisation des vols stratosphériques?

Des appareils nouveaux sont étudiés; les prototypes existent, mais il n'existe encore que des prototypes ou des exemplaires en nombre ultra réduit de ces matériels.

de personnel, dans les Stations effectuant de simples observations de surface; les réseaux de nuit y sont pratiquement inexistants par suite de la présence d'un seul agent dans 40 Stations. Il est bien évident que pour des raisons analogues, le fonctionnement d'un réseau de radiosondages pose et posera des problèmes encore plus difficiles. Ils seront compliqués par la question du ravitaillement régulier du matériel, sous des latitudes au climat très varié, du Sahara aux régions très humides voisines de l'Equateur, pour ne prendre que le seul cas de l'Afrique.

Actuellement, les stations métropolitaines effectuent quotidiennement 2 radiosondages, les autres stations de l'Union Française en effectuent soit un par jour, soit un tous les 2 jours. Les règles internationales en prévoient 4 par Station (2 Radiosondages, 2 radiovents) et déjà certains pays étrangers, comme la Grande-Bretagne, font quatre mesures par jour à 3, 9, 15 et 21h. T.U. dans leurs Stations et les U.S.A.: trois dans 45 Stations.

Ces sondages permettent une analyse et une représentation de l'atmosphère en altitude, d'une part suivant la verticale, en chaque point de sondage, sous forme de graphiques et de diagrammes thermodynamiques et d'autre part sous forme de cartes dressées à divers niveaux et donnant la topographie de certaines surfaces isobares.

Dans la pratique, on trace - sur l'Atlantique Nord et l'Europe Occidentale - celle des surfaces isobares fixées par accord international : 850, 700, 500 et 300 millibars, dont l'altitude est respectivement voisine de 1.500, 3.000, 5.000 et 9.000 m., qui correspondent aux altitudes usuelles de vol. Ces cartes permettent, en particulier, le calcul des vents prévus à ces diverses altitudes de vol

Il serait possible de construire de façon analogue les cartes de la surface 200mb (12.000m. environ) et 100mb (16.000m. environ) pourvu que la densité des radiosondages atteignant cette altitude soit, de façon régulière, suffisante; celle de 200mb deviendra nécessaire dès le début de 1958, compte tenu du développement rapide de la construction des avions à réaction - tant militaires que civils - dont la France vient de passer commande (Caravelle, Boeing quadriréacteurs).

Nous nous heurtons ici au manque presque total de sondages sur la Méditerranée et sur l'Afrique, ainsi que dans les autres territoires de l'Union Française.

De tels sondages sont cependant indispensables pour connaître l'évolution de la structure verticale de l'atmosphère à tous les niveaux afin de répondre aux besoins connus car :

1) les altitudes vol des divers types d'aéronefs s'étageront sous peu entre 1.500 et 14.000 mètres;

2) les avions qui voleront à haute altitude devront, en tous cas, traverser les couches inférieures et en connaître la structure fine.

Il est donc clair que la connaissance de toute l'atmosphère, au-dessous de 20 Km, est nécessaire pour assurer une protection météorologique correcte de l'aviation moderne.

Les plans de vol, par exemple, devront être établis avec au moins autant de précision que pour les vols actuels. En effet, comme on vient de le voir, les vitesses de vent au-dessus de 10 kilomètres sont souvent 3 à 4 fois plus élevées qu'aux niveaux inférieurs; ceci revient à dire que le calcul de la dérive pour les aéronefs de demain, dont la vitesse sera seulement de l'ordre du double de celle des avions actuels, devra être effectué avec le plus grand soin tandis que la route de l'aéronef devra éviter les zones de turbulence et de vent violent (jet) qui devront être déterminées avec autant de précision que possible. Pour permettre l'établissement de tels plans de vols, les cartes aux divers niveaux dont j'ai parlé il y a un instant devront être établies au moins 2 fois par jour; elles devront être accompagnées de coupes verticales concernant les masses d'air et les nuages et de cartes du niveau de la tropopause pour déceler les zones probables de turbulence active.

Par ailleurs, le retour au sol des avions à grandes vitesses exigera des "percées", assurées avec le maximum de garantie.

Enfin, il est impérieusement nécessaire, non seulement du point de vue moral, mais surtout sur le plan pratique, que les territoires français n'apparaissent pas comme des lacunes sur les cartes en altitude établies par les services météorologiques étrangers.

En résumé, qu'il s'agisse de préparer le voyage et de choisir la route optima ou qu'il s'agisse de déterminer la nature et l'épaisseur des couches de nuages que les avions ultrarapides vont trouver peu après leur départ pour atteindre leur altitude de vol ou pendant la percée des couches de nuages peu avant de se poser, la Météorologie ne pourra plus se contenter, dès la fin de 1958, des seuls moyens mis en oeuvre actuellement. Plus encore, pour procéder aux études préliminaires nécessaires à ce nouveau travail, elle aurait besoin de procéder, dès maintenant, à des mesures qui nécessitent un appareillage spécial ou l'amélioration de celui qui existe.

La Météorologie française est-elle en mesure de faire face aux nouvelles obligations que lui imposera la généralisation des vols stratosphériques?

Des appareils nouveaux sont étudiés; les prototypes existent, mais il n'existe encore que des prototypes ou des exemplaires en nombre ultra réduit de ces matériels.

III - Amélioration des réseaux grâce à l'utilisation d'un appareillage moderne.

Le Radar.

Certains types de radar adaptés à la Météorologie permettent de "voir" les nuages à distance et peuvent constituer, dans certains cas, un moyen d'investigation précieux. L'observateur élargirait son horizon jusqu'à 150 Km environ et pourrait voir dans cet espace les hydrométéores importants, certains nuages très développés et les orages. Les informations obtenues peuvent être utilisées :

- pour établir une carte indiquant les emplacements de ces perturbations qui peuvent se trouver aux alentours des aéroports, leur sens de déplacement et leur vitesse, et permettre les détournements en toute connaissance de cause ou faciliter l'atterrissage.

- pour compléter les cartes météorologiques synoptiques par une vision plus étendue du ciel dans les points sensibles du réseau ou du trafic aérien.

Il serait aussi souhaitable que les phénomènes dangereux, particuliers aux régions tropicales (cyclones, ouragans, etc...), puissent être décelés à distance à l'aide de ces radars adaptés aux besoins de la Météorologie.

Le radar donne aussi la possibilité de suivre sur son écran les échos donnés par un réflecteur suspendu à un ballon emporté par le vent; par ce système, on réalise un théodolite radioélectrique qui permet de calculer direction et vitesse du vent en altitude, même lorsque le ballon est occulté par les nuages, c'est-à-dire quel que soit le temps.

Un certain nombre de Stations, parmi celles chargées des mesures en altitude, devraient être dotées, afin de compléter par des mesures directes les cartes établies à l'aide des radiosondages dont la densité et la fréquence doivent être elles-mêmes augmentées, comme, il a été dit par ailleurs.

Le Télémètre de nuages.

La "percée" des couches de nuages et notamment des couches les plus basses, lors de l'atterrissage, sera encore plus délicate avec les avions ultra-rapides qu'actuellement; il importe de mesurer la "hauteur de la base des couches de nuages" dont la variabilité est considérable et ultra-rapide par mauvais temps (variations de la hauteur de base de l'ordre de 60m. en moins d'une minute) avec d'autant plus de précision que leur mode de propulsion exigera un atterrissage à peu près sans attente. Ici encore, l'instrumentation moderne fournit une solu-

tion au problème posé : le télémetre de nuages de R. BUREAU, dont le principe repose sur le temps mis par un éclair lumineux très puissant et très bref pour parcourir la distance sol-nuage et retour après réflexion sur la base des nuages.

Si un tel dispositif ne peut malheureusement pas être mis en service sur tous les aérodromes, il est indispensable de le voir installé là où les avions rapides seront susceptibles de se poser et là où le trafic justifiera pleinement son emploi.

Il en manque une vingtaine au moins pour compléter l'équipement des aérodromes et des points sensibles les environnant.

La prospection des hautes altitudes.

Les mesures nécessaires aux études concernant les altitudes, comprises entre 16 et 30 Km, exigent un matériel perfectionné et même des méthodes nouvelles.

Le radiothéodolite doit être remplacé par un radar adapté à des mesures directes des vents en vitesse et direction, au-delà de 10 Km, altitude que le radiothéodolite dépasse rarement dès que le vent est fort.

La technique du radiosondage doit être améliorée, tant du point de vue instrumental que du point de vue de la portée verticale des ballons, afin d'atteindre régulièrement le coeur même de la stratosphère, car il n'est pas douteux que les variations d'intensité de la vitesse des vents et de la turbulence à la base de la stratosphère dépendent de la structure même de la stratosphère et des réactions de celle-ci sur la troposphère.

Les procédés de Transmission.

Les procédés de transmission ont été considérablement améliorés et étendus depuis la guerre mais les matériels nécessaires au fonctionnement de cette branche importante de la météorologie française, doivent eux aussi être perfectionnés. Outre les besoins nationaux, les échanges internationaux dont elle bénéficie exigent qu'elle maintienne constamment la qualité et la rapidité de ses émissions internationales et de ses transmissions dans la Métropole et en Afrique du Nord et qu'elle les améliore ailleurs.

Aucune défaillance ne saurait être admise dans ce système nerveux, base du travail météorologique national et international.

Par ailleurs, la diffusion de cartes météorologiques ouvre une voie nouvelle à la Météorologie. Le procédé "BELIN" était déjà employé à petite échelle en France avant 1939.

Le procédé dit "Fac-similé" permet de transmettre en 35 minutes des cartes de 40 x 50cm toutes préparées. Construit en France, il a été conçu et réalisé de telle manière que les documents soient reçus, au moins en 2 exemplaires, sur un système à déroulement continu. Trois Stations seulement sont équipées. C'est un début de réseau qu'il convient d'amplifier car ce système, qui peut fonctionner aussi bien par fil que par radio, doit permettre une diffusion d'ensemble des renseignements, une homogénéité dans le travail des Stations et dans certaines d'entre elles (faible trafic) une légère économie de personnel en y évitant la préparation de cartes complètes.

Cette remarque sur l'économie dans l'exploitation même de la Météorologie grâce à l'emploi de techniques nouvelles, me conduit à une remarque plus générale, à savoir les gains que procure à l'aviation nationale l'amélioration de la connaissance de l'atmosphère.

Je citerai simplement un exemple :

La recherche de la route météorologique la plus favorable - recherche préalable à l'établissement de tout plan de vol - permet non seulement d'emporter des charges marchandes correctes, mais encore de gagner des minutes de vol précieuses grâce à la connaissance des vents sur les diverses routes possibles.

Sur les parcours de l'ordre de 4.000 Km où l'infrastructure météorologique est bonne (traversée de l'Atlantique-Nord, par exemple), le gain de temps est couramment d'une heure. Or, l'heure de vol d'un "Constellation" revient à 300.000Fr : le gain minimum annuel pour un aller-et-retour quotidien est donc de l'ordre de 200 millions; il conviendrait en effet de tenir compte du gain complémentaire dû à l'absence du paiement des taxes d'escale, celles-ci étant souvent évitées de ce fait.

On sait que la Compagnie Nationale estimait à 350 millions l'économie annuelle pour son trafic de l'année 1954 sur l'Atlantique-Nord.

Il est malheureusement impossible d'aboutir à des résultats analogues sur l'Afrique, par suite de notre insuffisance notoire de radiosondages (cf conclusion).

Et pourtant l'économie y serait de plus de 800 millions par an. Ces chiffres se passent de commentaires.

IV - Conclusion.

Comme vous verez le voir, qu'il s'agisse :

- de moyens de transmissions,
- d'études d'instruments nouveaux,
- d'instruments d'observation, modernes,

- de méthodes de travail,

on peut affirmer que la Météorologie ne sera pas prise au dépourvu par les progrès actuels et futurs de l'Aviation, mais à la condition essentielle qu'elle puisse disposer dans les délais les plus courts (je n'ose pas dire sans délai), d'autre chose que de prototypes ou d'instruments modernes réduits à quelques exemplaires et que son Ecole puisse recevoir les nouveaux élèves-ingénieurs indispensables qu'elle est prête à accueillir et dont la formation demande souvent plus de deux ans.

S'il n'en était pas ainsi, elle risquerait de créer une lacune grave: dans les réseaux internationaux de météorologie et de ne pouvoir satisfaire aux besoins de notre aviation. Par ailleurs, on court le risque de voir les lignes aériennes étrangères abandonner les escales françaises au bénéfice d'escales étrangères proches, à l'échelle des long-courriers aériens. De courts déroutements permanents pourraient être préférés par les compagnies aériennes aux inconvénients présentés par les difficultés d'exploitation auxquelles conduirait une infrastructure météorologique française insuffisante.

La situation est encore plus aigüe pour nos territoires d'Outre-Mer qui sont nettement en retard pour ce qui concerne l'équipement météorologique moderne.

En se souvenant que les territoires français couvrent une superficie de l'ordre de 12.000.000 Km², répartie sur tout le Globe, en examinant bien d'une part la tâche qui incombe de ce fait à la France, et d'autre part les bénéfices qu'elle en peut tirer, nous pensons qu'un programme des réalisations indispensables à la Météorologie doit être retenu :

- 24 stations de Radiosondage effectuent au total, chaque jour, à l'heure actuelle 21 sondages de température et 33 sondages de vent au théodolite radioélectrique.

Il faudrait que 45 stations effectuent 118 sondages de température et de vent (au théodolite radioélectrique ou au radar) pour que les mesures en altitude de l'Union Française deviennent suffisantes, et je ne parle pas ici des matériels nécessaires aux expéditions polaires dont l'intérêt, pour l'amélioration de nos connaissances sur la circulation générale et pour les routes aériennes futures, est indéniable.

Il faudrait 20 stations automatiques pour commencer à compléter les réseaux du Sahara et des Territoires d'Outre-Mer (notamment ceux des îles du Pacifique) dans les points où l'on ne peut vivre normalement et qui sont à proximité des grandes lignes de transport aérien.

- 3 liaisons Fac-similé fonctionnent déjà, il en faudrait une quarantaine au moins.

- 15 mesureurs de plafond (télémètres) sont installés, 30 appareils supplémentaires seraient nécessaires.

- 1 radar de détection de nuages dangereux existe; 23 au moins sont nécessaires.

Au point de vue personnel technique l'effectif est de 1905; il faudrait 2318 météorologistes et 35 spécialistes de maintenance des appareillages électroniques modernes; chiffre bien modeste à côté des 3500 en service dans les territoires britanniques, sans parler des dizaines de milliers en service en Russie et en Amérique du Nord.

Que sont, en plus des moyens actuels :

- 413 Météorologistes et 35 ouvriers spécialisés.
- 21 Nouvelles Stations de radiosondages.
- 20 Stations automatiques.
- 30 Télémètres de nuages.
- 40 Liaisons par fac-similé.
- 21 Radars - vent.
- 23 Radars de détection des nuages dangereux,

en face de la sécurité des avions survolant nos territoires, de l'économie considérable des heures de vol ou du risque de la désaffectation des grands courants étrangers pour les escales françaises, qu'il s'agisse des lignes aériennes, des voyageurs ou de la pensée?