

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 82 (1956)  
**Heft:** 15: Aviation, fascicule no 1

**Artikel:** Les services de la sécurité aérienne  
**Autor:** Treyer, Maurice A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62070>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

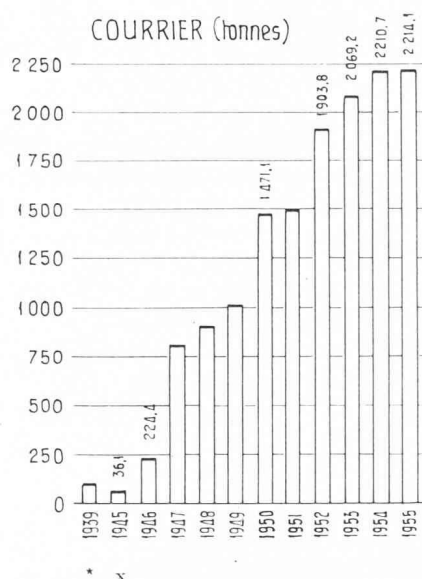
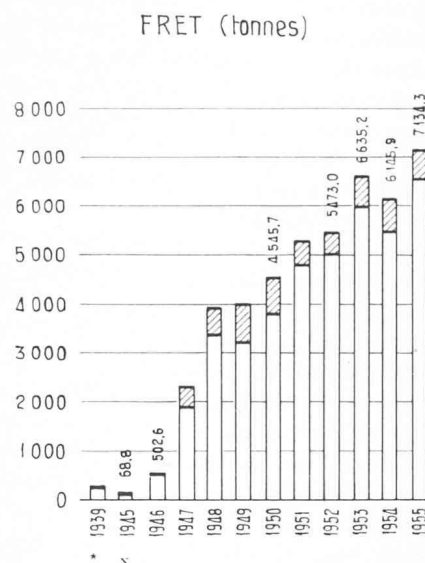
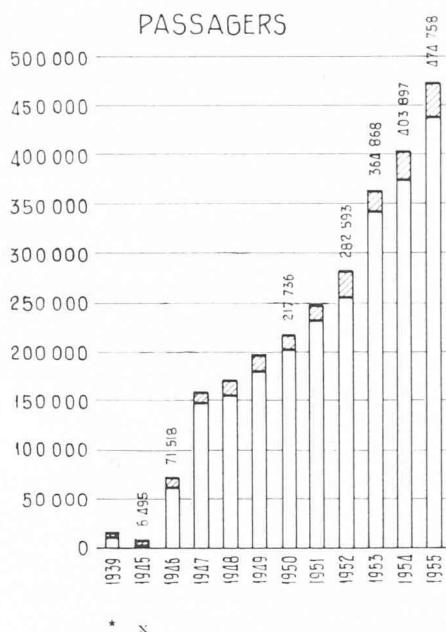
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 04.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



prodigieuse réussite de la première exposition atomique internationale de 1955, manifestations mondiales de l'activité humaine au succès desquelles contribuèrent largement l'aviation de transport et notre aéroport.

La réussite crée des obligations et des responsabilités et les autorités genevoises n'entendent se soustraire ni aux unes ni aux autres ! C'est pourquoi, face à l'accroissement constant du trafic aérien et conscientes des possibilités innombrables du transport par la voie des airs, elles travaillent hardiment à la réalisation de nouveaux projets d'agrandissement et d'aménagement de leur aéroport, afin de lui conserver sa situation d'escale importante de l'aviation civile moderne, au carrefour des grandes routes aériennes reliant tous les continents.

Ainsi, en 1960, lorsque seront mis en service les nouveaux avions de transport à réaction Douglas DC-8 et Boeing 707, Genève, une fois de plus, pourra mettre à disposition de l'aviation civile, un aéroport doté des installations indispensables au développement de cette nouvelle phase des transports aériens intercontinentaux.

## LES SERVICES DE LA SÉCURITÉ AÉRIENNE

par MAURICE A. TREYER

Chef des Services de la Sécurité Aérienne, Radio-Suisse, S. A., Genève

### INTRODUCTION

Lorsque, peu après la première guerre mondiale, l'aviation de transport fit ses premiers pas, on s'aperçut bien vite que les télégraphes et téléphones officiels n'étaient pas des moyens de liaisons suffisants pour permettre aux aérodromes l'échange des renseignements nécessaires à l'exploitation de lignes aériennes régulières. Un réseau de stations radiotélégraphiques réservé exclusivement à l'aviation fut créé. En Suisse l'aviation

militaire installa à Dübendorf une station qui fut transférée, quelques années plus tard, à l'aviation civile. A Genève d'abord, à Bâle, puis à Zurich, Radio-Suisse S. A., fut chargée d'installer et d'exploiter des stations alors que Lausanne exploitait par ses propres moyens une installation qui devait disparaître quelques années plus tard. Comme déjà on entrevoyait l'utilité de liaisons entre les avions et le sol et l'aide que la radiogoniométrie pourrait apporter aux pilotes, les

stations de Genève, Bâle et Dübendorf furent équipées de radiogoniomètres. Ces stations diffusaient en outre à heures fixes des renseignements météorologiques et échangeaient entre elles et avec les aérodromes étrangers des messages concernant les départs, les arrivées, les retards, etc. Dès 1925 un nombre important de stations étaient à disposition en Europe occidentale et centrale. Les avions ayant été équipés d'instruments pour le vol sans visibilité et un radiotélégraphiste de bord ayant été adjoint au pilote, les indications de cap et de position fournies par les radiogoniomètres furent de plus en plus utilisées comme aide à la navigation, tant en route que pour l'approche finale des aérodromes. Dès 1935, en raison de l'augmentation du trafic, ces stations durent exercer un certain contrôle du trafic aérien en portant sur un diagramme le déplacement de chaque avion de façon à pouvoir éliminer les risques d'abordages et, en cas d'arrivées simultanées, régler la circulation aux abords des aérodromes. Ce fut l'embrion de ce que l'on nomme actuellement les Services de la Sécurité Aérienne. Embrion qui permit déjà au transport aérien de s'affirmer et d'atteindre une régularité satisfaisante.

A peu près à la même époque certains aérodromes, dont Zurich, furent équipés du premier système de radioguidage pour l'approche finale conçu par Lorenz et des radiogoniomètres furent également installés à bord des avions. Le système Lorenz, adopté par les Anglais sous le nom de Standard Beam Approach (SBA), permettait au pilote de se maintenir dans l'axe d'approche du terrain avec une précision déjà tout à fait remarquable. Le radiogoniomètre de bord donnait à l'équipage la possibilité de déterminer lui-même son gisement par rapport aux stations de radiodiffusion ou à d'autres émetteurs terrestres.

1945. — La deuxième guerre mondiale a mis à disposition de l'aviation civile une flotte d'avions facilement transformables et l'expérience de transports en masse à longues distances. D'autres moyens de radioguidage ont été créés et le nombre d'avions engagés dans les raids de bombardement a exigé la mise au point de méthodes nouvelles pour le contrôle du trafic aérien. L'avion de transport va connaître un essor que même les plus optimistes n'auraient pas osé envisager en 1939.

L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) prévue par la Charte des Nations Unies commence son travail et va, dans un temps record de quelques années, réaliser un admirable travail, standardisant et coordonnant les méthodes et les procédures de communication, de radioguidage et de contrôle du trafic. Actuellement, grâce à l'OACI, un pilote n'est dépaycé nulle part dans le monde entier, à l'exception toutefois des pays situés au-delà du rideau de fer qui n'ont pas collaboré avec l'OACI et dont les territoires sont fermés aux avions des lignes mondiales.

La situation créée par l'essor du transport aérien a exigé de la Confédération et des cantons exploitant un aéroport un très gros effort financier. L'organisation des différents services de la sécurité aérienne dont certains, selon la loi fédérale sur la navigation aérienne, incombent à la Confédération alors que d'autres sont

à la charge des exploitants d'aéroport, risquait de devenir complexe et exagérément coûteuse. Les services de contrôle ayant de nombreuses tâches communes, il était presque impossible de les concevoir autrement que soumis à une seule direction et la mise en commun de tout le personnel s'occupant des installations techniques permettait une économie et une organisation plus rationnelle. La Confédération, représentée par l'Office fédéral de l'Air, et les cantons de Genève et Zurich ont alors chargé Radio-Suisse S. A. d'organiser et d'exploiter en leur nom les services ci-après :

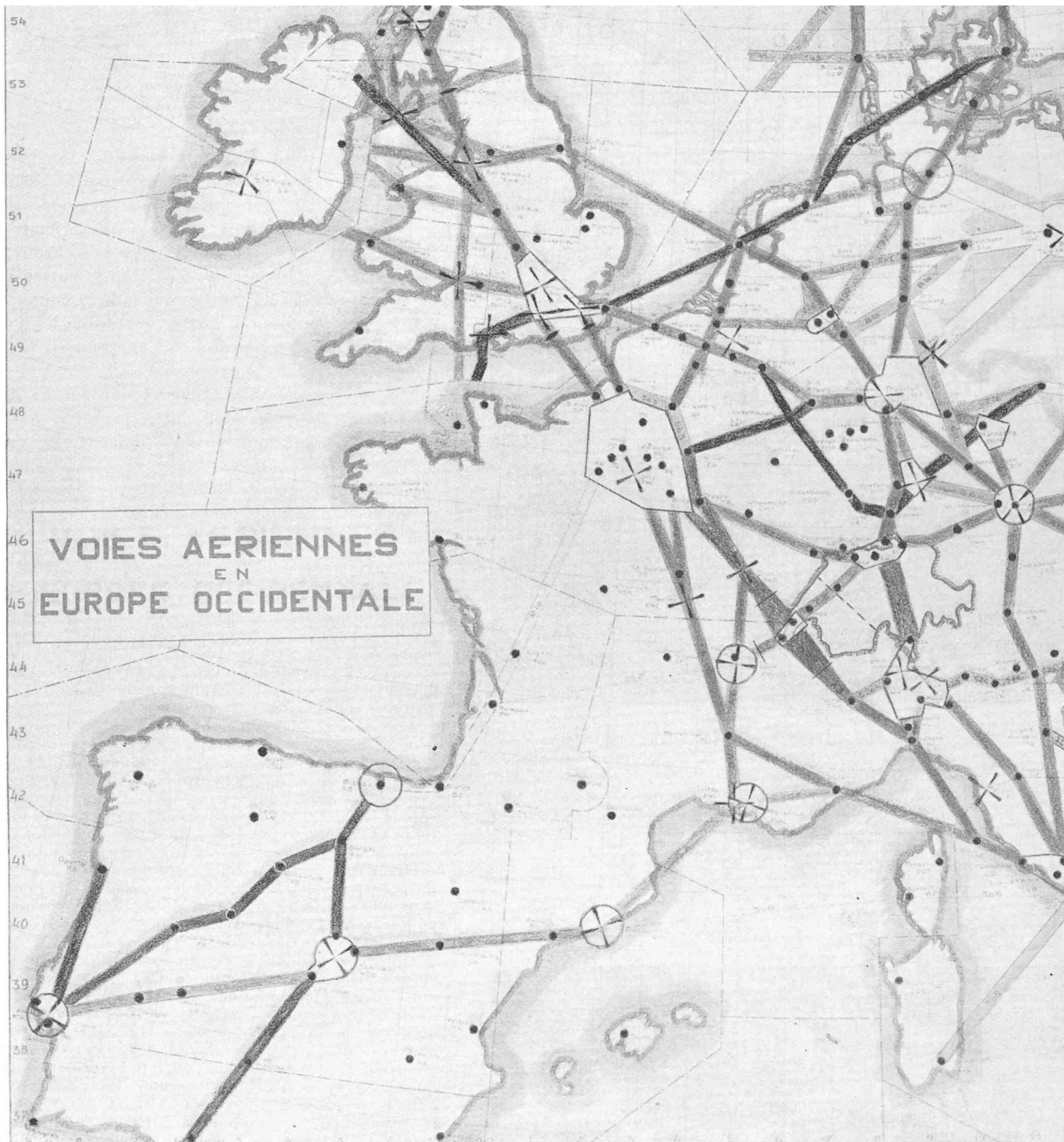
- Contrôle d'aérodrome.
- Contrôle d'approche.
- Contrôle régional et service d'informations en vol.
- Télécommunications sol-air
- Télécommunications sol-sol.
- Service technique pour tous les services ci-dessus.

Nous allons passer en revue les différents services énumérés ci-dessus en définissant leurs tâches et en décrivant brièvement les moyens dont ils disposent. Les trois premiers cités sont les services de contrôle et ont pour mission d'aider les pilotes par tous les moyens disponibles, de régler l'écoulement du trafic sur les voies aériennes, aux alentours et sur les aéroports et d'éliminer tous les risques d'abordage ou de collision par l'application des normes de séparation dans le temps et dans l'espace établies par l'OACI dans ce but.

Pour réaliser un contrôle efficace il est nécessaire de suivre constamment les déplacements des avions et d'être informé des intentions du pilote. Ce dernier doit être en liaison directe et permanente avec le contrôleur responsable pour chaque point de son vol. Cette responsabilité est répartie de façon à éviter toute ambiguïté. Elle est transférée d'un organe à l'autre en un point, à une heure ou à une altitude que l'on fixe clairement dans chaque cas.

Les organes de contrôle ont maintenant chacun leur propre moyen de liaison avec les avions en vol, la radio-téléphonie sur ondes ultra-courtes (bande VHF de 118 à 132 mHz).

Chaque service dispose d'une ou de plusieurs fréquences. La téléphonie sur ces fréquences a l'avantage d'être presque entièrement invulnérable aux parasites atmosphériques. En outre le remplacement de la télégraphie morse par la téléphonie permet la liaison directe entre le pilote et le contrôleur. Les fréquences de cet ordre de grandeur se propageant selon des lois quasi optiques, il a été nécessaire de créer, au sommet de la Dôle, une station relais destinée à permettre une portée suffisante pour les liaisons du contrôle régional. *Cette station est décrite dans un article séparé.* Notons en passant que pour ses liaisons et ses différents types de radiophares le service de la Sécurité Aérienne de la région de contrôle et de l'Aéroport de Genève n'utilise pas moins de 31 fréquences différentes entre 250 et 400 kHz, entre 3 et 9 mHz, puis dans les 30, 75, 120, 160, 330 mHz pour passer aux 9000 mHz du radar d'approche. Ce ne sont pas loin d'une centaine d'émetteurs, récepteurs, amplificateurs des types les plus divers, modulés en amplitude, en fréquence ou par impulsions, qui doivent être maintenus en ordre de marche 24 heures sur 24. On imagine aisément



Les voies aériennes d'Europe occidentale, balisées par de nombreux radiophares, ont été établies par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

l'ampleur des tâches du service technique qui, outre cet entretien, doit installer et parfois construire des équipements aussi divers.

### LE CONTROLE RÉGIONAL

L'espace aérien a été réparti en régions d'informations de vol qui tiennent compte des frontières politiques des pays, des possibilités de liaisons et de la densité du trafic. En Suisse, Genève et Zurich se partagent notre territoire selon une ligne joignant le Monte Leone au Noirmont. Notre pays est entouré des régions nord et sud françaises, dont les centres sont respectivement à Orly et à Aix-en-Provence, nord de l'Italie (Milan) et sud-ouest de l'Allemagne (Munich).

Toutefois ces régions sont trop vastes pour qu'un contrôle précis puisse être effectué, car si chaque pilote

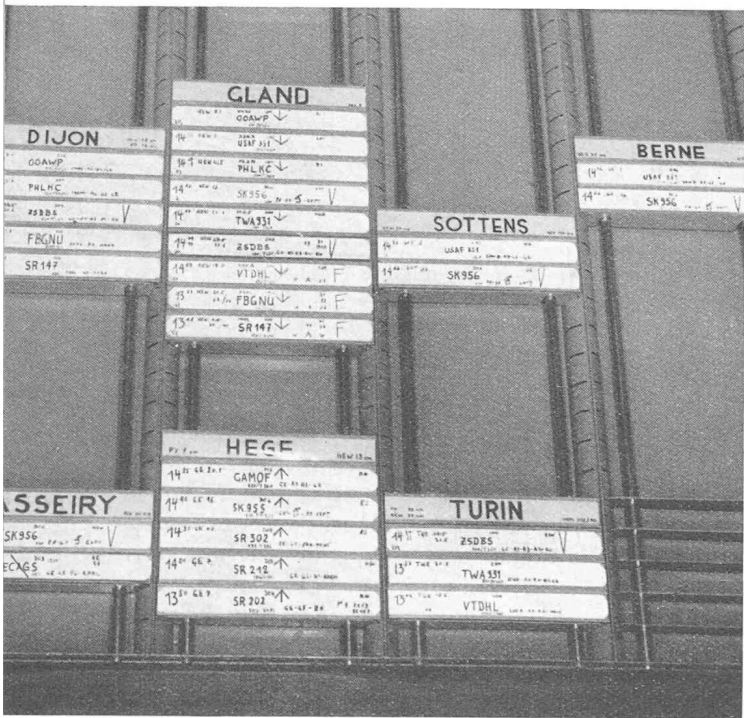
choisit sa trajectoire selon ses convenances, il devient impossible d'avoir une vue d'ensemble des positions respectives des très nombreux avions circulant en même temps. Prenant modèle sur ce qui existait depuis de nombreuses années aux Etats-Unis, un réseau de *voies aériennes*, a été créé en Europe. Sortes de couloirs balisés par des radiophares qui permettent une navigation précise, les voies aériennes rendent possible une estimation des heures de passage aux différents points de contrôle avec une précision de l'ordre d'une minute. Ceci explique que, bien qu'exigeant parfois des détours assez importants, ce système n'allonge pas exagérément les temps de vol car, l'espace aérien disponible étant mieux utilisé, les temps d'attente imposés parfois aux pilotes à l'arrivée ou au départ peuvent être réduits.

Parmi les voies aériennes touchant la Suisse figurent





Le contrôle des voies aériennes. Grâce aux fiches figurant sur son tableau, le contrôleur suit le déplacement de tous les avions qui circulent dans l'espace dont il est responsable. Au fond, le service d'information de vol qui, sur une autre longueur d'onde, donne aux avions volant hors des voies aériennes tous les renseignements dont ils peuvent avoir besoin.



Détail du tableau de progression de vol. On voit par exemple que l'avion de la ligne Swissair 147 venant de Paris, ayant passé Dijon à 13 h. 28, arrivera sur Gland à 13 h. 48, et que l'avion ZSDBS ayant passé Dijon à 13 h. 53, est prévu au-dessus de Gland à 14 h. 10, au-dessus de Turin à 14 h 32, etc.

de grandes transversales telles que Londres-Paris-Genève-Rome-Moyen et Extrême Orient et Stockholm-Francfort-Zurich-Rome. La Suisse romande est reliée à la Suisse alémanique par la voie aérienne Lyon-Genève-Zurich, le long de laquelle nous trouvons les radiophares de Lyon, Passeiry, Gland, Sottens, Berne et Zurich/Ouest. En Suisse romande, celui de Gland est le plus important car il constitue le point de ralliement pour tous les avions à destination de Genève ou en transit dans notre région.

Des conventions internationales ont permis de fixer les tronçons de route dont sont responsables les centres de contrôle régionaux. Genève, par exemple, contrôle la transversale Londres-Rome, de mi-chemin Dijon-Genève à mi-chemin Genève-Turin. C'est également à mi-chemin Lyon-Genève qu'un avion venant du sud-ouest est pris en charge par Genève.

Chaque centre de contrôle régional dispose d'un ou de plusieurs tableaux de progression de vol. Un tel tableau comprend des séries de fiches étagées dans le sens vertical, insérées dans des porte-fiches métalliques pouvant être déplacés sur des tringles verticales. Chaque fiche contient les renseignements relatifs au passage futur d'un avion au-dessus d'un radiophare (immatriculation, type d'avion, altitude, route, vitesse, etc.). Ces fiches sont classées dans la case correspondante à ce radiophare, dans l'ordre chronologique du passage des avions. Un avion apparaît donc sur le tableau de progression de vol d'un centre de contrôle régional sur autant de fiches qu'il y a de radiophares sur le tronçon de route que l'avion devra survoler dans cette région. Les contrôleurs connaissent ainsi à l'avance la situation telle qu'elle se présentera au-dessus de chaque point de contrôle de la région ; ils ont une image des positions respectives dans le temps et l'espace des avions dont ils assument le contrôle. Cette image leur permet, lorsqu'un pilote demande à changer de route ou d'altitude pour une raison ou une autre, de juger instantanément si l'autorisation peut être donnée sans danger.

Le pilote est tenu de signaler son passage au-dessus de chaque point radiobalisé en indiquant l'heure exacte du survol, l'altitude, les conditions de vol (bonne visibilité, dans les nuages, au-dessus des nuages, etc.), puis l'heure estimée au-dessus de la prochaine balise. Le contrôleur complète alors sur son tableau les fiches qui matérialisent l'avion au-dessus de ces deux points et voit immédiatement si les intervalles de sécurité sont respectés. Dans l'affirmative, il autorise le pilote à poursuivre sa route. Dans le cas contraire, il l'invite à modifier son altitude ou à attendre en tournant au-dessus du radiophare avant de continuer son vol. Le pilote ne doit pas changer de route ou d'altitude sans autorisation du contrôle.

Pour obtenir une bonne coordination entre pilote et organe au sol, le centre de contrôle régional transmet l'heure exacte à chaque pilote au moment du premier contact radio. Dans le monde entier on utilise l'heure du méridien de Greenwich, qui retarde d'une heure sur l'heure locale en Suisse.

Les temps de vol d'un radiophare à l'autre, compte tenu des vents en altitude et de la vitesse propre du type d'avion considéré, sont calculés non seulement par le pilote mais également par le contrôle, ce qui permet de déceler immédiatement toute erreur de calcul. Sur cette base, il est possible de séparer les avions longitudinalement, lorsqu'ils volent à la même altitude, à 5, 10 ou 15 minutes d'intervalle, selon que l'avion qui précède est plus rapide ou plus lent. Lorsque cette méthode n'est pas applicable, la séparation verticale est adoptée en étagant les avions de 300 en 300 mètres.

Il va sans dire que les pilotes sont tenus au courant de l'évolution de la situation météorologique, soit directement, soit par des diffusions à heure fixe.

Au voisinage de l'aéroport de destination, l'avion est transféré du contrôle régional au contrôle d'approche.

Pour les avions en partance, le contrôle d'approche demande au centre de contrôle régional, avant le décollage, les instructions de montée et de route. Elles sont données, compte

tenu du trafic en cours et du plan de vol déposé obligatoirement par le pilote avant son départ. Ce plan de vol contient tous les renseignements relatifs au vol que le pilote se propose d'exécuter (route, altitude(s), vitesse, autonomie, aérodromes de dégagement, etc.). Il est transmis par télégramme à tous les centres de contrôle intéressés le long du parcours.

Lorsque les avions sortent de la région de contrôle, ils sont pris en charge par le centre de contrôle suivant. Les informations nécessaires à ce transfert de responsabilité sont transmises par téléphone, suffisamment tôt (dans la règle trente minutes à l'avance) au centre de contrôle régional voisin. Dans ce but, chaque centre de contrôle régional dispose d'une ligne téléphonique permanente avec les centres de contrôle adjacents. Genève, par exemple, est en liaison avec Paris, Aix-en-Provence, Milan et Zurich.

### LA TOUR DE CONTRÔLE

Le transfert d'un avion arrivant à la tour de contrôle n'a pas toujours lieu à des points semblables mais il est fixé dans chaque cas selon le trafic en cours. L'avion est transféré soit au *contrôle d'approche* soit au *contrôle d'aérodrome* qui se répartissent le travail de la façon suivante. **Le contrôle d'aérodrome** surveille les mouvements des avions au sol et en vol à proximité de l'aéroport, pour autant qu'ils volent en bonne visibilité du sol. **Le contrôle d'approche** a la charge de ceux qui effectuent tout ou partie de leurs manœuvres de départ ou d'approche au moyen des instruments.



De l'autre côté du tableau de progression, un autre contrôleur calcule les temps de vol de chaque avion et pour chaque tronçon de voie aérienne, il prépare d'avance toutes les fiches qui, pour son collègue, matérialiseront les avions sur tous les points de contrôle.

La tour de contrôle de l'aéroport de Genève : on distingue le phare tournant, les girouettes des anémomètres et les antennes pour les émetteurs à ondes ultra-courtes. Le chiffre 23 indique en dizaines de degrés la direction de la piste en usage.







Le contrôle d'aérodrome avec le tableau de commande des divers balisages lumineux, les commandes d'alarme et, outils par excellence de tous les contrôleurs, la montre et le microphone.



Vue intérieure de la tour de contrôle. Suspendue au plafond, la lampe à signaux qui permet de donner des ordres aux petits avions qui ne disposent pas d'appareils radio.

Pour tout avion arrivant, la tour de contrôle reçoit copie du plan de vol rempli par le pilote à son aérodrome de départ. Un premier calcul permet de fixer approximativement l'heure d'atterrissage. Trente à soixante minutes avant l'arrivée, la tour reçoit du contrôle régional l'heure d'arrivée prévue calculée par ce contrôle. Plus tard parviennent encore d'autres renseignements importants, tels que l'altitude, l'heure à laquelle l'avion prendra contact et à partir de quel moment la tour de contrôle en sera responsable. Là aussi, le contrôleur « matérialise » chaque avion par une fiche mobile placée sur un panneau ; celle-ci porte toutes les indications nécessaires au contrôle, immatriculation, type de l'avion, origine du vol, altitude et heures de transfert et d'arrivée prévues, etc.

Lorsque cesse la navigation en route et avant que commencent les manœuvres de descente et d'approche, le premier contact avec la tour de contrôle est établi et le pilote reçoit les instructions relatives à la descente. Si l'avion est seul, il reçoit l'autorisation d'approcher sans délai ; dans le cas contraire, on lui assigne une altitude à laquelle il devra se maintenir en décrivant un circuit au-dessus d'un radiophare. Dans ce circuit, les avions sont « empilés » avec 300 mètres de séparation verticale. Chacun est autorisé à descendre à l'altitude inférieure dès qu'elle a été libérée par l'avion qui le précède. Par une coordination étroite entre le contrôle régional et le contrôle d'approche, il est possible de réduire les temps d'attente à un strict minimum en faisant descendre les différents avions à des altitudes telles qu'ils se trouvent si possible étagés dans l'ordre de leur arrivée dans la région de contrôle terminale.

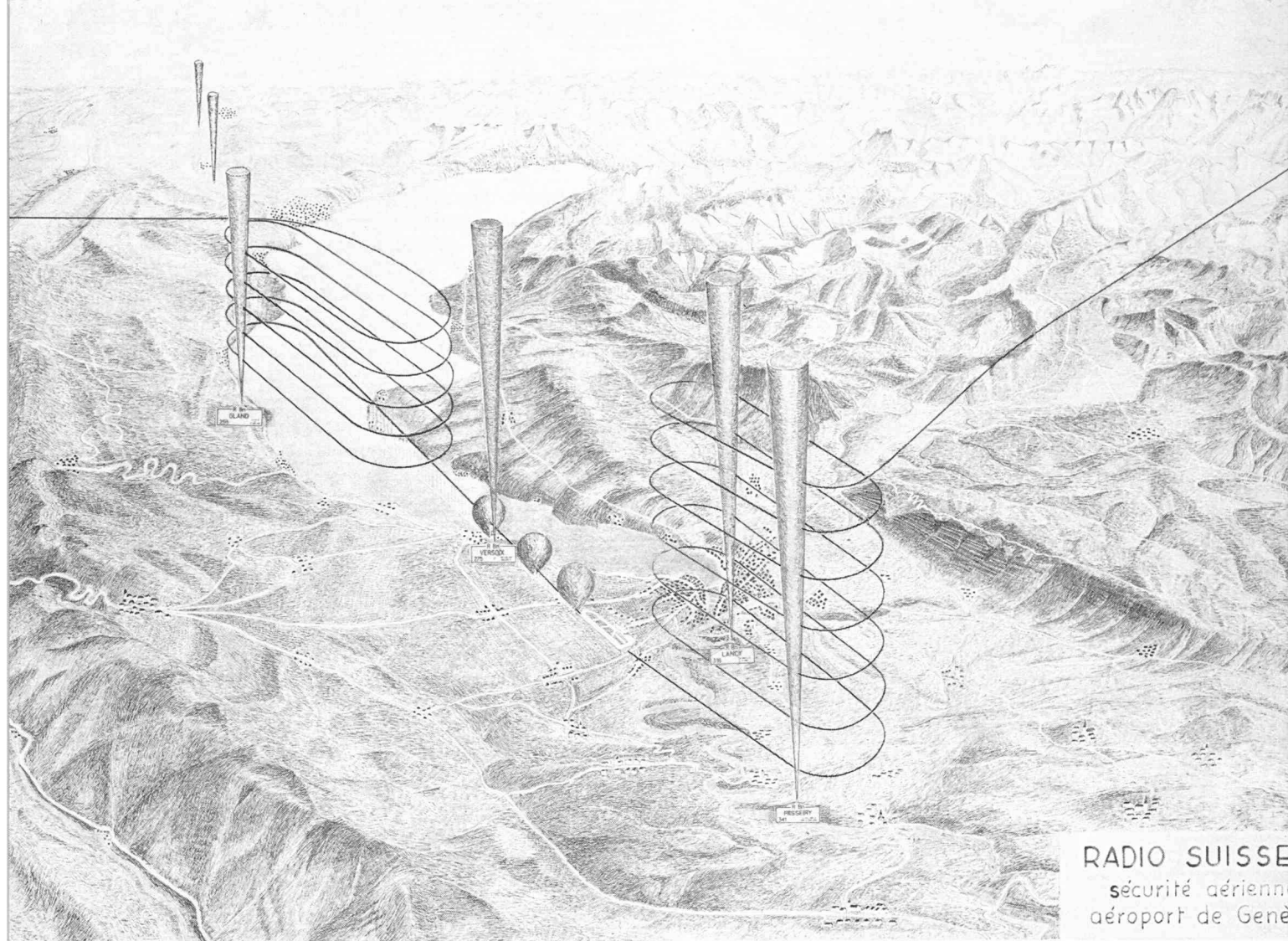
A Genève, le circuit d'attente est balisé par le radiophare de Gland. Un autre circuit, balisé par les radiophares de Passeiry (10 km S.-W. de l'aéroport) et de Lancy, est destiné essentiellement aux manœuvres de montée mais est également utilisé pour l'attente dans certains cas.

Une fois l'altitude favorable atteinte, le pilote est autorisé à commencer son approche finale vers la piste. Le contrôleur d'approche, tenant compte de la vitesse de cet avion et de la force du vent, calcule la minute à laquelle l'avion suivant pourra approcher à son tour et en avise le pilote. Celui-ci règle son vol de façon à être prêt à commencer son approche à l'heure indiquée ; le rythme des arrivées est réglé selon les normes internationales de séparation.

Si, lors de son transfert du contrôle régional à la tour de contrôle, le pilote vole dans des conditions météorologiques permettant une approche à vue, il sera pris en charge directement par le contrôle d'aérodrome qui lui transmettra les consignes d'atterrissage, c'est-à-dire la direction d'atterrissage, la direction et la force du vent, de même que la pression barométrique et tout autre renseignement utile, état de la piste, travaux en cours, etc. Le pilote s'annoncera à nouveau à proximité du terrain, recevant l'autorisation de poursuivre, puis enfin lorsqu'il sera en approche finale, aligné avec la piste. Alors seulement, après s'être encore assuré que la piste est libre, le contrôleur lui donnera l'autorisation d'atterrir.

Le terme *autorisation*, qui revient à chaque instant dans nos liaisons avec les pilotes, est moins une permission, au sens habituel du terme, qu'un avis confirmant au pilote que la manœuvre qu'il projette peut être effectuée sans risque, compte tenu des circonstances, des normes établies et du trafic en cours.

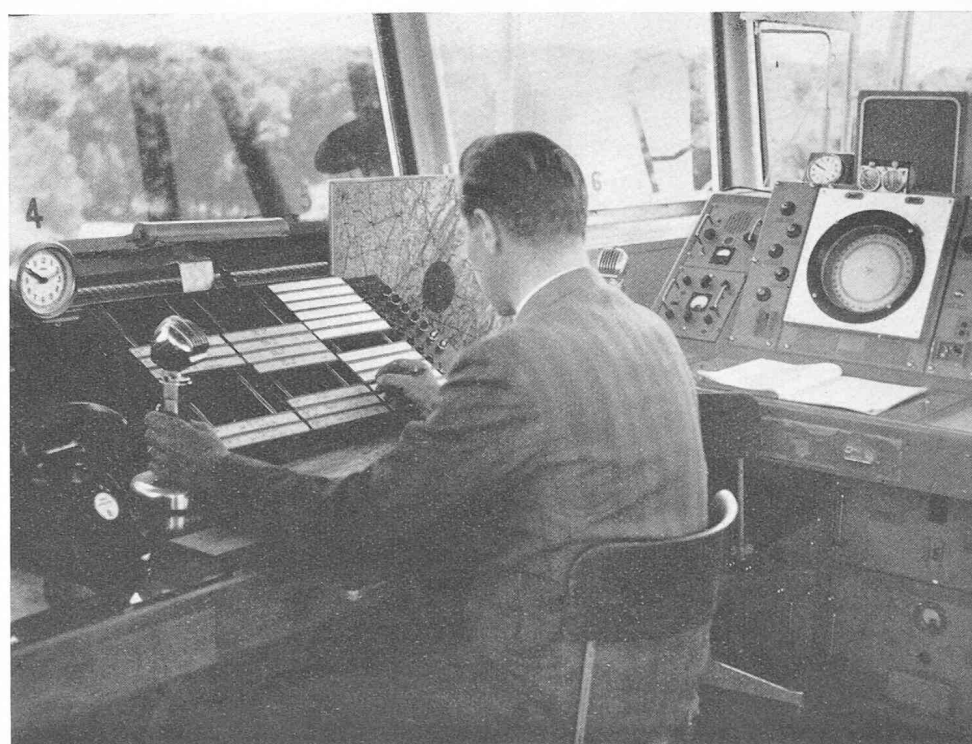
Lorsque l'avion volant aux instruments est pris en charge par le contrôle d'approche, le pilote annonce quel système de radio-guidage il compte utiliser pour l'approche finale. Si sa préférence va au radar, le pilote est invité à changer une fois encore de fréquence pour entrer en liaison avec l'opérateur qui va, pendant les quelques minutes de cette phase essentielle du vol, se substituer partiellement à lui en le guidant par la parole jusqu'au seuil de la piste.



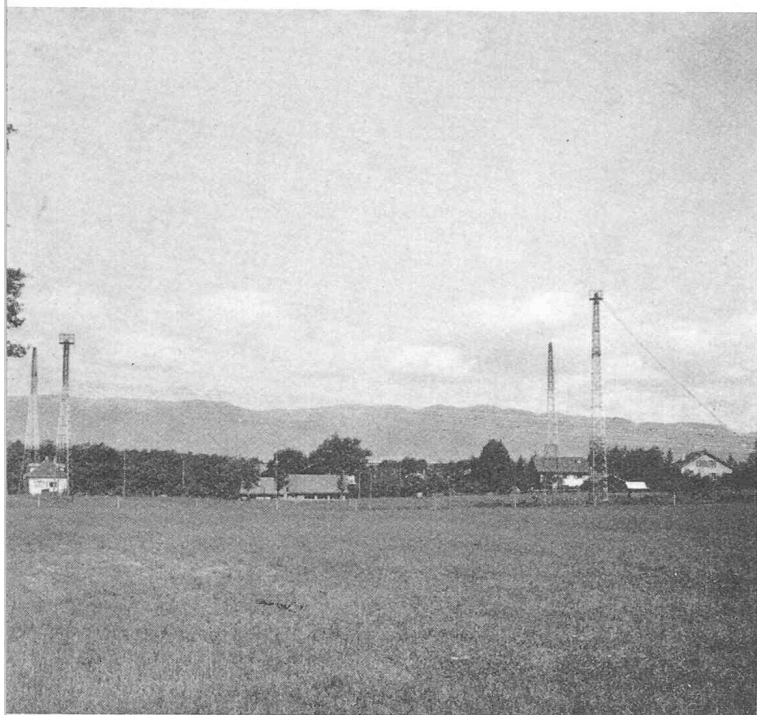
**RADIO SUISSE**  
sécurité aérienne  
aéroport de Genève

Carte des circuits d'attente et de descente (au nord-ouest de Gland) et de montée (au sud-ouest de l'aéroport). Ces circuits sont balisés par les radiophares de Gland, Versoix, Passeray et Laney. Au loin, vers le nord-est, la route tracée par Sottens et Berne vers Zurich.

Le contrôle d'approche. Les fiches matérialisent les avions arrivants et partants. A droite, le radiogoniomètre automatique qui indique la direction de l'avion chaque fois que le pilote parle.







La station d'émission sur ondes courtes du centre de Genève.

### LE SERVICE DES COMMUNICATIONS

Comme nous venons de le voir, les liaisons radio-téléphoniques entre les pilotes et les contrôleurs sont indispensables et, au moment du départ, la panne de radio est aussi impérative que la panne de moteur. Indépendamment de ces liaisons strictement de contrôle, d'autres possibilités sont mises à disposition des équipages pour l'échange de messages avec leur base ou toute autre destination à de plus longues distances. C'est le service des *communications mobiles* qui, pour tenir compte des conditions variables de propagation, assure une veille permanente de fréquences dans les 3, 6, 8 et 13 mHz. Les stations terrestres ont été groupées par régions, chacune disposant d'une ou deux familles de fréquences. Ce trafic a lieu en télégraphie sur certaines fréquences et en téléphonie sur d'autres, mais la télégraphie est, là aussi, en voie de disparition et sera supprimée à quelques rares exceptions près, dès juillet 1956.

Les liaisons entre les aéroports, les centres de contrôle et les compagnies aériennes pour l'échange de messages tels que plans de vol, départs, arrivées, retards, changements et, d'une façon générale, l'envoi de renseignements nécessaires à l'exploitation des lignes aériennes sont assurées par le service des *communications fixes*. C'est un réseau important qui couvre le monde entier. Depuis quelques années, partout où cela était possible, on a remplacé les liaisons radiotélégraphiques manuelles par des téléscripteurs, les liaisons radio ne subsistant que sur les grandes distances, en télégraphie ou par radiotélétype.



Communications. C'est de là que partent et que sont reçus tous les messages tels que plans de vol, départs, arrivées, retards, etc. Au fond, la salle des liaisons radiotéléphoniques et radiotélégraphiques à moyennes et grandes distances avec les avions en vol.

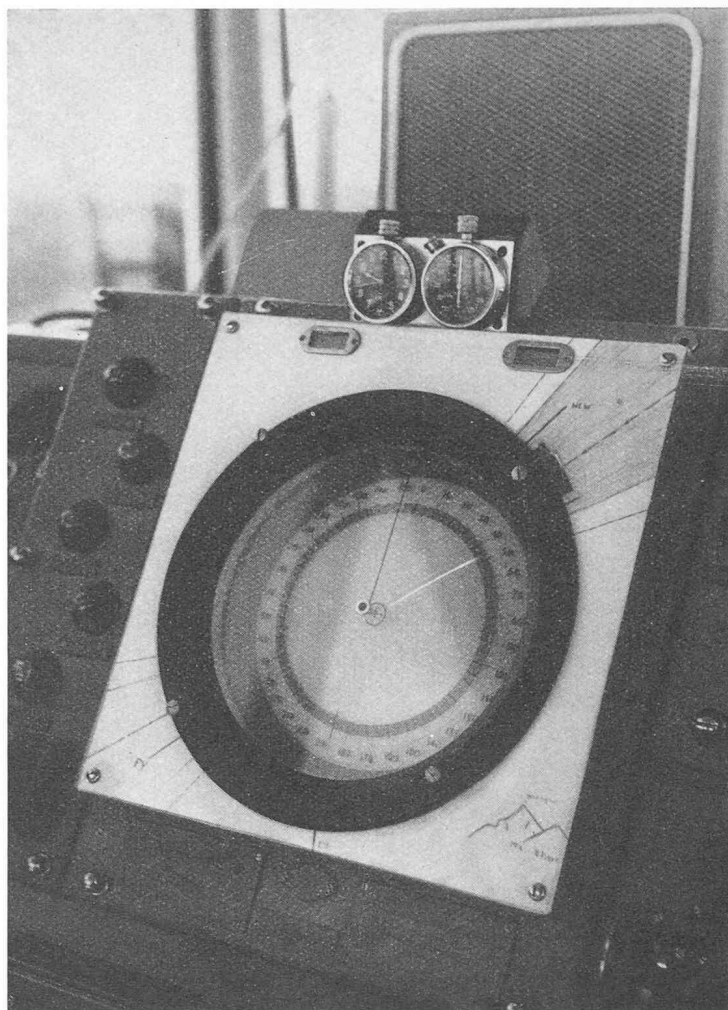
### Les aides-radio à la navigation

Le pilote qui vole sans référence visuelle avec le sol, même disposant d'un compas parfait et d'instruments précis tels que conservateur de cap, indicateur de virage, compteur de vitesse, etc., est très vite à plusieurs kilomètres du point où il croit être ; l'air qui le porte se déplaçant lui-même à des vitesses qui, fréquemment, dépassent largement 100 kmh, il est indispensable de disposer de *moyens de guidage* que nous allons passer en revue rapidement. Les plus intéressants feront l'objet d'articles plus détaillés.

On peut grouper les aides-radio à la navigation en deux catégories ; d'une part les aides à utiliser en route et d'autre part celles plus particulièrement destinées à l'approche finale de la piste. A l'origine de la navigation aérienne en Europe le **radio-goniomètre** fut le seul système utilisé pour les vols aux instruments. Un réseau de quelques dizaines de *gonios* fonctionnant sur *ondes moyennes* (900 m = 333 kHz), installés en général sur les aérodromes, donnaient des relèvements, vrais ou magnétiques, aussi bien pour la navigation en route que pour le guidage en approche finale. En outre, les relèvements simultanés de deux ou trois stations permettaient de déterminer par recoupement sur une carte adéquate, la position de l'avion. Il fallait entre une et deux minutes à un groupe de stations pour relever la position de l'avion, alors que les relèvements transmis par le sol sous forme de cap à suivre pendant l'approche finale se succédaient à un rythme de six à dix par minute. Ces appareils ont à peu près entièrement disparu. Ils ont été remplacés partiellement par des **radio-goniomètres automatiques** fonctionnant sur *ondes ultra-courtes* qui indiquent aux contrôleurs la direction de l'avion chaque fois que l'émetteur de bord est enclenché. En Suisse, il en existe sur les aéroports de Cointin et de Kloten, de même qu'au sommet de la Dôle. Ce dernier est relié par radio-link au contrôle régional de Genève où le contrôleur de service a, sous les yeux, le cadran où se lisent les relèvements.

Parmi les *aides à la navigation en route* actuellement utilisées figure encore au premier rang, pour quelques années, le **radio-goniomètre automatique de bord** appelé **radio-compas**. Il donne en permanence l'angle formé par l'axe de l'avion et la ligne joignant l'avion à l'émetteur, radiophare ou station de radio-diffusion. Ces *radiophares non-directionnels* sont au nombre d'environ 600 pour la seule région Europe-Méditerranée et leur répartition, entre 200 et 500 kHz fut un véritable casse-tête. Certaines stations de radio-diffusion comme Sottens, Monte-Ceneri et Lyon servent également de points de contrôle et de guidage sur les voies aériennes, un émetteur spécial avec identification en morse se substituant à l'émetteur principal pendant les interruptions de programme.

Un autre moyen est en voie d'implantation en Europe, le **VOR** (VHF omni directional range) ou *radiophare omnidirectionnel* sur ondes ultra-courtes (112 à 118 mHz). D'origine américaine, le VOR est installé en plus de 500 exemplaires aux U.S.A. Environ 300, dont une trentaine sont déjà en service, sont prévus dans la région Europe-Méditerranée. Le VOR émet une fréquence porteuse polarisée horizontalement à

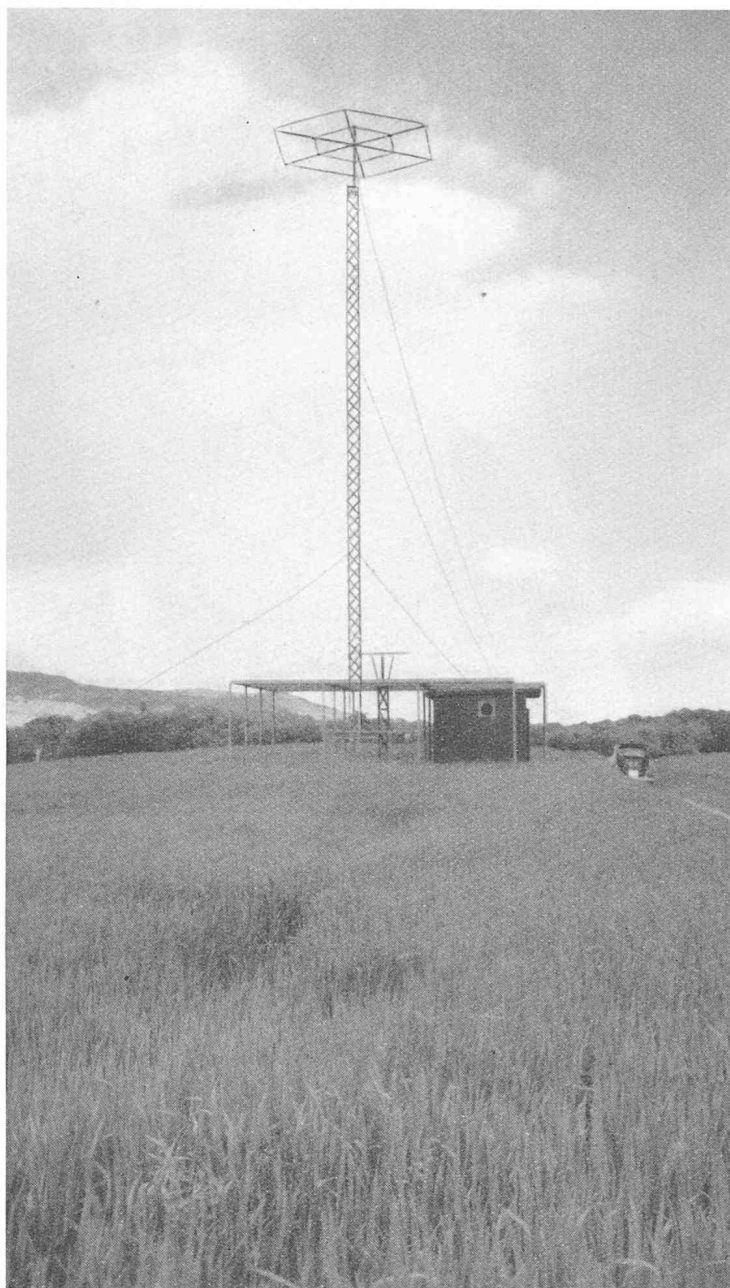


Détail de l'écran du radiogoniomètre automatique. La trace lumineuse sur 46 degrés indique la direction de l'avion qui émet.

laquelle sont appliquées deux modulations différentes de 30 Hz. L'une des modulations est telle que sa phase est indépendante de l'azimut du point d'observation, c'est la phase de référence. L'autre modulation est telle que sa phase, au point d'observation, est décalée par rapport à la phase de référence d'un angle égal au relèvement du point d'observation par rapport au VOR, c'est la phase variable. Les deux modulations sont en phase sur le méridien de référence de l'émetteur. *Comme les radiophares non-directionnels le VOR émet un signal d'identification en code morse.*

Le pilote dispose à bord d'un sélecteur d'azimut qui lui permet de choisir exactement le cap selon lequel il s'approchera ou s'éloignera d'un VOR et d'un indicateur à aiguille lui signalant toute déviation du cap choisi. *L'avantage essentiel du VOR*, outre le fait qu'il est plus précis, réside en une presque totale invulnérabilité à l'égard des parasites atmosphériques qui rendent parfois les radio-compas sur ondes moyennes inutilisables.

Lorsqu'il a été admis comme installation standard pour la navigation à moyennes distances, le VOR avait été prévu pour fonctionner conjugué avec un dispositif mesureur de distances (DME = Distance Measuring Equipment). Fonctionnant aux environs de 1000 mHz, le DME comprend un équipement de bord appelé interrogateur et un équipement au sol, placé en général au voisinage d'un VOR, appelé transpondeur. L'interrogateur engendre des impulsions électromagnétiques auxquelles le transpondeur, qui est récepteur et émetteur, répond. L'interrogateur, recevant cette



Le radiophare de Gland à 23 km au nord-est de l'Aéroport de Genève : principal repère de navigation sur les voies aériennes internationales traversant la région de contrôle de Genève et, en quelque sorte, porte d'entrée et salle d'attente de l'Aéroport de Cointrin.

réponse, mesure le temps de parcours avion-station et retour des impulsions. Cette mesure, effectuée par un servomécanisme électronique, est affichée sur un cadran indicateur. Malheureusement, le DME, dont certains ont été installés en Amérique, n'a pas donné entièrement satisfaction et paraît devoir être abandonné. Par contre, l'implantation de VOR en Europe avance à grands pas. Dans la région de Genève, des essais sont en cours à Cointrin et d'autres suivront à la Dôle.

Un autre système, d'origine anglaise, a été installé dans le nord de l'Europe, le **DECCA**, qui n'a pas été admis jusqu'ici comme installation standard internationale.

Le DECCA est basé sur la comparaison de phase de signaux provenant de paires d'émetteurs à ondes longues synchronisés. Une station pilote est couplée avec trois stations

esclaves disposées en étoile et distantes de 130 à 220 km. Le réseau d'hyperboles produit par cet ensemble de stations permet de déterminer de façon précise la position de l'avion. Celui-ci peut être équipé d'une carte spéciale sur laquelle une plume trace fidèlement le parcours effectué par le pilote. Il y a lieu de souligner la différence qui existe entre un système comme le DECCA et une combinaison VOR/DME. Le premier indique au pilote où il est et d'où il vient. La seconde lui montre où il doit aller et la distance qui lui reste à parcourir.

Un autre système de navigation à moyenne distance, récemment rendu public par l'Amérique, est le **TACAN** (Tactical Air Navigation) qui donne lui aussi des indications d'azimut et de distance.

Il fonctionne sur environ 1000 mHz et a surtout été prévu pour l'aviation militaire. Mais la tendance règne aux U.S.A. de créer un équipement commun aux civils et aux militaires et la compétition est ouverte. Beaucoup pensent que le TACAN doit faire ses preuves avant d'être éventuellement appelé à remplacer les moyens actuels pour l'aviation civile.

Pour la navigation à grande distance, principalement sur les parcours transocéaniques, les seuls compléments à la navigation astronomique sont le **CONSOL** et le **LORAN**.

Le premier, conçu par les Allemands sous le nom de « **SONNE** », donne des indications d'azimut. Cinq stations Consol sont installées à Stavanger (Norvège), Bushmills (Irlande du Nord), Ploneis (Bretagne), Lugo et Séville (Espagne). Elles couvrent les côtes de l'Atlantique, de l'Islande à l'Espagne, jusqu'au 20° méridien W environ. Le LORAN, système hyperbolique de mesure différentielle des distances, a été également installé. Trois stations, au sud de l'Islande, aux Iles Féroé et au nord des Hébrides, forment une couverture du triangle Scandinavie, Ecosse et Islande. Le radio-guidage sur les parcours transocéaniques n'est donc pas encore réalisé de façon satisfaisante et les équipages appliquent les méthodes classiques de la navigation astronomique.

De grands projets sont actuellement en cours de développement, quelques-uns depuis plusieurs années. Les Anglais préconisent le DECTRA (Decca track guide and ranging) et le DELRAC (Decca Long range coverage). Le premier, dérivé directement du Decca, est destiné à des parcours transocéaniques donnés, par exemple : Angleterre - Terre Neuve, sur lesquels le pilote pourrait choisir entre plusieurs voies. L'indication de position obtenue étant précise à 5 milles marins près jusqu'à 800 milles marins des extrémités du trajet, et à 10 milles marins sur le reste du parcours. Le second, fonctionnant sur des longueurs d'onde de 20 000 à 30 000 mètres, serait destiné à assurer dans le monde entier une couverture de détermination de position ayant un haut degré de précision. Les Américains ont, eux aussi, un système en préparation pour la navigation à grandes distances. Il s'agit du NAVAGLOBE-NAVARHO donnant des indications d'azimut et de distance. Une cinquantaine de stations, judicieusement réparties, devraient pouvoir assurer une couverture mondiale.

#### Les aides pour l'approche finale

On imagine aisément que, pour permettre à un pilote qui ne verra le sol que quelques secondes avant de poser un avion de 40 à 100 tonnes sur la piste à une vitesse de 40 à 60 m/sec., il est nécessaire de disposer de moyens de guidage d'une très grande précision.



Par un plafond de l'ordre de 60 à 100 m et une visibilité de 300 à 600 m, le pilote doit être parfaitement aligné sur la piste et en position pour atterrir, au moment où il entre en contact visuel avec le sol. Seules d'infimes corrections d'assiette ou de direction peuvent être encore effectuées. Bien que les aides-radio actuelles permettent, en cas d'approche impeccable, un atterrissage sans visibilité, il n'en est pas moins vrai qu'une telle manœuvre est une performance qui ne saurait être considérée comme normale. Les compagnies ne peuvent pas prendre un tel risque et exposer leurs passagers, leurs équipages et leurs avions en tolérant des performances sportives spectaculaires. Des limites sont donc fixées aux pilotes par les exploitants des lignes aériennes. Elles varient selon le type d'avion et selon les aéroports. En outre, de nombreux pays, dont la Suisse, ont également fixé la limite d'utilisation des aéroports. A Genève et Zurich, l'aéroport est interdit lorsque la visibilité météorologique tombe en dessous de 300 mètres. D'une façon générale, les compagnies admettent qu'à une hauteur donnée, qui varie entre 60 et 100 mètres sur sol, le pilote doit cesser le vol aux instruments et pouvoir terminer le vol en référence visuelle avec le sol.

L'aide-radio standard pour l'approche finale la plus répandue actuellement est l'**ILS (Instrument Landing System)**, dérivé du SCS 51 mis au point pendant la guerre. Ses caractéristiques techniques sont décrites dans un autre article. L'ILS donne au pilote un guidage en azimuth et en élévation lui permettant de s'aligner sur la piste et de s'en approcher selon une pente idéale. Trois balises verticales lui donnent la distance qui lui reste à parcourir jusqu'au seuil de la piste.

Outre l'ILS, la plupart des grands aéroports utilisent un radar du type dit « d'approche de précision » (**PAR**). Celui de Genève fait l'objet d'une description dans ce bulletin. Alors que l'ILS exige à bord des installations de réception spéciales pour l'alignement de piste, l'alignement de pente et les balises de distances, le PAR peut être utilisé par les pilotes n'ayant qu'un moyen de liaison radiotéléphonique avec le sol. Il y a, entre ces deux systèmes d'approche par mauvais temps, une différence essentielle, d'ordre psychologique, qu'il y a lieu de souligner ici. Au cours d'une approche ILS, le pilote interprète lui-même les indications qui lui sont fournies par un instrument à 2 aiguilles, l'une verticale, lui signalant toute déviation de sa trajectoire par rapport à l'axe de la piste, l'autre horizontale, toute déviation par rapport à la pente idéale, fixée en général entre 2,5 et 3° au-dessus de l'horizontale. Dans le cas d'une approche guidée par radar, c'est l'opérateur au sol qui interprète l'image de son écran pour indiquer au pilote de façon continue les corrections à effectuer pour s'aligner. Il y a donc partage de responsabilité entre le pilote et l'opérateur radar. La méthode mixte, qui consiste à faire une approche ILS contrôlée par radar, est très appréciée par les pilotes qui gardent ainsi la responsabilité de la manœuvre tout en sachant qu'en cas de déviation des trajectoires prévues, le radar le lui signalera immédiatement.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'approche aux instruments cesse lorsque le pilote a atteint une hauteur limite à laquelle il doit voir le sol. Si ce n'est pas le cas, il doit repartir et se diriger vers un autre aéroport ou attendre que la situation météorologique se soit améliorée. Dans le but d'aider le pilote à repérer le sol, plusieurs systèmes de balisage lumineux ont été essayés avant que soit admise comme standard international la ligne de feux à haute intensité dite « ligne Calvert », du nom de l'ingénieur anglais qui l'avait proposée. Elle est constituée par une ligne de phares à haute intensité disposés sur la prolongation de l'axe de la piste sur une lon-



Une partie des lampes de la ligne de feux à haute intensité qui marque les 900 derniers mètres de l'approche avant la piste.

gueur de 900 m et par des barres perpendiculaires à l'axe qui donnent au pilote une référence horizontale. La première barre est placée à 920 m du seuil de la piste et comporte 27 phares. Cette barre est suivie d'un premier tronçon de 300 m avec 3 phares tous les 30 m. La seconde barre comporte 20 phares et le deuxième tronçon de 300 m, 2 phares tous les 30 m. La troisième barre est composée de 14 phares et le dernier tronçon de 300 m aboutissant aux feux de seuil de la piste est marqué par un seul phare tous les 30 m. Au total, 116 phares dont l'intensité est réglable depuis la tour de contrôle, chaque phare ayant une intensité maximum de 1 300 000 bougies.

L'importance et la portée des messages qu'échangent les organes de contrôle entre eux ou avec les pilotes sont telles qu'il est nécessaire d'enregistrer toutes ces conversations. Un appareil à bande magnétique 16 m/m à 14 pistes enregistre en permanence tout ce qui se dit sur les différentes fréquences et sur les lignes téléphoniques des centres adjacents, du service météo, etc. Sur l'une des pistes l'horloge parlante des PTT fournit un témoignage irréfutable de l'heure, minute et seconde de transmission de chaque message. En cas de contestation, d'incident ou d'accident une reconstitution exacte des faits est possible grâce à ces documents.

### CONCLUSION

De la longue description qu'on vient de lire ressort l'ampleur de l'organisation qui œuvre au sol pour la sécurité des vols. Nous pouvons déduire de ce qui précède quels sont les problèmes qui restent à résoudre pour libérer entièrement le transport aérien du handicap que constitue encore l'infime pourcentage des vols supprimés ou détournés de leur destination à cause des conditions météorologiques et pour pouvoir garantir un écoulement normal du trafic sur les voies aériennes et dans les régions de contrôle terminales même lorsque le nombre des vols aura décuplé. Essayons d'esquisser brièvement les solutions qui peuvent être envisagées.

Sur les voies aériennes il faut tendre à rendre la navigation de plus en plus précise pour que, par une réduction des marges de séparation, l'espace aérien puisse être mieux utilisé. En outre, il faut tenter de mettre à disposition du pilote un dispositif lui permettant d'assurer lui-même sa séparation des autres avions car l'intervention du sol, si bien organisée soit-elle, risque de devenir trop complexe et trop lourde à partir d'un certain volume de trafic.

Dans les régions terminales il faudrait que les manœuvres de descente, d'approche et de départ prennent moins de temps et d'espace, ce qui revient à dire qu'il faudra réaliser l'avion atterrissant et décollant verticalement. Mais nous n'en sommes pas encore là. En fait, les avions dont le poids et la vitesse augmentent constamment (le DCS pèsera 130 tonnes et volera à plus de 900 km/h), exigent des pistes toujours plus longues et seront moins maniables à proximité du sol. Il est donc à prévoir que les limites à l'atterrissage par mauvaise visibilité dont nous avons parlé

deviendront plus sévères encore pour ces avions géants. En outre, la consommation de carburant des avions à réaction est très forte, d'où la nécessité de réduire le plus possible les attentes à l'arrivée. Enfin les manœuvres d'approche de ces avions très rapides occuperont certainement de grands espaces autour des aérodromes. Dès lors il est nécessaire de perfectionner les méthodes actuelles. On songe à simplifier la tâche des pilotes par divers moyens. Par exemple en donnant les instructions du contrôle non plus en téléphonie mais par affichage au poste de pilotage, et en faisant agir le radio-guidage pour l'approche finale directement sur les commandes de l'avion. L'approche automatique est du reste déjà réalisée par couplage du pilote automatique sur l'ILS et donne des résultats extraordinaires de précision. On pense retransmettre au pilote par télévision les informations fournies par les radars au sol et doter les contrôleurs de calculateurs électroniques qui feront, plus rapidement et plus exactement, le calcul des trajectoires à indiquer à chaque pilote pour accélérer la cadence des approches. Le radar de surveillance, de plus en plus utilisé, est en passe d'être complété par des dispositifs répondeurs permettant l'identification rapide et sûre des avions visibles sur l'écran. Mettant en œuvre des moyens scientifiques et financiers énormes, les grandes nations aéronautiques étudient de nouvelles procédures et de nouveaux équipements. Nous entrons dans une nouvelle phase du développement de l'aviation de transport qui exigera des ingénieurs, des navigants et des « rampants » un très gros effort, et, des pays qui veulent garder le contact avec cette évolution rapide, des sacrifices financiers importants.

## LE RADAR D'APPROCHE DE PRÉCISION DE L'AÉROPORT DE GENÈVE-COINTRIN

par REYNOLD BONJOUR,

chef du Service technique de la Sécurité aérienne, Radio-Suisse S. A., Genève

Le terme **RADAR**, abréviation de la locution anglaise : *Radio Detection and Ranging* ne désigne plus, aujourd'hui, un appareil déterminé mais une vaste catégorie de complexes radio-électriques répondant à des exigences fort diverses. Citons, en passant, les radars de conduite de tir (artillerie, D.C.A., marine), les radars anticollision, les radars météorologiques (employés de plus en plus sur les avions), les radars secondaires (ou répondeurs) qui sont capables de répondre automatiquement et sélectivement à un radar dit interrogateur (ou primaire), les altimètres radio-électriques ou sondes.

Pour le service des aéroports, trois types de radars ont été mis au point, ce sont :

1. *Le radar de surveillance à grande portée* employé principalement pour le contrôle des avions « en

route » (portée 120 à 150 km, exploration circulaire lente).

2. *Le radar de surveillance à portée moyenne et couverture haute*, spécialement adapté au repérage des avions effectuant des manœuvres d'approche, de montée ou de descente aux environs de l'aéroport. Il ne diffère du premier que par son diagramme d'antenne plus évasé et sa vitesse de rotation plus rapide.
3. *Le radar d'approche de précision* (en abrégé : **PAR**) destiné au contrôle et surtout au guidage très précis des avions qui effectuent leur approche finale et leur atterrissage (portée 18 à 25 km, exploration sectoriale rapide dans deux dimensions).