

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

**Artikel:** La station radio-téléphonique et radio-goniométrique de la Dôle  
**Autor:** Schütz, Willy  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62072>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

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

### Les markers, radiobornes ou balises

Ce sont de petits émetteurs (puissance rayonnée env. 5 W) dont les diagrammes d'antennes ont la forme de « parois » verticales minces et larges, placées en travers de la trajectoire de descente (fig. 1).

Les emplacements de ces balises sont choisis comme suit : la *balise extérieure* (outer-marker) est, en principe, à 7,2 km de l'entrée de la piste. A Genève-Cointrin, ce point se trouverait dans le lac et il a fallu raccourcir cette distance à 6,25 km. Cette distance correspond à environ 2 1/2 minutes de vol. Par combinaison avec la pente donnée par le radiophare d'alignement de descente, elle permet de connaître la hauteur théorique en ce point, au-dessus du niveau d'atterrissage et de la comparer avec celle qu'indiquent les altimètres, ce qui permet une vérification sûre de l'appareillage. La balise extérieure peut être considérée comme le point de transfert entre l'approche et l'atterrissage proprement dit ;

la *balise intermédiaire* (middle-marker) se trouve à  $1050 \pm 150$  m de l'entrée de la piste (à Genève-Cointrin : 966 m). C'est la plus importante. La pente de 3° la coupe à 60 m de hauteur, correspondant à la limite à laquelle un avion peut descendre sans voir le sol. Si donc, au passage de ce « marker » le sol n'est pas visible (brouillard), le pilote doit renoncer à atterrir et remonter immédiatement. En effet, les avions actuels sont très lourds (50 à 60 tonnes et au-delà de 100 tonnes pour les nouveaux types en fabrication) et il faut un certain temps pour remettre les moteurs à pleine puissance, rentrer roues et volets et annuler la composante verticale descendante de la vitesse. Si cette manœuvre est entreprise plus tard qu'au passage de la balise intermédiaire, on court le risque de voir l'avion toucher le sol avec une probabilité très élevée de catastrophe ;

la *balise intérieure* (boundary-marker) est à 75 m du seuil de piste. Elle est surtout utile lorsque la distinction entre la piste bétonnée et le terrain qui la précède est peu marquée et que les feux verts d'entrée sont eux-mêmes peu visibles, comme ce peut être le cas lors d'une forte chute de neige qui, sans empêcher de voir le sol verticalement, restreint fortement la visibilité vers l'avant. Le pilote sait que trois secondes au plus après avoir franchi cette balise il peut poser sa machine en toute sécurité « sur le dur ».

### Systèmes de contrôle

L'ILS revêt, par ses fonctions de guidage de précision, une *importance vitale* dans l'exploitation de tout aéroport

commercial. Le localiser et le glide-path sont contrôlés journalièrement par un technicien. De plus, des systèmes de contrôle automatique arrêtent les installations dont les indications sortent des tolérances très étroites qui sont assignées par les règlements internationaux. En même temps, une alarme sélective avertit immédiatement les préposés au contrôle d'aérodrome (tour de contrôle) que l'une ou l'autre des installations est défectueuse.

Comme précaution supplémentaire, l'appareillage de bord est pourvu de « Flags-alarms » ; ce sont de petits drapeaux métalliques rouges qui viennent masquer les aiguilles de l'indicateur (fig. 3) dès que les signaux sortant des récepteurs ne sont plus conformes aux valeurs de fonctionnement normal. Ils sont actionnés, à l'instar des aiguilles de guidage, par des cadres mobiles recevant leur courant d'un circuit du récepteur où tant le champ reçu que le taux de modulation ont une influence déterminante. Le pilote est ainsi avisé immédiatement de toute détérioration des installations, que le défaut soit à bord ou au sol.

Enfin, l'ILS, en entier, est vérifié mensuellement par l'Office fédéral de l'air, au moyen d'un avion équipé d'installations calibrées et vérifiées avec précision et conduit par un équipage expert en la matière.

Nous espérons avoir donné, dans ces quelques pages, une vue d'ensemble des deux principales aides radio-électriques dont dispose l'aéroport de Cointrin, à l'instar de la plupart de ses semblables, pour permettre l'atterrissage des avions par tous les temps, à l'exception, malheureusement, du brouillard qui reste l'ennemi n° 1 du trafic aérien. Le plus beau jour de l'aviation sera, sans doute, celui où le génie humain aura mis au point les moyens techniques permettant de faire fi du brouillard le plus dense, bientôt seul aléa des horaires aériens.

## LA STATION RADIO-TÉLÉPHONIQUE ET RADIO-GONIOMÉTRIQUE DE LA DÔLE

par WILLY SCHÜTZ, technicien au Service de la sécurité aérienne,  
Radio-Suisse S. A., Genève

Cette station construite au sommet de la Dôle n'est pas, comme on l'entend dire de façon erronée, la station de télévision, mais bien un relais de radio-téléphonie au Service de la sécurité aérienne suisse.

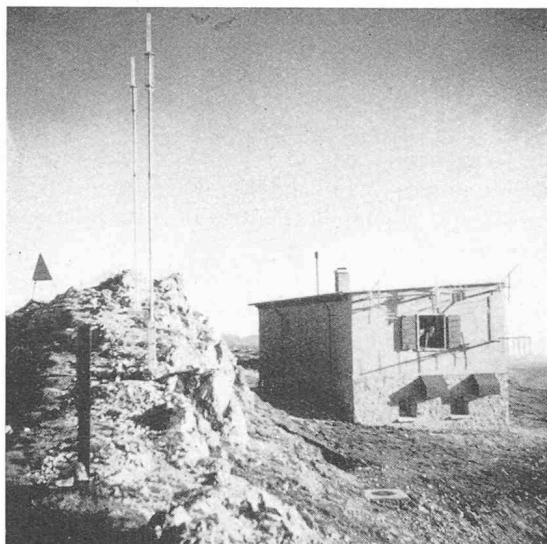
Examinons tout d'abord les raisons qui ont déterminé sa construction. L'augmentation constante du trafic aérien civil dès 1950 nécessita une réorganisation du contrôle aérien. Les organes responsables de l'aviation civile internationale, OACI, établirent un réseau de voies aériennes à l'intérieur desquelles circulent les avions. Ces derniers sont en contact radio-téléphonique avec des organes au sol appelés centres de contrôle régionaux. Les fréquences utilisées pour ces liaisons air/sol sont très élevées et couvrent une bande de 118 à 127 MHz. Comme on le sait, la propagation des ondes ultra-courtes peut se comparer à celle de la lumière, c'est-à-

dire que les obstacles importants comme les montagnes créent des ombres dans le rayonnement radio-électrique.

Étant donné la situation particulière de l'Aéroport de Cointrin, entouré au nord, à l'ouest et au sud par des montagnes assez élevées et l'obligation d'assurer des liaisons radio au-delà de celles-ci, il s'avéra nécessaire de créer une station relais sur un sommet environnant.

Des essais furent entrepris dès 1952 aux Rochers-de-Naye, au Weissenstein, au Chasseral, puis à la Dôle. Les essais du Weissenstein étaient entrepris pour connaître les possibilités qu'offrait un relais central desservant les aéroports de Kloten et de Cointrin.

Cette idée fut abandonnée par la suite pour des raisons techniques. L'Office fédéral de l'air décida d'attribuer une station relais à chaque centre de contrôle. Pour Cointrin, l'idée de construire une station radio-téléphonique à la Dôle fut d'emblée retenue. Mais étant donné l'urgente nécessité



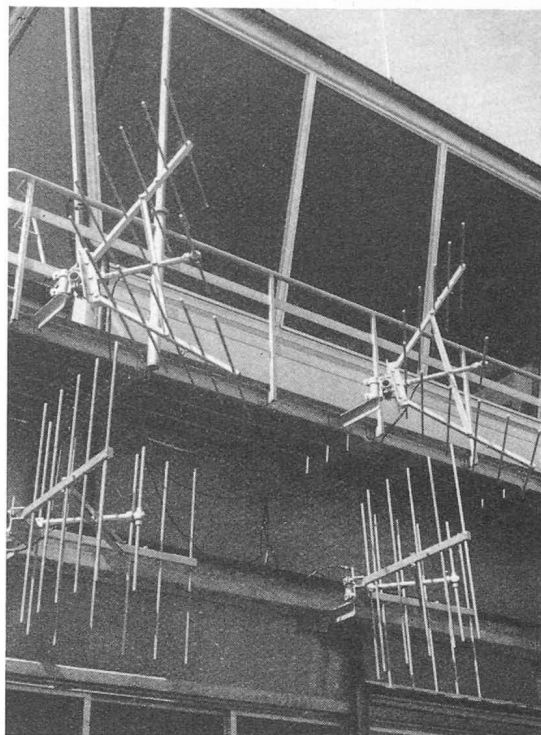
La station relais sur ondes ultra-courtes installée au sommet de la Dôle (1680 m/mer) par laquelle les liaisons pilote/contrôleur sont possibles.

d'appliquer les nouvelles réglementations OACI d'une part, et l'impossibilité de réaliser rapidement une station à la Dôle d'autre part, nous fûmes contraints d'installer provisoirement les appareils destinés à la sécurité aérienne dans la station des P.T.T. à Chasseral. C'est en été 1954 que débuta la construction de la station relais de la Dôle. Aussitôt se posèrent plusieurs problèmes importants; l'accès au sommet avec des véhicules étant impossible, il fallut construire un téléphérique provisoire pour le transport des hommes, du matériel et de l'appareillage technique. D'autre part, la crête étant longue et très exposée, il fut nécessaire d'amener l'alimentation haute tension de 13 000 volts sous câbles, du sommet au col du Vuarnet. De là à Saint-Cergue en ligne aérienne commune pour la station de télévision de la Barillette et notre station. Malgré ces difficultés, les travaux furent terminés très rapidement et l'exploitation de la station fut entreprise vers mi-novembre de la même année. Les essais concluants effectués au cours de l'été 1954 avec un goniomètre automatique à la Dôle décidèrent les organes responsables de faire construire un bâtiment séparé de la station principale pour abriter cet appareil. Les deux bâtiments ainsi que le système d'antennes VHF furent construits de façon très robuste étant donné l'altitude et les conditions météorologiques très défavorables.

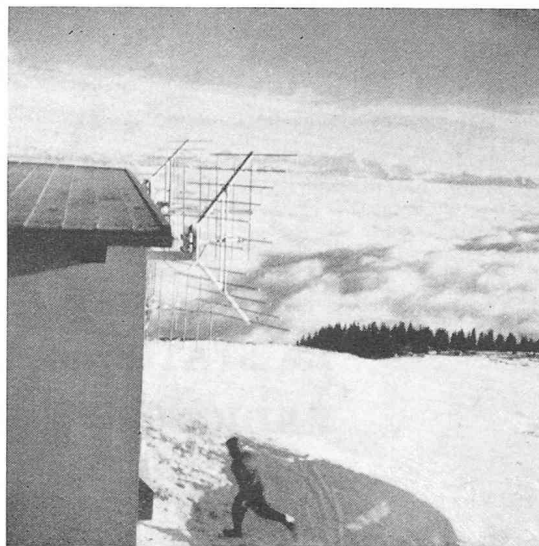
### Les installations techniques

La *figure 1* représente l'ensemble de nos installations VHF existantes entre le centre de contrôle de Cointrin et la station de la Dôle. Ce système permet l'utilisation de quatre fréquences VHF différentes, et par conséquent d'assurer des liaisons radio-téléphoniques avec plusieurs avions simultanément.

A l'aide de la commande à distance, le contrôleur a la possibilité d'enclencher et de déclencher n'importe quel émetteur-récepteur VHF de la station relais. En cas de panne d'un canal radio-link, il peut également commuter un canal de réserve. Le fonctionnement de la commande à distance est examiné dans le chapitre suivant. Les *radio-links* sont les appareils qui transmettent les fréquences de commande, la modulation des émetteurs et récepteurs VHF; ils remplacent en quelque sorte les câbles téléphoniques normalement utilisés dans un tel but. Alors que les appareils VHF utilisent la modulation d'amplitude, les *radio-links* sont conçus pour la modulation de phase; ce procédé



Les antennes des émetteurs/récepteurs sur ondes dirigées installées sur l'Aérogare de Genève et dont les faisceaux sont orientés vers la Dôle. Ces « câbles hertziens » (radio-links) relient la station de la Dôle au contrôle des voies aériennes.



Antennes directives installées à la Dôle et orientées vers Genève.

de modulation est insensible aux parasites et dispose d'une bande passante beaucoup plus élevée.

Les huit émetteurs *radio-links* de la Dôle sont étagés de 100 en 100 kHz, au voisinage de 160 MHz et sont reçus à Cointrin par huit récepteurs *radio-links* câblés sur les fréquences correspondantes. Afin d'éliminer toute possibilité de brouillage entre les émetteurs et les récepteurs placés au même endroit, les huit émetteurs de Cointrin, également étagés de 100 en 100 kHz, ont des fréquences voisines de 170 MHz.

La séparation de fréquences entre émetteurs et récepteurs aussi bien à Cointrin qu'à la Dôle est donc de 10 MHz.

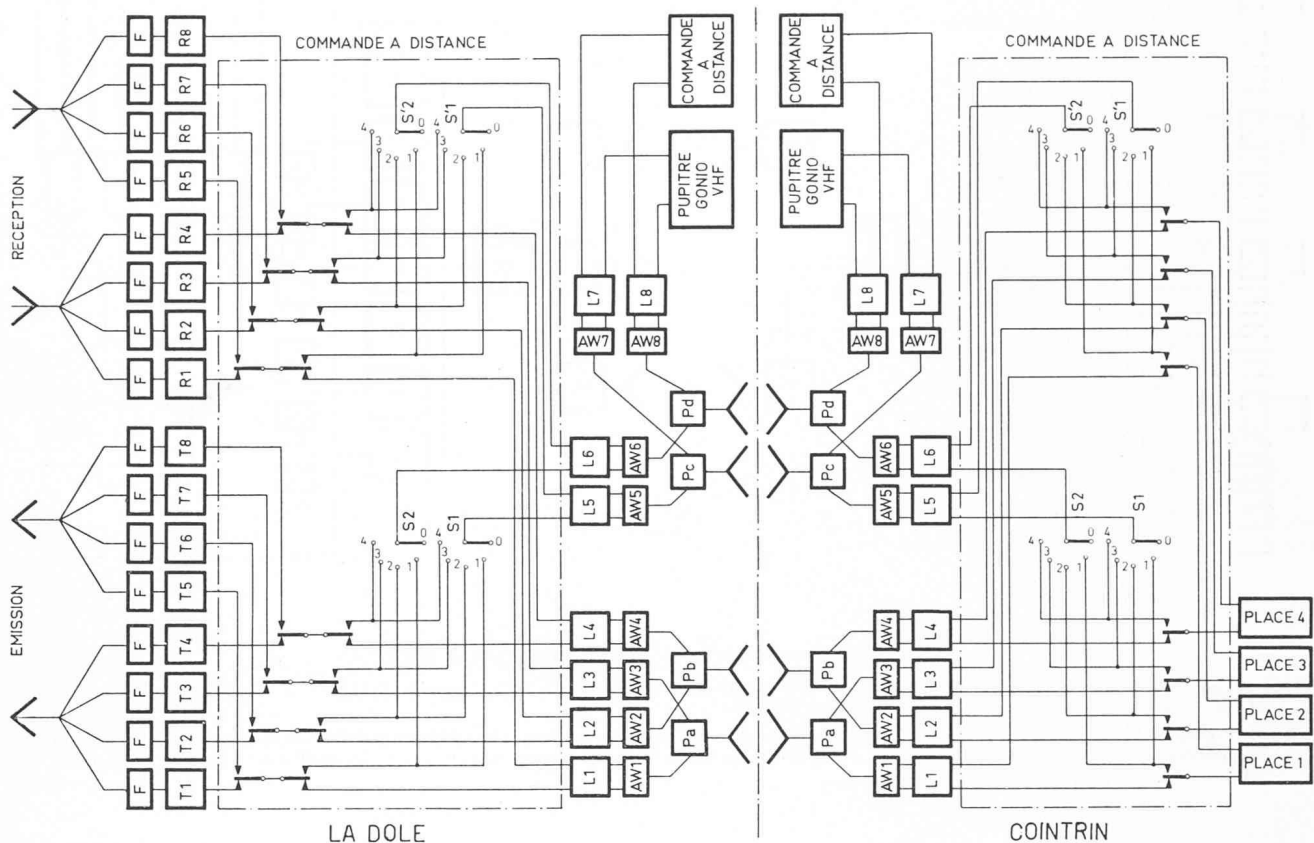


Fig. 1. — Schéma de principe des installations de radio-téléphonie pour le contrôle des voies aériennes.

*A gauche :* Les huit émetteurs T 1 à T 8 formant deux groupes de quatre unités, T 1 à T 4 le groupe d'émetteurs principal, T 5 à T 8 le groupe d'émetteurs de réserve. R 1 à R 4 le groupe de récepteurs principal, R 5 à R 8 le groupe de récepteurs de réserve. Les émetteurs et les récepteurs fonctionnent dans la bande de 118 à 127 MHz et utilisent la modulation d'amplitude. Les sélecteurs de la commande à distance S 1 et S 2 pour l'enclenchement des émetteurs et S' 1 et S' 2 pour l'enclenchement des récepteurs.

*Au centre :* Les groupes radio-links pour la liaison Dôle-Cointrin fonctionnant dans la bande de 160 à 170 MHz en modulation de phase. L 1 à L 4 sont les quatre canaux principaux, L 5 et L 6 les réserves radio-links pour les quatre canaux ci-dessus. L 7 et L 8 les canaux de transmission des impulsions sélectives de la commande à distance et des signaux de référence du goniomètre automatique. Grâce à l'emploi des aiguilles d'antennes AW ainsi que des ponts de multicouplage P, quatre antennes dirigées suffisent pour les huit canaux radio-links.

*A droite :* Les quatre places de travail du centre de contrôle pour les quatre fréquences air/sol.

Les radio-links L 1 à L 4 reliés aux places de travail, transmettent les modulations de l'émission et de la réception, ainsi que les commandes du push-to-talk (enclenchement de l'anode des émetteurs de la Dôle). Les unités L 5 et L 6 sont les réserves du groupe ci-dessus. Les radio-links L 7 et L 8 transmettent les fréquences sélectives de la commande à distance destinées à l'enclenchement (chauffage) des émetteurs et des récepteurs à la Dôle, ainsi que les signaux de référence du goniomètre automatique.

Grâce à l'emploi d'une aiguille d'antenne AW, l'émission et la réception simultanées du canal radio-link peut se faire sur une même antenne, d'autre part le pont de multicouplage D permet le fonctionnement de deux groupes radio-links sur une seule antenne.

La commande à distance schématisée sur la *figure 2* permet trois sortes d'opérations :

- L'enclenchement et le déclenchement à distance des émetteurs et des récepteurs VHF.
- La sélection des canaux radio-links de réserve.
- La commande des circuits auxiliaires, tels que circuits de contrôle et appels téléphoniques.

Son principe de fonctionnement est basé sur l'emploi

des combinaisons de fréquences sélectives. Elle permet 64 opérations de commande. L'ensemble est composé de deux parties distinctes, l'élément émetteur à Cointrin et l'élément récepteur à la Dôle.

Dès qu'une commande est effectuée, l'oscillateur mécanique se trouvant dans le circuit sélectionné se débloquent instantanément, sa fréquence audible est amplifiée dans un amplificateur-mélangeur qui module lui-même deux émetteurs radio-links branchés en parallèle. A la Dôle, les deux récepteurs également branchés en parallèle transmettent cette fréquence sur des filtres sélectifs par l'intermédiaire d'un mélangeur électronique. Ces filtres ayant exactement la même fréquence de passage que celles des oscillateurs, seuls les relais du sélecteur qui reçoivent une impulsion sélective opèrent une commande. Le cycle d'une telle fonction est très court et ne dure qu'une fraction de seconde.

Voyons à l'aide de la *figure 3* comment fonctionne une place de travail. Nous disposons à la Dôle d'un groupe émetteur-récepteur enclenché T 1 et R 1 ainsi qu'un groupe identique de réserve T 5 et R 5. Ces deux groupes sont enclenchés par l'intermédiaire de la commande à distance RT 1 et RT 5. La liaison radio-téléphonique entre Cointrin et la Dôle est assurée par le canal L 1. La réception de la

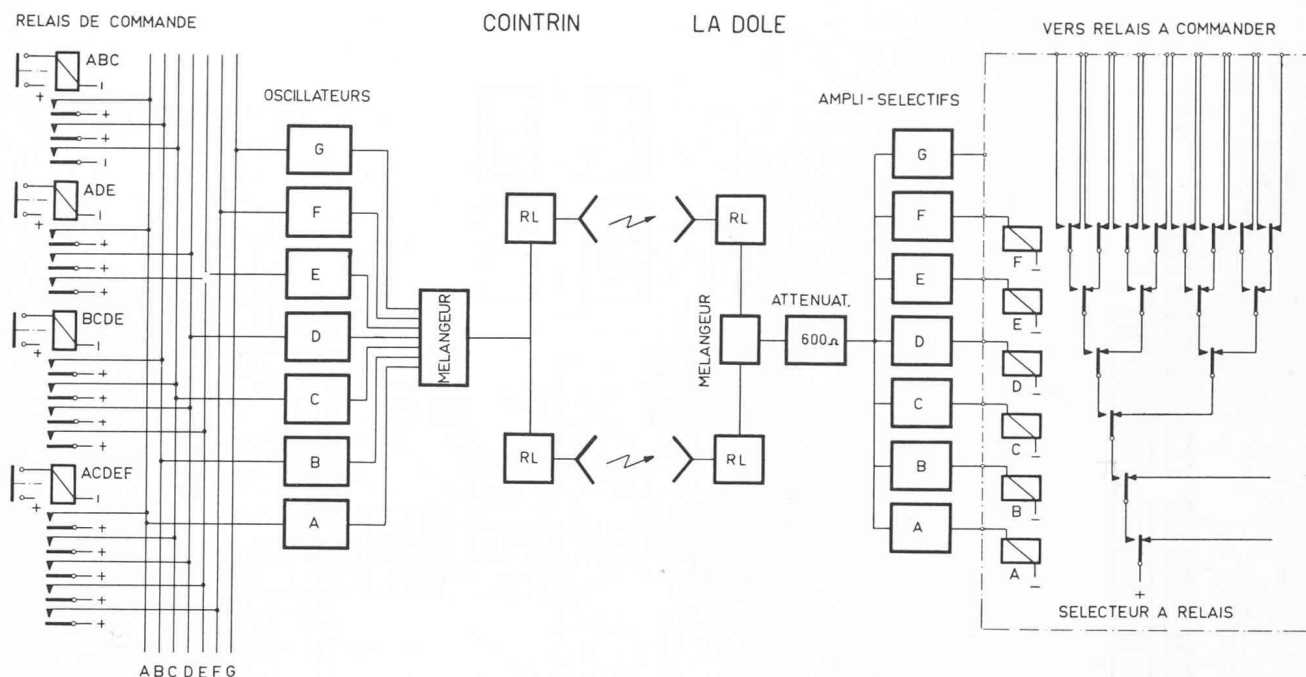


Fig. 2. — Schéma de principe de la commande à distance.

*A gauche :* L'élément émetteur comprenant les relais de commande, les oscillateurs électro-mécaniques A à G, le mélangeur électronique et les deux émetteurs radio-links RL branchés en parallèle.

*A droite :* L'élément récepteur avec les deux récepteurs radio-links RL également branchés en parallèle, le mélangeur électronique et l'amplificateur sélectif comprenant les filtres électro-mécaniques A à G sur les mêmes fréquences que les oscillateurs. Le sélecteur à relais qui exécute les opérations de commande.

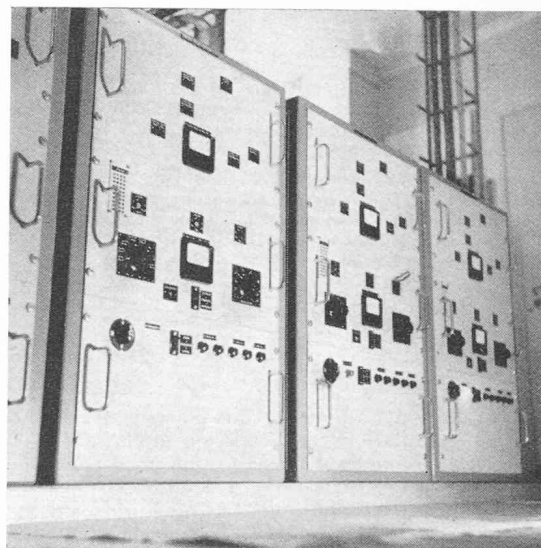
Dôle est acheminée au haut-parleur de la place de travail par les contacts du relais RD, par l'ampli de ligne pour autant que le relais RD ait été sélectionné par le contrôleur. Pour l'émission, il actionne son bouton poussoir émission Dôle, le relais ED tire, ainsi que le relais O. A ce moment, l'oscillateur mécanique 3780 Hz qui modulait le radio-link et bloquait l'émission à la Dôle par l'intermédiaire de l'amplificateur sélectif est mis hors circuit et est remplacé par l'amplificateur du microphone. La modulation parvient à la Dôle à l'aide du radio-link L 1.

A Cointrin, nous disposons d'un groupe émetteur-récepteur de réserve pour chacune des quatre fréquences VHF. Ceux-ci ont été installés pour suppléer à une éventuelle panne générale des appareils de la Dôle, étant donné que cette station n'est pas surveillée en permanence.

L'opérateur a donc la possibilité de travailler avec l'émetteur local. Pour ce faire, il sélectionne l'émission locale, le relais EL tire et commute l'enclenchement émission sur l'émetteur respectif. Dans aucun cas il ne peut travailler avec les deux émetteurs simultanément, ceci pour éviter les sifflements ; par contre en réseau, il peut sélectionner « réception Dôle » à l'aide du relais RD, « réception locale » à l'aide du relais RL ou les deux réceptions simultanément RD et RL. En cas de panne du canal radio-link L 1, l'opérateur dispose de deux canaux de réserve L 5 et L 6 susceptibles d'être actionnés depuis toutes les places de travail. Admettons une panne sur le canal L 1, l'opérateur choisit le canal de réserve L 5 ou L 6 en cas d'occupation du premier. Il actionne le relais LR 5 qui tire les relais A et S 1, le sélecteur démarre et s'arrête dans la position marquée, il relie ainsi le canal L 5 à la place de travail par l'intermédiaire du sélecteur S 1 et les contacts de commutation du relais A. Les mêmes opérations sont effectuées à la Dôle par l'intermédiaire de la commande à distance.

L'enregistrement des messages d'avions ainsi que la modulation du centre de contrôle sont assurés en permanence par un enregistreur à canaux multiples.

En cas de panne d'alimentation, nous disposons à la Dôle d'un groupe électrogène automatique, ce groupe d'une puissance de 35 KVA peut alimenter tous les circuits électriques de la station. Dès qu'une panne



Les émetteurs à ondes ultra-courtes installés à la Dôle pour les liaisons de contrôle régional et du service d'information en vol avec les avions en route.

de réseau survient, le groupe se met en marche automatiquement. Son autonomie sans aucune surveillance est de 75 heures.

La pression d'huile, la température du bloc moteur et la surcharge de la génératrice sont contrôlées par des circuits électriques. Dès que survient un défaut dans l'un des circuits, le groupe se déclenche instantanément. Lorsque l'alimentation haute tension revient sur la ligne, le groupe se déclenche automatiquement. A Cointrin, le contrôleur dispose d'une lampe indicatrice de marche du groupe.



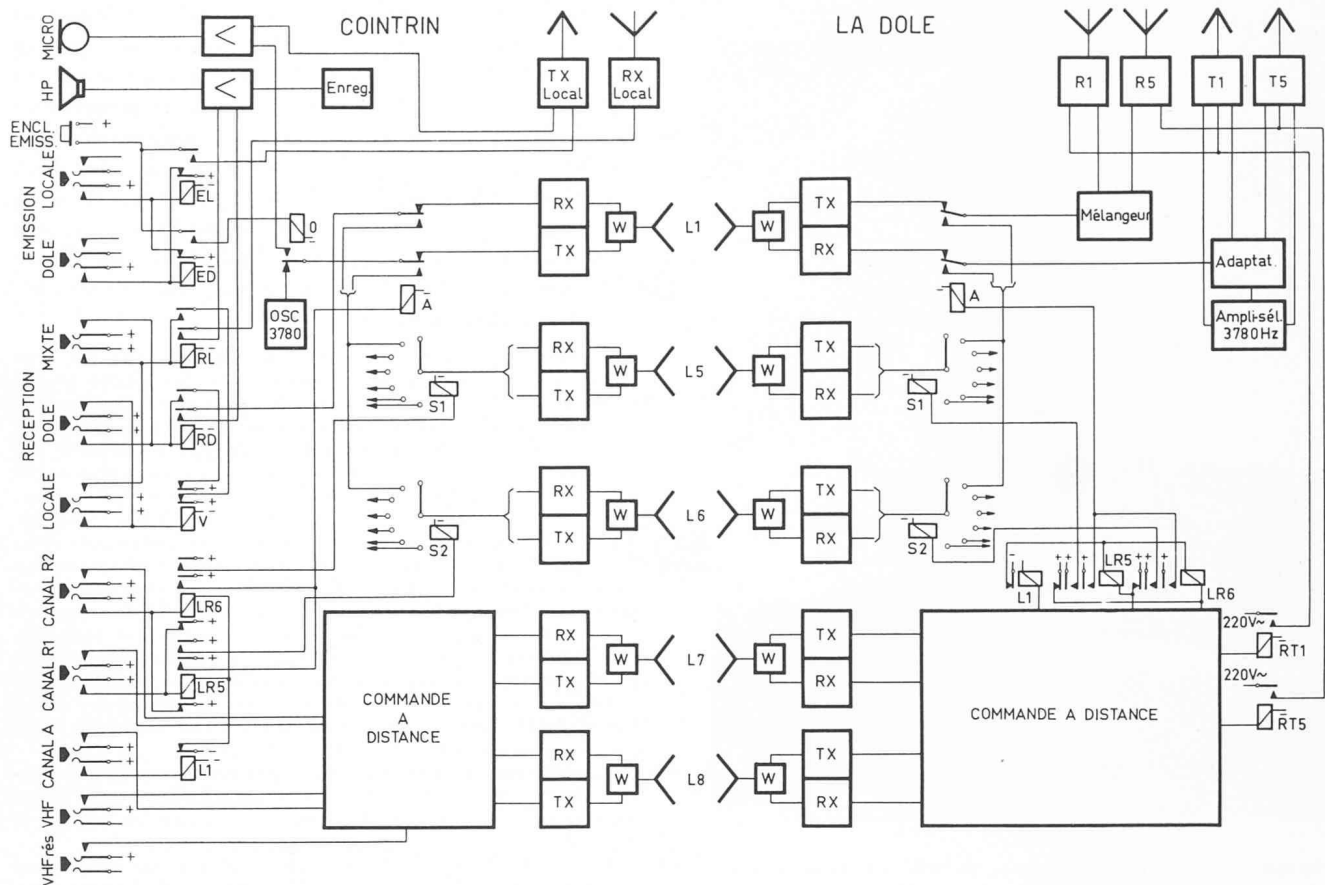


Fig. 3. — Schéma de détail d'une place de travail du centre de contrôle régional et les appareils s'y rapportant.

*A gauche :* Les boutons poussoir à disposition du contrôleur permettant toutes les commandes décrites dans le texte.

*Au centre :* Les canaux radio-links Cointrin-Dôle, L 1 le canal en service pour la modulation et l'enclenchement émission, L 5 et L 6 les canaux de réserve pour L 1. L 7 et L 8 les canaux transmettant les impulsions sélectives de la commande à distance.

*A droite :* L'élément récepteur de la commande avec les relais d'enclenchement RT 1 et RT 5 des émetteurs récepteurs VHF principaux et des réserves.

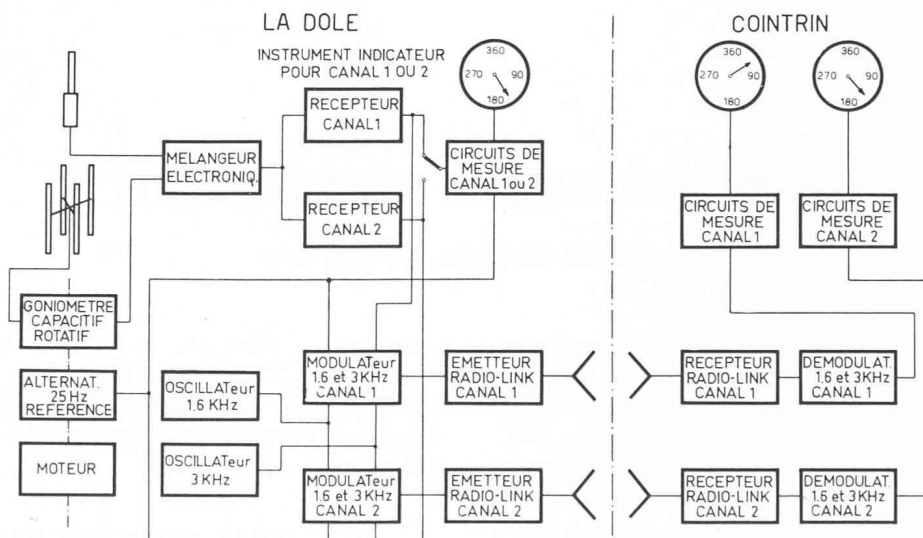


Fig. 4. — Schéma de principe de l'installation du goniomètre automatique

*A gauche :* L'appareillage principal installé à la Dôle.

*A droite :* Les deux pupitres indicateurs pour les deux fréquences VHF à disposition du contrôleur.



Un radiogoniomètre automatique, installé à la Dôle, indique au contrôleur des voies aériennes, la direction des avions avec lesquels il est en contact.

### Le goniomètre automatique

Cet appareil permet de déterminer la direction des avions dans un rayon moyen de 200 km ; grâce à ces deux canaux VHF des relèvements simultanés peuvent être obtenus pour deux avions différents.

Les fréquences utilisées sur le goniomètre étant les mêmes que celles du centre de contrôle, l'opérateur peut connaître la direction d'un avion dès que ce dernier prend contact avec lui. L'appareil principal est installé à la Dôle, il comprend le goniomètre proprement dit ainsi que l'antenne adcock. Les signaux donnant les indications de direction sont transmis par deux émetteurs radio-link de la Dôle à Cointrin et reçus sur deux récepteurs radio-link de même fréquence, puis envoyés sur les deux pupitres indicateurs au centre de contrôle. La *figure 4* donne une vue d'ensemble de cette installation.

L'antenne se compose de quatre dipôles dont les bras polarisés verticalement sont orientés vers les quatre points cardinaux (adcock). On associe à ces quatre dipôles une antenne quart d'onde centrale qui sert au lever de doute. La tension haute fréquence induite dans cette antenne est modulée mécaniquement par un condensateur rotatif entraîné par un moteur tournant à 25 tours par seconde. Par sa rotation, ce condensateur couple alternativement les paires de dipôles nord-sud et est-ouest à l'entrée du mélangeur électronique. Le rôle du mélangeur est de combiner les tensions du condensateur rotatif et de l'antenne quart d'onde centrale qui alimente les deux récepteurs. Le récepteur est un super-hétérodyne dont la moyenne fréquence est accordée sur 4,86 MHz. Après démodulation, on obtient une tension de 25 hertz appelée signal à phase variable. Ce signal à phase variable alimente des circuits de mesure, de même qu'un signal de 25 hertz à phase fixe produit par un alternateur couplé au condensateur rotatif de l'antenne.

La différence de phase produite par ces deux signaux permet de lire la direction de l'instrument indicateur. *Voyons maintenant comment sont transmis ces signaux de la Dôle à Cointrin.*

Etant donné l'impossibilité de moduler des émetteurs radio-links avec des fréquences aussi basses (25 hertz), deux oscillateurs de 1,6 et 3,0 kHz sont modulés avec le signal de référence et le signal de phase variable de 25 hertz. Ces signaux reçus par les récepteurs radio-links de Cointrin sont envoyés par fils sur les pupitres indicateurs. Après démodulation, on retrouve des signaux de référence et de phase variable de caractéristiques absolument identiques à ceux qui alimentent les circuits de mesure à la Dôle, ce qui permet une coïncidence parfaite de lecture dans les indications de direction.

L'introduction de cet appareil dans le système de contrôle des voies aériennes a permis d'augmenter la sécurité et la souplesse du trafic aérien.

## L'AÉRODYNAMIQUE SUPERSONIQUE \*

par KLAUS ISERLAND, Ing. dipl. E.P.F.

Le 10 mars 1956 le pilote d'essai anglais Peter Twiss établit à bord d'un avion d'essai, le **Fairey Delta 2**, (*fig. 1*), un nouveau record du monde de vitesse en volant à une vitesse moyenne de **1822 km/h**, soit 1,73 fois la vitesse du son — en langage aérodynamique : à un nombre de Mach de 1,73. Certains avions expérimentaux américains volent depuis deux ans à grande altitude à Mach 2,5, tels que le **Bell X-1A** et le **Douglas « Skyrocket »** (*fig. 2*) (le nombre de Mach désignant le rapport de la vitesse à celle du son) et même des avions de chasse de série tels que le **Super-Sabre** attei-

gnent en vol horizontal des vitesses légèrement supersoniques, alors que tous les projets actuellement en développement sont prévus pour Mach 1,5 à 2. Le **Lockheed F-104A « Starfighter »** par exemple, révélé tout récemment au public, atteint un nombre de Mach de 2 (*fig. 3*).

L'aérodynamique supersonique n'est donc plus une science réservée aux laboratoires de recherches mais

\* Conférence faite par l'auteur devant la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles, le 23 mars 1956.