

ELECTRONIQUE



ET AVIATION

INTRODUCTION

DANS une suite d'articles, nous proposons d'examiner les principales (et néanmoins nombreuses) applications de l'électronique à l'aviation en général (tourisme, affaires, transport, « longs courriers »).

D'ores et déjà, nous pouvons classer ces applications en deux grandes catégories :

1° Les **radiocommunications** qui nécessitent et regroupent tout l'appareillage de bord et au sol (émetteurs et récepteurs) permettant les liaisons radiotéléphoniques « air-sol » et inversement. C'est probablement l'application de l'électronique la plus connue, peut-être parce que la plus ancienne (ou parce que la plus spectaculaire auditivement). N'oublions pas, en effet, que dès septembre 1930, lors de la seconde tentative (réussie) de la traversée de l'Atlantique Nord (Paris-New York) par Costes et Bellonte, leur avion — le *Point d'Interrogation* Bréguet 780 CV — était déjà équipé d'une installation radioélectrique capable d'envoyer des messages à des stations au sol ou à des bateaux qui, alertés, suivirent le vol et donnèrent des nouvelles à plusieurs reprises.

2° La **radionavigation** qui associe sous ce vocable de très

nombreux dispositifs, tant au sol qu'à bord des avions. Les applications de l'électronique dans le domaine de l'aide à la navigation aérienne sont en général mal connues ; pourtant depuis bien des années déjà, l'électronique a apporté une contribution appréciable qui évite aux avions de naviguer à l'aveuglette... ou à peu près !

Cette aide à la navigation se manifeste (ou s'est manifestée) dans les trois sections fondamentales suivantes :

— La **radiogoniométrie**, qui est la technique la plus ancienne puisqu'elle remonte à 1916 ;

— La **détection électromagnétique**, plus connue sous le nom de « radar », qui date de la guerre 1939-1945, du moins quant à son développement ;

— La **radionavigation** proprement dite, datant sensiblement de la même époque ; elle est maintenant complétée par les systèmes d'atterrissage sans visibilité, les altimètres radioélectriques et les systèmes de bord de navigation dits « plateformes à inertie » utilisés par les « longs courriers ».

En vérité, nous ne sommes plus en 1909 où un certain ingénieur nommé Blériot traversait la Manche en ayant comme moyens de navigation une boussole (ou « compas ») plus ou moins précise... et le soleil !

EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES

L'équipement radioélectrique d'un avion de tourisme ou d'affaires peut aller du très simple jusqu'à l'extrême complexité s'inspirant des avions de ligne. L'équipement le plus simple ne comporte qu'un émetteur-récepteur VHF de bord permettant d'écouler les radiocommunications avec les stations fixes des aérodromes, notamment. Désormais, on peut même dire qu'il s'agit là d'un équipement indispensable, sinon obligatoire.

D'autre part, l'équipement radioélectrique plus complexe, disons total, comprend non seulement plusieurs émetteurs-récepteurs pour les radiocommunications, mais aussi tous les appareils d'aide à la navigation et de radioguidage tels que : récepteur VOR, radiogoniomètre ou radiocompas automatique, ILS, récepteur de marqueurs, DME, transpondeur, etc.

Naturellement, entre ces deux extrêmes, toutes les importances d'équipement sont possibles.

L'émetteur-récepteur, présent sur chaque avion, est utilisé pour toutes radiocommunications entre cet avion et les stations d'aérodromes (au sol), ou éventuellement entre avions en vol. Ces radiocommunications sont exclusivement réservées aux pro-

cédures de décollage et d'atterrissage, aux exigences du plan de vol (si tel est le cas), à la météorologie, aux transmissions de sécurité, d'urgence ou de détresse, le cas échéant. Les communications ayant un caractère de correspondance publique, ou personnelle, ou publicitaire, sont formellement interdites.

L'usage de la radio tend de plus en plus à se généraliser dans l'aviation privée. Si certains pilotes sont encore réfractaires à son emploi, c'est uniquement par méconnaissance des nombreux services qu'elle peut rendre, notamment du point de vue sécurité, même pour celui qui ne vole que par beau temps... Fort heureusement, de plus en plus nombreux sont les pilotes convaincus de sa réelle utilité. D'ailleurs, l'emploi de la radio devient presque obligatoire pour le « voyage », et absolument impératif pour l'utilisation de certains aérodromes (dont le nombre va sans cesse croissant).

Les ondes utilisées pour ces radiocommunications sont dites à VHF (Very High Frequency) ; elles sont d'une fréquence moyenne de 120 MHz, soit une longueur d'onde de 2,50 m. Les ondes à VHF ayant une propagation sensiblement rectiligne, leur portée est donc à peu près limitée à l'horizon vu de l'avion.

Cette portée sera donc d'autant plus grande que l'avion aura de l'altitude. C'est ainsi que, théoriquement, pour un avion volant à 4 000 pieds (soit 1 125 mètres environ), le calcul détermine une portée de 126 kilomètres. Cependant, ce calcul théorique se révèle parfois optimiste. N'oublions pas, en effet, qu'il faut bien souvent compter avec le relief du sol et que la réception à la station d'aérodrome peut être masquée par des obstacles proches (collines, montagnes). Certes, s'il ne s'agit que des communications entre avions en vol, cette portée se trouve considérablement augmentée. C'est ce qui explique que le récepteur de la station d'aérodrome peut ne pas recevoir grand chose, alors que dans le même instant un avion volant seulement à 600 mètres d'altitude reçoit un trafic intense (parfois estimé... excessif).

*
**

Comme nous l'avons vu, les appareils radioélectriques montés à bord des avions supposent déjà une installation relativement importante au sol, au bloc technique de l'aérodrome.

Cet appareillage est groupé à la **tour de contrôle** qui comporte notamment les émetteurs et récepteurs de radiotéléphonie sur les diverses fréquences attribuées à l'aéroport, sans parler des indicateurs - radars, radiogoniomètres VDF, etc.

Cette installation permet d'entrer en liaison radiotéléphonique avec tout pilote, qu'il soit au départ, en vol, ou à l'atterrissage. C'est ainsi que le pilote reçoit tous les renseignements dont il a besoin, tant pour le vol que pour sa sécurité : piste à utiliser, sens du décollage ou de l'atterrissage, planeurs éventuels en vol, conditions météorologiques ou modifications subites de celles-ci, etc.

Réciproquement, le pilote en vol, et notamment lors de son retour dans le circuit d'aérodrome, avant l'atterrissage, doit renseigner le « Contrôle » sur sa position exacte.

Tout cela n'est pas du « bla-bla-bla » inutile et n'a pour but que l'accroissement de la sécurité du pilote et de ses passagers.

*
**

LA RADIONAVIGATION

Du point de vue navigation, il est certain qu'un pilote doit toujours savoir où il est avec précision. Toutefois, il n'est pas rare que des variations brutales et imprévues des conditions météorologiques fassent qu'il se retrouve subitement « dans le

cirage », soit à la suite d'un déroutement ou pour toute autre cause.

Si l'avion comporte un équipement complet de radionavigation, le pilote s'en sortira seul et très rapidement ; il fait son point géographique au moyen des récepteurs VOR ou radiocompas du bord.

Nous reviendrons ultérieurement, avec davantage de détails, sur le principe, le fonctionnement et l'utilisation des radiocompas (radiobalises HF) des VOR.

Mais si l'avion ne comporte qu'un émetteur-récepteur VHF, le pilote pourra demander l'aide des stations radiogoniométriques VHF au sol (stations dites gonios VDF). Néanmoins, ces stations-gonios ne peuvent donner que des QTE (relèvement vrai par rapport à...) ou des QDM (cap à suivre pour se diriger vers la station-gonio par vent nul) ; elles ne peuvent donner d'autres renseignements, et notamment pas la position géographique exacte de l'avion qui appelle. Pour déterminer sa position, le pilote doit donc appeler au moins deux stations-gonios différentes, sinon trois, et il fait le point sur sa carte par recoupement ou par triangulation. Toutefois, les stations-gonios VDF se situent le plus souvent sur des aérodromes.

De ce fait, en affichant au compas magnétique de l'avion le QDM (cap à suivre) transmis par la station-gonio, le pilote doit nécessairement arriver à la *verticale* de l'aérodrome.

Les demandes de QDM (cap à suivre) peuvent être faites plusieurs fois de suite et aussi souvent que nécessaire ; ainsi l'avion se trouve en quelque sorte guidé jusqu'à la verticale de l'aérodrome où il ne lui reste plus qu'à atterrir. Il va sans dire qu'une telle installation est tout particulièrement appréciée par mauvaise visibilité (brouillard, brume, ou autres).

*
**

ANCIENS ET NOUVEAUX SYSTEMES DE RADIONAVIGATION

Le but de la **radiogoniométrie** est de déterminer à partir d'un point (fixe ou mobile) la direction d'un émetteur (mobile ou fixe). De ce fait :

— ou bien un avion peut déterminer la direction par rapport au nord de différentes stations (radiophares ou radiobalises) fixes dont les émissions sont connues ;

— ou bien l'avion émet un signal, et des stations fixes en déterminant la direction de l'émission peuvent lui indiquer par message, son emplacement (ou le renseigner sur le cap à suivre).

Lorsque vous recherchez

l'orientation optimale de votre récepteur à transistors afin de recevoir au mieux France-Inter ou Europe n° 1, vous faites de la radiogoniométrie (peut-être sans le savoir...).

A bord de l'avion, la radiogoniométrie est basée sur les propriétés directives d'un cadre collecteur d'ondes. Au début, on a utilisé des radiocompas manuels permettant d'effectuer les divers relèvements nécessaires pour se situer ou permettant de suivre une route aérienne aboutissant à un radiophare ou jalonnée par des radiobalises ; le maniement de ces appareils était long et leur emploi peu commode.

Par ailleurs, disons que les radiophares équisignaux émettant des lettres complémentaires en morse (le **a** et le **n**, par exemple) ne sont plus utilisés. A cette époque, tant que le pilote était sur une route aboutissant au radiophare, il entendait un son apparemment continu (superposition des deux lettres) ; s'il déviait à droite ou à gauche, il entendait alors, soit une lettre, soit l'autre.

Maintenant on utilise des radiocompas **automatiques** ; ils fournissent aux pilotes une indication continue et automatique du gisement de la station « radiobalise » sur laquelle le récepteur est accordé. C'est en quelque sorte un véritable opérateur-robot qui passe son temps à rechercher le minimum de réception « cadre », l'indication du relèvement en degrés, quel qu'il soit, étant par ailleurs fournie en permanence **sur un cadran** placé en face du pilote.

Un autre mode de goniométrie consiste à utiliser, au sol, des radiogoniomètres VHF automatiques appelés VDF. Nous avons essentiellement un chercheur goniométrique comportant quatre antennes disposées orthogonalement dans lequel un rotor tourne en permanence ; au bout du rotor est placé un générateur de courant déphasé et les tensions ainsi produites sont appliquées — après amplification — sur un tube cathodique. En l'absence de signal reçu, le spot lumineux décrit un cercle sur l'écran du tube. Lorsqu'un avion émet, le tracé du spot se déforme de telle sorte que l'on peut lire la direction de l'avion sur la rose des vents entourant l'écran du tube cathodique, et donc indiquer au pilote le cap (QDM) qu'il doit suivre pour aboutir à la verticale de la station VDF.

*
**

La **détection électromagnétique** (ou **radar**) a fait ses débuts vers 1938, mais ce n'est qu'au cours des hostilités de 1939-1945 qu'elle s'est développée.

Si l'on effectue une émission très brève d'ondes, ces dernières se réfléchissent partiellement sur les obstacles (avions, par exemple) qu'elles rencontrent sur leur trajet, et une faible partie de l'énergie revient ainsi au point de départ où elles est captée par un récepteur approprié et mise en évidence sous forme d'écho sur l'écran d'un tube cathodique. En évaluant le temps entre l'instant d'émission et celui de la réception (connaissant la vitesse des ondes), on peut déterminer la **distance** de l'avion réfléchissant. Si, en même temps, on utilise un pinceau d'ondes **très fin** (et non pas des ondes omnidirectionnelles), le radar indique non seulement la distance de l'avion, mais aussi son **gisement** (angle que fait sa direction par rapport au Nord géographique) ainsi que son **site** (angle que fait sa direction par rapport à l'horizontale) ; ce qui permet de déterminer la **position géographique** de l'avion et son **altitude**.

Certains avions comportent un radar à bord. Il s'agit d'un radar météorologique, appareil destiné à déceler les formations nuageuses importantes et dangereuses (cumulo-nimbus) susceptibles de se trouver sur la route suivie par l'avion.

Les radio-altimètres sont des appareils exploitant le principe du radar ; ici, le signal émis par l'avion frappe le sol et revient... ce qui permet la mesure précise de l'altitude.

*
**

Pour la **radionavigation** proprement dite, une classification s'impose. Il faut distinguer :

— la radionavigation à grande distance ;

— la radionavigation à moyenne et courte distances.

Dans le premier cas (distances d'au moins 1 000 km), il existe deux systèmes principaux : le *Consul* (datant de 1939) et le *Loran* (étudié vers 1941). Nous ne nous étendrons pas ici sur ces moyens de navigation ; disons simplement qu'ils sont utilisés sur un grand nombre de parcours aériens d'Europe, d'Amérique et d'Orient par les « longs courriers ».

Pour la navigation à moyenne distance, un moyen bien connu, car il fut employé lors du débarquement en Normandie en 1944, est le procédé *Decca*. C'est d'ailleurs un moyen dérivé du *Loran*, mais sans doute plus précis (30 m de jour ; 100 m de nuit) ; il est très utilisé par l'aviation militaire.

En courte et moyenne distances, on dispose maintenant, sur tous les territoires (français et étrangers) d'une importante infrastructure de radiobalises (HF) et

de VOR (Visual Omni Range sur VHF) jalonnant de loin en loin toutes les voies aériennes ou situées à l'approche des aéroports.

Nous ne reviendrons pas sur les radiobalises HF agissant sur le radiocompas automatique de l'avion ; cela a été vu précédemment.

Quant au VOR, les principes de fonctionnement et d'utilisation sont totalement différents de ceux des radiobalises HF... bien qu'ayant le même but : la navigation aérienne. Le VOR est en quelque sorte un radiophare VHF à correspondance « azimut-phase », ce qui signifie que la mesure de l'azimut s'effectue en fait à partir d'une mesure de phase entre ondes reçues.

Certaines stations VOR sont complétées par le Tacan. L'appareil correspondant à bord de l'avion se nomme DME (Distance Measuring Equipment). L'avion émet un signal vers la

station-sol qui le reçoit, le code et le réémet. Le temps passé entre l'émission du signal par l'avion et la réception du nouveau signal émis par la station peut être traduit en **distance**, en **vitesse** et en **temps** nécessaire pour rejoindre la verticale de ladite station.

*
**

L'atterrissage par mauvaise visibilité est un problème délicat à résoudre. En effet, il faut d'abord amener l'avion dans le plan vertical passant par l'axe de la piste en se plaçant à une altitude bien déterminée en fonction de la distance de la piste, et ensuite effectuer la descente en suivant une courbe bien définie qui amène l'avion tangentiellement à la piste.

Dans le **système I.L.S.**, un émetteur jalonne l'axe de la piste par un mince faisceau d'ondes ; le dispositif est complété par des

« marqueurs » au sol qui émettent des faisceaux verticaux ; le pilote connaît la distance de ces marqueurs par rapport à l'entrée de piste et sait qu'il doit les franchir à une altitude bien déterminée avant d'aborder la « finale ». Enfin, le parcours de descente finale est déterminé par des faisceaux hertziens qui matérialisent un axe de descente, axe que le pilote doit impérativement suivre pour arriver tangentiellement à la piste.

Dans le **procédé G.C.A.**, il n'y a aucun appareillage spécial de bord. Toutes les opérations sont contrôlées du sol où l'on dispose :

- d'un radar de surveillance (approche) ;
- d'un radar de précision pour l'atterrissage.

Toutes les instructions sont transmises par radiotéléphonie par l'opérateur au sol à destination du pilote de l'avion ; le pilote n'a plus qu'à respecter

scrupuleusement les indications données.

*
**

En ce qui concerne les systèmes anticollisions, il n'existe pas encore de solutions vraiment efficaces. Si en navigation maritime un radar bien utilisé permet de résoudre ce problème, en navigation aérienne il en va tout autrement ; les solutions proposées jusqu'ici sont très imparfaites et présentement, il faut bien le dire, seule une rigoureuse discipline de vol peut assurer la sécurité.

*
**

Cet exposé général préliminaire achevé, il va sans dire que nous reviendrons avec davantage de détails successivement sur chacun des appareillages cités (principe, fonctionnement et utilisation).

Roger A. RAFFIN.

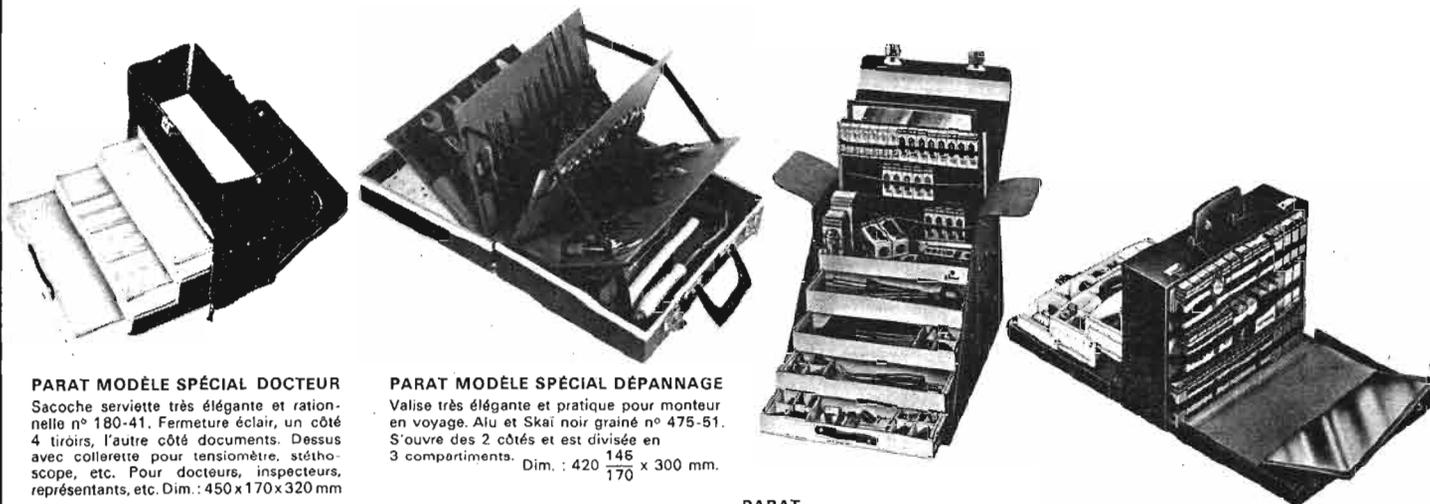
Parat

LA SACOCHE UNIVERSELLE

(en cuir ou en skai)

De nombreux modèles pour toutes les professions

Un geste et vous avez tout sous la main



PARAT MODÈLE SPÉCIAL DOCTEUR

Sacochette serviette très élégante et rationnelle n° 180-41. Fermeture éclair, un côté 4 tiroirs, l'autre côté documents. Dessus avec collerette pour tensiomètre, stéthoscope, etc. Pour docteurs, inspecteurs, représentants, etc. Dim. : 450 x 170 x 320 mm

PARAT MODÈLE SPÉCIAL DÉPANNAGE

Valise très élégante et pratique pour monteur en voyage. Alu et Skai noir grainé n° 475-51. S'ouvre des 2 côtés et est divisée en 3 compartiments. Dim. : 420 $\frac{145}{170}$ x 300 mm.

PARAT MODÈLE SPÉCIAL TÉLÉVISION

Équipée pour recevoir tout l'outillage et pièces nécessaires à un réparateur télé. Cuir noir lisse n° 122-31 5 tiroirs. Dim. : 430 x 250 x 330 mm.

PARAT MODÈLE SPÉCIAL TÉLÉVISION

Valise-Télé pour montage et réparation, à volets ouvrant devant et derrière et élément central fixé. Alu et Skai noir grainé n° 125-51. Dimensions : 420 x 180 x 300 mm 4 compartiments. Dos de l'élément fixe du milieu prévu pour recevoir 48 lampes.

Grossistes, prenez position :

- tirer ou presser légèrement, les 5 tiroirs s'ouvrent ou se ferment hermétiquement en glissant l'un sur l'autre ;
- chaque tiroir peut se diviser en petites cases - par bacs intérieurs et cloisons amovibles ;
- tiroirs en plastique spécial résistant parfaitement aux acides, à l'huile, à la graisse, à l'alcali, à l'essence, etc...

Nos modèles sont vendus vides.

PRO-INDUSTRIA (R. DUVAUCHEL) 3 BIS, RUE CASTERES, 92110 CLICHY - 737.34.30 & 34.31