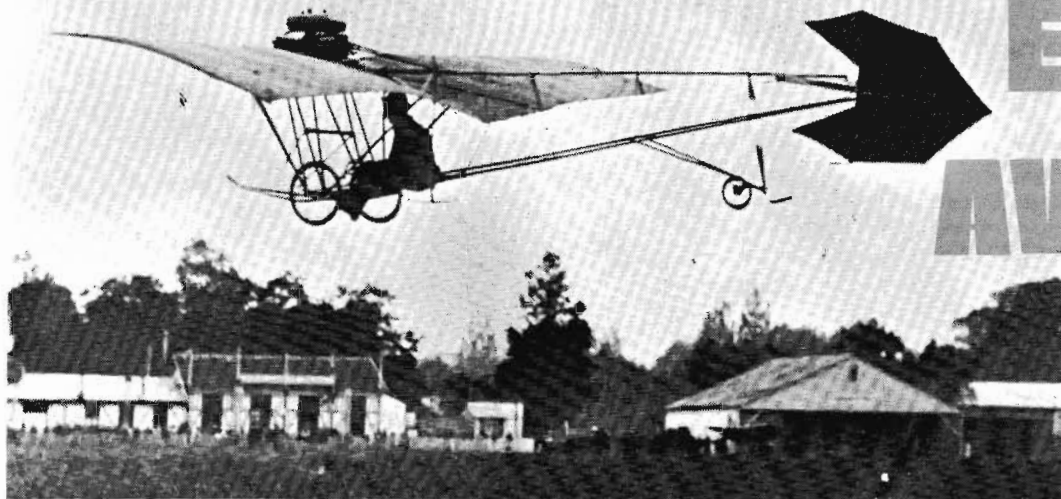


ELECTRONIQUE

ET AVIATION



La Radionavigation

(suite voir n° 1463)

RADIOGONIOMÈTRE AUTOMATIQUE (OU VDF)

Il s'agit là d'une installation au sol, exploitable à distance, et permettant le relèvement d'un avion par lecture directe du QTE sur l'écran d'un tube cathodique.

La gamme d'utilisation est généralement de 118 à 156 MHz; les relèvements radiogoniométriques sont en moyenne possibles pour un champ de l'ordre de $3 \mu\text{V/m}$, avec une portée « radio » d'environ 8/10 de la portée optique, et pour une précision de 2 degrés.

Lorsqu'un avion comporte un équipement complet de radionavigation, le pilote peut rapidement « faire le point » en s'aidant des récepteurs VOR ou radiocompas du bord. Mais, si l'avion ne comporte qu'un émetteur-récepteur VHF, le pilote peut demander l'aide des stations radiogoniométriques VDF (stations dites VDF). Néanmoins, ces stations ne peuvent donner que des QTE (relèvement vrai par rapport à...) ou des QDM (cap magnétique à sui-

vre 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 propre position, le pilote doit donc appeler au moins deux stations goniométriques différentes, sinon trois, et il fait le point lui-même sur sa carte par recouplement ou par triangulation.

Toutefois, les stations-gonios se situent généralement sur les aérodromes; de ce fait, en affichant au compas magnétique de l'avion le QDM (cap à suivre) transmis par la station-gonio, la pilote doit nécessairement arriver à la verticale de cet aérodrome.

Les demandes de QDM peuvent être faites plusieurs fois de suite, et aussi souvent que nécessaire (surtout à l'approche de la station); 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 que de telles installations sont tout particulièrement appréciées par mauvaise visibilité (brouillard, brume ou autres incidents météorologi-

ques) et rendent souvent de grands services aux petits avions de tourisme.

Un radiogoniomètre VDF se compose essentiellement des organes suivants (Fig. III-20) :

1° Une station « antenne » installée en pleine nature, loin de toutes masses métalliques (SA).

2° Une hétérodyne (H) installée également dans la nature, à une cinquantaine de mètres de l'antenne, et utilisée pour la création d'une émission locale de très faible puissance; la direction de cette hétérodyne par rapport à l'antenne étant connue, elle sert de référence pour le calage correct des indications de lecture.

3° Une station de lecture (SL) installée dans les bâtiments de l'aérodrome, permettant la commande à distance de l'ensemble et, bien entendu, la lecture des QTE ou QDM à transmettre à l'avion.

À la station de lecture, il va de soi que l'installation purement goniométrique que nous venons de voir est complétée par un émetteur-récepteur VHF normal. Celui-ci est réglé sur la même fréquence que le récepteur-gonio, et il

est destiné à recevoir les appels des avions et à transmettre ensuite au pilote, après relèvement, les QTE ou QDM demandés.

La station « antenne » (SA) est faite d'un grand rack métallique surmonté d'un mât supportant les antennes proprement dites. À l'intérieur du rack, nous avons notamment : l'électromécanisme (A) de rotation du « chercheur » de la tête d'aérien (F), des boîtes de commande à relais (B), un récepteur VHF (D) précédé d'un adaptateur goniométrique (C).

La station de lecture (SL) comporte les circuits d'interprétation des signaux provenant du récepteur-gonio en vue de leur application au tube cathodique de lecture (TRC), l'alimentation de ce tube cathodique et de ces circuits, et toutes les commandes à distance nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation de l'installation (notamment, relèvement et lever de doute). Notons aussi un synchroniseur (SY) assurant un synchronisme parfait entre la rotation du « chercheur » d'antenne et le balayage circulaire appliqué au tube cathodique (environ 78 tours par minute).

En général, comme nous l'avons déjà dit, pour des raisons de sécurité, ces installations sont « doublées ».

PRINCIPE GÉNÉRAL DE FONCTIONNEMENT

On voudra bien se reporter au diagramme de la figure III-21.

L'aérien est du type « adcock » ; il se compose de quatre antennes « doublet » disposées aux sommets d'un carré (de diagonale égale à une demi-longueur d'onde environ) et, au centre, d'une antenne quart d'onde dite de lever de doute (LDD). Les tensions induites dans les antennes et captées par un chercheur électromagnétique, sont recueillies par un collecteur capacitif, puis transmises à la chaîne de réception par un feeder dit de « relèvement ». Les tensions induites dans l'antenne centrale sont transmises directement par un feeder dit de « lever de doute ». Le chercheur est en rotation permanente pour 78 tours par minute environ, nous l'avons dit.

La rotation du chercheur modifie la réception effectuée, laquelle s'annule deux fois par tour, en s'inversant de phase chaque fois (tension VHF modulée en arceaux).

La tension recueillie par le coupleur (ou collecteur) capacitif est transmise à un adaptateur qui en règle le niveau, lui ajoute un signal BF à 2 000 Hz, et l'applique à l'entrée d'un récepteur sensible du type changeur de fréquence. Ce récepteur amplifie le signal composite appliqué selon le procédé habituel, et après détection et amplification BF, il ne subsiste qu'un signal à 2 000 Hz avec courbe enveloppe en arceaux, c'est-à-dire avec deux zéros par tour du chercheur électromagnétique.

Ce signal de sortie du récepteur est transmis à la station de lecture (pouvant être distante de plusieurs kilomètres), puis il est appliqué à l'entrée du lecteur oscilloscopique.

Dans celui-ci, le signal est détecté en valeur négative (D1) et appliqué à un modulateur en impulsions (V1); chaque valeur nulle du signal issu de la station « antenne » déclenche un train d'impulsions (à 10 kHz). Après amplification, ces impulsions sont redressées par quatre redresseurs équilibrés et utilisées pour produire la déviation du spot sous formes de folioles sur l'écran du tube cathodique normalement balayé circulairement en synchronisme absolu avec la rotation du chercheur.

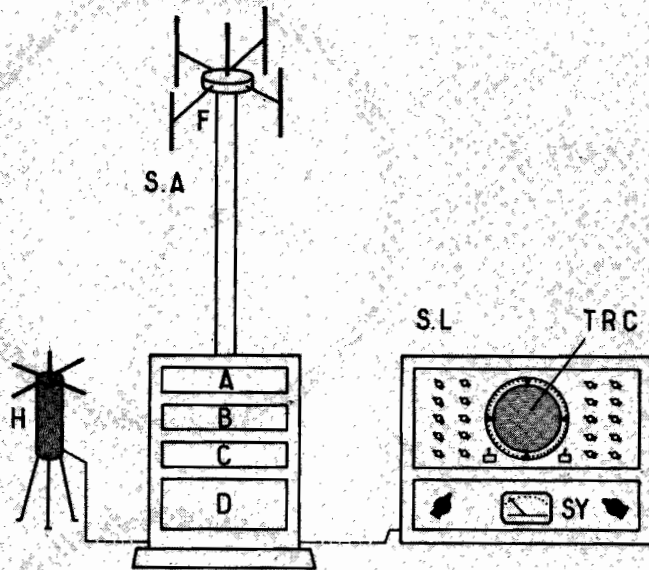


Fig. 20.

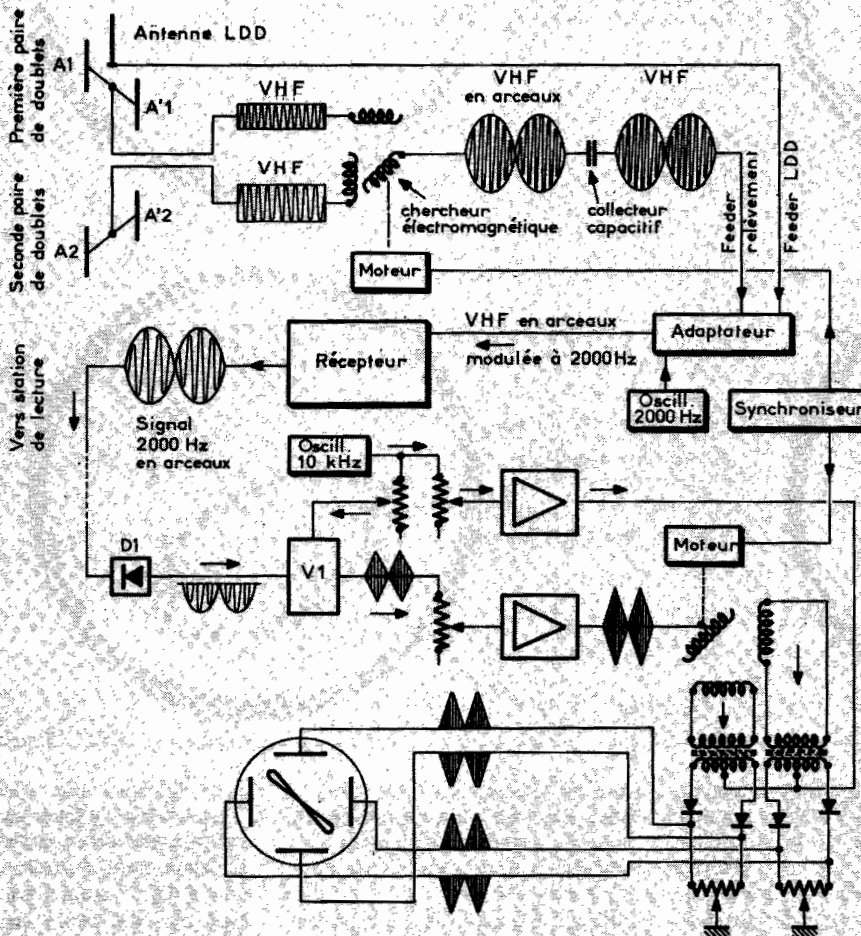


Fig. 21.

FIGURES DE RELÈVEMENT

FIGURES DE LEVER DE DOUTE

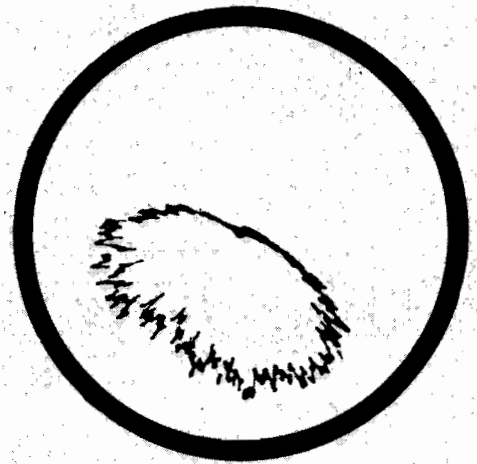
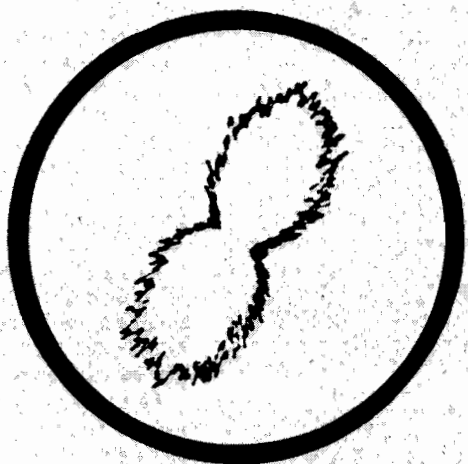
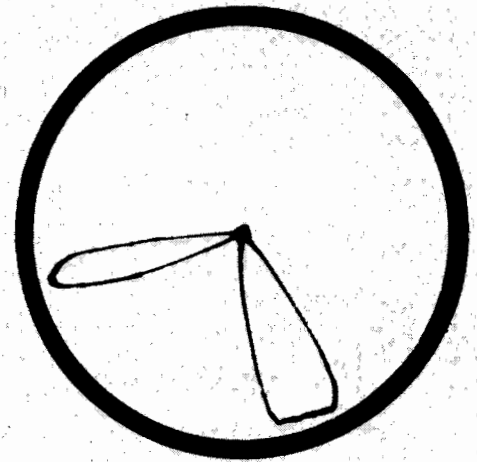
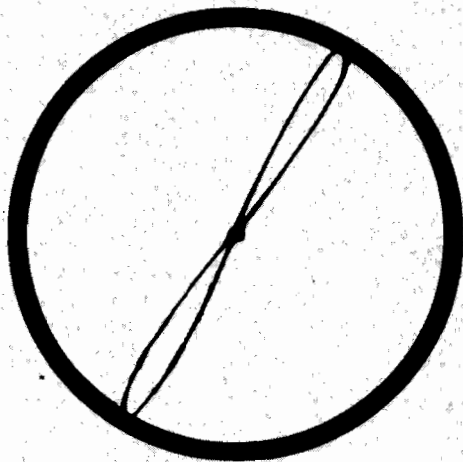
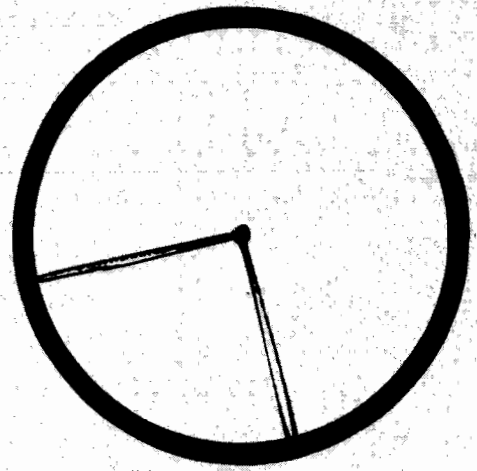
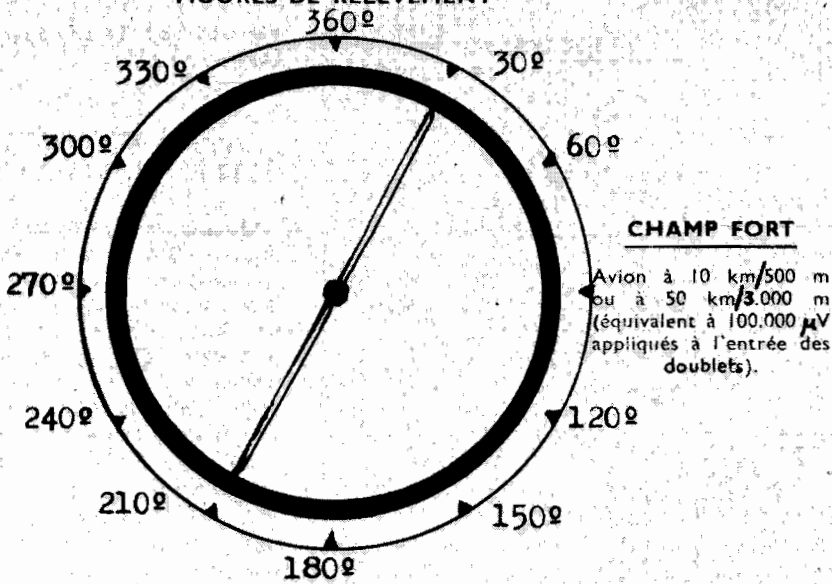


Fig. III-22

Il en résulte que l'axe de déviation du spot cathodique correspond à l'axe des zéros de la réception du chercheur, c'est-à-dire à la direction de l'émetteur (de l'avion) relevé, avec toutefois une incertitude de 180°.

Pour lever cette incertitude (ce doute), la tension VHF provenant du chercheur et celle provenant de l'antenne centrale sont couplées

ensemble, à la station « antenne », par un dispositif télécommandé depuis la station de lecture. Il en résulte alors une dissymétrie caractéristique de la figure visible sur l'écran, dissymétrie qui indique le sens du relèvement correct (sans « doute » possible).

La figure III-22 montre divers exemples de figures susceptibles d'être obtenues à la station de lec-

ture sur l'écran du tube cathodique, pour différentes intensités de champ : à gauche, figures de relèvement; à droite, figures de lever de doute.

L'écran oscilloscopique est entouré d'une graduation de 360°.

C'est ainsi que dans le cas d'une figure obtenue comme celle représentée en haut, à gauche, le relèvement de l'avion est : soit 30°, soit

210° (pointes des folioles). En commandant le lever de doute, la figure prend alors la forme représentée en haut, à droite, et indique que le QTE correct est celui qui était du côté de la pointe de la figure obtenue, donc 30° dans notre exemple.

Les oscillogrammes du haut correspondent à un champ fort : avion à 10 km et à 500 m de hau-

teur; ou à 50 km et à 3 000 m de hauteur (équivalent environ à 100 millivolts à l'entrée des doublets).

Au-dessous, nous voyons les oscillogrammes correspondant à un champ moyen. Par exemple : avion à 50 km et à 500 m de hauteur; ou à 100 km et à 3 000 m de hauteur — équivalent environ à 100 microvolts à l'entrée des doublets.

En bas, nous sommes à la limite de portée; le tracé des oscillogrammes est déchiré, pas franc, peu lisible, donc peu précis (équivalent à 3 μ V environ à l'entrée des doublets).

Pour terminer, nous devons dire que cette description a été volontairement succincte et très simplifiée. Ajoutons également que d'autres conceptions sont possibles pour les radiogoniomètres VHF automatiques; mais le principe reste absolument le même.

§ 13. — PLATE-FORME A INERTIE

Depuis toujours, les navigateurs ont été tributaires d'informations provenant de sources extérieures au véhicule à guider, telles que le soleil, les étoiles, ou plus récemment les émetteurs de radio permettant ce qui tout naturellement a été appelé la radionavigation. De ce fait, le guidage peut être entravé par des circonstances défavorables telles que le ciel à 100 % couvert, transmission perturbée des ondes radioélectriques, brouillages ennemis, etc.

Dans la navigation par inertie, au contraire, on cherche à effectuer une localisation permanente et automatique, et aussi indépendante que possible de l'extérieur du véhicule. Nous avons bien dit « aussi indépendante que possible », car nous verrons que des « informations » extérieures sont parfois nécessaires.

Les premiers systèmes inertiels furent conçus et appliqués au guidage de certaines fusées vers 1952; puis, le sous-marin américain « Nautilus » fit un périple sous les glaces du pôle Nord à l'aide de tels dispositifs. Présentement, ces systèmes sont utilisés à bord de tous les sous-marins atomiques et de la plupart des fusées balistiques militaires. Et tout naturellement, leur emploi à bord des avions civils de transport se généralise également.

Il est absolument évident qu'une plate-forme à inertie constitue un ensemble d'appareils extrêmement complexes, dont l'exposé du prin-

cipe et du fonctionnement est forcément long. Nous allons donc essayer de condenser tout cela, en restant simple et clair, ce qui n'est pas une tâche facile!

**

L'inertie est une propriété mécanique de la matière traduisant son impossibilité de modifier par elle-même son état de repos ou de mouvement.

Dans le cas particulier qui nous intéresse, une expérience commode à réaliser est la suivante :

Puisque vous êtes « matière », nous allons supposer que vous êtes assis sur le siège d'une automobile, les yeux bandés, à côté du conducteur. Lorsque ce dernier fera démarrer son véhicule, vous vous sentirez écrasé sur le dossier du siège, et cela tant que la vitesse augmentera. Inversement, un ralentissement (voire un coup de frein), vous donnera la sensation d'être poussé vers l'avant. Un virage vers la droite (ou vers la gauche) vous fera basculer vers la gauche (ou vers la droite).

En conséquence, outre le passage « sensible » que vous êtes, si vous êtes nanti d'une « mémoire » et si vous êtes « fort en calcul », vous pourrez détecter les variations de vitesse du véhicule, les variations de direction, les mesurer, tenir compte du temps, et par des opérations souvent assez compliquées, en déduire le chemin parcouru...

Et maintenant, si l'on remplace ce passager intelligent par des accéléromètres (appareils mesurant les accélérations et les ralentissements) et par des gyroscopes (détectant les changements de direction), les « informations » issues de ces appareils pourront être appliquées à un calculateur électronique (ultra-rapide et infatigable!), calculs qui détermineront le chemin parcouru d'après les informations introduites.

L'ensemble « accéléromètres + gyroscopes + calculateur » forme une centrale à inertie.

Dans la navigation par inertie, la seule information nécessaire concernant l'extérieur du véhicule est (théoriquement) le champ de gravitation; la connaissance de ce champ est en effet indispensable pour que la centrale soit en mesure de faire une interprétation correcte des lectures accélérométriques. Or, dans le système planétaire, le champ de gravitation est une fonction bien connue de l'ins-

tant et de l'endroit considérés, fonction qui (jusqu'à preuve du contraire) n'est pas modifiable...

Dans les centrales à inertie, les gyroscopes (en argot de métier, on les appelle les « toupies ») et les accéléromètres sont reliés les uns aux autres par une sorte de pièce métallique rigide suspendue aux cardans et asservie à une orientation spatiale bien déterminée. On a donné le nom de « plate-forme » à cette pièce rigide, alors que le terme américain « platform » concerne l'ensemble (plate-forme + suspension + anneaux de cardan + électronique associée). Cette « plate-forme » stabilisée, qui est le cœur de l'appareil, présente les avantages suivants :

— orientation des accéléromètres facilitant le travail du calculateur;

— gyroscopes fonctionnant en appareils de « zéro », ce qui est favorable à leurs performances;

— accéléromètres et gyroscopes fonctionnant dans une « ambiance » exempte de vibrations mécaniques angulaires;

— obtention d'un repère angulaire sûr (par exemple, à bord d'un avion, une centrale dite de « Schüler » fournit notamment le cap, le tangage, le roulis).

Lors des expérimentations, on a remarqué qu'une plate-forme stabilisée (asservie à rester de niveau indépendamment des mouvements du véhicule qui la porte) présente une tendance à osciller. D'ailleurs, cette tendance à l'oscillation fut observée et analysée pour la première fois lors des études relatives aux compas gyroscopiques (dits conservateurs de cap).

Lorsqu'on est immobile sur Terre (ou par rapport à la Terre), l'indication de la verticale est aisée à obtenir : un simple fil à plomb suffit. Par contre, à bord d'un véhicule en mouvement, on constate qu'une accélération (par exemple) fait osciller le fil à plomb, faussant ainsi les indications qu'il pourrait nous fournir. La condition pour conserver la direction de la verticale dans un véhicule en mouvement fut donnée par Schüler dès 1923 : pour qu'un « indicateur de verticale » ou un « horizon artificiel » ne soit pas perturbé par une accélération, il faut et il suffit que sa période propre d'oscillation T, sous l'effet de la pesanteur, soit égale à :

$$T = \sqrt{\frac{R}{g}}$$

formule dans laquelle R est le rayon terrestre et g l'accélération de la pesanteur au lieu considéré.

Nous passerons volontairement sous silence la longue suite des calculs; disons simplement que pour donner à T une valeur suffisamment grande, les constructeurs d'« horizons artificiels » ont été conduits à exploiter très sérieusement les propriétés des gyroscopes... Nous le savions déjà.

L'« horizon artificiel » s'aligne sur une verticale apparente moyenne à condition toutefois que sa période propre soit nettement plus grande que la durée d'une évolution pendant laquelle l'accélération agit toujours dans le même sens.

Dans le cas des avions classiques, ces durées sont de l'ordre de quelques secondes; de ce fait, les « horizons artificiels », non moins classiques, sont alors parfaitement utilisables. La situation est toute différente dans le cas des avions rapides, à forte et longue accélération; les « horizons artificiels » ne sont plus utilisables. On doit faire appel aux dispositifs électromécaniques présentant une très grande période propre d'oscillation et réalisés en associant convenablement les organes composant une « centrale » à inertie (gyroscopes, accéléromètres, plate-forme stabilisée).

Pour simplifier notre exposé, nous allons considérer une plate-forme de Schüler en supposant qu'elle ne s'occupe de la stabilisation que sur un seul axe.

Voyons comment s'introduisent les oscillations dans une plate-forme asservie à rester de niveau, indépendamment du mouvement de l'avion qui la porte. Reportons-nous à la figure III-23 où nous représentons :

— la terre T que nous supposons parfaitement sphérique et immobile;

— une plate-forme à inertie portée par un mobile M (avion, par exemple) susceptible de se déplacer sur l'arc de grand cercle C.

La verticale au point M est confondue avec le rayon terrestre R (ou OM), et nous voulons qu'une droite liée à la plate-forme M reste orthogonale à OM quel que soit le mouvement de M sur l'arc de grand cercle C. La

vitesse angulaire de rotation de la verticale OM, dans de telles conditions, est égale à :

$$\alpha = \frac{V}{R}$$

V étant la vitesse de déplacement de la plate-forme, et $R = OM$ (en aviation, on peut considérer comme négligeable la hauteur de M par rapport au niveau du sol vis-à-vis de la grandeur du rayon R de la Terre).

Pour que la plate-forme reste de niveau, quel que soit son déplacement sur C, il faut et il suffit :

- a) — que la plate-forme soit de niveau au départ;
- b) — que la vitesse de précession de la plate-forme reste égale, à chaque instant, à la vitesse de précession de la verticale.

A l'origine du terme, « précession » désigne le mouvement très lent d'oscillation par lequel l'axe de la Terre décrit deux cônes opposés par les sommets situés au centre de celle-ci. Dans le cas présent, la vitesse de précession représente des couples connus que l'on est amené à appliquer à l'axe d'un gyroscope pour obtenir certaines vitesses de rotation (en quelque sorte pour s'opposer aux « dérives » du gyroscope).

Les éléments technologiques succincts que nous avons examinés jusqu'ici, vont cependant nous permettre de concevoir un tel asservissement. Ces moyens sont montrés sur la figure III-24 qui indique le principe d'une centrale à inertie de Schüler (schématisée simplifiée puisqu'elle ne se rapporte qu'à un seul axe, rappelons-le). Nous y voyons essentiellement :

- un accéléromètre ACC dont l'axe d'entrée est placé parallèlement à la direction liée à la plate-forme devant rester horizontale (cet accéléromètre ne doit donc pas être influencé en principe par le champ de gravitation terrestre, mais doit simplement détecter l'accélération γ du système dont le mouvement est supposé horizontal);
- un intégrateur $\int (1)$ déterminant V;

$$(V = V_0 + \int_0^t \gamma dt)$$

- un calculateur CA fournissant un signal représentant α ;
- un asservissement de stabilisation devant faire précessionner la plate-forme à la vitesse α ;
- un second intégrateur $\int (2)$ fournissant le « point » sur l'axe considéré.

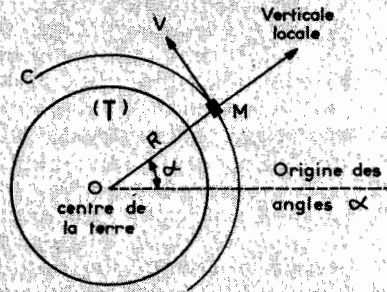


Fig. 23.

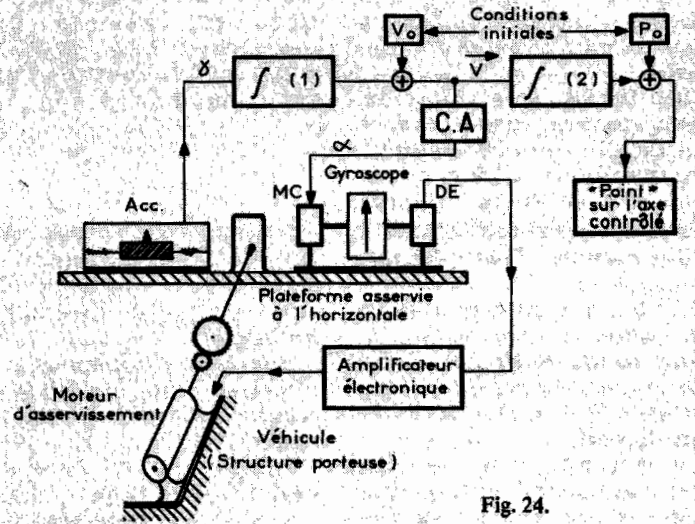


Fig. 24.

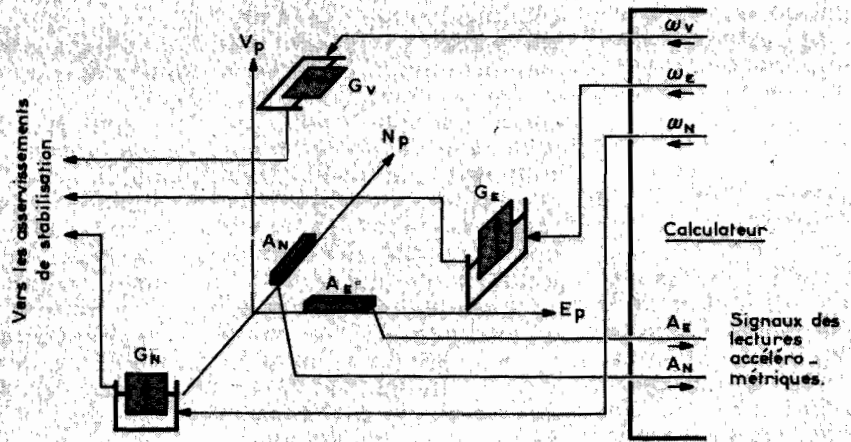


Fig. 25.

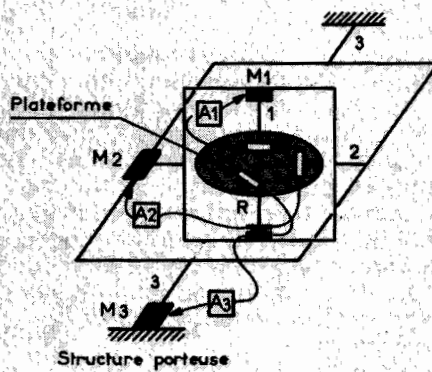


Fig. 26.

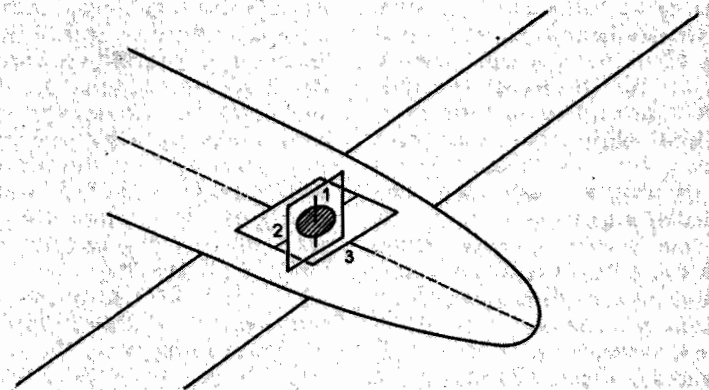


Fig. 27.

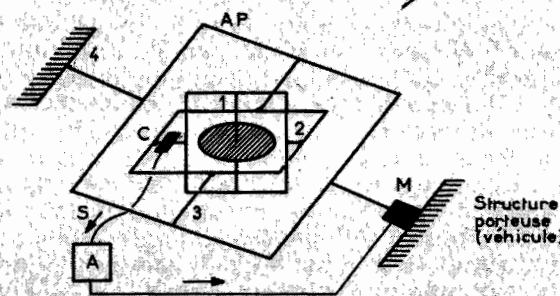


Fig. 28.

En outre, nous avons :
 MC = moteur - couple;
 DE = détecteur d'écart.

Par principe, une telle plate-forme, si elle fonctionne correctement, doit conserver son niveau puisqu'elle respecte les conditions exposées précédemment.

Il est bien évident qu'un tel appareillage ne serait pas suffisant pour assurer une stabilisation complète puisqu'il ne comporte qu'un « axe de stabilisation ». Mais, on généralise le procédé exposé avec la plate-forme à « 3 axes » de stabilisation.

Dans ce cas, il nous faut alors considérer une centrale à inertie dont le trièdre rectangle reste « orienté » quel que soit le mouvement du véhicule; cela veut dire que les axes Np, Ep, Vp, du trièdre trirectangle de la plate-forme doivent rester respectivement alignés suivant les axes du trièdre géographique « Nord, Est, Verticale » du lieu considéré (voir figure III-25).

Comme on a pu en juger, les plates-formes à inertie font appel à des phénomènes ou à des lois physiques ou mécaniques, et donc utilisent de nombreux éléments mécaniques ou électro-mécaniques. Que l'on ne s'y trompe cependant pas, les circuits électroniques associés à ces différents organes sont excessivement nombreux et complexes.

Songeons, par exemple, au calculateur (ou ordinateur) électronique effectuant le calcul des précessions à imposer aux gyroscopes, les calculs de navigation et de guidage, ainsi que le contrôle du bon fonctionnement de l'ensemble qui est effectué en permanence par comparaison des diverses tensions des différents circuits à des valeurs nominales imposées lors de la construction...

Songeons aussi aux organes électroniques des systèmes de commande, de contrôle, d'asservissements; songeons aux alimentations, aux systèmes de visualisation, etc. Sans oublier, les circuits d'application des « assistances » radioélectriques extérieures pour la navigation...

§ 14. — Link-trainer (ou simulateur de vol)

Le « link-trainer » ou simulateur de vol est un appareil destiné à l'entraînement des pilotes au vol aux instruments (IFR), c'est-à-dire au pilotage sans visibilité (PSV). Mais, sans aller jusque-là, il per-

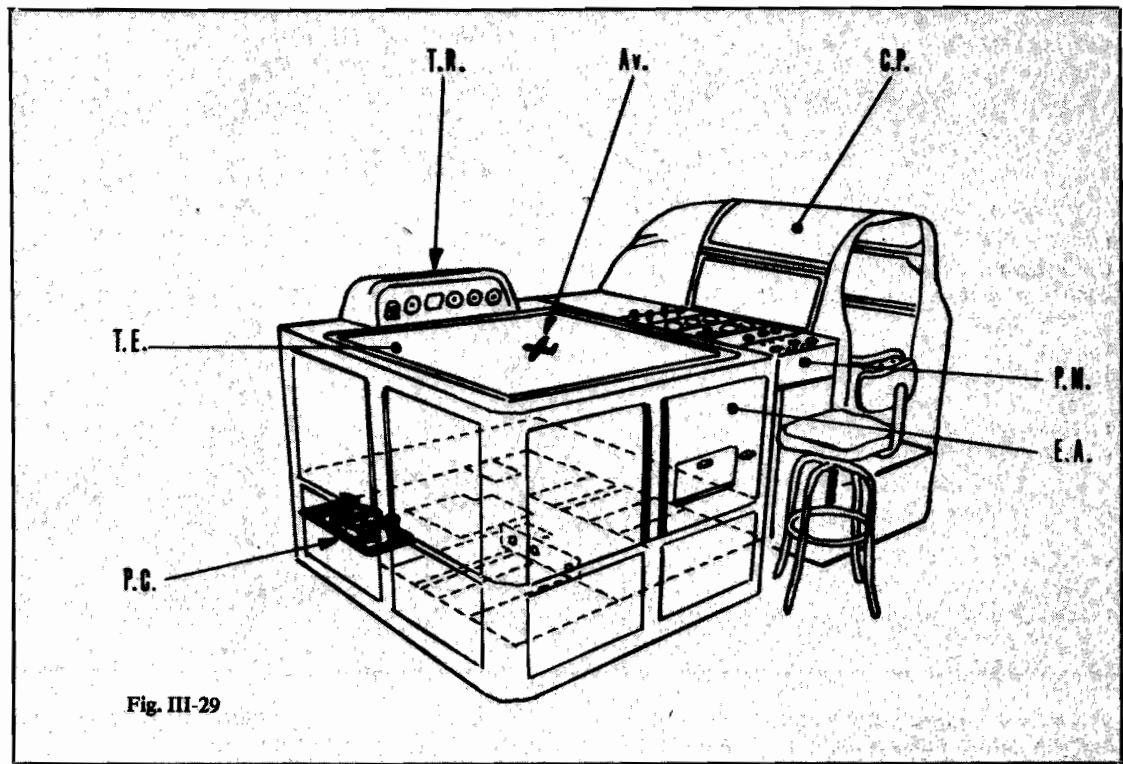


Fig. III-29

met aussi l'entraînement des pilotes pour l'utilisation correcte et rationnelle de tous les moyens de radionavigation pour les aides-radio terrestres.

Un tel entraîneur comporte essentiellement (Fig. III-29) :

a — une cabine de pilotage (C.P.) fermée où s'installe le pilote et qui comprend toutes les commandes et tous les instruments de contrôle de bord d'un véritable avion, sans oublier évidemment tout l'appareillage radio-électrique;

b — le pupitre (P.M.) du moniteur, permettant à celui-ci le contrôle des réactions de l'élève-pilote « en vol » (si l'on peut dire!);

c — la table d'enregistrement (T.E.) qui permet le tracé de l'exercice (y compris le tracé de l'atterrissage, en E.A., si on le désire).

Ces trois blocs sont accolés et reliés entre eux, mécaniquement et électroniquement.

La table d'enregistrement est munie d'une carte géographique sur laquelle se meut une petite maquette d'avion (Av), maquette traceuse qui inscrit sur ladite carte le tracé du voyage fictif effectué par l'élève-pilote.

On devine que ce dernier, enfermé dans sa cabine, ne voit pas le chemin suivi et tracé par la maquette sur la varte, et qu'il doit effectuer le voyage imposé uniquement à l'aide des instruments de bord et des appareils de radionavigation à sa disposition.

Sur la table d'enregistrement, un tableau auxiliaire répéteur (T.R.) reproduit, à l'intention du moniteur, les indications des instruments essentiels de pilotage et de navigation du tableau de bord de la cabine de pilotage (donc, possibilité de surveillance des principaux paramètres de « pilotage pur » par le moniteur).

Enfin, P.C. est la platine des coordonnées de l'avion supposé en vol.

Bien d'autres dispositifs existent encore, mais nous ne pouvons pas les représenter sous peine de surcharger la figure et la rendre illisible.

De nombreuses conceptions de simulateurs de vol ont été étudiées et réalisées; les unes sont électriques et électromécaniques; les autres sont essentiellement électroniques. Il va sans dire que nous ne pouvons pas entrer dans les détails ici, et nous nous limiterons à la conception fondamentale (sans examiner les moyens de résolution pratique adoptés) et aux possibilités du link-trainer en général.

PUPITRE DU MONITEUR

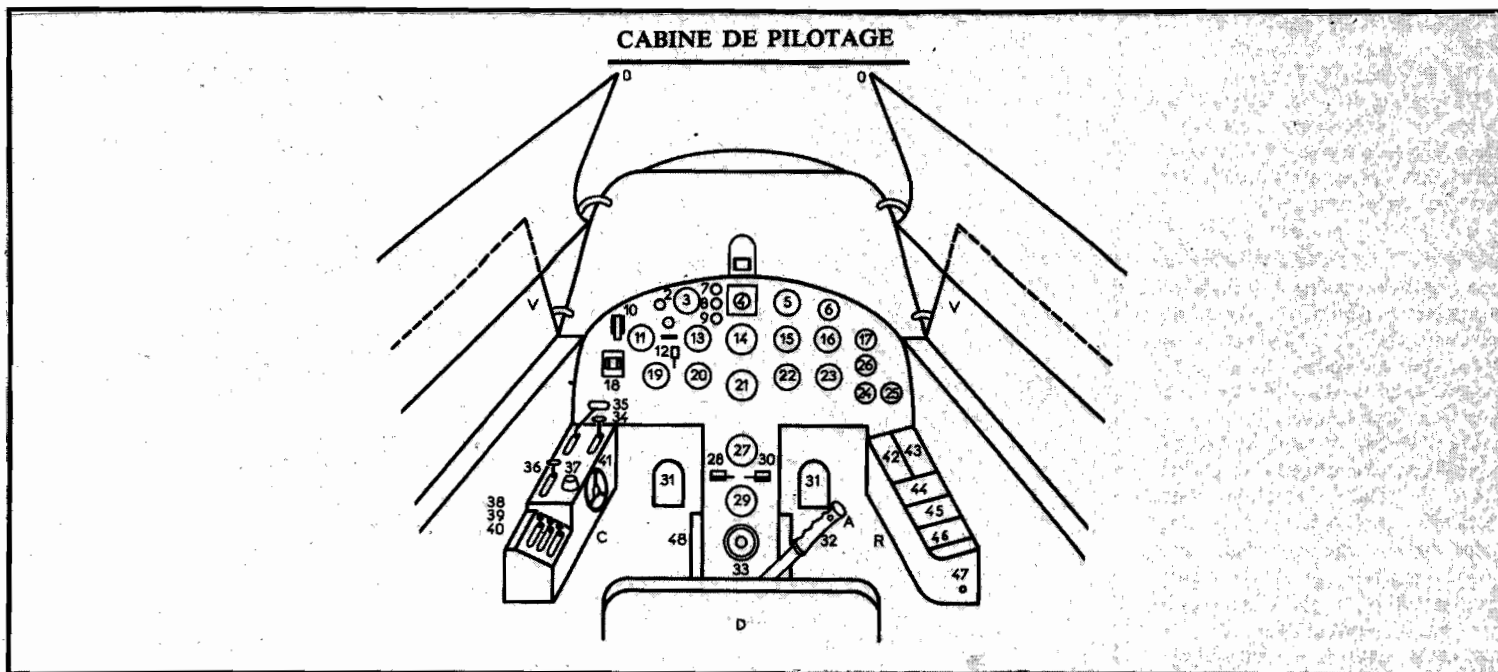
Ce pupitre, accolé à gauche de la cabine de pilotage, permet au moniteur chargé de la direction des exercices :

1° de choisir l'échelle du diagramme horizontal (projection verticale du chemin parcouru par l'avion sur la carte);

2° de choisir la vitesse et la direction du vent, la pression barométrique, la température au sol, les limites des différentes températures (carburateur, huile, culasse), les différentes pressions (huile et carburant), les quantités de carburant (réservoir droite, réservoir gauche); notons que les différentes températures et les quantités de carburant varient ensuite automatiquement au cours du vol simulé.

Un jeu de divers contacteurs permet au moniteur : la création de remous, la précession du gyromagnétique, la modification du régime du moteur ou de la pression d'admission (perte de vitesse), la mise en service de l'enregistreur du diagramme vertical (trajectoire de descente pour l'atterrissage), la simulation de pannes sur le train d'atterrissage, sur le directionnel (gyro-magnétique ou conservateur de cap), sur l'horizon artificiel, etc.

En outre, une série de voyants lumineux attirent l'attention du moniteur sur les erreurs possibles de l'élève susceptibles de provoquer des incidents nuisibles en cas de vol réel. Ces différents voyants signalent des anomalies susceptibles d'exister ou d'intervenir dans le train d'atterrissage, les valeurs des températures d'huile, de culasse (moteur) ou de carburateur, les quantités de carburant



La cabine (ou poste) de pilotage avec ses volets d'aération (V) et ses capots (O) ouverts, est représentée sur la figure III-30; elle comporte évidemment le siège (D) de l'élève-pilote devant lequel se trouvent le manche (32) muni du bouton d'alternat (A) « émission-réception » VHF et le tableau de bord avec tous les instruments de pilotage et de contrôle, c'est-à-dire :

- 1 — compas magnétique;
- 2 — clignoteur de train (avertisseur de train non sorti, l'avion étant en approche pour atterrir;
- 3 — montre de bord (chronomètre);
- 4 — indicateur VOR et ILS;
- 5 — indicateur du radio-compas;
- 6 — indicateur de température extérieure;
- 7 — ampoules indicatrices de balises-markers 75 MHz; verte = balise extérieure;
- 8 — blanche = balise intermédiaire;

- 9 — rouge = balise intérieure finale;
- 10 — contact magnéto (moteur);
- 11 — indicateur de volets;
- 12 — réchauffage du pitot de l'anémomètre-badin;
- 13 — indicateur de l'anémomètre-badin (vitesse);
- 14 — horizontal artificiel;
- 15 — variomètre (vitesse ascensionnelle);
- 16 — indicateur de pression d'admission;
- 17 — indicateur de température du carburateur;
- 18 — commande de la manœuvre du train d'atterrissage;
- 19 — indicateur de la position du train (rentré; sorti-verrouillé);
- 20 — altimètre;
- 21 — gyro-magnétique (conservateur de cap);
- 22 — contrôleur CF (bille — aiguille);
- 23 — tachymètre (compte-tours);
- 24 — température d'huile;
- 25 — température de culasse (moteur);

- 26 — pression d'huile; pression d'essence.

Dans le prolongement du tableau de bord, immédiatement en dessous, nous trouvons :

- 27 — jaugeur d'essence;
- 28 — sélecteur de réservoir (droite — gauche);
- 29 — manomètre de dépression;
- 30 — sélecteur de jaugeur;
- 31 — pédale du palonnier (chaque pédale étant munie de son contact de frein);
- 32 — manche à balai (ou volant de manche);
- 33 — réglage des pédales.

À gauche du siège, est placé le coffret (C) des commandes qui sont :

- 34 — commande du régulateur d'hélice;
- 35 — commande de la pression d'admission (gaz);
- 36 — commande des volets hypersustentateurs;
- 37 — tab de direction;

- 38 — commande de réchauffage du carburateur;
- 39 — radiateur d'huile;
- 40 — commande des volets d'aération du capot (moteur);
- 41 — tab de profondeur.

À droite du siège, se trouve le coffret radio comportant :

- 42 — boîte de commutations;
- 43 — émetteur — récepteur VHF;
- 44 — radio — compas (boîtier de commande);
- 45 — I.L.S. (boîtier de commande);
- 46 — V.O.R. (boîtier de commande);
- 47 — prise de casque et micro.

Les divers mécanismes d'assiette, de gauchissement, de remous, etc. sont placés sous le plancher de la cabine; à l'avant, entre les pédales, se trouve le mécanisme de rotation (48).

Il va sans dire que dans tout ceci, on a cherché à reproduire, d'une façon aussi fidèle que possible, les commandes et les instruments de bord d'un avion réel.

des réservoirs, les pertes de vitesse, etc. Ils renseignent aussi sur le fonctionnement des freins, le givrage possible du carburateur ou du pitot de l'anémomètre-badin, etc.

Un autre jeu de contacteurs divers permet au moniteur de mettre hors service le V.O.R., l'I.L.S. ou le radio — compas. Une clé à bascule permet l'appel en interphone de bord (pour la conversation éventuelle entre moniteur et élève). Par un bouton spécial, le moniteur peut même déclencher

des brouillages et des parasites perturbant l'écoute radio du pilote.

En bref, le moniteur dispose de tous les moyens pour créer artificiellement tous les ennuis possibles à son élève!

Mais, le moniteur peut aussi contrôler à chaque instant les manœuvres de l'élève pendant le vol simulé en modifiant le régime normal; toute modification apportée est fidèlement reproduite par les instruments de bord de la cabine de pilotage et influe directement sur les mécanismes. C'est

donc à l'élève de s'en apercevoir et, en conséquence, de faire rapidement le nécessaire adéquat correspondant.

Le moniteur peut surveiller facilement les manœuvres de son élève, les réactions de son élève, les instruments de son propre pupitre et les diagrammes enregistrés. En outre, nous l'avons dit, un tableau mobile répéteur (T.R. de la figure III-29) posé sur la table d'enregistrement du vol, reproduit les indications des instruments essentiels de pilotage du tableau

de bord de la cabine : altimètre, compas, gyro-magnétique, indicateurs VOR-ILS, indicateur radio-compas, anémomètre-badin et variomètre. Ce qui permet encore une surveillance accrue et vraiment complète de l'élève par son moniteur, surveillance de tous les instants et dans tous les domaines.

R.-A. RAFFIN
(à suivre)