

**Zeitschrift:** Revue Militaire Suisse  
**Herausgeber:** Association de la Revue Militaire Suisse  
**Band:** 107 (1962)  
**Heft:** 12

**Rubrik:** Chronique française

#### 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>**

Il existe deux émetteurs, un à 1000 kw, destiné à la poursuite « écho simple »; et l'autre de 250 kw pour la poursuite « répondeur », l'engin observé ayant lui-même sa source d'énergie; plusieurs radars sont installés en chaîne.

De nombreux autres détails techniques ont été donnés, ainsi que les indications sur le degré très élevé de précision dans l'usinage de certains mécanismes. L'élaboration de l'engin a été entièrement réalisée par des ingénieurs français, mais pour sa construction la Compagnie Thomson-Houston a recours à des sous-traitants, dont une importante firme suisse (MAAG) de Zurich.

J. P.-G.

### *Chronique française*

#### **La navigation aérienne autonome**

Voler de ses propres ailes devient chaque jour moins réalisable. L'obligation faite au pilote de respecter en toutes circonstances son plan de vol lui impose de recourir aux installations radioélectriques implantées au sol pour l'aide à la navigation. L'aviation commerciale connaît cette sujexion dans la mesure où elle contribue à la sécurité et à la régularité sans grever les frais d'exploitation. L'aviation militaire est soumise à d'autres impératifs. Ceux-ci peuvent l'isoler de l'infrastructure au sol. Comment se pose donc pour elle le problème de la navigation aérienne ?

La question posée ne saurait comporter une réponse unique, étant donné la diversité tant des missions imparties aux avions militaires que des conditions de leur déroulement. L'Armée de l'air ne peut exécuter sa mission que si les appareils destinés à pénétrer en territoire ennemi peuvent pratiquer une navigation autonome, c'est-à-dire affranchie du recours aux moyens implantés au sol.

Comment connaître à chaque instant la position de l'appareil,

l'horaire de sa marche et la direction à lui donner pour suivre un itinéraire fixé, sans aide extérieure ? Le procédé de base, universel, consiste à tenir à jour un tracé de la trajectoire horizontale dont les éléments sont la direction et la distance.

#### LES COMPAS

Pour procéder ainsi, l'aviateur se référera d'abord au compas. Cet indicateur de direction revêt différentes formes. Le plus commun, le compas magnétique, a subi d'importants perfectionnements, lui apportant une plus grande stabilité et une meilleure protection contre l'action des champs magnétiques parasites: l'indicateur, placé dans le poste de pilotage, est dissocié de l'élément sensible, relégué en un emplacement plus favorable.

D'un principe différent, le gyrocompas utilise une propriété connue: l'axe d'un gyroscope suspendu par cardan sans frottements conserve dans l'espace sa direction initiale. Un tel appareil, d'une part, doit tenir compte de la rotation de la terre et être informé des déplacements de l'avion; d'autre part, doit exiger que les frottements, générateurs d'une « dérive », soient réduits bien en dessous des valeurs admises dans l'industrie horlogère. Association de l'aveugle et du paralytique, le compas gyromagnétique permet de bénéficier de la stabilité instantanée d'une direction gyroscopique surveillée à partir d'une référence magnétique. A ce titre, il est actuellement en honneur, chaque fois que la précision de sa référence magnétique est jugée suffisante.

#### LES INDICATEURS DE POSITION-AIR

Pour mesurer les distances parcourues, le navigateur dispose au minimum d'un indicateur de vitesse et d'une montre. Cela peut suffire lorsque la vitesse subit assez peu de variations, mais il est préférable d'équiper à priori l'avion d'un totalisateur de distance, à l'instar de l'automobile. L'appareil est apparu assez tard dans l'aviation (1940), mais sous une forme perfectionnée, l'indicateur de position-air qui combine à chaque instant le cap de l'avion et la distance parcourue; la position apparaît en permanence sur une table traçante ou se lit à l'aide de compteurs de coordonnées. La précision atteinte est couramment de l'ordre de 1% de la distance parcourue.

Cependant le meilleur indicateur de position-air amène rarement le navigateur au point voulu ou seulement même en vue de ce point. Il mesure en effet les déplacements de l'avion par rapport à la masse d'air dans laquelle celui-ci évolue; or les masses d'air se déplacent. En une demi-heure, un courant aérien (un vent) de 40 km /h introduit

un écart de 20 km entre la position géographique de l'avion et la position calculée par l'indicateur de position-air. S'il connaît, de temps à autre, sa position géographique, le navigateur la comparera à la position-air pour en détruire le vent subi; il s'efforcera ensuite d'estimer les vents probables pour le reste de l'étape et d'en déduire les corrections éventuelles à apporter à la marche de l'avion.

Ce processus, nommé « navigation à l'estime », exige que le navigateur dispose à bord de moyens propres à déterminer la situation géographique de l'appareil; si l'on exclut ceux qui font appel à des installations au sol telles que radiogoniomètres, radiophares, réseaux d'interférences hyperboliques, il ne reste plus, semble-t-il, qu'à observer le sol survolé ou à interroger le ciel à l'aide du sextant.

Pour déterminer la position de l'avion par observation du sol, il faut: voir le sol, se référer à une carte et comparer ces deux « lectures ». L'homme peut facilement recueillir ces informations et les exploiter. Il faut se garder de considérer la lecture d'une carte comme un moyen désuet. L'œil est un détecteur d'une sensibilité encore inégalée dans sa gamme de radiations. Cependant, il est de peu de valeur si les informations qu'il recueille ne sont pas exploitées avec rigueur. Aussi faut-il au navigateur les moyens d'en tirer le meilleur parti, non seulement en lui fournissant les meilleures éditions de cartes, mais en lui ménageant dans l'avion un champ de vision suffisant vers le bas, avec repérage de la verticale au moyen d'un périscope ou « hyposcope ». Ces accessoires ont été longtemps négligés; ils reviennent à juste titre en honneur sur les avions d'armes les plus modernes.

#### LE RADAR PANORAMIQUE

Cependant la vision est abolie par l'obscurité, limitée par la brume ou les nuages. On y remédie partiellement en utilisant comme relais entre le sol et l'œil un radar panoramique de bord. Des ondes à très hautes fréquences émises depuis l'avion se réfléchissent différemment suivant la nature du sol. Ces ondes sont captées au retour et exploitées par un récepteur qui traduit les variations par des différences de brillance sur un écran cathodique. Une image du sol apparaît; elle a pour centre la position de l'avion. La représentation obtenue est très fidèle et facile à interpréter tant qu'il ne s'agit que des grands traits du sol tels que côtes, îles, fleuves et grandes villes. Il n'en va plus de même lorsqu'on a besoin d'identifier un repère de petites dimensions. L'écho varie selon l'angle du faisceau incident: il peut se dédoubler, être masqué, ou au contraire être amplifié par des réflecteurs parasites. Comme il n'existe que peu de cartes d'échos radars, il est facile d'imaginer le degré d'entraînement et

de préparation nécessaire pour savoir lire l'image radar avec précision.

#### LE POINT ASTRONOMIQUE

Avec ou sans le relais du radar panoramique, la lecture de carte reste impossible si les repères sont inexistant, trop rares. L'aviateur peut faire appel au point astronomique, fondé sur la mesure au sextant des hauteurs d'astres. Outre la possession du sextant, de la montre, des éphémérides et de tables de calcul associées, la pratique du point astronomique exige, dans la plupart des cas, la visibilité de deux astres au moins. Cette dernière condition est rarement remplie le jour. La nuit elle demande un ciel dégagé ou un vol en haute altitude. Si les visées et les calculs sont entièrement à la charge du navigateur, il lui est difficile de faire mieux qu'un point tous les trois quarts d'heure, avec une précision de l'ordre de 10 km. Des perfectionnements récents permettent d'alléger la charge du navigateur, et d'accroître la précision de son point en confiant la visée à un œil photoélectrique « asservi ».

Ces deux moyens autonomes de navigation (observation du sol et point astronomique) ne permettent pas toujours de donner la position géographique d'un appareil dans le cas, par exemple, où aucun astre n'est visible.

Le radar « Doppler » ou la « navigation à inertie » peuvent permettre de résoudre les problèmes de navigation.

#### LE RADAR « DOPPLER »

Le radar « Doppler » tire son nom de l'effet « Doppler Fizeau ». Une onde étant produite par un émetteur en mouvement par rapport à un récepteur, la fréquence à la réception varie suivant le mouvement (direction et vitesse).

L'installation « Doppler » de bord (émetteur, antenne, récepteur, moyenneur) permet de mesurer la vitesse de l'appareil par rapport au sol, en prenant ce dernier comme réflecteur.

En utilisant par exemple trois faisceaux, dirigés respectivement vers l'avant, l'arrière et le travers, on peut séparer les effets des trois composantes de la vitesse de l'avion et mesurer ainsi, outre la vitesse ascensionnelle, la vitesse sol et la dérive. En lui adjoignant une référence directionnelle pour la mesure du cap, le « Doppler » permet théoriquement de connaître à chaque instant la position de l'avion.

Une précision relative de 1 à 2 % de la distance parcourue est couramment requise pour les applications militaires, alors que l'aviation civile se contente d'une précision de 5 % à 1 %. Une marge

d'erreur existe, que l'on peut réduire en doublant l'équipement « Doppler » par des moyens de contrevérification.

#### SYSTÈME DE NAVIGATION

De cette nécessité est né le concept « système de navigation », dont le but est de répondre avec les matériels existants aux exigences d'un programme. La nature de la mission (bombardement, reconnaissance, surveillance, attaque au sol, transport, lutte anti-sous-marine, etc.), les conditions de son déroulement (altitude, vitesse, rayon d'action), la précision exigée, le poids, le volume, les besoins énergétiques de l'appareil forment les composantes du programme.

Le « système de navigation » se composera d'une référence de cap, d'un détecteur continu des mouvements de l'avion (Doppler), d'un calculateur électromécanique ou électronique et d'un indicateur donnant la position de l'avion. Des dispositifs permettent d'afficher la position de départ et les objectifs successifs. Un dispositif de « recalage » introduit au besoin la position déterminée par observation du sol et des astres et ainsi, de ramener à zéro périodiquement l'erreur croissante de cet ensemble.

Un émetteur d'ordres peut être ajouté à ce minimum fonctionnel qui permettra au navigant ou au pilote automatique de corriger le cap, sous réserve de fournir au calculateur un programme adéquat. Le calculateur peut être muni de « mémoires » qui conservent, par exemple, le dernier vent calculé pour le resservir en cas d'arrêt du « Doppler ».

De tels systèmes, dont les éléments se complètent, permettent finalement d'approcher la précision recherchée. Toutefois, ils comportent une source d'émission d'ondes radioélectriques et, par ce fait, sont soumis au brouillage et susceptibles de repérage. Pour cette raison, il a été développé une autre technique de navigation connue sous le nom de « navigation à inertie ».

#### NAVIGATION A INERTIE

Elle repose sur le principe de base suivant: trois accéléromètres mesurant de manière continue, à bord d'un véhicule, les accélérations suivant trois axes (nord-sud, est-ouest et vertical) permettent de déduire les vitesses, puis les déplacements de l'appareil suivant ces trois mêmes axes.

Cependant la mise en pratique de ce système pose de nombreux problèmes d'ordre scientifique aussi bien que technologique. Les accéléromètres doivent à la fois être sensibles aux accélérations les plus faibles et supporter les accélérations les plus fortes. Pour stabiliser la plate-forme qui porte les accéléromètres à l'aide de gyroscopes,

il faut d'abord tenir compte du fait que ceux-ci sont fixes dans l'espace tandis que les trois directions nommées sont définies en chaque point de la terre, d'où la nécessité d'asservissements.

Toute cette technique n'aurait pas eu l'aboutissement prometteur actuel sans la réalisation de gyroscopes à dérive toujours plus faible (on atteint actuellement le centième de degré par heure). Sa complexité est telle qu'un système de navigation utilisant une « centrale à inertie » est entièrement construit autour d'elle. Chacun des composants doit être parfaitement adapté à l'ensemble sous peine de ruiner la précision globale.

\* \* \*

S'il était possible de dresser la liste des perfectionnements techniques réalisés depuis une dizaine d'années pour les besoins de la navigation autonome, on constaterait qu'ils couvrent des domaines aussi divers que la mécanique, l'électromécanique, l'électronique, l'optique et la métallurgie. C'est encore un exemple du rôle considérable que joue l'aviation militaire dans l'économie d'un pays. Elle en est un stimulant technique toujours plus exigeant.

MINISTÈRE DES ARMÉES  
(France)

---

### Chronique suisse

#### **Au Service technique militaire**

On sait que, dès le 1.1.1963, la direction de cet important service sera assumée par le colonel-divisionnaire Fred Kuenzy, qui succède au colonel-brigadier René de Wattenwyl, lequel prend sa retraite après avoir pendant plusieurs années occupé cette charge pleine de responsabilités.

Peut-être convient-il, à cette occasion, de rappeler brièvement la nature de ce service dont l'activité, généralement peu connue, est déterminante pour maintenir l'armée apte à combattre avec un maximum de puissance matérielle.

Le Service technique, qui relève directement du Département militaire fédéral, a pour mission d'étudier, d'entente avec l'état-