

**Zeitschrift:** Revue Militaire Suisse  
**Herausgeber:** Association de la Revue Militaire Suisse  
**Band:** 78 (1933)  
**Heft:** 10  
  
**Rubrik:** Chroniques

### **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:** 30.03.2025

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

## CHRONIQUES

### CHRONIQUE AÉRONAUTIQUE

#### Stabilisation automatique des avions et défense nationale.

Lorsqu'on étudie les caractéristiques essentielles des missions incombant à l'aviation militaire moderne, on constate que ces missions sont restées les mêmes qu'au cours de la dernière guerre et qu'elles s'expriment toujours par l'observation, la chasse et le bombardement. La participation de l'aviation au combat terrestre et la protection fumigène assurée depuis l'avion ne sont que des missions accidentelles et ne nécessitent pas de type spécial d'avion.

Le développement des prototypes a donc suivi les trois directions principales rappelées ci-dessus. Mais, à part l'évolution naturelle à laquelle toute acquisition technique demeure sujette et qui est imposée par une meilleure utilisation technique de l'ambiance propre à tel engin, on s'est heurté à des facteurs spéciaux, dont l'influence modifie les conditions naturelles de leur emploi.

Ces facteurs étaient les suivants :

1. Difficulté de formation des cadres pilotes expérimentés, dans les proportions qui seront nécessaires à la mobilisation et surtout plus tard, suivant les capacités de production de l'industrie ; il importe en effet de posséder, dès le début des hostilités, une supériorité numérique en matériel d'aviation. Le service à court terme et les difficultés budgétaires empêchent de former sur une grande échelle des pilotes expérimentés ; l'insuffisance des périodes de réserve et l'exclusion des pilotes de réserve des manœuvres et des exercices de combat nécessitent impérieusement une simplification des procédés de pilotage. Or, si un avion civil, par temps calme et dans les conditions normales de vol, est presque aussi facile à conduire qu'un taxi, il en est autrement d'un avion militaire dans l'exercice d'une mission de bombardement ou de combat. Au lieu de s'astreindre uniquement à diriger l'avion entre deux points déterminés, comme c'est le cas dans l'aviation civile, le pilote d'un avion militaire est étroitement lié au succès même de la mission imposée.

2. Utilisation des nuages et du brouillard pour se dérober aux vues terrestres ennemies. La fatigue qu'impose la navigation sans visibilité provient de la tension nerveuse produite par la nécessité de maintenir l'équilibre de l'avion sur trois axes, sans aucun point de repère.

3. Tendance à employer les forces aériennes en formations, constituant la « division aérienne », et considérées comme organes de feu et éléments de manœuvre, dont l'intervention au moment opportun peut procurer des avantages importants, voire même décisifs.

4. Tendance à transformer une partie des appareils de chasse en avions de combat et destroyers, appareils à grand rayon d'action, rapides, multiplaces et multimoteurs, dotés de pièces d'artillerie de petit calibre à tir automatique, possédant de grandes capacités manœuvrières, ce qui supprime les tours d'acrobatie excessifs. L'acrobatie aérienne étant de nature essentiellement sportive, à la portée d'une minorité de pilotes spécialisés, les caractéristiques des avions doivent suppléer dans la mesure du possible aux avantages qu'elle pourrait procurer.

Ces considérations posent les problèmes suivants :

- a) facilité de diriger l'avion, de le maintenir dans la trajectoire voulue, en le faisant monter ou descendre, virer à droite ou à gauche ;
- b) facilité de maintenir l'avion dans le lit du vent, de l'obliger à tenir le cap ;
- c) éviter toute augmentation de la déviation normalement permise des bombes, c'est-à-dire éviter la giration de l'avion.

La solution de ces problèmes permettrait de rendre les avions de bombardement et de combat plus maniables, et augmenterait considérablement l'efficacité de leur intervention.

Le moyen d'arriver à ce résultat doit être recherché dans la stabilisation automatique des avions.

Un avion peut être stabilisé automatiquement en cours de route au moyen de différents dispositifs déjà suffisamment connus pour qu'il ne soit pas nécessaire de les décrire ici.

Ces dispositifs agissent en fonction soit de l'incidence, soit de la vitesse du centre de gravité de l'avion par rapport à l'air ambiant, soit, enfin, de la position de l'avion dans l'espace.

La première impulsion aux études de stabilisation automatique fut donnée par les essais avec des avions dirigés automatiquement. Ces recherches portaient à la fois sur la stabilisation de route et celle du vol.

Si la stabilisation absolue de vol n'est pas encore réalisée en ce qui concerne les avions sans pilote, la stabilisation de route

de ces avions, sans être en principe irréalisable, est encore aléatoire. Elle se heurte à de grosses difficultés qui ont trait notamment au contrôle, à distance, de la marche de l'engin dans une direction bien définie.

En revanche, le problème de la stabilisation, tant de vol que de route, est considérablement simplifié dès qu'il s'agit d'avion avec pilote.

Le but essentiel de la stabilisation automatique est de permettre le maniement complet d'un appareil par des hommes n'ayant aucune pratique en matière de pilotage, c'est-à-dire pouvant fonctionner simplement comme timonniers, seul rôle qui leur convienne en raison de l'insuffisance de leur formation professionnelle. Une telle possibilité présenterait, en cas de nécessité, des avantages considérables qu'il est superflu d'énumérer ici.

Lorsqu'on cherche à se représenter les opérations aériennes qui seront vraisemblablement effectuées dans l'avenir, on s'arrête logiquement aux deux types essentiels ci-après :

- a) opérations des formations aériennes autonomes, à grand rayon d'action — donc opérations de navigation aérienne proprement dite, confiées à des équipages d'élite, dont la tâche sera *facilitée* par la stabilisation automatique ;
- b) opérations des formations aériennes travaillant en liaison avec les troupes terrestres, à rayon d'action réduit — donc opérations à courte distance —, confiées à des équipages insuffisamment instruits, dont la tâche sera *rendue possible* par la stabilisation automatique.

Le second cas est le plus intéressant. En effet, il permet de posséder à tout moment la prépondérance numérique, en n'exigeant qu'une instruction relativement brève des équipages, qui peuvent ainsi être formés au fur et à mesure des possibilités de rendement des fabriques d'appareils. C'est pourquoi il importe de nous occuper en premier lieu, non pas de la stabilisation automatique de route, qui est du ressort de la navigation aérienne proprement dite, mais de la stabilisation automatique de vol, dont l'importance est essentielle.

Normalement, pour un avion sans stabilisation automatique de vol, la direction est assurée par les indicateurs de vitesse, de virage et de pente, c'est-à-dire : équilibrage en profondeur, stabilisation longitudinale et stabilisation latérale. Tous les appareils de contrôle du vol indiquent, en somme, la rotation de l'avion autour d'un plan perpendiculaire au plan de vol et tendent à donner la stabilisation d'altitude en assurant l'équilibrage de l'avion dans un plan donné.

Les indications que ces appareils fournissent au pilote peuvent, pour décharger celui-ci et lui épargner la nécessité des réflexes rapides, être remplacées par des dispositifs mécaniques agissant sur les commandes des trois gouvernails de l'avion, rendant ainsi superflue l'intervention directe du pilote dans le maintien de l'équilibre de l'avion autour des trois axes.

Les systèmes expérimentés jusqu'ici, bien qu'assurant la stabilisation du vol dans ses grandes lignes, se sont néanmoins révélés inaptes à garantir automatiquement à l'avion certaines positions, les plus favorables à l'exécution d'une mission militaire — avant tout tir et bombardement. Ces inconvénients provenaient toujours d'un vice originel des systèmes employés : un certain temps mort qui s'écoulait entre le déclenchement automatique d'une commande et le moment de l'exécution par l'organe asservi. Ce temps mort variait ordinairement entre 1 et 2 secondes, mais suffisait néanmoins à fausser la manœuvre.

Pour un avion militaire, de bombardement ou de combat, il importe en premier lieu que le système de stabilisation automatique soit assez sensible et assez rapide pour compenser instantanément les écarts dans le tir ou le jet des bombes, qui résulteraient de la *nutation* et de la *giration*.

Les avions stabilisés au moyen du niveau à mercure ont toujours une tendance plus ou moins grande à osciller latéralement et longitudinalement.

Ces oscillations proviennent du dispositif de stabilisation lui-même. Elles sont constatées également dans les stabilisateurs à gyroscope et dans ceux, plus récents, qui travaillent en fonction de la rotation de la girouette dans le lit du vent. Dans ce dernier cas, le retard dans la transmission au gouvernail de profondeur des indications d'incidence fournies par la rotation de la girouette est la cause des oscillations.

Dans ce cas, et selon la valeur du retard dans la transmission de la commande au gouvernail, les oscillations qui se produisent avant que l'avion ne revienne en équilibre pourraient avoir une amplitude souvent exagérée, si l'amortissement fourni par le stabilisateur ne compensait pas suffisamment et sans brutalité le mouvement de roulis qui en résulte.

Or, il est prouvé que les équilibres de roulis sont solidaires de l'équilibre de giration, c'est-à-dire de la tendance de l'avion à descendre en vrille, car, dans sa rotation autour de l'axe de giration, l'aile marchante de l'avion a toujours la tendance à se dresser. Entre les deux forces, il résulte une composante agissant en fonction de la pesanteur et qui se traduit par la glissade sur l'aile.

Bien que les dispositifs de stabilisation existant à l'heure actuelle possèdent un degré de compensation suffisant pour éviter de fâcheuses déformations de la trajectoire de l'avion, ils n'assurent qu'imparfaitement l'asservissement des commandes, qui reste insuffisant pour assurer l'équilibre dynamique nécessaire à l'exécution des missions militaires confiées à l'avion : tir et bombardement.

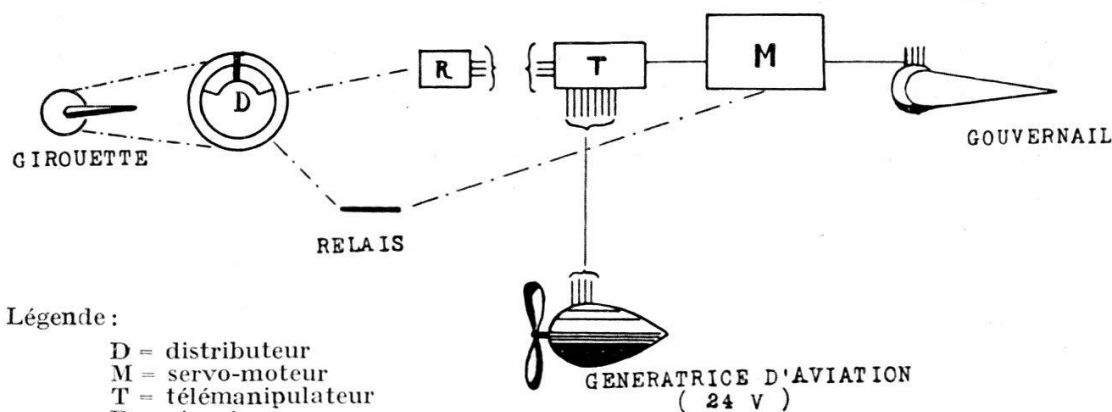
Théoriquement, l'asservissement des ailerons ou de la direction par une girouette placée dans le lit du vent doit transmettre au gouvernail tous les mouvements de l'avion dans le lit du vent, en ramenant constamment la vitesse dans le plan de la symétrie. Mais, dans la pratique, il existe toujours un certain freinage, et le gouvernail n'obéit qu'imparfaitement. La vitesse sort du plan de symétrie du lit du vent, puisque la girouette et le gouvernail qui lui est asservi forment un ensemble mobile à inertie assez considérable. La girouette ne peut pas jouer le rôle de servo-moteur, à moins d'être très puissante, et par conséquent lourde et encombrante.

Avec les girouettes actuellement employées, le maintien de l'avion dans le lit du vent demeure imparfait. L'avion « ne tient pas le cap ». Pourtant, en cas de bombardement, il est extrêmement important de tenir le cap. La déviation des bombes, après le jet, peut être actuellement calculée avec une assez grande exactitude, ce qui permet d'assurer la précision des touchés sur 30 m. d'écart depuis 4000 m., mais à la condition expresse que l'avion « tienne le cap », c'est-à-dire qu'il se trouve stabilisé horizontalement et ne subisse pas de giration.

La giration, tout aussi bien que la nutation, augmente la déviation de la bombe en proportion du degré de compensation résultant des mouvements séparés des organes que déclenche la commande — par exemple la girouette — et ceux qui exécutent le mouvement — par exemple le gouvernail ou les ailerons —. Or, dans le cas où la girouette assure la stabilisation par accouplement direct avec les organes de la direction et de l'équilibre, ce dernier ne sera jamais suffisant pour permettre la précision dans le bombardement, et la dispersion du tir sera trop grande.

Le problème de la stabilisation du vol se réduit à ceci : asservir le gouvernail aux déplacements angulaires de la girouette, non par un couplage direct, mais au moyen d'un système électrique d'organes intermédiaires d'asservissement aboutissant à un servo-moteur qui fait tourner le gouvernail jusqu'à ce que ce dernier retrouve, par l'entremise d'un distributeur des mouvements angulaires, relié à la girouette par un balai, l'angle d'incidence accusé par la girouette au moment du contact.

Le système nouvellement appliqué dans l'armée française est dû à des travaux antérieurs repris par les établissements Saint-Chamond-Granat. Ses origines remontent au concours ouvert par le Ministère de la Marine en 1922, en vue d'établir le meilleur moyen de pointage à distance des canons de la flotte. A cette époque, la meilleure solution du problème de transmission électrique à distance était celle présentée par l'ingénieur-électricien français Elie Granat. Elle l'est encore actuellement pour le télépointage des canons de marine, mais de nouvelles recherches ont conduit l'inventeur à réaliser des liaisons simples au système



SYSTÈME SAINT-CHAMOND-GRANAT

différentiel, permettant de réunir plusieurs mouvements séparés, résultant du fonctionnement de plusieurs organes de réception et de déclenchement de la commande envisagée.

Les transmissions électriques asservies des canons sont basées sur le principe du champ tournant. Dans ce cas, la transmission électrique équivaut à une transmission mécanique constituée, par exemple, par un couple d'engrenages ; en effet, la vitesse de rotation des organes de la transmission électrique et leur position relative sont liées par un rapport invariable et déterminé à l'avance.

Mais, dès qu'il s'agit d'un certain nombre de liaisons électromécaniques, résultant de plusieurs appareils, le résultat devient entaché d'erreurs ; les unes proviennent des transmissions électriques, les autres des transmissions différentielles mécaniques. En outre, ces systèmes électromécaniques, comme ceux à champ tournant, laissent s'écouler un temps mort entre le moment de la commande et celui du fonctionnement de l'organe asservi. Le minimum atteint est d'environ deux secondes (système Granat). Ce résultat est merveilleux pour les canons de la D.C.A., mais *trop long* pour qu'un avion retrouve son plan horizontal à temps. C'est pourquoi on réalise actuellement le système de télécommande à lames vibrantes.

Le système différentiel électrique Saint-Chamond-Granat, appliqué à la stabilisation automatique de vol, peut être décrit comme suit : il assure les déplacements du gouvernail sur les mêmes angles que ceux de l'inclinaison de la girouette dans le lit du vent. Dès que la girouette quitte l'équilibre, un balai qui lui est solidaire établit sur le distributeur D un contact dans l'un ou dans l'autre sens. Ce contact ferme un relais qui met instantanément en marche le servo-moteur M ; ce dernier fait effectuer au gouvernail le même déplacement angulaire que celui que la girouette vient de subir. Le gouvernail doit être arrêté dans cette position angulaire jusqu'au prochain changement d'angle d'incidence ; pour obtenir l'arrêt, M. Granat avait imaginé le système de télémanipulation à lames vibrantes.

Pour aboutir au mouvement inverse, soit pour agir sur la girouette en fonction de la position du gouvernail, le servo-moteur M entraîne le télémanipulateur T qui est alimenté par la génératrice ordinaire d'avion G, actionnée par le moulinet et transformée en machine triphasée.

Le télémanipulateur T joue le rôle de poste émetteur ; il entretient un système de lames vibrantes servant de tikler à l'émission et découpant cette dernière en un certain nombre de trains d'onde par seconde.

Pour arrêter le mouvement du gouvernail, il s'agit de transmettre la fréquence d'une lame qui commence à vibrer une fois l'angle d'incidence convenable réalisé par le gouvernail, à une autre lame vibrante (du récepteur R) de même fréquence. A la réception, le courant fourni par l'amplificateur du poste R est envoyé dans les bobines, qui agissent sur la lame vibrante de l'émetteur. Dès que celle-ci a atteint une certaine amplitude, la commande du distributeur D est déclenchée ; le distributeur D tourne selon un angle proportionné à celui sous lequel vient de se déplacer le gouvernail et dans un sens tel que le point mort du distributeur D rejoigne le balai de la girouette. Le mouvement est ainsi arrêté et le gouvernail est fixé sous l'angle convenable pour maintenir l'avion dans le plan horizontal.

Ainsi, à toute rotation du gouvernail commandé par le servo-moteur correspond une rotation proportionnelle du distributeur D, jusqu'à ce que le point mort de ce dernier ait trouvé le balai de la girouette.

De cette manière, le gouvernail se trouve bien asservi pour répondre à chaque variation d'inclinaison par un déplacement angulaire correspondant.

La transmission des commandes ne demande qu'un temps très minime, pratiquement sans influence sur le changement



d'équilibre et suffisamment bref pour maintenir l'avion dans le plan horizontal.

Ce temps peut varier entre 1 seconde et  $\frac{1}{4}$  de seconde, suivant que l'on emploie des lampes à 50, 100 ou 200 périodes.

Du point de vue de la défense nationale, il est de toute première importance que les avions de bombardement, de chasse et de combat soient munis de dispositifs assurant la stabilité de vol d'une manière aussi précise. C'est même la condition essentielle du succès des missions qui seront confiées à l'aviation. De plus, ces dispositifs augmentent la sécurité du pilote et sont susceptibles de combler les lacunes de son instruction technique ou de son habileté.

S. DE STACKELBERG, ing.

