

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 86 (1960)  
**Heft:** 10

**Artikel:** L'actualité aéronautique (XXII)  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64482>

### **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:** 16.03.2025

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

## Le système d'asservissement des gouvernes du P-16<sup>1</sup>

### Nécessité de disposer d'un système d'asservissement des gouvernes

Chaque avion rapide est équipé, actuellement, d'un système d'asservissement des gouvernes. On pourrait estimer que la principale raison en est l'importance des efforts de commande. Il faut en effet reconnaître que ces efforts sont devenus assez considérables, et ceci pour deux motifs :

- a) Un motif *aérodynamique* ; du fait des vitesses de vol très grandes, qui font pénétrer l'avion dans le domaine de la compressibilité, et notamment dans la région transsonique, l'efficacité de gouverne subit de brusques fléchissements ; pour obtenir donc des couples suffisants autour de chacun des trois axes principaux d'inertie de l'avion, il est nécessaire d'avoir recours à d'assez grands braquages des gouvernes, ce qui entraîne des forces élevées dans la timonerie et conduit à des efforts au manche qui dépassent, dans certains cas, les possibilités humaines.
- b) Un motif *cinématique* ; ce motif affecte surtout la commande de gauchissement (mouvement de roulis, obtenu à l'aide des ailerons). En effet, pour des raisons d'aérodynamisme, l'aile est devenue de plus en plus mince, et la hauteur de construction utilisable pour loger la timonerie (tringles, guignols, paliers, etc.) s'est réduite à fort peu de chose ; les bras de levier étant très petits, les efforts de timonerie sont devenus de plus en plus importants.

Toutefois, la raison d'être principale des servo-commandes d'avion réside dans le fait qu'à la suite des nombreuses fluctuations que subit le moment de charnière des gouvernes (ces fluctuations vont même parfois jusqu'à entraîner des changements de sens des efforts !) il est devenu de plus en plus indispensable d'assurer l'*irréversibilité* des commandes. A notre connaissance, seul un asservissement des gouvernes peut assurer cette condition. On constate donc que ce n'est pas tellement la grandeur de l'effort que le fait d'introduire l'*irréversibilité* des commandes qui justifie la nécessité d'un asservissement des gouvernes.

Une conséquence directe des effets signalés plus haut est la très grande *rigidité* que l'on exige désormais du système de commande. En effet, à cause des fluctuations très fortement marquées du moment de charnière des gouvernes, et ceci notamment dans la région transsonique, il est de première importance que ces fluctuations n'entraînent pas une vibration des gouvernes, vibration qui déclencherait celle de l'aile tout entière ; les vibrations de gouverne sont grandement amplifiées par la présence des jeux à l'intérieur de la timonerie, d'où la nécessité de garantir une très grande rigidité de timonerie. Dans le cas d'un asservissement des gouvernes, c'est bien entendu la partie de la timonerie

située entre le moteur d'asservissement et la gouverne elle-même qui doit être particulièrement rigide.

Une conséquence de l'*irréversibilité* se manifeste dans l'absence de sensation de commande du pilote, à la suite de la suppression du « feed-back » que procure sans autre toute commande non asservie. Il est donc nécessaire d'envisager un « restituteur d'efforts », ou une « sensation musculaire », ou tout autre système apte à introduire dans le manche des efforts de commande ; il convient alors d'attacher une très grande attention à la manière dont ces efforts seront apportés, et il est pratiquement indispensable de disposer d'un appareillage permettant de modifier facilement la « pente de l'effort » ainsi que le « point zéro » et même éventuellement le « seuil ».

En première conclusion, on peut ainsi affirmer que les commandes d'un avion moderne rapide doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- asservissement ;
- irréversibilité ;
- très grande rigidité ;
- possibilité de « doser » l'effort de commande ou « feed-back » artificiel.

### Facteurs de sécurité des servo-commandes

Etant donné l'importance du rôle joué par les servo-commandes, il est évident que leur fonctionnement doit offrir une très grande sécurité. On peut définir quatre paliers de sécurité :

- a) l'alimentation des récepteurs hydrauliques (vérins) est *doublée*
- b) le circuit principal d'alimentation est en liaison avec le système hydraulique général de l'avion par l'intermédiaire de la pompe principale (généralement entraînée par le moteur de l'avion), tandis que le circuit de secours est alimenté par une pompe auxiliaire, généralement mue par un moteur électrique, ces deux circuits étant *indépendants* l'un de l'autre ;
- c) les deux circuits comportent chacun un ou plusieurs *accumulateurs hydrauliques*. Si le récepteur hydraulique est parfaitement étanche, le volume d'huile contenu dans les accumulateurs représente une réserve de manœuvre ;
- d) le récepteur hydraulique est pourvu d'un *verrouillage automatique*, qui assure le passage en commande mécanique manuelle directe, en cas de baisse excessive de la pression de service.

De plus, l'huile de commande doit être garantie conforme aux prescriptions. Pour des raisons de sécurité, divers filtres sont insérés dans le circuit hydraulique.

### Le système Jacottet-Leduc adopté pour le P-16

Ce système a été étudié et mis au point dès 1946. En 1951, il équipe déjà sept types d'avions. Ses constructeurs le perfectionnent constamment et le munissent d'appareils complémentaires raffinés. Cette constante mise au point est assurée grâce à la collaboration étroite des Etablissements Jacottet (fabricants), du génial constructeur Leduc et de l'ancienne S.N.C.A.S.O. (Société nationale de constructions aéronautiques du

<sup>1</sup> Voir Actualité aéronautique XX, *Bulletin technique de la Suisse romande*, n° 3/1960, « L'avion suisse d'attaque au sol P-16 Mk III ».

Sud-Ouest), représentée par l'ingénieur en chef Servanty, constructeur notamment du célèbre « Trident ».

En 1954, ce système est installé sur le premier prototype du P-16, et il équipe actuellement tous les appareils de type P-16.

L'une des particularités remarquables des récepteurs hydrauliques Jacottet-Leduc est leur *distributeur intérieur à billes*. De ce fait, le vérin est très « ramassé » et peut être logé assez facilement à l'intérieur des ailes ; le volume d'encombrement du vérin joue un rôle extrêmement important, surtout en ce qui concerne la commande de gauchissement, car il doit être monté aussi près que possible des gouvernes (à cause des vibrations possibles).

De plus, la distribution par bille permet de garantir une étanchéité parfaite, ce qui constitue un élément fort appréciable de sécurité.

Les avantages des vérins Jacottet-Leduc peuvent être résumés comme suit :

- Installation simple, grâce au distributeur intérieur, qui permet une timonerie sans palonnier ni renvoi spéciaux et l'alimentation par tuyauteries rigides, en même temps qu'il donne à la servo-commande un encombrement réduit.
- Amortissement absolu des vibrations pouvant provenir des gouvernes, le côté gouverne restant rigoureusement verrouillé quelles que soient la fréquence et l'intensité des sollicitations qui lui sont appliquées.
- Débit nul en vol stabilisé et au sol, ce qui assure une grande sécurité en utilisation, un simple accumulateur de réserve étant capable d'alimenter les servo-commandes pendant un temps de vol important, en cas de panne d'alimentation. Cette caractéristique permet en outre la suppression du blocage de « parking ».
- Double alimentation, avec passage automatique sur le circuit de secours en cas de panne d'alimentation ou de fuite importante du circuit normal.
- Passage automatique en commande directe, sans jeu, en cas de panne hydraulique et après épuisement des accumulateurs (principal et de secours). Dans ce cas, l'amortissement est obtenu par l'ensemble servo-by-pass (possibilités de suppression de tout ou partie des masses d'équilibrage).
- Seuil d'irréversibilité correspondant à l'effort nominal, seuil pouvant être augmenté dans le cas d'efforts dynamiques importants (rafales) par l'intervention du clapet frein monté sur le by-pass, qui crée un amortissement important.
- Utilisation à très haute pression (jusqu'à 300 kg/cm<sup>2</sup>),

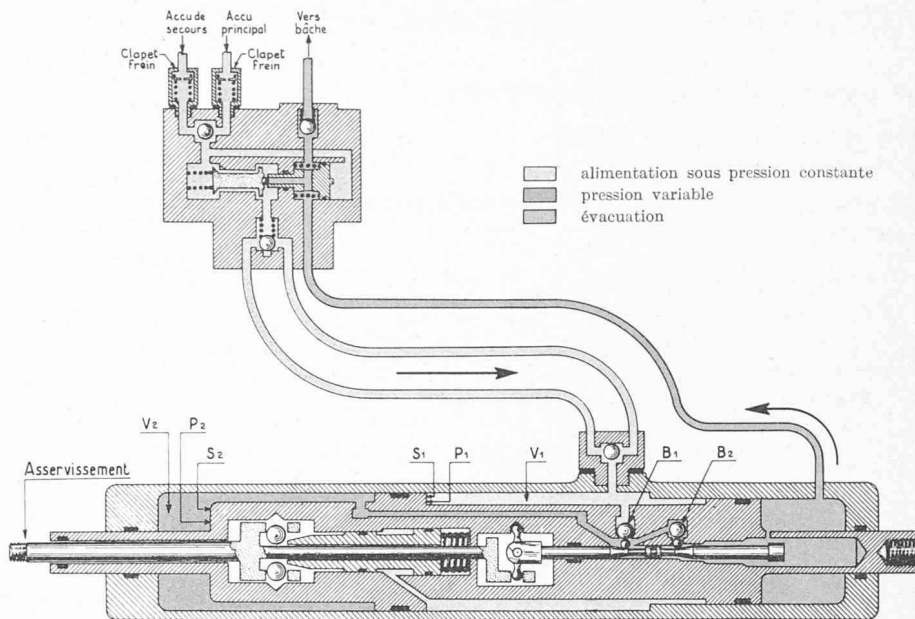


Fig. 1. — Servo-commande « Jacottet-Leduc ». Fonctionnement hydraulique.

grâce au distributeur à clapets à billes et aux joints « composites » brevetés, caoutchouc-nylon, qui ne présentent pas l'inconvénient du « fluage » entre piston et cylindre et permettent de tolérer un jeu important qui évite tout risque de grippage.

- Simplicité de conception, tous les éléments qui constituent la servo-commande sont des pièces de révolution, ce qui permet un usinage et un contrôle faciles.

La figure 1 représente une coupe schématique du vérin Jacottet-Leduc en fonctionnement hydraulique, tandis que la figure 2 est valable pour le fonctionnement mécanique.

Le fonctionnement peut être décrit de la manière suivante :

#### Fonctionnement en hydraulique : (fig. 1.)

La pression  $p_1$  de la source d'énergie s'exerce continuellement dans le volume  $V_1$ , dont la surface active sur le piston est  $S_1$ . L'équilibre est établi par le volume  $V_2$ , dont la surface active sur le piston est  $S_2 = 2S_1$ , et où la pression est  $p_2$ .

Le clapet à billes  $B_2$  relie  $V_2$  à une enceinte en communication avec la bache.

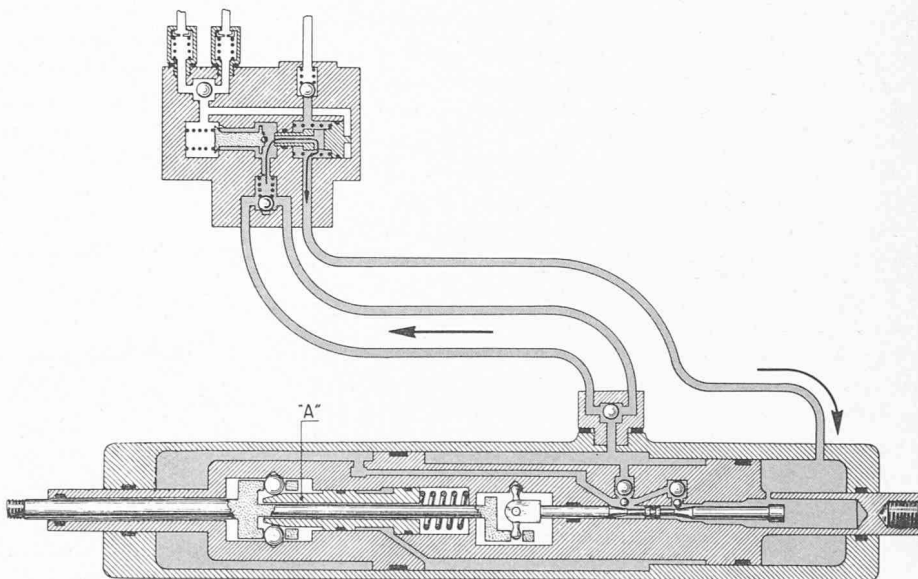


Fig. 2. — Servo-commande « Jacottet-Leduc ». Fonctionnement mécanique.

A la position d'équilibre, les deux clapets sont fermés sous l'effet des pressions  $p_1$  et  $p_2$ , qui sont telles que  $p_1 S_1 = p_2 S_2$  (donc :  $p_1 = 2p_2$ ).

Si l'on pousse le tiroir du distributeur, le clapet  $B_1$  s'ouvre, et l'on a  $p_2 = p_1$ ; par suite, l'effort sur le piston est  $p_1 S_2 - p_1 S_1$ , dans le sens du déplacement. A l'arrêt du tiroir, le clapet  $B_1$  se ferme, et les efforts des pressions s'équilibrent. Si l'on tire le tiroir du distributeur, le clapet  $B_2$  s'ouvre et la pression  $p_2$  tombe à zéro, le piston étant alors soumis à l'effort  $p_1 S_1$ . A l'arrêt du tiroir, le clapet  $B_2$  se ferme et la pression  $p_2$  croît jusqu'à atteindre à nouveau la valeur  $p_1/2$ .

Entre l'ouverture du premier clapet et celle du second, le tiroir parcourt une certaine distance sur laquelle le piston n'est pas alerté; cette distance est la course morte ou plage, et elle est de l'ordre de 15/100 au maximum par rapport à la position moyenne; dans la pratique, elle peut être réglée par variation du diamètre des billes poussoirs, opération extrêmement facile et précise.

#### Fonctionnement en mécanique: (fig. 2.)

Le piston de verrouillage (A) qui, en fonctionnement hydraulique est dans une position dégageant les billes de verrouillage, engage celles-ci dans leur logement dès que survient la chute de pression correspondant à la panne d'alimentation, solidarisant ainsi, sans jeu, la tige d'entrée et la sortie; le circuit du fluide hydraulique s'établit alors comme indiqué sur le schéma. Il est conçu pour fournir un effet dash-pot notable qui, sans nuire à la vitesse de déplacement du piston, conserve les caractéristiques d'amortissement de vibrations de la servo-commande.

#### Le schéma du circuit hydraulique d'asservissement du P-16

La figure 3 représente très schématiquement le circuit hydraulique d'asservissement du P-16 (voir description dans la légende de la figure).

On remarque que le circuit principal est en liaison avec le système hydraulique général de l'avion, tandis que le circuit de secours dessert uniquement les servo-commandes. Le circuit principal fonctionne pour une pression de service

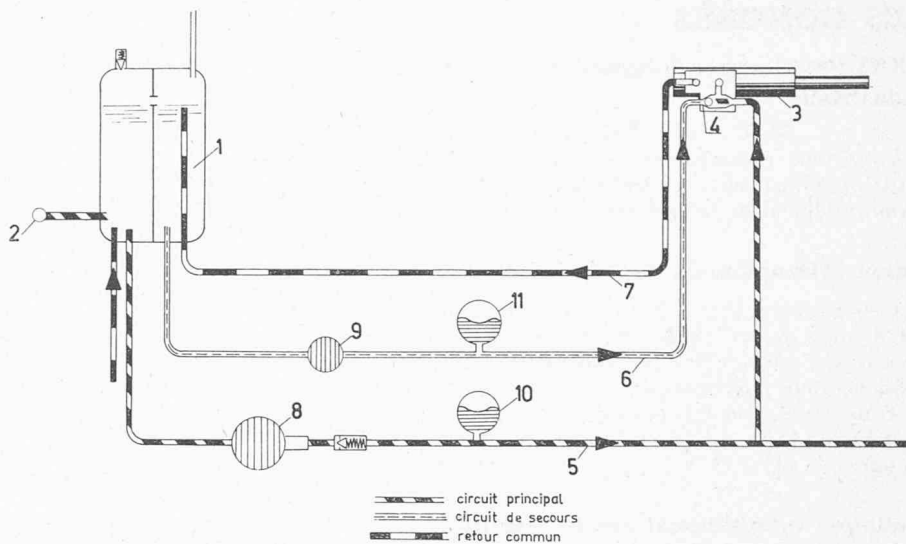


Fig. 3. — Schéma de principe du circuit hydraulique d'asservissement du P-16.

1. Bâche. — 2. Bouche de remplissage extérieur. — 3. Vérin (récepteur hydraulique). — 4. Distributeur et commutateur automatique (passage du système normal au système de secours). — 5. Conduite circuit hydraulique général (210 kg/cm<sup>2</sup>). — 6. Conduite circuit de secours (180 kg/cm<sup>2</sup>). — 7. Conduite commune de retour. — 8. Pompe principale (entraînée par le turboréacteur). — 9. Pompe de secours (électrique). — 10. Accumulateur hydraulique principal. — 11. Accumulateur hydraulique de secours.

de 210 atu, tandis que le circuit de secours est conçu pour une pression de service de 180 atu.

En cas de panne hydraulique principale (défectuosité de la pompe principale, rupture ou fuite d'une conduite d'alimentation du circuit principal), le commutateur hydraulique assure automatiquement le passage du circuit principal au circuit de secours (différence de pression). En cas de panne du circuit de secours, et si la conduite d'alimentation entre l'accumulateur hydraulique de secours et le vérin est encore intacte, le vérin continue de fonctionner normalement en régime hydraulique, chaque manœuvre amorcée par le pilote prélevant un certain volume dans l'accumulateur; autrement dit, ce dernier assure véritablement un certain nombre de manœuvres. En cas de rupture de la conduite d'alimentation de secours, ou lorsque l'accumulateur hydraulique est épuisé, le verrouillage mécanique s'effectue automatiquement à l'intérieur du vérin (voir fig. 2), et la commande se fait donc manuellement.

Dans une prochaine « Actualité », nous analyserons brièvement les autres éléments du système d'asservissement Jacottet-Leduc (annulateurs de frottement, sensation musculaire, réglage du point zéro et du seuil), et nous étudierons les causes de l'accident ayant entraîné la seconde chute du P-16.

## BIBLIOGRAPHIE

**Die zweiseitig gelagerte Platte**, par H. Olsen et F. Reinitzhu-ber, Berlin 1959. — Un volume 18,5 x 26,5 cm de 113 pages, 18 figures, avec 9 tables pratiques. Prix : DM 24. — (relié).

Cet ouvrage traite des dalles appuyées sur deux côtés et libres sur les deux autres. Une première partie théorique établit les bases du calcul et résout l'équation différentielle pour une forme rectangulaire, une longueur infinie et pour l'extrémité d'une dalle infiniment longue, ceci pour les conditions d'appuis énoncées ci-dessus. Plusieurs cas de charge sont aussi envisagés.

Les calculs ne se rapportent pas seulement aux moments fléchissants, mais aussi aux flèches ou aux déformées de la dalle.

La seconde partie de l'ouvrage explique l'utilisation des surfaces d'influence données en fin de volume. Ces surfaces d'influence permettent de calculer rapidement les moments de flexion selon les deux directions de la dalle et la flèche à un facteur de proportionnalité près;

ces surfaces d'influence ont été établies pour les diverses formes de dalles rectangulaires, généralement en deux points : le milieu et le milieu du bord libre.

Dans certains cas, l'auteur donne les valeurs correspondantes pour le coefficient de Poisson égal à l'infini et à six, ainsi que pour une légère orthotropie de la dalle (rapport des raideurs selon les deux directions égal à 0,8).

Cet ouvrage met à la disposition des ingénieurs et des étudiants une méthode rapide et économique de calcul de dalles appuyées sur deux côtés et libres sur les deux autres.

Extrait de la table des matières :

I. Einleitung. — II. Theoretische Grundlagen : Allgemeines, Rechteckige Platte, Halbstreifen, Vollstreifen; Allgemeines über die Auswertung der theoretischen Ergebnisse; Biegemomente : Einflussflächen im Rand- und Mittenbereich, Gleichmäßig verteilte Flächenbelastung, Randbelastung; Durchbiegungen : Einflussflächen im Rand- und Mittenbereich, Gleichmäßig verteilte Flächenbelastung, Randbelastung; Tafeln.