

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 100 (1974)  
**Heft:** 11: Pro aqua + Pro vita, Bâle 11-15 juin 1974

**Artikel:** Silencieux pour moteurs d'avions légers  
**Autor:** Dubs, Fritz / Weibel, Jean-Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72108>

### **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>**

# Silencieux pour moteurs d'avions légers

par FRITZ DUBS, Zurich, en collaboration avec JEAN-PIERRE WEIBEL

L'industrie aéronautique a entrepris ces dernières années de grands efforts pour diminuer l'impact de l'avion sur l'environnement. Ces travaux ont porté avant tout sur les appareils commerciaux à réaction. Les résultats obtenus sont remarquables, aussi bien en ce qui concerne le degré de combustion, donc la teneur en substances polluantes dans les gaz d'échappement, que pour la réduction du niveau de bruit émis. Les gros transporteurs tels que Boeing 747, McDonnell-Douglas DC-10 et Lockheed 1011 Tristar en sont les meilleurs exemples.

Or sur plus de 40 aérodromes actuellement en service en Suisse, seuls Genève-Cointrin et Zurich reçoivent ces types d'avions. Les autres sont utilisés par des avions plus petits, au niveau de bruit certes plus faible, mais dont les mouvements sont beaucoup plus fréquents. De plus, l'aviation générale est plus vulnérable aux critiques que le transport aérien commercial, ne jouissant pas du même appui de la part des autorités ou de groupes d'intérêts.

Les moyens engagés pour diminuer le bruit des avions légers (moins de 5 700 kg de poids au décollage, selon la législation) ont été très modestes. Les causes en sont multiples. Il convient toutefois de relever que l'installation du moteur, y compris le système d'échappement, est du ressort de l'avionneur, de sorte que le motoriste n'éprouve guère de motivation à se pencher sur le problème du bruit. Le faible prix de vente des avions légers ne laisse pas beaucoup de place à des investissements dans la lutte contre le bruit. Enfin, la longue absence de législation dans ce domaine particulier explique une certaine indifférence.

La situation a évolué d'une part à cause de la sensibilisation du public aux problèmes de l'environnement — l'aviation a fait l'objet d'attaques disproportionnées avec le niveau réel des nuisances — et d'autre part par la mise en vigueur de dispositions interdisant l'homologation d'avions trop bruyants.

## 1. Réglementation suisse

L'Office fédéral de l'air, en collaboration étroite avec le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, a établi une procédure de mesure du bruit émis par les avions légers et défini les niveaux admissibles. Tous les types homologués en Suisse ont fait l'objet d'une telle mesure et se sont vu établir un certificat où est consigné le résultat de la mesure. Depuis 1973, il n'est plus possible de faire immatriculer un avion ne satisfaisant pas aux exigences définies par l'arrêté du 16 juillet 1971 du Département fédéral des transports et de l'énergie.

La définition d'un niveau de bruit acceptable et d'une procédure de mesure réaliste est malaisée, car la perception subjective des sons ne correspond pas aux valeurs physiques mesurées. Une des façons d'en tenir compte est d'affecter les niveaux mesurés en dB (décibel) d'un facteur reflétant l'impression plus ou moins désagréable liée à la fréquence ; ces niveaux corrigés sont exprimés en dB (A). (Fig. 1.)

Toujours subjectivement, la grandeur de l'avion observé et entendu joue un rôle. Dans la formule adoptée pour la réglementation, c'est ce seul facteur qui a été adopté :

$$L_A = 26.35 \log G_{\max} - 3 \quad (\text{monomoteurs})$$

$$L_A = 26.35 \log G_{\max} - 6.1 \quad (\text{multimoteurs})$$



Fig. 1. — Correction des niveaux mesurés en fonction des fréquences.

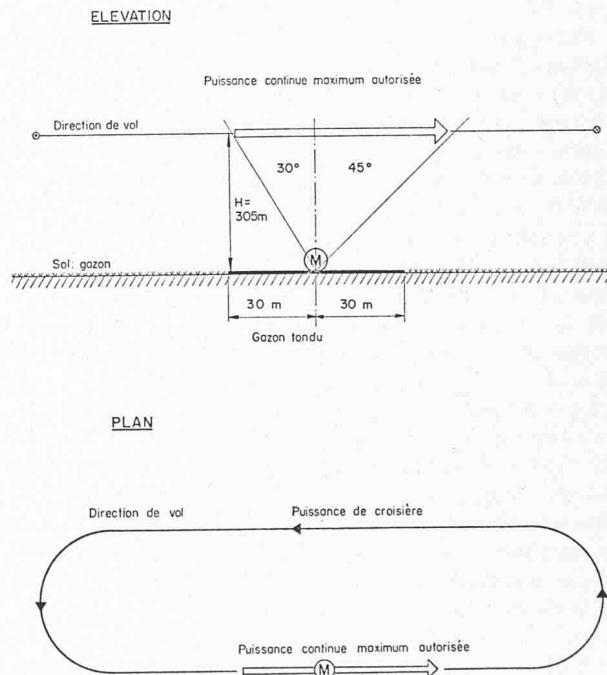


Fig. 2. — Mesure de bruit en vol : directives de l'Office fédéral de l'air. M = point de mesure

$L_A$  = niveau sonore admissible en dB (A)

$G_{\max}$  = poids maximum au décollage en kg.

Si l'application de cette formule est simple, il faut noter toutefois qu'elle désavantage les avions ayant un bon rapport puissance/poids ; or cette dernière caractéristique leur assure une meilleure vitesse ascensionnelle, résultant en une diminution plus rapide du bruit perçu par un observateur au sol.

Les directives réglant la mesure du bruit à la source définissent plusieurs points de mesure au point fixe et en vol. Il est intéressant d'examiner cette dernière mesure, qui correspond au vol de croisière rapide à l'altitude minimale. (Fig. 2.)

La mesure se compose d'un enregistrement de l'évolution dans le temps et d'une analyse de fréquence du bruit émis par l'avion permettant d'établir le niveau déterminant en dB (A).

## 2. Causes du bruit

Le bruit émis par un avion à moteur à piston a trois origines :

- l'hélice : le niveau sonore et les fréquences dépendent du nombre de tours à la minute, de la vitesse périphérique des pales et de leur forme.
- la cellule : elle provoque des perturbations locales de l'écoulement, la formation de tourbillons en bout d'aile et peut vibrer elle-même, excitée par le moteur ou par les irrégularités de l'écoulement. Aux vitesses atteintes par les avions légers, cette source de bruit n'est guère perceptible.
- le moteur : l'admission et surtout l'échappement sont des sources susceptibles d'être corrigées. En revanche, le moteur émet d'autres bruits propres à sa construction, aux masses fixes et en mouvement, liés au nombre de tours et au principe utilisé (moteur à 4 ou 2 temps, refroidissement, par exemple), beaucoup plus difficiles à contrôler.

Mentionnons à titre indicatif que beaucoup de moteurs d'avions légers entraînent directement l'hélice, ce qui nécessite un compromis entre le nombre de tours élevé souhaité pour le rendement du moteur et la vitesse de rotation faible favorable au bon rendement de l'hélice. Généralement, la vitesse de rotation est comprise entre 2000 et 2800 t/min.

L'utilisation d'engrenages réducteurs n'est possible que pour des puissances supérieures à 200 ch, à cause de leur poids. Ils permettent de diminuer la vitesse périphérique des hélices, donc leur bruit, tout en augmentant leur rendement, mais malheureusement aussi le bruit du moteur.

La diminution du bruit émis par l'hélice et par le moteur à l'exception de l'admission et de l'échappement nécessite des études complexes, résultant en d'importantes modifications. Nous n'en parlerons pas ici. En revanche, il est possible de réduire sensiblement le niveau sonore de l'échappement par des moyens assez simples, en observant certaines précautions eu égard à la sécurité de fonctionnement du moteur.

## 3. Silencieux d'échappement

Deux facteurs rendent plus difficile de réduire le bruit d'un échappement d'un avion que celui d'une automobile. Premièrement, le régime normal continu d'un moteur d'avion correspond à 60-75 % de la puissance maximale, sans préjudice pour la fiabilité. Compte tenu d'un intervalle entre révision de 2000 heures, cela reviendrait à couvrir plus de 250 000 km en voiture, sans aucune panne, à 130 km/h pour une voiture de classe moyenne. Le second handicap réside dans la nécessité d'économiser au maximum le poids mort, pour ne pas pénaliser la charge utile.

Pour satisfaire à la première condition, il faut prêter une attention toute particulière aux conditions de fonctionnement du moteur aux différents régimes. Il est absolument nécessaire d'éviter que le silencieux crée des contre-pressions dans l'échappement, car cela peut faire augmenter la température en plusieurs points du moteur et

conduire à une usure prématurée de certaines pièces, voire à leur destruction en service. On le voit, ces inconvénients sont bien plus graves que l'éventuelle perte de puissance qui pourrait être liée au montage du silencieux. Il est à relever que ce dernier point ne constitue pas un critère pour juger de l'influence d'un silencieux sur la sécurité de fonctionnement d'un moteur. Il faut mesurer en service réel des températures caractéristiques (culasse, gaz d'échappement) et vérifier la pression des gaz d'échappement selon les recommandations du constructeur du moteur.

On ne saurait assez insister sur ce dernier point, comme l'ont montré plusieurs avaries graves survenues après le montage d'un type de silencieux développé il y a une dizaine d'années ; bien que n'entraînant pratiquement pas de perte de puissance, il causait notamment une augmentation sensible de la température des gaz d'échappement au régime de croisière, sans toutefois excéder le maximum admissible. (Fig. 3.) Cette différence de température était l'indice d'une modification des conditions de fonctionnement du moteur et aurait dû inciter à leur analyse plus détaillée, notamment à une mesure des pressions d'échappement.

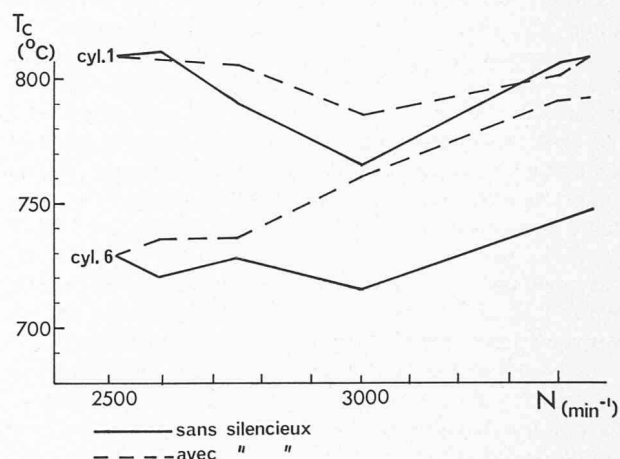


Fig. 3. — Température des gaz d'échappement avec et sans silencieux. Moteur Lycoming GO-480 de 270 ch ; silencieux FT F 60. (Banc d'essai BMW-Triebwerksbau GmbH, Munich, 27.-28.6.1960).

Le facteur poids a limité l'efficacité des silencieux en empêchant d'utiliser les techniques appliquées avec succès pour l'automobile par exemple. C'est également la raison pour laquelle sont exclusivement utilisés des moteurs à refroidissement par air, plus défavorables sur le plan acoustique que ceux refroidis par eau.

Les silencieux proposés jusqu'ici étaient de trois types : à filtre, à absorption ou à interférence. Aucun ne combinait une bonne efficacité avec des conditions de fonctionnement du moteur acceptable. L'absence d'avaries graves n'est pas suffisante ; l'utilisateur ne consent généralement pas à ce que le montage d'un silencieux entraîne une réduction des intervalles entre révisions du moteur. Ces lacunes ont conduit au développement d'un type entièrement nouveau, constitué par la combinaison d'un injecteur et d'un résonateur. (Fig. 4.)

L'injecteur permet de contrôler la pression des gaz d'échappement, empêchant une augmentation et conduisant même à une diminution par rapport à certaines installations originales sans silencieux. Le résonateur permet d'atténuer de façon sélective certaines fréquences prédominantes ou particulièrement désagréables.

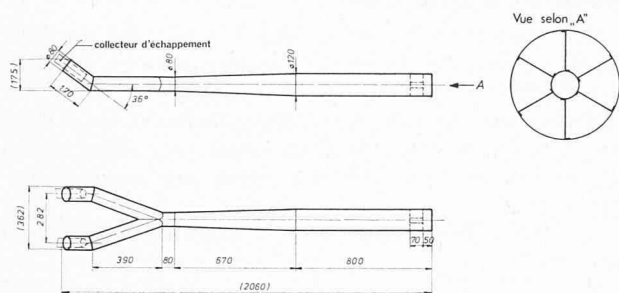


Fig. 4. — Disposition schématique du nouveau silencieux. (Brevet déposé)

#### 4. Expérimentation du niveau silencieux

Pour vérifier l'efficacité du silencieux et s'assurer qu'il ne cause aucune détérioration des conditions de fonctionnement du moteur, on a choisi un type d'avion dont le niveau d'émission sonore ne dépasse pas la limite admise, mais qui est ressenti subjectivement comme désagréable, aussi bien en raison des fréquences prédominantes que de la tonalité sèche de son moteur : le Beagle Pup. Il s'agit d'un triplace d'un poids maximum de 873 kg, volant à 200 km/h environ en croisière. Il est équipé d'un moteur à 4 cylindres opposés (Boxer) de 150 ch, d'une cylindrée totale de 5,24 litres, tournant à 2 400 t/min en croisière, refroidi par air. (Fig. 5.)

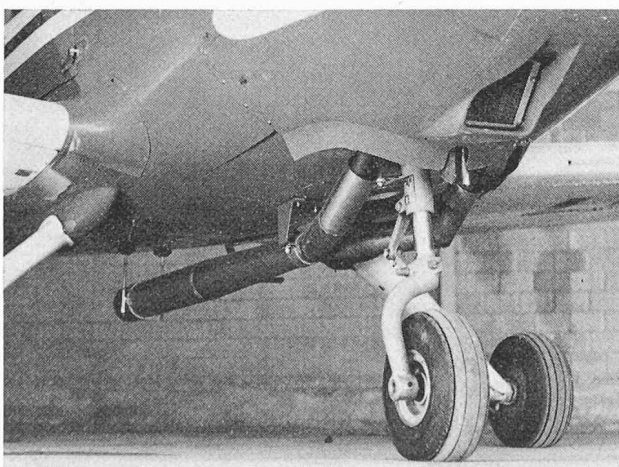


Fig. 5. — Nouveau silencieux monté sur avion Beagle Pup. On remarquera la suspension pendulaire.

En haut : vue d'ensemble.

En bas : détail montrant les injecteurs et l'adaptation aux collecteurs d'échappement.

A cause de la construction du moteur (cylindres opposés), l'installation d'échappement originale est double, chaque conduit réunissant les gaz de deux cylindres. Alors que certains systèmes nécessitent le montage d'un silencieux sur chaque groupe de cylindres, on a choisi ici de réunir les deux conduits et d'amener les gaz à un seul résonateur. (Fig. 4.) Cette disposition est intéressante au point de vue du poids et de la réalisation.

#### Puissance

L'expérimentation ayant été menée sur avion, il n'a pas été possible de mesurer directement la puissance du moteur avec ou sans silencieux. En revanche, à une altitude de 700 m/M, on a obtenu environ 50 t/min de plus à plein gaz, et le temps de montée de 432 à 3050 m/M est de 22 minutes avec et 24 minutes sans silencieux. Nous verrons plus loin les raisons de cette légère augmentation de puissance.

#### Température

L'avion n'était pas équipé d'instrumentation permettant de surveiller la température des gaz d'échappement. La température d'huile présentant une grande inertie, la seule indication caractéristique était donnée par 4 thermomètres de culasse. La figure 6 montre l'évolution des températures de culasse en fonction de l'altitude, en vol de montée. Les valeurs plus faibles relevées une fois le silencieux monté sont l'indice d'une amélioration des conditions de fonctionnement du moteur.

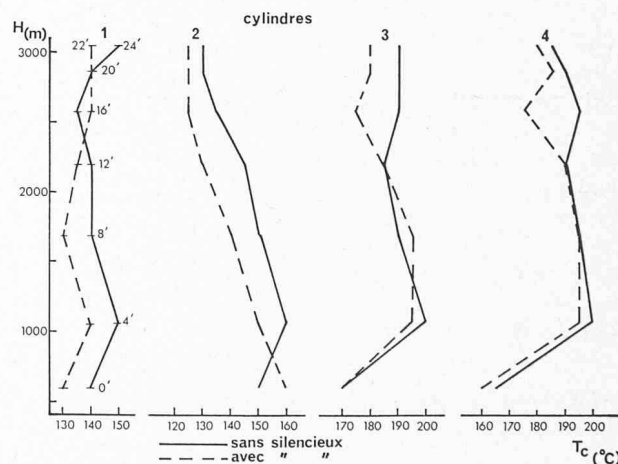


Fig. 6. — Evolution de la température de culasse en vol de montée.

#### Pression des gaz d'échappement

Selon les prescriptions du constructeur du moteur, Avco Lycoming Division, la surpression maximale en un point de mesure défini est de 50,8 mm Hg par rapport à l'atmosphère ambiante. Pour contrôler cette exigence, quatre manomètres à mercure ont été branchés sur l'échappement des cylindres, dont la pression étant comparée avec la pression statique de la sonde Pitot de l'avion. Ci-dessous les résultats, en mm Hg.

#### a) Point fixe

Cylindre :	1	2	3	4
Sans silencieux (2300 t/min)	+8	+18	+15	+21
Avec silencieux (2300 t/min)	-10	+1	+2	+8

b) Altitude : 700 m/M  
Vitesse : 200 km/h

Sans silencieux (2600-2650 t/min)	+7	+19	+20	+24
Avec silencieux (2650-2700 t/min)	-5	+11	+10	+13

Ces résultats sont intéressants, car ils expliquent l'augmentation de puissance et la diminution de température de culasse mentionnées, par une amélioration de la ventilation des gaz d'échappement, grâce à l'injecteur ; en fait, le moteur travaille dans de meilleures conditions. Sans vouloir généraliser de façon hâtive, il est permis de penser que l'influence favorable du silencieux est liée à son principe, non à la disposition particulière expérimentée.

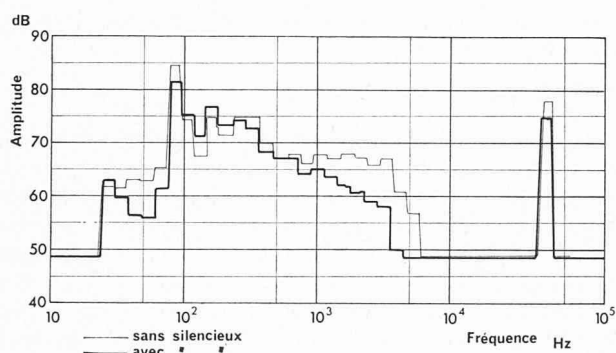


Fig. 7. — Analyse des fréquences.

#### Réduction du niveau sonore

Les premiers vols avec le silencieux ont déjà confirmé subjectivement les résultats escomptés, puisque le niveau sonore dans la cabine a paru nettement diminué au pilote, alors que les observateurs au sol constataient la disparition des fréquences et des tonalités auparavant désagréables. L'analyse des fréquences documente ces constatations. (Fig. 7.)

La valeur déterminante a été abaissée de 4 dB (A) environ.

#### 5. Conclusions

L'utilisation d'un effet aérodynamique a permis le développement d'un silencieux très simple, ne nécessitant ni entretien, ni nettoyage périodique, dont l'utilisation ne s'accompagne d'aucune répercussion défavorable sur les conditions de fonctionnement, la fiabilité ou la longévité du moteur. La combinaison d'un injecteur et d'un résonateur permet d'adapter le silencieux aux fréquences prédominantes. Il s'agit d'un complément aux travaux sur la diminution du bruit engendré par les hélices, de sorte qu'une amélioration sensible peut être attendue dans le domaine des nuisances causées par les avions légers.

Adresse de l'auteur :

Fritz Dubs  
Höfliweg 5  
8055 Zurich

## Divers

### Problèmes énergétiques dans l'industrie suisse du ciment

La Suisse fournit elle-même les matières nécessaires à la fabrication du ciment (calcaire et argile) ainsi que l'énergie électrique pour le traitement mécanique ; en revanche, elle doit importer le combustible utilisé dans les fours : huile lourde, gaz naturel ou charbon. Entre 1960 et 1970, l'industrie suisse du ciment s'est entièrement reconvertie au mazout lourd, plus économique que le charbon utilisé jusqu'alors. Pour obtenir une tonne de ciment, il faut environ 100 kg de mazout lourd.

Malgré la hausse, allant jusqu'à 200 %, du mazout lourd, il ne serait pas indiqué de revenir au charbon, qui n'est pas non plus disponible en quantité illimitée et conduit à des frais de cuisson plus élevés.

Dans un proche avenir, il n'est pas non plus possible d'opérer une conversion au gaz naturel. Les besoins en mazout lourd, atteignant environ 600 000 tonnes par année, ne pourraient pas être couverts par le gaz naturel, même si la quote-part annuelle de la Suisse prélevée sur le gazoduc de transit nord-sud (5 millions de m<sup>3</sup>) était entièrement consacrée à l'industrie du ciment.

A part un faible pourcentage fourni par le charbon, ce sera à l'avenir encore le mazout lourd qui alimentera les fours des fabriques de ciment.

Les conséquences de la hausse du prix du pétrole ne sont pas fait attendre : alors que la somme de toutes les hausses du prix du ciment avait atteint 20 francs par tonne entre 1945 et 1973, les fabricants de ciment se sont vus contraints d'augmenter le prix de 12 fr/tonne au début de l'année 1974, puis de 8 fr/tonne au 1<sup>er</sup> mars 1974, arrivant au prix de 100 fr/tonne en vrac à la fabrique. Une baisse sur le pétrole aurait pour effet de diminuer à nouveau le prix du ciment. C'est ainsi qu'une baisse de 4 fr/tonne a pu intervenir au 1<sup>er</sup> mai, ramenant le prix à 96 fr/tonne au départ de l'usine.

On peut relever que l'industrie ne dispose pas de gros stocks de carburant ; c'est pourquoi l'incidence des prix du pétrole et de ses dérivés sur le ciment est pratiquement immédiat. Il existe en revanche des réserves importantes de charbon, mais comme elles sont destinées à couvrir les besoins en cas de guerre, elles ne peuvent pas être utilisées dans les circonstances présentes.

Une fois de plus est mise en évidence la nécessité de réserver le pétrole et ses dérivés pour les tâches où ils ne peuvent être remplacés et de les décharger de celles où il existe une alternative réelle.