

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 85 (1959)  
**Heft:** 11

**Artikel:** L'actualité aéronautique (XV)  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64119>

### **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>**

## Le colombium comme matériau aéronautique

Pour réaliser des avions volant toujours plus vite, la technique aéronautique doit résoudre, l'un après l'autre, les nombreux problèmes qui surgissent : problèmes d'aérodynamique, de construction, de statique, de matériaux et de propulsion. La recherche de matériaux nouveaux et l'étude de leurs possibilités d'emploi constituent une activité importante dans le cadre de ces problèmes. Après le titane (voir Actualité aéronautique II, *Bulletin technique* n° 21/1957) et le béryllium (voir Actualité aéronautique VIII, *Bulletin technique* n° 16/1958), signalons cette fois-ci le colombium, dont il est abondamment question dans les revues spécialisées<sup>1</sup>.

Le colombium présente certaines parentés avec le molybdène, dont l'emploi en aéronautique s'étend de plus en plus. En voici certaines données caractéristiques :

Poids spécifique :	8,57 kg/dm <sup>3</sup>
Module d'élasticité :	8680 kg/mm <sup>2</sup> à 20° C
	7630 kg/mm <sup>2</sup> à 200° C
	5250 kg/mm <sup>2</sup> à 400° C
	3290 kg/mm <sup>2</sup> à 550° C
Limite élastique :	16,9 kg/mm <sup>2</sup> à 20° C
	10,2 kg/mm <sup>2</sup> à 200° C
	10,2 kg/mm <sup>2</sup> à 400° C
	7,4 kg/mm <sup>2</sup> à 550° C
Limite de rupture :	27,6 kg/mm <sup>2</sup> à 20° C
	23,5 kg/mm <sup>2</sup> à 200° C
	23,2 kg/mm <sup>2</sup> à 400° C
	22,6 kg/mm <sup>2</sup> à 550° C

L'intérêt de l'emploi du colombium réside donc surtout lorsqu'on a affaire à des températures élevées. De nombreux alliages au colombium ont été étudiés, et notamment avec le molybdène (7,5 % ; 48,4 kg/mm<sup>2</sup>) ; avec le titane (5 % ; 34 kg/mm<sup>2</sup>) et avec le zirconium (2 % ; 22,1 kg/mm<sup>2</sup>). (Le premier chiffre, en %, désigne la proportion de l'élément d'alliage ; le second chiffre, en kg/mm<sup>2</sup>, désigne la limite élastique.)

Parmi les applications envisagées du colombium dans la technique aéronautique, signalons surtout la fabrication d'aubages de distribution de turbines à gaz, avec un placage d'inconel.

## La fusée à vapeur d'eau et la fusée à eau surchauffée

Depuis quelques mois, les revues spécialisées d'aéronautique consacrent d'importants articles au problème de la fusée à vapeur d'eau (Wasserdampfkrakete, Steam rocket) et de la fusée à eau surchauffée (Heisswasserkrakete). Parmi les articles en question, citons par exemple :

1. « Beitrag zur Theorie der Wasserdampfkrakete », par H. BEDNARCYK. *Astronautica Acta*, Vol. III, fasc. 2, p. 153-176.
2. « Heisswasserraketen als wirtschaftliche Starthilfen », par EUGEN SÄNGER. *Luftfahrttechnik* 1955, p. 71-72.
3. « Der Heisswasserstrahlapparat », par O. FRENZL. *Luftfahrttechnik* 1958, p. 28-34.
4. « Untersuchungen an Heisswasserraketen zum Start von Flugzeugen », par KARL SCHWÄRZLER. *Zeitschrift für Flugwissenschaften*, janvier 1958, p. 1-9.

<sup>1</sup> Voir par exemple : « Le colombium et ses utilisations pratiques », par G. L. MILLER, paru dans la revue *Materials and Methods* de mai 1957 ; « Valeur potentielle du colombium comme matériau des turbomachines », par W. S. HAZELTON, *Preprint S.A.E.* n° 14A.

5. « Über die Wirtschaftlichkeit von Wasserdampfkraketen als Horizontal-Starthilfen », par H. H. KÖLLE. *Mitteilung Nr. 12* aus dem Forschungsinstitut für Physik der Strahltriebwerke, Stuttgart.
6. « Ergebnisse von Prüfstandversuchen mit Heisswasser-Modellraketen », par E. SCHÄFER et W. MICHELY. *Mitteilung Nr. 11*, aus dem Forschungsinstitut für Physik der Strahltriebwerke, Stuttgart.
7. « Die Heisswasserrakete : Entwicklung, Betrieb und Anwendungsmöglichkeiten », par OTTO MÜHLHAUSER. *Raketentechnik und Raumfahrtforschung*, avril 1958, p. 45-49.

L'histoire de la fusée à vapeur d'eau remonte probablement aux années 1937-1939, à l'Institut de recherches aérodynamiques de Göttingen, lorsque fut projetée une soufflerie transsonique fonctionnant sur le principe de la trompe à vapeur, par Mühlhäuser. En 1940-1941, Schwärzler, aux usines Heinkel, entreprit des essais de fusées à eau chaude, essais qui furent interrompus, de telles fusées ne semblant pas présenter d'applications militaires. O. Frenzl développa, dans le même temps, aux usines Junkers, une soufflerie à trompe à vapeur d'eau. Certains de ses travaux furent repris après la guerre. H. H. Kölle réalisa une étude très complète à l'Institut de recherches pour la physique de la propulsion, à Stuttgart, en 1954, étude publiée par les soins de cet Institut au début de 1955. Actuellement, il semble que la fusée à eau chaude soit suffisamment au point pour qu'on puisse en envisager des applications systématiques.

L'utilisation des termes : fusée à eau chaude ou à eau surchauffée et fusée à vapeur d'eau tend à introduire une certaine confusion. Au début de l'histoire de cette fusée, on songea effectivement à pouvoir utiliser de la vapeur saturée. Ce ne fut que plus tard que Mühlhäuser proposa de recourir à de l'eau surchauffée.

Lorsque l'eau surchauffée traverse la tuyère d'éjection, il se produit une détente, qui libère une partie de l'eau en vapeur ; il y a donc deux milieux distincts en présence : de l'eau et de la vapeur, chaque milieu obéissant à ses lois propres : l'eau obéit aux lois des écoulements liquides, la vapeur obéit par contre aux lois qui régissent les écoulements gazeux. Ceci complique singulièrement l'étude analytique des phénomènes.

Les études ont porté notamment sur la meilleure forme à donner à la tuyère, sur l'ordre de grandeur des pressions à admettre dans les réservoirs (chaudrons), sur l'aménagement général de l'installation et sur les applications pratiques.

La poussée développée par de telles fusées est assez grande. En effet, si la vitesse d'éjection est notablement plus faible que celle actuellement libérée par les fusées à combustibles chimiques (dont l'ordre de grandeur est de 2500 m/s), le débit-masse est assez élevé, la masse volumique du mélange eau/vapeur étant relativement grande. Par exemple, une quantité de 100 kg d'eau surchauffée à la pression de 40 ata correspond à une impulsion de 4500 kg (poussée de 450 kg pendant 10 s, ou de 4500 kg pendant 1 s, etc.). Une fusée à poudre produisant la même impulsion ne consommerait que 22 kg de poudre environ, mais serait beaucoup plus onéreuse à l'emploi. (On peut calculer par exemple que, pour chauffer l'eau à 250° C — pression de 40 ata — on a besoin d'un équivalent de 5 litres de pétrole environ, ce qui correspond à une dépense de 1 franc.)

Lorsque l'on applique la fusée à eau surchauffée au cas particulier de l'assistance au décollage des avions, il faut tenir compte des poids supplémentaires. En effet, l'installation ne saurait être emportée par l'avion, et il est nécessaire de prévoir un chariot de décollage, sur lequel l'installation serait montée.

De nombreux calculs ont été effectués en vue de localiser la pression optimum à établir dans le chaudron. Plus cette pression est grande, et plus l'impulsion est grande, mais aussi plus le chaudron est lourd. Le poids de l'eau à emporter

et le poids du chaudron peuvent être déterminés à l'aide des deux relations suivantes, dont la seconde est empirique :

$$(1) \quad G_E = G_o (e^{\frac{\Delta v}{c}} - 1); \quad (2) \quad G_C = 12,4 \cdot V \cdot (p - 1)$$

- $p$  = pression régnant dans le chaudron à eau surchauffée (ata);  
 $G_C$  = poids propre du chaudron (kg);  
 $G_E$  = poids de l'eau à transporter (kg);  
 $G_o$  = poids de décollage de l'avion + poids propre du chariot (kg);  
 $\Delta v$  = accroissement de vitesse communiqué à l'avion (m/s);  
 $c$  = vitesse d'éjection (m/s);  
 $V$  = volume utile du chaudron (m<sup>3</sup>).

La vitesse d'éjection étant elle-même fonction de la pression  $p$ , on constate que la somme  $G_C + G_E$  doit présenter, pour chaque cas particulier, une valeur minimum, pour la *valeur optimum* de la pression  $p$ . Cette valeur optimum se situe généralement vers 35 ata.

La relation (1) exprime la quantité d'eau nécessaire pour communiquer, à un poids final  $G_o$  (poids « en fin de combustion »), un accroissement de vitesse  $\Delta v$ , la vitesse d'éjection  $c$  étant connue en fonction de la pression  $p$ . La relation (2) est une formule empirique donnant le poids du chaudron en fonction du volume  $V$  et de la pression  $p$ . (Voir à ce propos : *Zeitschrift für Flugwissenschaften*, janvier 1958, p. 1-9.)

### Le « Comet 4 » en service régulier

Nous avons déjà évoqué le problème posé par l'introduction des avions commerciaux à réaction (voir Actualité aéronautique XII, *Bulletin technique* n° 2/1959). Certaines compagnies aériennes ont procédé, au cours des derniers mois, à la mise en service régulier d'avions à réaction. C'est le cas, par exemple, de la British Overseas Airways Corporation (B.O.A.C.), qui exploite tout le réseau britannique extra-européen, et qui vient d'introduire deux nouveaux types d'avions commerciaux en service régulier. Il s'agit du Bristol « Britannia » et du De Havilland « Comet 4 ». Le premier est un avion à turbhélices, le second est équipé de turbo-réacteurs.

La mise en service du « Comet 4 » a été précédée d'une importante série de vols d'essais, de mises au point et d'entraînement des équipages, vols que les Anglo-Saxons désignent par « proving flights ».

Nous avons eu le privilège de participer personnellement à un tel vol, sur le trajet Londres-Zurich. Le « Comet 4 » dans lequel nous avions pris place présentait les caractéristiques principales suivantes :

Envergure : 35 m
Longueur : 34 m
Poids en pleine charge : 70 750 kg
Quatre turboréacteurs Rolls-Royce « Avon » développant chacun une poussée maximum de 4760 kp.
Altitude de croisière entre 11 000 et 12 000 m
Vitesse de croisière entre 800 et 820 km/h
Autonomie de vol : environ 4600 km

Remarquons qu'au niveau de la mer, les quatre réacteurs développent une puissance totale de 8800 ch à 500 km/h et de 14 100 ch à 800 km/h.

Au décollage de l'aéroport de Londres, nous avons noté que le temps de roulage était de 24 s. Après 10 minutes de vol, nous survolions la côte anglaise de la Manche ; après 20 minutes, nous avions atteint les conditions de croisière : altitude de 12 000 m et vitesse de 810 km/h. Le vol de descente débuta après 50 minutes de vol environ, et une heure dix minutes après le décollage de Londres, nous procédions à une première prise de terrain de l'aéroport de Kloten.

En vol, nous avons pu apprécier le confort remarquable qui règne à l'intérieur de la cabine des passagers. Pas de

vibrations « extérieures » ou « intérieures » ; léger bruit évoquant plutôt le sifflement de l'air sur les parois du fuselage. Nous avons également noté l'efficacité des *aérofreins*, dont le braquage se traduit par une décélération que les passagers ressentent très nettement. Les *aérofreins* permettent d'augmenter l'angle de plané, en vol de descente, sans une augmentation de la vitesse de vol.

Au début d'avril, la B.O.A.C. a pu inaugurer son service régulier avec « Comet 4 » sur la ligne d'Extrême-Orient, dont certains services font escale à Kloten (Londres - Kloten - Beyrouth - Karachi - La Nouvelle-Delhi - Calcutta - Bangkok - Hong-Kong - Tokyo).

A la suite de notre expérience personnelle, nous sommes persuadés que les avions commerciaux à réaction jouiront rapidement de la faveur du public ; en effet, le confort que les passagers trouvent à bord est bien supérieur à celui qu'offrent les avions à hélice. Ce confort a deux causes principales :

- absence de vibrations et réduction considérable du bruit des moteurs ;
- atmosphère très calme (altitude de 12 000 m).

### L'aviation et l'Europe

Le Centre de recherches européennes, que dirige le professeur Henri Rieben, vient de publier une remarquable étude de Bernard Dutoit<sup>1</sup>, consacrée au thème : « L'aviation et l'Europe ». L'auteur expose d'abord la situation générale de l'aviation européenne et met en évidence les causes de l'effritement de l'exploitation aérienne européenne (par exemple : en 1951, 34 compagnies aériennes européennes, appartenant à dix-huit nationalités différentes, assuraient, à l'aide de seize types d'appareils, 340 services dans la région Europe-Méditerranée, ce qui représente la capacité de la seule entreprise américaine American Airlines). L'auteur entreprend ensuite une comparaison du transport aérien en Amérique et en Europe, analyse les conséquences de la mise en service des avions à réaction commerciaux, étudie avec beaucoup de clairvoyance la collaboration entre compagnies aériennes européennes et s'interroge sur les possibilités de l'aviation marchande face à l'intégration européenne, pour aborder finalement l'important problème de l'industrie aéronautique européenne. « Européen » avisé, M. Dutoit prend résolument la défense de l'Europe ; mais les chances réelles de celle-ci n'apparaissent qu'à la lumière d'un regroupement des énergies, d'une intégration et d'une coordination à l'échelle européenne. On est heureux de constater que l'Europe ne joue nullement le rôle de « parent pauvre », mais on regrette qu'elle soit souvent entraînée à « exporter les hommes et à importer les techniques ». Les possibilités existent, mais il faut que l'Europe en finisse avec le cloisonnement intérieur et trouve suffisamment de ressort pour procéder à son unification. Richement documenté et se référant à de nombreuses sources sérieuses, l'ouvrage de M. Dutoit représente une intéressante contribution au développement de l'aviation européenne et pourra peut-être, comme le souhaite M. Rieben dans sa préface : « orienter l'action vers des solutions raisonnables et nécessaires ».

Nous nous permettons d'ajouter que les compagnies aériennes européennes tentent de louables efforts en vue d'une coordination efficace de leurs services et de leurs moyens. Preuve en soit la récente décision de ces compagnies (Air-France, KLM, Lufthansa, Sabena et Alitalia) de fonder une compagnie européenne sous le nom d'*Europair*.

<sup>1</sup> BERNARD DUTOIT : *L'aviation et l'Europe*. Centre de recherches européennes, Ecole H.E.C., Université de Lausanne, janvier 1959.