

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 85 (1959)
Heft: 25

Artikel: Actualité aéronautique (XVIII)
Autor: Rieben, Samuel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-64152>

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: 26.01.2026

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

unités de grande puissance utilisant du charbon de haute qualité et de prix élevé, ou du combustible liquide. Le schéma thermique de l'une des deux unités de la centrale de Santa Barbara apparaît à la figure 2.

Les deux générateurs de vapeur produisent chacun 375 to/h

TABLEAU I

Températures et pressions en jeu, à la charge de 125 MW

Pression de vapeur à l'entrée de la turbine : 105 kg/cm².
Température correspondante : 540°C.
Pression de la vapeur à la sortie du corps à haute pression : 25 kg/cm².
Pression de vapeur à l'entrée du corps à moyenne pression : 22,4 kg/cm², après resurchauffe à 540°C.
Pression de vapeur à la sortie du corps à basse pression : 0,067 kg/cm².
Température de l'eau de circulation : 24°C.
Température de l'eau d'alimentation après réchauffage : 222°C.

TABLEAU II

Consommation de chaleur

Puissance aux bornes primaires des transformateurs (MW) .	50	75	100	115
Consommation de chaleur avec eau de circulation à 24°C (kcal/kWh) . . .	2800	2700	2580	2620
Puissance absorbée par les auxiliaires en % de la puissance disponible aux bornes de l'alternateur . . .	8,1	7,4	7,1	7,15

La consommation de 2580 kcal/kWh à la charge économique correspond à un rendement global de l'installation de 33,3 % et à une consommation par kWh d'environ 1,43 kg de lignite ayant un pouvoir calorifique inférieur d'environ 1800 kcal/kg.

de vapeur sous une pression de 125 kg/cm² et alimentent les deux groupes *turbo-alternateurs* tournant à 3000 t/min.

Les tableaux suivants mettent en évidence quelques valeurs pouvant intéresser nos lecteurs :

TABLEAU III

Caractéristiques des combustibles prévus

	Lignite	Huile
Pouvoir calorifique inférieur (kcal/kg) . . .	1700 à 2200	9680 à 9820
Teneur en cendres (%) . . .	10 à 12	0,5 max.
Teneur en eau (%) . . .	50 à 60	—
Teneur en soufre (%) . . .	—	2,8 à 4,2

TABLEAU IV

Caractéristiques principales de l'alternateur et des excitatrices

Puissance apparente en service continu avec $\cos \phi = 0,8$ et pression effective de l'hydrogène de refroidissement de 1,6 kg/cm ²	156,25 MVA
Puissance active correspondante . . .	125 MW
Puissance apparente en service continu avec $\cos \phi = 0,8$ et pression de l'hydrogène réduite à 0,033 kg/cm ²	125 MWA
Puissance active correspondante . . .	100 MW
Tension aux bornes	16,5 kV $\pm 5\%$
Fréquence de courant	50 Hz
Relève de rotation	3000 t/min
Rapport de court-circuit, pour le courant correspondant à 156,25 MVA . . .	0,54
Puissance de l'excitatrice principale . . .	360 kW
Tension et courants correspondants . . .	275 V et 1300 A
Valeurs maxima admises pendant 30 minutes	480 kW, 320 V, 1500 A
Puissance de l'excitation auxiliaire . . .	5 kW
Tension et courants correspondants . . .	110 V et 45 A

ACTUALITÉ AÉRONAUTIQUE (XVIII)

ASTRONAUTIQUE¹

Importance du choix des hypothèses dans le calcul des fusées gigognes.

Généralités

Lorsqu'il s'agit de déterminer certaines caractéristiques des fusées gigognes (à plusieurs étages), on se heurte d'emblée à une difficulté : comment en effet évaluer la masse de construction de la fusée ? Parmi les hypothèses simplificatrices auxquelles on recourt souvent, en vue d'alléger les calculs et d'obtenir des expressions simples, citons-en deux :

- La masse de construction d'un étage est proportionnelle à la masse de l'étage considéré et de sa charge utile.
- La masse de construction d'un étage est proportionnelle à la masse de l'étage seul (*sans sa charge utile*.)

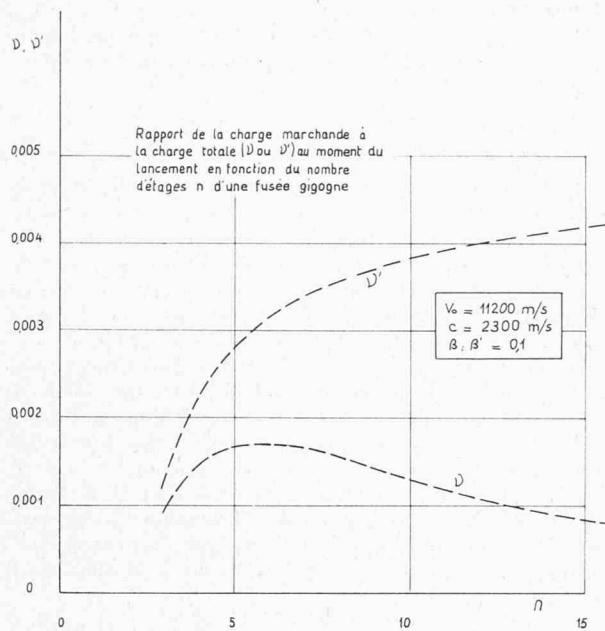
Comme la charge utile emportée par un étage ne représente généralement qu'une fraction de la masse de

¹ En général, nous avons fait paraître, dans l'*actualité aéronautique*, des descriptions de certains avions ou des commentaires d'actualité. Dans la présente actualité, nous livrons les résultats originaux de quelques réflexions inspirées par le calcul des fusées gigognes.

l'étage seul (5, 10 ou 20 % par exemple), il semble à première vue que ces deux hypothèses, très voisines l'une de l'autre, doivent conduire à des résultats finals également voisins l'un de l'autre. C'est précisément pour montrer que ce n'est pas le cas que nous nous proposons d'effectuer quelques calculs basés sur ces deux hypothèses.

Précisons d'abord les diverses masses qui interviennent, pour l'étage considéré (i) :

M_{oi}	masse initiale ;
M_{ci}	masse de construction ;
M_{pi}	masse de combustible (de propulsion) ;
M_{ui}	masse utile ;
M_i	masse en fin de combustion ;
M_{oi}/M_i	μ rapport de masses ;
M_{ui}/M_{ci}	α indice de masse utile ;
M_{ci}/M_{oi}	β indice de construction selon l'hypothèse a) ;
$M_{ci}/(M_{oi}-M_{ui})$	β' indice de construction selon l'hypothèse b) ;
M_{pi}/M_{ci}	γ indice de combustible (ou de propulsion) ;
M_M	masse marchande = masse utile du dernier étage ;



M_{o_1} masse initiale du premier étage (masse au lancement) ;
 M_M/M_{o_1} rapport de charge marchande ;
 n nombre d'étages.

De manière générale, on aura :

$$(1) \quad M_{ci} = M_{ci} + M_{pi} + M_{ui}.$$

$$(2) \quad M_i = M_{ci} + M_{ui}.$$

La combustion d'un étage communique un accroissement de vitesse ΔV_i , que l'on peut calculer à l'aide de :

$$(3) \quad \Delta V_i = c_i \cdot \ln(M_{ci}/M_i)$$

où c_i représente la vitesse d'éjection des gaz brûlés.

Soit maintenant V_o la vitesse finale à atteindre pour une fusée comptant n étages. Si on admet que chaque étage communique le même accroissement de vitesse (même rapport de masses et même vitesse d'éjection), on a :

$$(4) \quad \Delta V_i = \Delta V = V_o/n.$$

Le rapport de masses pour chaque étage vaut alors :

$$(5) \quad \mu = e^{\frac{V_o}{n \cdot c}}.$$

Calcul selon l'hypothèse a)

Pour le dernier étage (indice n), on peut écrire successivement :

$$M_{on} = M_{cn} + M_{pn} + M_{un}$$

$$M_n = M_{cn} + M_{un}$$

$$M_n/M_{on} = M_{cn}/M_{on} + M_{un}/M_{on}; \text{ donc :}$$

$$1/\mu = \beta + M_{un}/M_{on}$$

d'où :

$$(6) \quad M_{on} = \frac{M_{un}}{\frac{1}{\mu} - \beta} = \frac{M_M}{\frac{1}{\mu} - \beta}$$

Pour l'avant-dernier étage, on aurait :

$$(7) \quad M_{on-1} = \frac{M_M}{\left(\frac{1}{\mu} - \beta\right)^2}$$

On constate que pour une fusée de n étages, on aurait finalement :

$$(I) \quad v = \left(\frac{1}{\mu} - \beta\right)^n \quad \text{où } \mu \text{ est calculé selon (5).}$$

Calcul selon l'hypothèse b)

Pour le dernier étage, on peut écrire successivement :

$$M_{cn} = M_{cn} + M_{pn} + M_{un}$$

$$M_n = M_{cn} + M_{un} = \beta' (M_{cn} - M_{un}) + M_{un}$$

$$M_n/M_{on} = \beta' (1 - M_{un}/M_{on}) + M_{un}/M_{on} = 1/\mu$$

d'où :

$$(8) \quad M_{on} = \frac{M_M (1 - \beta')}{\frac{1}{\mu} - \beta'}$$

Pour l'avant-dernier étage (indice $n-1$), on aurait :

$$(9) \quad M_{on-1} = M_M \left(\frac{1 - \beta'}{\frac{1}{\mu} - \beta'}\right)^2$$

On constate ainsi que pour une fusée de n étages, on aurait finalement :

$$(II) \quad v' = \left(\frac{1 - \beta'}{\frac{1}{\mu} - \beta'}\right)^n \quad \text{où } \mu \text{ est calculé selon (5).}$$

Calcul et comparaison

A titre d'exemple, nous avons choisi les valeurs de base suivantes :

$$V_o = 11200 \text{ m/s}$$

$$c = 2300 \text{ m/s}$$

$$\beta = \beta' = 0.1$$

Les valeurs numériques de v et de v' , en fonction du nombre d'étages n , figurent au tableau ci-dessous. Ces valeurs ont été obtenues à l'aide d'une simple règle à calcul et ne présentent donc pas une grande précision.

n	v	v'
1	—	—
2	—	—
3	0,00094	0,00129
4	0,00148	0,00225
5	0,00166	0,00281
6	0,00169	0,00315
7	0,00164	0,00342
8	0,00155	0,00353
9	0,00142	0,00365
10	0,00130	0,00385
15	0,00084	0,00418

Il serait ainsi aisément de procéder à d'autres calculs permettant l'établissement d'un tableau de valeurs où la vitesse d'échappement, la vitesse en fin de combustion (vitesse finale) et l'indice de construction joueraient le rôle de paramètres.

Les valeurs contenues dans le petit tableau calculé plus haut ont été portées graphiquement dans la figure ci-contre ; on constate que la courbe se référant à l'hypothèse b) est monotone croissante en fonction du nombre d'étages n , tandis que la courbe se référant à l'hypothèse a) passe nettement par une valeur maximum, en l'occurrence environ 0,00170 pour $n = 6$.

Commentaires

Laquelle des deux hypothèses est-elle valable ? Pour être à même de donner à cette question une réponse objective, il faudrait probablement avoir construit soi-même plusieurs fusées gigognes ! En effet, la masse de construction représente, pour une fusée, tout ce qui n'est ni agent de propulsion ni charge utile ; il s'agit donc de la masse de la cellule, des moteurs, des tuyères, des réservoirs, des tuyauteries, des pompes, des organes de commande et des gouvernes. Ces différents éléments sont-ils dimensionnés en fonction de la masse totale de la fusée (hypothèse a) ou bien en fonction de la masse de l'étage considéré seulement (hypothèse b) ?

Nous inclinons à penser que c'est surtout en regard de la masse totale de la fusée que sont dimensionnés les éléments énumérés ci-dessus, et donc que l'hypothèse a) approche davantage la réalité que l'hypothèse b), ce qui nous conduit à déclarer que même si la réalité se situait entre les deux hypothèses décrites, et vraisemblablement plus près de l'hypothèse a) que de l'hypothèse b), les fusées gigognes offriraient un nombre d'étages optimum.

Remarques

Il faut signaler que les développements qui ont abouti aux deux relations (I) et (II) reposent sur deux hypothèses, à savoir :

- l'absence d'un champ de pesanteur ;
- l'absence d'un milieu gazeux.

Il est évident que ces relations présenteraient une structure assez différente si l'on n'avait pas recours à ces deux hypothèses ; la discussion introduite conserverait toutefois tout son sens. A notre avis, l'intérêt d'une telle étude (effectuée en 1957) réside surtout dans le fait qu'elle met en évidence une particularité ignorée du public, à savoir que la fusée gigogne peut présenter un nombre d'étages optimum.

Il demeure bien entendu que la fusée idéale serait constituée par un « pain de poudre » aggloméré, sans cellule ni organes de commande ; c'est le cas de la fusée possédant un « nombre infini d'étages », la matière devenue inutile (par exemple l'enveloppe interdisant à la combustion de se propager sur la surface latérale) étant évacuée ainsi à chaque instant, au fur et à mesure de la combustion. Nous avons le sentiment que cette étude appellera quelques commentaires, dont nous prendrons connaissance avec le plus grand intérêt.

SAMUEL RIEBEN

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Procès-verbal de la 66^e assemblée générale

du 27 septembre 1959, au nouvel auditoire du Collège cantonal, à Sion

Présidence : M. G. GRUNER, ingénieur, président de la S.I.A.

Procès-verbal : P. BUCLIN.

Ordre du jour :

1. Procès-verbal de la 65^e assemblée générale du 22 septembre 1957, à Lucerne.
2. Allocution du président de la S.I.A.
3. Propositions de l'assemblée des délégués :
 - a) Revision partielle des statuts.
 - b) Lieu et date de la prochaine assemblée générale.
4. Divers.

Le président ouvre l'assemblée générale à 10 h. 10. L'assemblée approuve l'ordre du jour proposé.

1. Procès-verbal de la 65^e assemblée générale du 22 septembre 1957 à Lucerne.

Il n'y a pas de remarques. Le procès-verbal est approuvé.

2. Allocution du président de la S.I.A.

M. GRUNER prononce une allocution sur le thème : *La position de l'ingénieur et de l'architecte dans la société*.

La position de l'ingénieur et de l'architecte en Suisse est en train de s'améliorer. C'est, entre autres, le mérite de la S.I.A., mais cela provient aussi du fait que de nombreux architectes et ingénieurs se sont rendu compte qu'ils ne peuvent plus mener dans le monde une existence à part. Le changement intervenu dans la pensée des ingénieurs s'est montré, par exemple, lors des journées d'études organisées au printemps de l'année dernière par le Groupe des ingénieurs de l'industrie sur le thème « L'homme et la technique ». Il convient de mentionner également à ce propos que la S.I.A., depuis quelque temps, est invitée par les autorités fédérales à

donner son avis sur des projets de loi (par exemple concernant les routes nationales, la propriété par étages, la législation sur les cartels).

Comment cette évolution peut-elle encore être encouragée ? La S.I.A. doit s'étendre à toutes les catégories d'ingénieurs et intéresser davantage les jeunes. Les architectes, qui sont la cellule d'origine de la S.I.A., doivent contribuer pour leur part à élargir l'horizon de la société.

Les efforts ne doivent pas être limités à la Suisse, et même pas à l'Europe. Il n'est plus pensable aujourd'hui de mener une existence nationale exclusive. L'union avec l'Europe et le monde ne doit pas être recherchée avant tout sur le plan politique, mais bien sur le plan technique. Dans ce domaine également, les architectes ont pris les devants en créant l'U.I.A. Les ingénieurs les ont suivis avec la FEANI, qui vient de tenir son troisième Congrès à Bruxelles. L'intégration de l'Europe est en train de se faire. Une unité déjà étroite existe entre les pays scandinaves, dans le Benelux et dans la Communauté économique européenne (Marché commun). Il est question de créer parallèlement au Marché commun une Zone de libre échange, à laquelle la Suisse se rattacherait. Le Conseil de l'Europe agit dans un cadre encore plus vaste. Des pays situés en marge de l'Europe, tels que la Turquie, cherchent à se rattacher à l'Europe. A brève ou longue échéance, un rassemblement européen général se révélera nécessaire. Il faut regretter seulement la séparation actuelle de notre continent entre Est et Ouest. Les perspectives d'une union de la partie occidentale sont réjouissantes. Les chiffres de la population et de la production parlent clairement en faveur de l'Occident.