Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 73 (1947)
Heft: 2

Artikel: Quelques propos sur les moteurs d'aviation
Autor: Marples, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-55122

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: 09.07.2025

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

73e année 18 janvier 1947 N° 2

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs
Prix du numéro :
1 Fr. 25
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; P. Joye, professeur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Martin, architecte ; E. Odier, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; G. Furter, ingénieur ; R. Guye, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur ; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre
(larg. 47 mm.) 20 cts.
Réclames : 60 cts. le mm.
(largeur 95 mm.)
Rabais pour annonces répétées.

ANNONCES-SUISSES S.A.
5, rue Centrale Tél. 2.33.26
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

SOMMAIRE : *Quelques propos sur les moteurs d'aviation*, par E. Marples, ingénieur diplômé, M.I. Mech. E., E., F.R. Ae. S. — Divers : *Un nouveau système belge de poutres pour ponts.* — Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne : *Les récents développements de la turbine à gaz en Angleterre.* — Service de placement.

Quelques propos sur les moteurs d'aviation

par E. MARPLES, ingénieur diplômé, M. I. Mech. E., F. R. Ae. S.

Introduction.

Durant ces quelques dernières années les imaginations ont été mises en éveil par des innovations sensationnelles en matière aéronautique, et le sens des réalités s'est parfois obscurci. Il semble donc à propos de discuter quelques uns des problèmes fondamentaux et les possibilités qui se présentent, et de tâcher de séparer la réalité du rêve. Ce faisant il convient d'insister sur le fait que quiconque tenterait de se prononcer sur un avenir dépassant dix ans serait bien téméraire.

Un principe très apparent maintenant est le rapport étroit existant entre les avions et leurs propulseurs. Les moteurs sont conçus pour des types d'avions de plus en plus restreints. Il s'ensuit la nécessité de produire des moteurs d'un type nouveau à la même cadence que les nouveaux avions. Les turbines auront dans ce domaine un grand avantage sur les moteurs à piston.

Par suite de cette spécialisation il faut s'attendre en particulier à des différences de plus en plus fondamentales entre les avions militaires et civils.

En matière d'aviation militaire les moteurs à réaction et les nouvelles bombes ont complètement bouleversé les conceptions des combats aériens, et si un crescendo d'horreurs doit être évité il faudra nécessairement des ententes internationales et des surveillances mutuelles.

Le besoin primordial de l'aviation militaire étant de devancer son adversaire, c'est la grande vitesse que l'on cherche à obtenir avant tout. Le progrès est pourtant momentanément arrêté par le voisinage de la vitesse du son, de sorte qu'en attendant que cet obstacle soit surmonté, on peut envisager que, malgré tous les efforts, les avions de chasse et de bombardement aient à peu près la même vitesse maximum. Des tactiques nouvelles s'imposent donc.

Une fois cette étape dépassée on se heurte à l'obstacle de l'endurance humaine et il faudra avoir toujours davantage recours aux instruments pour suppléer aux perceptions humaines trop lentes et trop impuissantes. A la limite on pourra imaginer des combats d'avions robot ou de fusées automatiques. Toutes ces chimères sont heureusement trop vagues pour que l'on en discute d'une façon précise, mais elles n'ont rien de foncièrement impraticable. De formidables difficultés doivent pourtant être surmontées pour permettre le transport en toute sécurité d'hommes à des vitesses dépassant celle du son.

En ce qui concerne l'aviation civile l'horizon est plus précis et les limites sont surtout du domaine économique, de bon sens et de sécurité. Ce qu'il faut avant tout est d'établir des services sûrs, réguliers, fréquents et bon marché. On se soucie moins des vols à haute altitudes et à des vitesses prodigieuses puisque l'avion est déjà tellement plus rapide que tous ses concurrents. Vouloir voyager plus vite que le soleil, qui traverse la Suisse à environ 1150 km/h, peut nécessiter une adaptation humaine plutôt pénible.

Au point de vue technique les vols commerciaux à des altitudes dépassant 10 000 m nécessitent des installations très spéciales. Avec leur nombre croissent simultanément le poids, la dépense, l'entretien et les risques de pannes. D'ailleurs l'expérience que l'on a de vols à plus de 10 000 m est très limitée encore, et ne se rapporte qu'à des avions expérimentaux ou militaires qui diffèrent complètement d'avions commerciaux à services horaires.

La construction de très gros avions pose aussi des problèmes nouveaux dont la solution paraît du reste moins

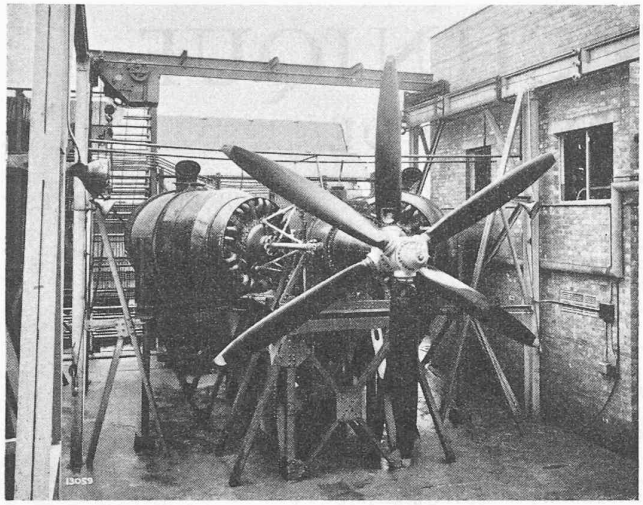

Fig. 1. — Essais sur boîte à vitesse actionnant deux hélices concentriques.

difficile. On peut citer sous ce rapport l'avion Bristol Brabazon de 115 tonnes. Le prototype de cet avion aura huit moteurs de 2500 CV. Comme leur écartement minimum est déterminé par le diamètre des hélices, la disposition usuelle en huit nacelles distinctes eût réparti les moteurs sur presque toute la largeur de l'aile. Les hélices ont donc été groupées en paires dont chaque partie sera actionnée par un moteur. Ceci a nécessité une boîte à vitesse et une transmission spéciale, et une installation nouvelle a dû être construite uniquement pour les essais de la boîte à vitesse (fig. 1).

Le problème de la vitesse critique des arbres était compliqué du fait que dans un avion rien n'est réellement rigide. Le système dans ce cas comporte deux masses qui peuvent exercer un effort gyroscopique considérable. En outre, ces masses (les hélices) tournent en sens inverses. Chacune est supportée et reliée à l'autre par des paliers qui forment un système à trois liaisons surabondantes. Le tout est porté dans une construction cylindrique dont la flexibilité joue un rôle considérable dans les calculs.

L'importance de ce problème était telle qu'il a été jugé désirable de construire un montage spécial (fig. 2) pour vérifier

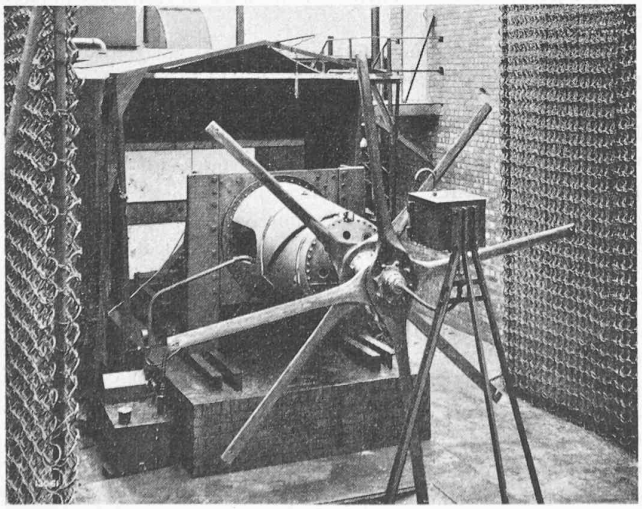

Fig. 2. — Montage pour vérifier les vitesses critiques d'arbres porte-hélice.

les calculs théoriques. L'accord a d'ailleurs été excellent.

Les hélices que l'on voit sur ce montage ont été choisies de même poids et de même moment d'inertie que ceux des hélices de la figure 1. Les efforts au moyeu sont considérables et il a été jugé prudent de les essayer statiquement en premier lieu au moyen de tensomètres électriques, d'où la nécessité d'un autre montage spécial permettant d'appliquer des efforts par des vis et une tige calibrée.

Choix de moteur.

Les moteurs thermiques employés à ce jour pour la propulsion des avions utilisent tous le même principe. Un gaz est comprimé, chauffé et dilaté. Comme le travail de compression est plus petit que l'énergie fournie pendant la dilatation le bilan est un excédent de travail dont on peut disposer pour la propulsion.

Pour la compression on peut employer des pistons ou des compresseurs d'autres genres. Le chauffage peut être continu ou intermittent. L'expansion peut se faire dans des turbines, des cylindres ou des tuyères. Ces moyens peuvent être combinés d'une multitude de manières. On peut donc imaginer un grand nombre de types de moteur mais les réalisations pratiques présentent d'habitude de sérieux inconvénients. Le poids, les complications mécaniques et l'encombrement sont les difficultés les plus grandes.

On peut, par exemple, obtenir en théorie de très bons rendements en combinant des moteurs à piston avec des turbines. En effet, les moteurs à piston peuvent opérer avec des gaz à des températures de 2000° C et des pressions de 100 kg/cm², valeurs qui sont tout à fait inabordables par les turbines. Ces dernières peuvent tirer parti de faibles différences de pressions et de débits volumétriques très grands. Combiner ces deux éléments en un seul moteur doit, en principe, permettre d'utiliser des gaz d'une pression très haute jusqu'à la pression atmosphérique.

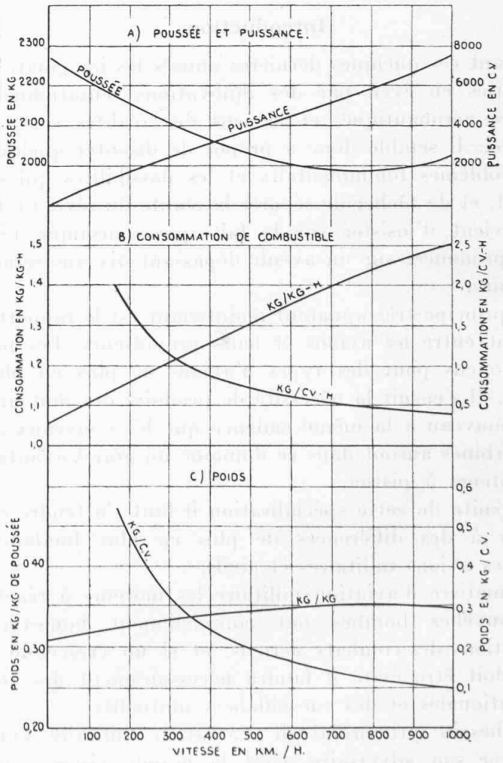

Fig. 3. — Courbes caractéristiques calculées pour le moteur Nène au niveau de la mer.

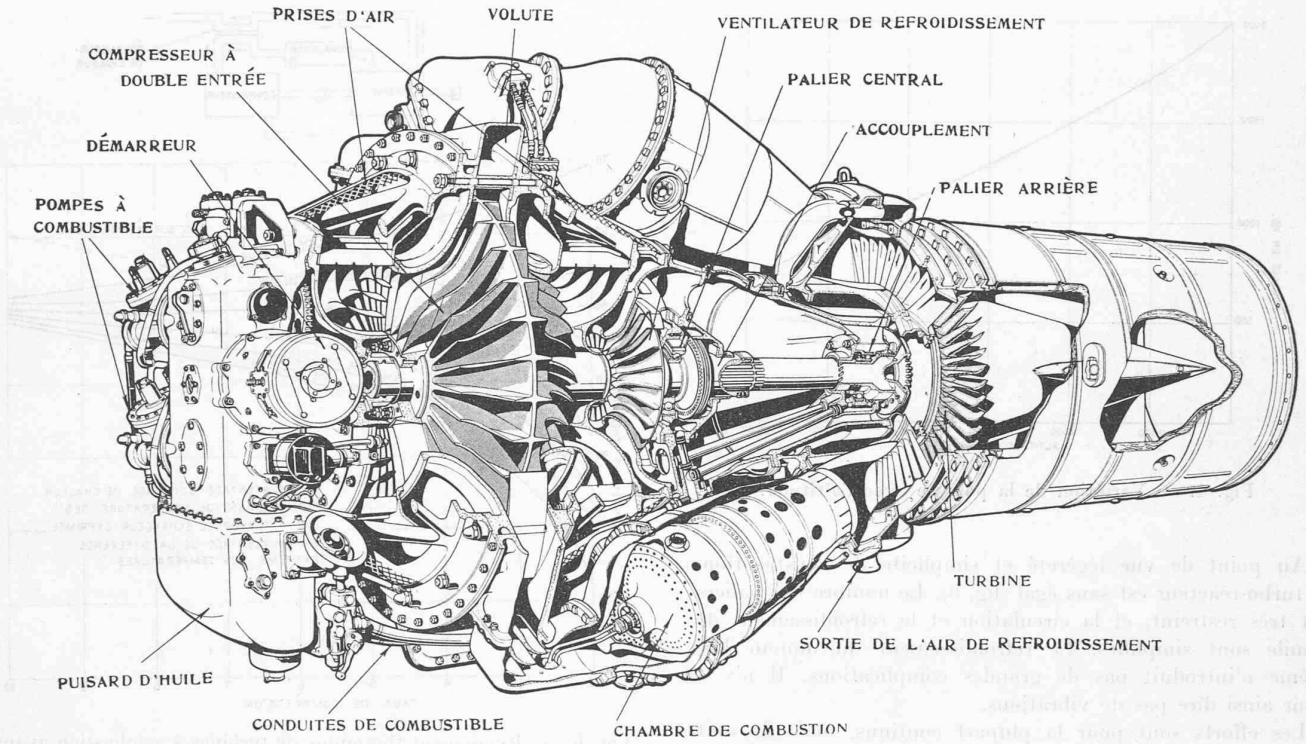

Fig. 5. — Le moteur Nène de Rolls-Royce.

Malheureusement, les deux éléments d'un tel moteur sont à bien des points de vue incompatibles. Alimenter une turbine par un flot discontinu de gaz provenant d'un moteur à piston nuit au rendement. Tenter de grouper les tuyaux d'échappement pour prévenir cet inconvénient mène à des complications excessives. D'un autre côté, pour assurer un bon rendement la vitesse d'une turbine doit être contrôlée d'une manière bien plus précise que ne l'exige un moteur à piston.

En fin de compte on trouve d'habitude que les gains théoriques ne peuvent se réaliser en pratique, et l'intérêt immédiat se concentre surtout sur trois genres de moteurs : les turbo-réacteurs, les turbines à hélice et les moteurs à piston.

Turbo-réacteurs.

La caractéristique des turbo-réacteurs la plus étonnante au premier abord est le fait que la poussée produite varie peu avec la vitesse. La figure 3 montre les faibles variations qui se produisent dans un cas typique, soit celui du moteur Nène de Rolls-Royce.

Comme la puissance est la poussée multipliée par la vitesse, il s'ensuit qu'elle croît presque en rapport direct avec la vitesse.

La consommation de combustible en kg par kg de poussée croît lentement avec la vitesse (fig. 3 b), donc la consommation en kg par CV.h diminue beaucoup à mesure que la vitesse augmente. Pourtant c'est seulement aux vitesses où le rendement des hélices commence à diminuer rapidement que les turbines peuvent rivaliser avec les moteurs à piston sous ce rapport. Aux vitesses faibles la consommation des turbo-réacteurs est énorme. Ceci est quelquefois compensé par la légèreté extrême du moteur (fig. 3 c) mais en général on peut dire que les turbo-réacteurs sont essentiellement des moteurs pour des vitesses supérieures à 700 km/h.

Avec les moteurs à hélice la puissance varie bien moins avec la vitesse et c'est seulement à partir de 600 km/h environ que la baisse de rendement de l'hélice cause une augmentation considérable de consommation.

Cette différence entre les deux genres de moteur est fondamentale et provient surtout des rendements propulsifs. Ainsi le jet du turbo-réacteur a une vitesse relative d'environ 500 m/sec et dépasse de beaucoup celui des avions les plus rapides. Les hélices agissent sur une grande masse d'air qui est refoulée à une vitesse absolue de quelques km/h seulement. Or la perte en force vive est d'autant plus grande que la vitesse absolue de refoulement est plus élevée. Donc le rendement propulsif des turbo-réacteurs ne peut être que très mauvais aux vitesses faibles.

Une autre conséquence intéressante de la vitesse est le refoulement de l'air dans le moteur. Ce refoulement produit une compression à un rendement qui peut être très proche de 100 %. Donc à mesure que la vitesse augmente le taux de compression du moteur croît et le rendement s'améliore. Cet effet a de l'importance surtout avec les turbines à cause de la grande quantité d'air dont ces moteurs ont besoin, soit environ 1 kg/min pour chaque kg de poussée.

Une autre conséquence de ce grand débit d'air est qu'il n'est pas possible de surcomprimer une turbine pour compenser la baisse de la pression atmosphérique avec l'altitude. Ceci est une autre différence fondamentale en comparaison des moteurs à piston, et il en résulte que la poussée de tout turbo-réacteur décroît fortement avec une augmentation d'altitude (fig. 4). Malgré ce fait les turbo-réacteurs sont avant tout des propulseurs pour le vol à haute altitude, car du fait que la résistance à l'avancement décroît avec la densité atmosphérique le moteur permet d'obtenir à peu près les mêmes vitesses à toutes les altitudes. C'est seulement aux hautes altitudes que les vitesses qui conviennent aux turbo-réacteurs peuvent être produites sans des dépenses exagérées de combustible.

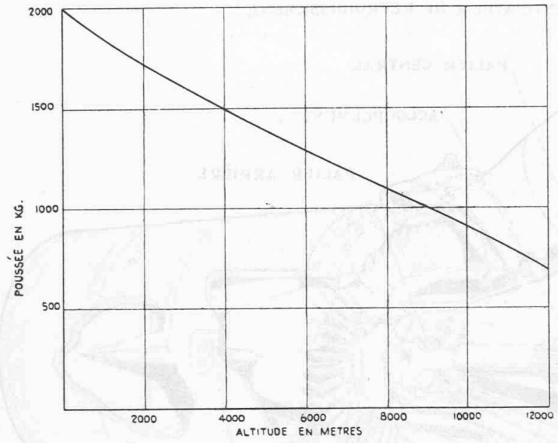

Fig. 4. — Variation de la poussée avec l'altitude.

Au point de vue légèreté et simplicité de construction, le turbo-réacteur est sans égal (fig. 5). Le nombre des paliers est très restreint, et la circulation et le refroidissement de l'huile sont simplifiés. Le refroidissement du moteur lui-même n'introduit pas de grandes complications. Il n'y a pour ainsi dire pas de vibrations.

Les efforts sont pour la plupart continus, mais ils sont considérables. Ainsi dans les aubes mobiles d'une turbine on peut rencontrer des températures de près de 800° C et des efforts de plus de 2000 kg/cm² dus seulement à la tension centrifuge.

Malgré le développement très rapide des turbo-réacteurs on ne peut envisager que leur rendement pourra aisément être amélioré. Augmenter le taux de compression offre des avantages, mais élever les températures n'améliore pas le rendement total, car les gains en rendement thermique sont annulés par les pertes en rendement propulsif.

Turbines à hélice.

C'est seulement à partir de 900 km/h environ que le rendement propulsif d'un turbo-réacteur peut rivaliser avec celui d'un moteur à hélice. Leur limite pratique d'utilisation est plus basse d'une ou deux centaines de kilomètres à l'heure à cause des avantages que présentent les turbo-réacteurs à d'autres points de vue. On conclut pourtant que pour la plupart des avions civils d'aujourd'hui seuls les moteurs à hélice sont à envisager.

Dans ce champ d'application les turbines sont en concurrence directe avec les moteurs à piston qui ont le grand avantage d'une longue pratique et d'un fonctionnement très économique. Les turbines offrent l'avantage du poids réduit, d'un mouvement sans vibrations et d'une construction simple. Si l'on manque d'expérience pratique en ce qui concerne les turbines il y a lieu de penser que ce retard sera rattrapé par un développement rapide puisque leur fonctionnement se prête bien mieux à une analyse scientifique. Une fois les principes de construction établis, on construit sans difficulté et rapidement de nombreuses variantes issues du même prototype.

Le plus important obstacle que doit surmonter la turbine à hélice est celui du rendement thermique. La figure 6 indique deux moyens qui permettent à ce point de vue à la turbine de rivaliser avec le moteur à piston. Le premier est celui de l'échangeur de chaleur, dispositif qui a été adopté pour le Théseus de Bristol (fig. 7).

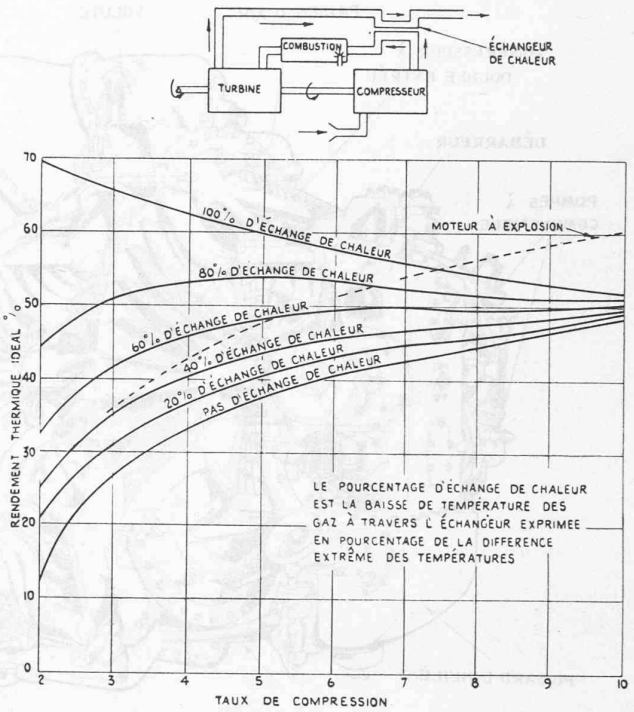

Fig. 6. — Rendement thermique de turbines à combustion ayant des compresseurs, brûleurs et turbines idéals.

L'étude de l'échangeur de chaleur a nécessité des innovations techniques afin de satisfaire aux exigences de rendement thermique, d'encombrement, de poids, de résistance à l'écoulement et de résistance mécanique et thermique. Comme une résistance à l'écoulement des gaz chauds réduit le rendement plus qu'une même perte de pression dans le réseau des gaz froids, l'échangeur est construit de façon à assurer un trajet des gaz d'échappement en droite ligne. Les gaz froids, par contre, sont dirigés de la périphérie vers le centre et en reviennent.

Un avantage de ce moyen d'améliorer le rendement est que l'échangeur de chaleur peut être modifié ou laissé complètement de côté suivant que les exigences de rendement ou celles de réduction de poids sont les plus impératives. D'un autre côté, l'encombrement d'un échangeur complique l'installation.

Un deuxième moyen d'améliorer le rendement est, comme le montre la figure 6, d'augmenter le taux de compression.

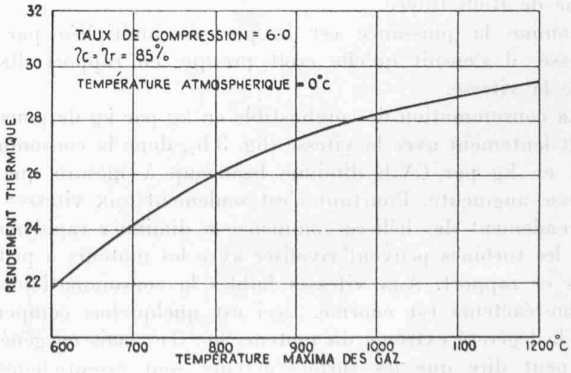

Fig. 8. — Variations du rendement thermique avec la température.

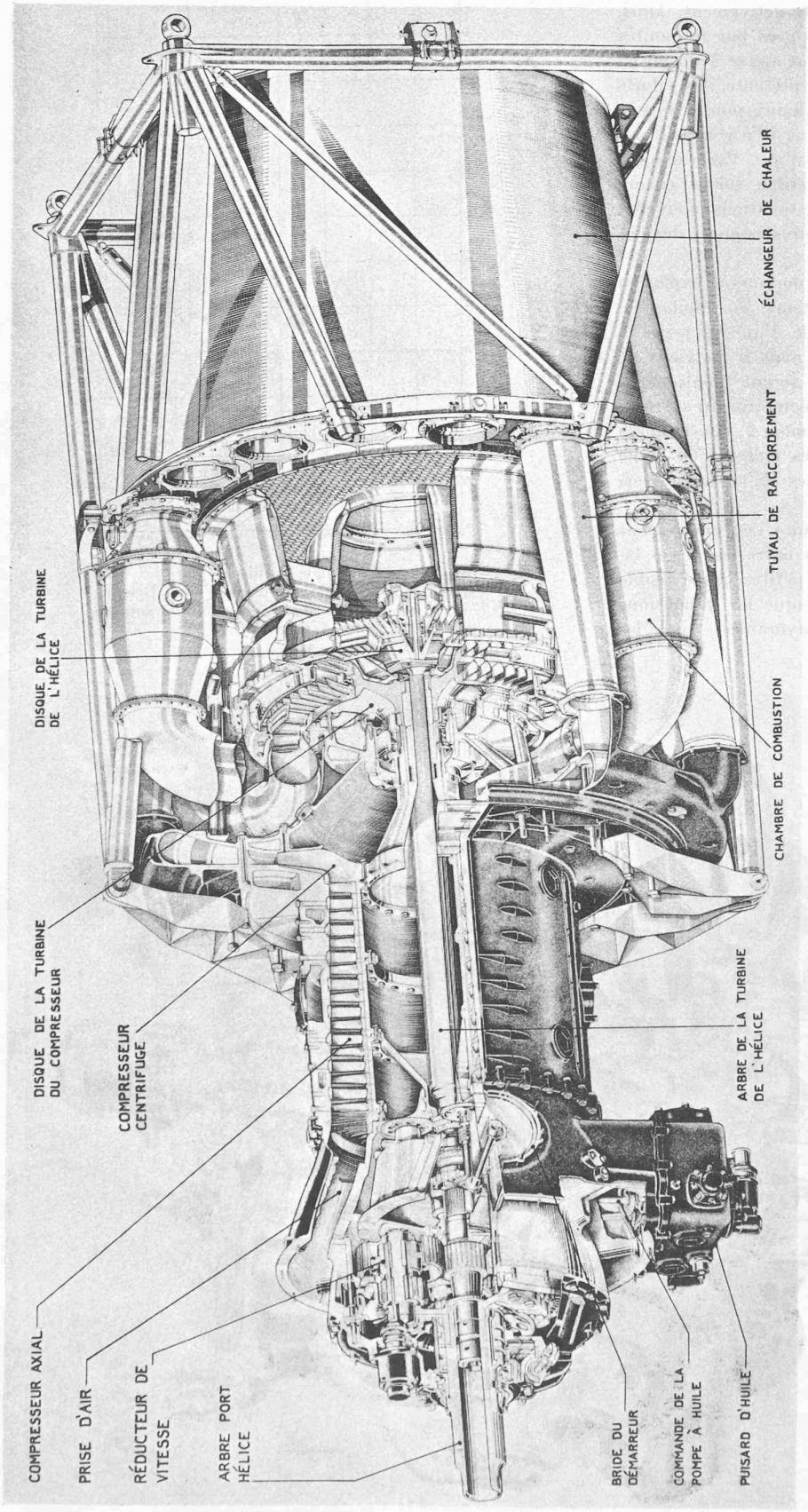

Fig. 7. — Le Théseus.

Ceci introduit des problèmes mécaniques et augmente la puissance qui doit être fournie au compresseur. Des difficultés peuvent se présenter aussi pour assurer un fonctionnement satisfaisant du compresseur à tous les régimes.

Enfin un troisième moyen d'améliorer le rendement est d'augmenter les températures (fig. 8). La découverte de matériaux de plus hautes résistances mécaniques et thermiques est donc de plus grande importance pour les turbines à hélice que pour les moteurs à réaction.

Un problème spécial des turbines à hélice est celui du réglage. Si l'hélice, le compresseur et la turbine sont reliés rigidement tout changement dans les conditions de vol réagit sur le compresseur et pourrait avoir des répercussions indésirables et même conduire à un régime instable. Le problème est de beaucoup simplifié si des turbines distinctes sont prévues pour le compresseur et pour l'hélice. Ceci fut fait pour le Théseus et donne une très grande souplesse dans le réglage. En outre des vitesses périphériques plus grandes peuvent être appliquées pour la turbine de l'hélice, qui opère à une température plus basse que la turbine du compresseur et peut, par conséquent, supporter des efforts plus élevés. Cet arrangement facilite aussi le démarrage, car seul le compresseur et sa turbine doivent être entraînés par le démarreur, l'inertie considérable de l'hélice pouvant ensuite être surmontée par le moteur lui-même.

Moteurs à piston.

Malgré toutes les promesses des turbines les moteurs à piston sont encore les bêtes de somme qui doivent supporter le fardeau principal de l'aviation. Ces moteurs sont maintenant à l'apogée de leur carrière et ils méritent bien qu'on ne les oublie pas.

Au point de vue de l'économie de combustible les moteurs à piston n'ont pas encore été devancés. Leurs inconvénients principaux sont leur complication, leur poids et les secousses dues au cycle saccadé.

Il convient de souligner que si les turbines à combustion

n'étaient pas intervenues le perfectionnement des moteurs à piston aurait bien pu être poussé encore activement. Ainsi, la courbe (fig. 9) des puissances développées par les unités d'essai Bristol ne suggère pas que l'on soit arrivé à un maximum. Pourtant chaque pas nouveau représente des efforts de plus en plus considérables de sorte qu'aux points de vue des complications et du gain économique il n'y aurait pas d'intérêt à aller de l'avant à la même allure. Par exemple, bien que des améliorations de combustible soient encore possibles, on arrive au point où les installations nouvelles nécessaires pour la fabrication de meilleures essences deviennent extrêmement chères.

Pour illustrer les caractéristiques des moteurs à explosion considérons quelques aspects des moteurs en étoile. Le Centaurus à 18 cylindres est un exemple d'un des types le plus récents de ces moteurs (fig. 10), mais il convient de remarquer que les caractéristiques qui seront mentionnées sont surtout celles qui résultent de la géométrie du système d'embiellage et de la répartition des masses. Ces données sont à peu près les mêmes dans tous les moteurs en étoile car elles sont tellement interdépendantes qu'aucune divergence notable n'est possible.

La première considération est de réduire l'encombrement au minimum, et de ce fait les distances entre les pièces en mouvement doivent être choisies aussi petites que possible sans qu'aucune collision se produise lorsque les dimensions ont leurs valeurs limites les plus défavorables. Ainsi les

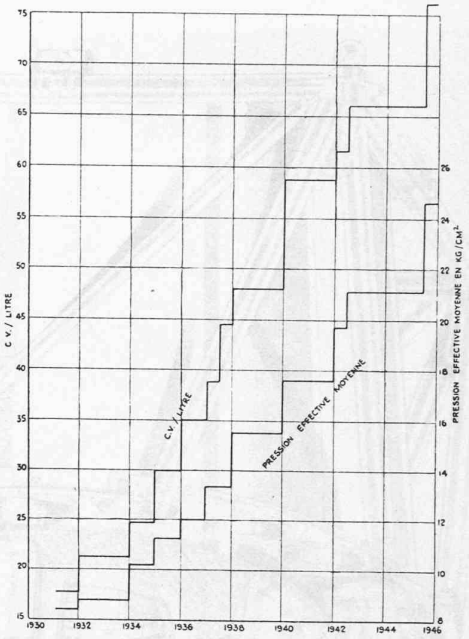

Fig. 9. — Puissances utilisées pour les essais d'endurance sur les moteurs d'essai Bristol à un cylindre de 146 mm d'alésage avec soupape à manchon.

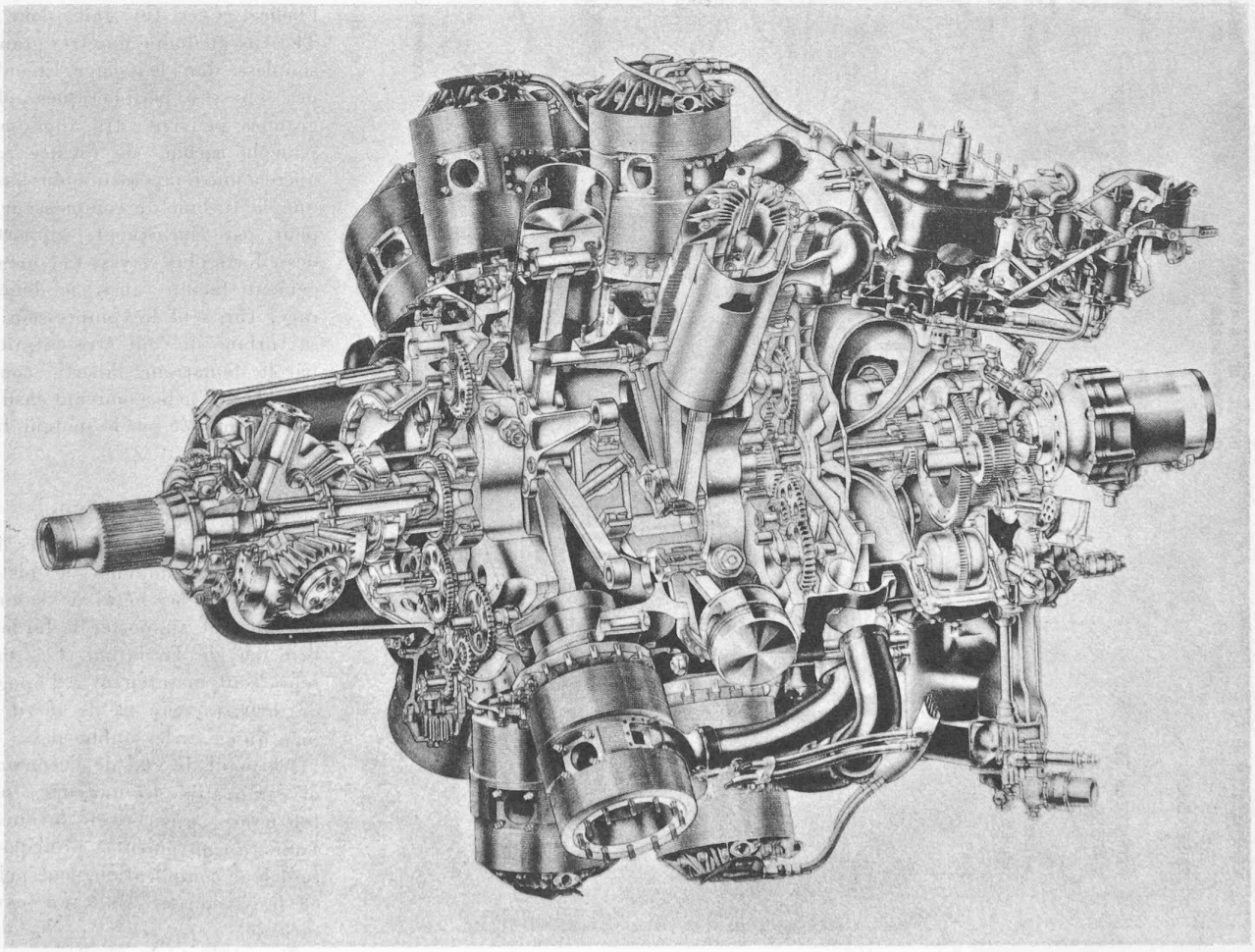

Fig. 10. — Le Centaurus.

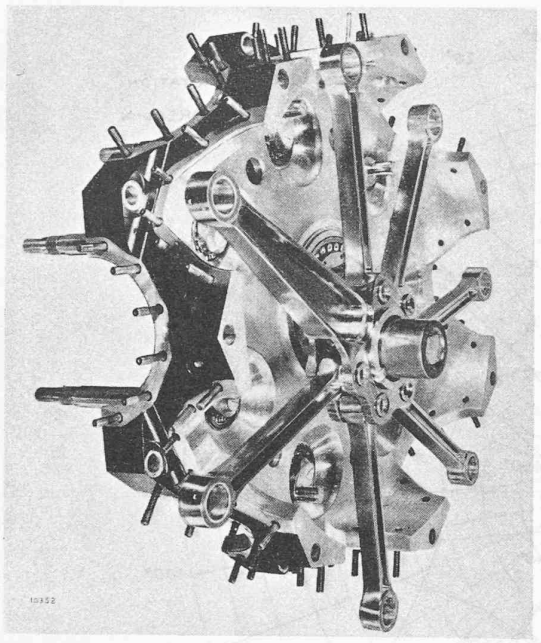

Fig. 11. — Section centrale du carter du moteur Hercule, montrant les bielles, et les manivelles commandant les soupapes à manchon.

bagues des pistons ne doivent pas sortir des chemises et les bielles ne doivent pas heurter le carter, les pistons ou les soupapes à manchon.

La bielle maîtresse (fig. 11) contrôle le mouvement et est le centre du système d'embiellage d'un rang de cylindres. Pour réduire les irrégularités du couple moteur il y a avantage à ce que les articulations des bielles soient le plus près possible du centre de la manivelle. En revanche, plus on satisfait à cette condition moins on dispose de métal pour supporter les efforts. Vouloir ajouter du métal pour réduire les efforts dans les bielles ou les pistons c'est poser un nouveau problème, car les forces d'inertie augmentent et tendent à annuler le gain qu'on pouvait espérer obtenir. On peut donc s'attendre à trouver dans les embiellages des efforts considérables, et des valeurs dépassant 6000 kg/cm² se rencontrent couramment.

La figure 12 montre le couple moteur produit par 18 cylindres en double étoile. En étudiant les vibrations de torsion, il convient de considérer les effets de chaque rang de cylindres

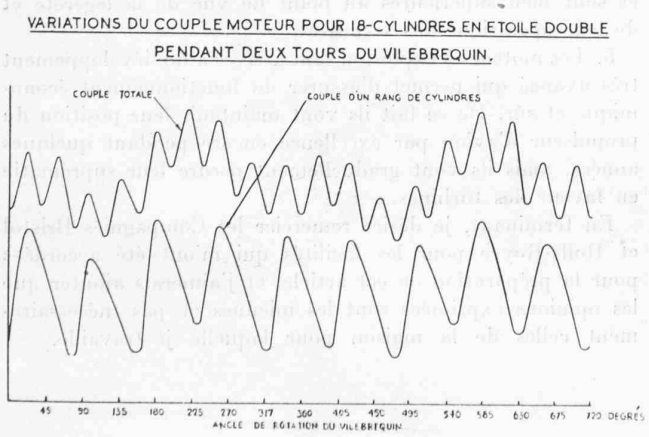

Fig. 12. — Couple moteur pour dix-huit cylindres en étoile.

et de tenir compte de la flexibilité de l'arbre entre les deux manivelles. La courbe se rapportant à un rang montre une composante d'ordre 4 ½ (c'est-à-dire de fréquence 4 ½ fois le nombre de tours) d'une amplitude de 46 % du couple moyen. Evidemment il est causé par les explosions successives dans les cylindres. Non moins importantes sont les composants de premier et deuxième ordres, bien que leurs amplitudes ne soient que de 13 % et 10 % du couple moyen. Ces composantes sont dues aux articulations des bielles.

Les articulations produisent aussi des irrégularités dans l'équilibre. C'est bien connu, par exemple, qu'avec un moteur à deux rangs, un couple non équilibré tourne autour de l'arbre vilebrequin à deux fois la vitesse du moteur. Malgré que ce couple puisse atteindre 300 kg.m il ne cause pas souvent de difficultés du fait qu'il est bien déterminé et connu. Les forces dues aux explosions sont plus dangereuses, car elles peuvent varier d'une manière irrégulière par suite d'une distribution non uniforme des gaz ou de défectuosités dans l'allumage.

Pour illustrer encore les efforts pulsatifs dans les moteurs à explosion, les figures 13 et 14 donnent les résultats de calculs pour un moteur typique à 14 cylindres. La figure 13 montre les forces latérales du piston de la bielle maîtresse sur son cylindre. Ces forces exercent donc la réaction du couple moteur, mais dans le cas du cylindre maître (celui qui contient la bielle maîtresse) elles doivent aussi combattre les tiraillements des bielles articulées qui tendent à faire chavirer la bielle maîtresse. La courbe montre le virement brusque du piston d'une face à l'autre du cylindre.

La figure 14 montre en diagramme polaire les forces sur le palier central pendant deux tours du vilebrequin. On voit de nouveau des renversements subits de l'effort et l'on comprendra qu'un soin tout particulier doit être voué à

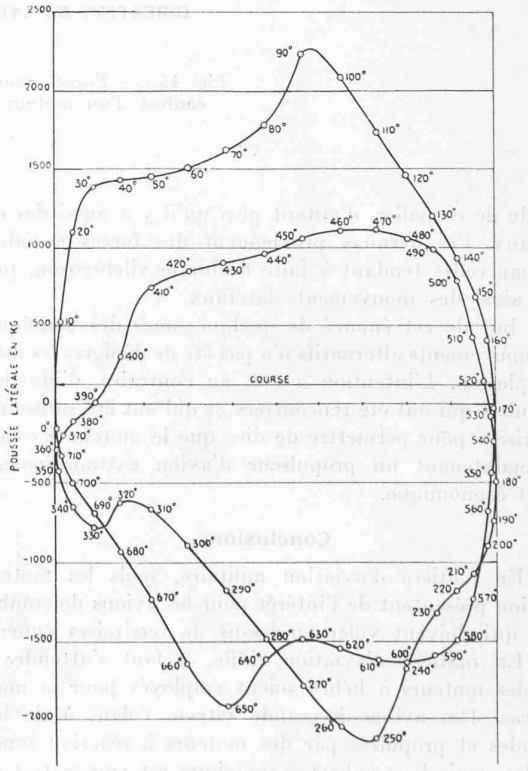

Fig. 13. — Poussée latérale exercée pendant deux tours du vilebrequin par le piston sur le cylindre maître dans un moteur à dix-huit cylindres en double étoile.

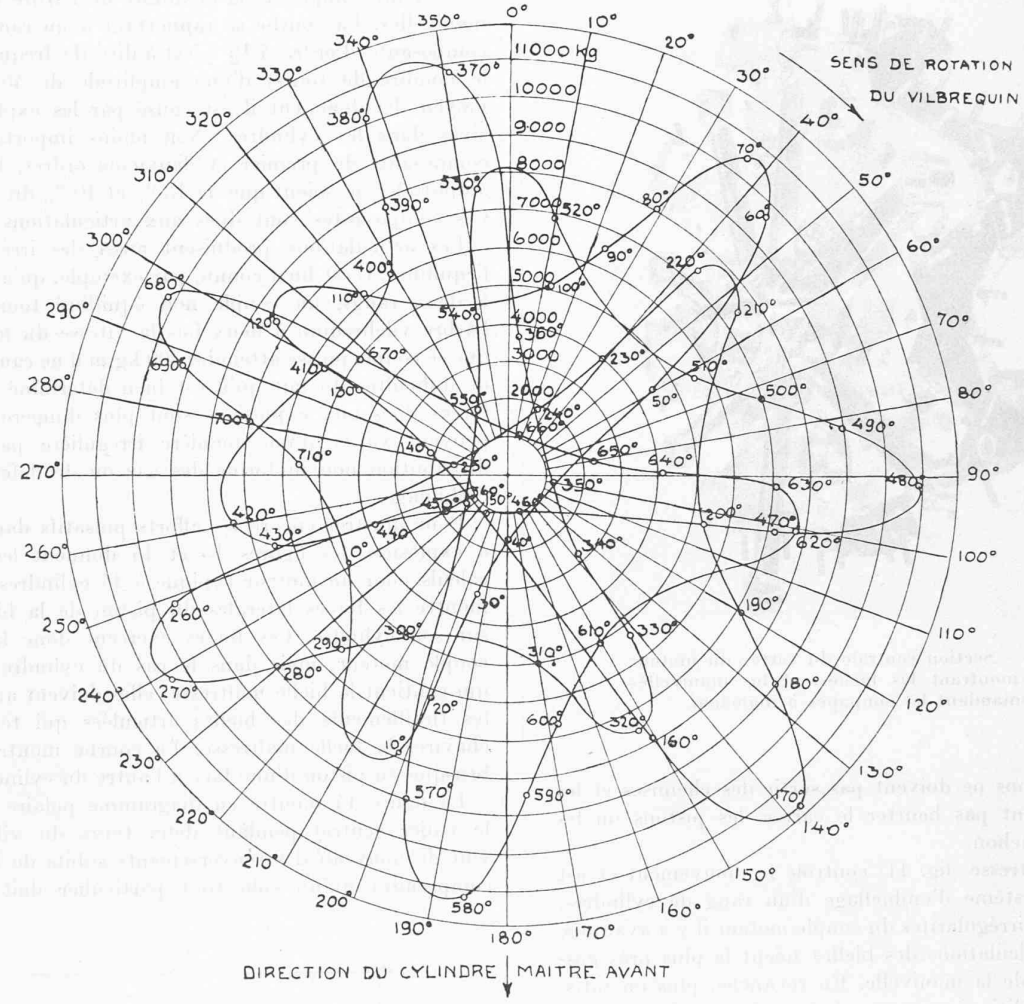

Fig. 14. — Forces exercées sur le roulement extérieur du palier central d'un moteur à quatorze cylindres en double étoile.

l'étude de ce palier, d'autant plus qu'il y a aussi des efforts latéraux. Ces derniers proviennent des forces radiales sur les manivelles tendant à faire fléchir le vilebrequin, produisant ainsi des mouvements latéraux.

Le but de cet énoncé de quelques-unes des conséquences des mouvements alternatifs n'a pas été de dénigrer les moteurs à explosion. L'intention a été, au contraire, d'illustrer les difficultés qui ont été rencontrées et qui ont été suffisamment maîtrisées pour permettre de dire que le moteur à explosion est maintenant un propulseur d'avion extraordinairement sûr et économique.

Conclusions.

1. En matière d'aviation militaire, seuls les moteurs à réaction présentent de l'intérêt pour les avions de combat ou ceux qui doivent voler au-dessus de territoires ennemis.

2. En matière d'aviation civile, il faut s'attendre à ce que des moteurs à hélice soient employés pour la majorité des cas. Des avions à grande vitesse volant à de hautes altitudes et propulsés par des moteurs à réaction sont réalisables, mais leur valeur économique est encore très discutable.

3. Les turbo-réacteurs forment maintenant une catégorie de moteurs bien établie et pouvant produire à de grandes vitesses des puissances énormes. Ils ont un poids et des complications minimes, mais pour des vitesses moyennes et basses leur consommation de combustible est très grande.

4. Les turbines à hélice pourront rivaliser avec les moteurs à explosion au point de vue de la consommation de combustible et sont bien supérieures au point de vue de la légèreté et de leur opération sans secousses.

5. Les moteurs à explosion sont arrivés à un développement très avancé qui permet d'assurer un fonctionnement économique et sûr. De ce fait ils vont maintenir leur position du propulseur d'avion par excellence encore pendant quelques années, mais ils vont graduellement perdre leur suprématie en faveur des turbines.

En terminant, je désire remercier les Compagnies Bristol et Rolls-Royce pour les facilités qui m'ont été accordées pour la préparation de cet article, et j'aimerais ajouter que les opinions exprimées sont les miennes et pas nécessairement celles de la maison pour laquelle je travaille.