LE PLUS-LEGER-QUE-L'AIR
AUX ETATS-UNIS, EN ALLEMAGNE FEDERALE
ET EN U.R.S.S.

Mai 1968

1ère Partie

Etats-Unis

4, RUE DE SOLFÉRINO
PARIS

JP1/JN

LE PLUS-LEGER-QUE-L'AIR

AUX ETATS-UNIS, EN ALLEMAGNE FEDERALE

ET EN U.R.S.S.

1ère Partie

Etats-Unis

Enquêtes effectuées à la demande du
Service des Affaires Economiques et Internationales
Ministère de l'Equipement

Mai 1968

1 - LE PLUS-LEGER-QUE-L'AIR AUX ETATS-UNIS

Compte-rendu de la mission effectuée du 4 au 16 mars 1968
par Jacques PLAIGNAUD
pour le compte du Service des Affaires Economiques et Internationales

---

La mission aux Etats-Unis, objet du présent compte-rendu, a été effectuée du 4 au 16 mars 1968 dans le cadre de l'enquête sur les problèmes posés par la construction et l'exploitation des dirigeables, confiée à l'Institut du Transport Aérien par le Service des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Equipement. Elle avait pour but de recueillir les informations disponibles sur ces problèmes auprès de l'Administration Fédérale, des constructeurs ou des bureaux d'étude et de faire le point sur l'ensemble de la question du plus-léger-que-l'air aux Etats-Unis.

La première partie de la mission a été consacrée à des prises de contact avec le Civil Aeronautics Board et la Federal Aviation Administration à Washington.

La deuxième partie (1) a été consacrée à des visites à GOODYEAR AEROSPACE CORP. (à Akron), à C. SLATE C° (à Los Angeles), à AEREON CORP. (à Trenton) et au Professeur F. MORSE (Boston University).

La mission s'est déroulée dans de très bonnes conditions et nous avons reçu partout un excellent accueil.

o

o o

---

(1) accomplie en compagnie de M. SAUERWEIN

On trouvera ci-après :

- une liste des personnes rencontrées pendant l'accomplissement de la mission ;
- le point de vue de l'Administration Fédérale et celui de M. KIRSCHNER ;
- le point de vue des constructeurs et des bureaux d'étude comprenant :
  - un examen de l'activité de GOODYEAR AEROSPACE CORP. dans le domaine du plus-léger-que-l'air ;
  - l'essentiel des projets de dirigeables rigides présentés par H. IRWIN, le Professeur MORSE et C. SLATE ;
  - la description du projet d'AEREON CORP. ;
- enfin, les enseignements que l'on peut tirer de ce tour d'horizon ;
- en outre, en annexe, quelques définitions et, communiquées par GOODYEAR AEROSPACE CORP., quelques notions sur les dirigeables, leurs performances, leurs possibilités et leurs coûts d'exploitation.

o

o o

LISTE DES PERSONNES RENCONTREES AUX ETATS-UNIS
PAR J. PLAIGNAUD PENDANT SA MISSION

A - A WASHINGTON (D.C.)

1. Civil Aeronautics Board

4 mars 1968

M. Ronald KINSEY, Deputy Director, Bureau of International Affairs, Chief geographic Area II

M. HORNEMAN, Assistant to the Deputy Director, Bureau of International Affairs

M. James A. SALTSMAN, Deputy Director, Bureau of Operating Rights

M. Mc KENNA

M. J.C. CONSTANTZ, Bureau of Equipment

M. Marvin S. ROSS, Training Officer.

2. Federal Aviation Administration

5 mars 1968

M. Ronald W. PULLING, Deputy Associate Administrator for Plans

M. COLE MORROW, Special Assistant to the Associate Administrator for Plans

M. Colin G. SIMPSON, Chief, General Aviation Safety Division, Aircraft Development Service

M. George C. HAY, Program Manager, Aircraft Development Service

M. William C. RICHARDSON Jr., Program Manager, Operational Safety

M. Hans OHENITCH, International Liaison Officer.

B - A BETHESDA (Maryland)

5 mars 1968

M. Edwin J. KIRSCHNER, Manager, Transportation and Aerospace Management Systems, Litton Industries (Applied Science Division)
Auteur d'un livre intitulé : "The Zeppelin in the Atomic Age" et d'une étude sur les dirigeables soviétiques à propulsion nucléaire.

C - GOODYEAR AEROSPACE CORP.

7 mars 1968

1. à Akron (Ohio)

M. E.A. BRITTENHAM, Chief Engineer

Dr Robert S. ROSS, Manager, Aero Mechanical Research & Development

Dr Dale TOPPING, Stress Analysis Engineering

M. John C. FELDSCHER, Marketing Manager Structures & Plastics

M. Warren T. FENN, Aero Mechanical, Lighter-than-Air Engineering

M. Jean-Fred CHARPENTIER, Consultant, Research Engineer

M. R.R. FISCHER, Aero Mechanical Research & Development

M. WHEELER

2. à Wingfoot Lake (Ohio)

8 mars 1968

M. Dean MEALEY, Plant Engineering, Chief of the Maintenance Base, formerly Test Pilot of US Navy Airships

3. à Torrance (Californie)

Base du dirigeable "Columbia"

11 mars 1968

M. Dick WHITICOMB, Chief Pilot

D - A GLENDALE (Californie)

11 mars 1968

SLATE C°

M. Claude C. SLATE, President

M. John W. RODA, Formerly Maintenance Crew Chief of EMC-2

E - A TRENTON (New Jersey) - Mercer County Airport

13 mars 1968

AEREON CORP.

M. Monroe DREW Jr., Vice President

M. Paul D. SHEIN, Treasurer

F - A BOSTON (Massachusetts) - Boston University - College of Engineering

14 mars 1968

Professeur Francis MORSE, Associate Professor of Aerospace Engineering.

o

o o

PREMIERE PARTIE

LE POINT DE VUE DE L'ADMINISTRATION FEDERALE

I - LE CIVIL AERONAUTICS BOARD

Le Civil Aeronautics Board n'a eu connaissance jusqu'à présent d'aucun projet de liaison par plus-léger-que-l'air pour le transport de fret ou le transport de passagers mais il est prêt à examiner toute requête qui lui sera présentée en fonction de la conjoncture actuelle, notamment en comparant les propositions à d'autres modes de transport équivalents ou concurrentiels (hélicoptères ou Pregnant Guppy (1)).

Le CAB dont le rôle est de préserver les intérêts de tous - Etat, citoyens, collectivités, compagnies aériennes - juge de l'opportunité d'autoriser tel moyen plutôt que tel autre en fonction d'impératifs économiques, sociologiques, nationaux ou locaux.

Il ne peut juger, a priori, si tel moyen est viable ou préférable à tel autre et par conséquent ne peut prendre officiellement position vis-à-vis du plus-léger-que-l'air.

Le Civil Aeronautics Board s'en tient officiellement pour le moment aux conclusions de l'Air Coordinating Committee, créé le 27 mars 1945 et dont il faisait partie avec le Bureau du Budget, les Départements d'Etat, de la Défense, du Trésor, des Postes et du Commerce. Ces conclusions, publiées le 28 février 1946, sont relatives aux possibilités commerciales du plus-léger-que-l'air, à savoir :

"1) que les conditions techniques pour la construction d'un aéronef plus-"léger-que-l'air sûr et ayant des chances de succès existent ;

" 2) que le dirigeable demeurerait certainement un moyen de transport inter-"médiaire, quant à la vitesse, entre l'avion et le bateau ;

" 3) que, dans son exploitation, le dirigeable, sur une plus grande échelle "que l'avion, serait astreint à la nécessité d'éviter les zones de fortes turbulen-"ces et les orages violents ;

" 4) que l'équipement de servitude nécessaire à l'exploitation des dirigea-"bles devrait comprendre des mâts d'amarrage, des installations mobiles d'épuration "de l'hélium et des stocks d'hélium ; que l'exploitation, à partir des régions septen-

(1) cf. page 21.

"trionales, nécessiterait l'existence de hangars et la protection contre la neige "et la glace pendant que l'aéronef est amarré ;

" 5) qu'il serait possible de lancer un programme plus-léger-que-l'air "avec la construction de dirigeables rigides de 285.000 m3 mais qu'il serait pré-"férable de commencer avec des dirigeables de taille moyenne qui pourraient ensuite "être utilisés pour l'entraînement des équipages ;

" 6) que le Navy Department et les milieux industriels des Etats-Unis "sont au courant de l'activité développée à l'étranger en matière de construction "et d'exploitation des plus-léger-que-l'air ;

" 7) que, bien que le dirigeable semble capable d'effectuer des opéra-"tions de transport dans des conditions meilleures du point de vue économique "que l'avion, il n'apparaît pas clairement qu'il puisse offrir les mêmes avantages "lorsque les services commerciaux seront inaugurés ; mais le dirigeable, comme "l'avion, devrait être capable d'amener des réductions substantielles de prix de "revient avec le développement de l'exploitation commerciale, la meilleure chance "d'abaissement des prix de revient résidant dans la prédiction avancée par "Goodyear Aerospace Corporation qu'un programme continu de dirigeables diminuerait "de moitié les prix de construction par rapport aux premiers exemplaires cons-"truits ;

" 8) que, par des tarifs comparables, le dirigeable peut espérer attirer "une part substantielle du marché du transport, qu'une proportion considérable de "voyages d'agrément s'effectueront à vitesse modérée, avec le confort spacieux et "luxueux que le dirigeable peut procurer, de préférence aux services offerts soit "par le bateau, soit par l'avion ;

" 9) que tout service commercial assuré par les plus-légers-que-l'air "nécessitera une aide financière initiale du gouvernement, possible sous la forme "de subventions à la construction (peut-être sous la forme de prise en charge de "frais d'outillage et d'usinage) ;

" 10) que la sélection de la compagnie, ou des compagnies, devant exploiter "des plus-légers-que-l'air doit être soumise aux mêmes règles de sauvegarde, y "compris l'obtention des autorisations actuellement délivrées aux transporteurs "aériens ;

" 11) que tout programme commercial doit comprendre les éléments suivants, "à la fois pour lui assurer des chances de succès et encourager le progrès tech-"nique qui seul justifie l'effort important de l'Etat qu'il sera nécessaire de "consentir : le programme initial devra comprendre des réserves appropriées pour "la recherche, particulièrement dans le domaine des projets nouveaux et sortant "de la routine ; les expérimentations doivent être poursuivies en matière de décol-"lage assisté, de préchauffage et d'alourdissement des dirigeables en cours de vol. "Une part essentielle de n'importe quel programme concernant les plus-légers-que-"l'air doit être la recherche de moteurs particulièrement adaptés au dirigeable".

Malgré les conclusions favorables du sous-comité, l'Air Coordinating Committee se prononça, le 22 mai 1947, contre la poursuite du programme. La Chambre des Représentants et le Sénat recommandèrent, néanmoins, sa poursuite mais le 30 juin 1948 le Président Truman opposa son veto à la proposition de loi. En 1953, la question fut de nouveau soulevée par le Sénateur Henry M. Jackson, puis définitivement close le 28 octobre 1953 par le Président de l'Air Coordinating Committee.

o

o o

II - LA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

La Federal Aviation Administration ignore (ou feint d'ignorer) tout des projets actuels et attend, comme le CAB, que l'on veuille bien les lui soumettre. Ses représentants sont sceptiques quant à la modicité des coûts d'exploitation qui seront finalement fonction du prix de l'appareil, donc du nombre d'appareils construits. Ils estiment, pour leur part, qu'un tel programme doit être financé au départ par les militaires qui couvrent ainsi les parts d'étude et de réalisation du prototype et des premiers appareils de série, comme cela s'est passé pour de nombreux types d'avions ou d'hélicoptères.

Les règlements en vigueur actuellement concernent plus particulièrement les petits dirigeables souples ou "blimps" (1), que ce soit en matière de matériel volant ou de brevets et licences de pilotage ; ils sont tous du domaine de l'aviation générale.

Les normes applicables à l'obtention des brevets de pilote privé et professionnel de dirigeable sont contenues dans les Federal Aviation Regulations (Part 61).

Pour l'obtention du brevet de pilote privé, le candidat doit avoir accompli au moins 50 heures de vol à bord d'un dirigeable, dont :

- 5 heures comme pilote-commandant de bord,
- 5 heures de navigation,
- 5 heures dans les 2 mois qui précèdent les épreuves du brevet.

---

(1) Pour les différentes catégories de dirigeables, on voudra bien se reporter aux définitions données en annexe.

Les épreuves du brevet de pilote privé consistent en :

- manoeuvres au sol et amarrage,
- visite pré-vol,
- mise en route des moteurs,
- décollage,
- montée,
- virages (à droite et à gauche) et exécution d'un huit,
- palier,
- descente,
- atterrissage (avec centrage statique positif),
- atterrissage (avec centrage statique négatif).

Pour l'obtention du brevet de pilote professionnel, le candidat doit avoir accompli au moins 200 heures de vol à bord d'un dirigeable, dont :

- 50 heures comme pilote-commandant de bord,
- 10 heures de navigation,
- 10 heures de vol de nuit,
- 20 heures de vol aux instruments (dont 10 heures en conditions simulées),
- 5 heures dans les 2 mois précédant les épreuves du brevet.

Les épreuves du brevet de pilote professionnel comprennent celles imposées aux pilotes privés avec, en outre :

- virages de précision (180° et 360°),
- virages en montée,
- virages en descente,
- calcul en vol d'heures estimées d'arrivée,
- procédures de radionavigation,
- procédures de contrôle de la circulation aérienne.

o

o o

M. Edwin J. KIRSCHNER

Grâce à l'entremise de la FAA, il m'a été possible de rencontrer, à Bethesda (Maryland), non loin de Washington, M. Edwin J. KIRSCHNER qui est l'auteur d'un livre remarquable intitulé : "The Zeppelin in the Atomic Age" et d'une étude consacrée aux dirigeables soviétiques à propulsion nucléaire que l'on trouvera résumée plus loin.

M. KIRSCHNER, qui est actuellement Chef du Département "Transportation and Aerospace Systems" de Litton Industries, a déjà élaboré certains programmes pour l'US Air Force et possède une grande expérience en matière de transport aérien et d'entretien.

Son livre est un plaidoyer en faveur du dirigeable. Selon lui, le dirigeable qui est plus rapide que le bateau et qui a une capacité d'emport et un confort supérieurs à ceux de l'avion, est aussi plus économique d'emploi que ce dernier ; il a donc normalement sa place dans un système de transport bien organisé.

Estimant que la réhabilitation du dirigeable comme moyen de transport est une nécessité nationale, il préconise l'institution, aux Etats-Unis, d'une agence fédérale de transport, le National Transportation Establishment, qui aurait pour tâche de promouvoir le retour du plus-léger-que-l'air sur le marché du transport aérien.

o

o o

DEUXIEME PARTIE

LE POINT DE VUE DES CONSTRUCTEURS ET DES BUREAUX D'ETUDE

I - GOODYEAR AEROSPACE CORP.

L'activité de Goodyear Aerospace Corp. dans le domaine du plus-léger-que-l'air remonte à 1911. Depuis cette époque, la firme qui s'était associée, après la première guerre mondiale, à Luftschiffbau-Zeppelin pour former la Goodyear-Zeppelin Corp. dont on retrouve le sigle dans la désignation de tous les dirigeables sortis des ateliers d'Akron, a construit 296 dirigeables ; l'activité de la firme a surtout été orientée vers le dirigeable souple (1) dont le plus gros exemplaire fut le ZPG-3W.

Actuellement, cette activité s'exerce dans quatre domaines différents : la construction de ballons captifs destinés à soulever et à déplacer de lourdes charges, la construction et l'exploitation des dirigeables souples servant à la publicité, l'étude de dirigeables destinés à transporter des charges encombrantes et, enfin, l'étude de dynastats ou dirigeables à portances dynamique et statique et à propulsion nucléaire.

1. Les ballons captifs destinés à soulever et déplacer de lourdes charges dans des lieux inaccessibles

Nous avons rencontré le responsable de ces ballons, M. W.T. FENN, lors de notre passage à Akron. Ces derniers, appelés "Vee-Balloons", dont le volume varie entre 10 et 5.000 m3 et la longueur entre 6 et 41 mètres, sont constitués par deux ballons en forme de cigare accouplés par l'avant et réunis à l'arrière par un large plan fixe horizontal muni d'une dérive centrale. Le Vee-Balloon peut soulever de lourdes charges par suite de la portance dynamique qui vient s'ajouter à la force ascensionnelle de l'hélium. Cette portance dynamique est due à l'effet du vent ou de la translation horizontale du ballon. Ainsi, la portance qui est de 900 kg, lorsque le ballon est amarré par vent nul, peut atteindre 4 tonnes si le ballon est remorqué à une vitesse de 45 km/h, soit une augmentation de 500 %. Prévu à l'origine pour

---

(1) Pour les différentes catégories de dirigeables, on voudra bien se reporter aux définitions données en annexe.

emmener des instruments scientifiques à haute altitude pendant de longues périodes de temps, le Vee-Balloon a prouvé, cependant, qu'il était capable de transporter, à l'aide d'un dispositif de treuils et de câbles, plus d'une tonne de billes de bois du lieu d'abattage à un emplacement suffisamment dégagé pour y amener un camion. Ce dispositif évite ainsi la construction de voies d'accès onéreuses, établies souvent dans des conditions difficiles, sur des pentes rocheuses escarpées. Le prix serait de $ 6.000 et 9 Vee-Balloon seraient actuellement en exploitation aux Etats-Unis.

2. Les dirigeables publicitaires

Deux dirigeables souples ou "blimps" du type GZ-19 et GZ-19 A, le "Mayflower" et le "Columbia", sont actuellement exploités, de jour et de nuit, à travers les Etats-Unis par la firme Goodyear à des fins publicitaires ; un troisième, l'"America", est en cours de construction. La firme envisage de dépenser plus de $ 4 millions pour construire ce dernier, puis un deuxième destiné à remplacer les deux ballons déjà construits et, enfin, pour modifier le second et réaliser une base pour le troisième dans le sud et le sud-ouest des Etats-Unis. Les deux nouveaux dirigeables auront un volume de 5.600 m3 d'hélium, une longueur de 58,5 m, une largeur de 16,2 m et une hauteur de 18,6 m. Leur propulsion sera assurée par deux moteurs à pistons de 210 hp.

Durant notre séjour à Akron, nous avons visité les installations de Wingfoot Lake, au sud-est d'Akron, où sont effectuées, une fois par an, les opérations d'entretien et de révision des dirigeables en service. Nous avons pu y voir, ainsi que dans les ateliers d'Akron, des nacelles en cours de révision générale.

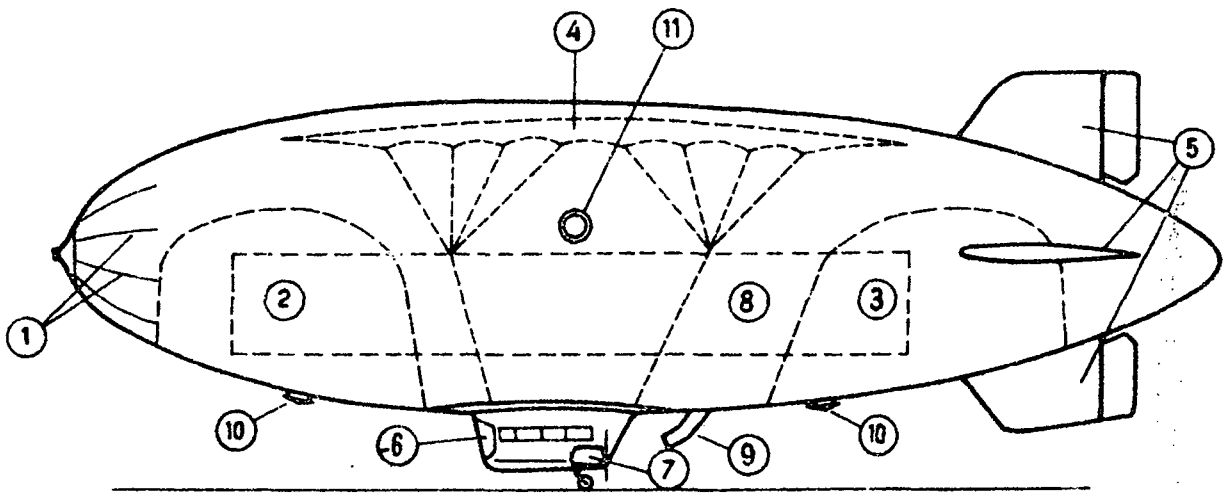
Enfin, lors de notre séjour à Los Angeles, nous avons pu effectuer un vol d'une heure à bord du "Columbia" à partir de la base de Torrance, située au sud de l'agglomération de Los Angeles, à l'intersection des autoroutes menant à San Diego et au port de Los Angeles. Il m'a été possible de piloter seul l'appareil pendant une quinzaine de minutes, le long du littoral californien. Le dirigeable décolle et atterrit comme un avion STOL et son pilotage s'apparente, paraît-il, à celui d'un sous-marin. En croisière, le bruit des moteurs est particulièrement élevé et il est nécessaire de réduire les gaz pour pouvoir converser. Enfin, les efforts qu'il faut déployer sur le palonnier pour actionner les gouvernes de direction sont inhabituels pour un pilote d'avion.

Il nous a paru intéressant de citer les principales caractéristiques du dirigeable GZ-19 A "Columbia" qui, avec le "Mayflower", sont les seuls dirigeables au monde actuellement en service intensif :

- Date de construction : 1963
- Volume de l'enveloppe : 4.170 m3
- Longueur hors-tout : 48,4 m

fig. 1

DIRIGEABLE DU TYPE "MAYFLOWER" & "COLUMBIA"



1 Raidisseurs du cône avant
2 Ballonnet avant } poche d'air à l'intérieur de l'enveloppe
3 Ballonnet arrière } poche d'air à l'intérieur de l'enveloppe
4 Filet caténaire et câbles de suspension à l'intérieur de l'enveloppe
5 Empennage. gouvernails de direction et de profondeur
6 Nacelle. cabine de passagers
7 Moteurs
8 Lampes de signalisation nocturne
9 Manche à air pour les ballonnets
10 Soupapes réglant la pression d'air dans les ballonnets
11 Soupape d'hélium

- Diamètre maximum de l'enveloppe : 12,4 m
- Hauteur hors-tout : 17,3 m
- Largeur hors-tout : 15,5 m
- Poids à vide, y compris les sièges/passagers, l'équipement électronique et 185 kg d'équipement de publicité : 3.090 kg
- Poids maximum : 4.190 kg

- Cabine

Longueur	: 7 m
Hauteur	: 2,43 m
Largeur (plafond)	: 2,13 m
Largeur (plancher)	: 1,3 m

- Force ascensionnelle à 0,89 kg par m3, 1 % d'élasticité, gonflage à 95 % : 3.980 kg
- Portance dynamique (moyenne) : 160 kg
- Portance totale : 4.140 kg

- Charge utile

Equipage (2)	: 160 kg
Passagers (4)	: 320 kg
Carburant et huile	: 550 kg
Divers	: 20 kg

- Moteurs : 2 Continental GO-300 A, 6 cylindres, 175 hp chacun, hélices tripales à pas variable et réversible

- Vitesse maximum : 90 km/h
- Vitesse de croisière (approximative) : 65 km/h
- Altitude de croisière : 300 m
- Altitude maximum : 3.000 m
- Consommation de carburant : 38 l à l'heure
- Rayon d'action avec 660 l de carburant : 1.165 km

- Equipement de signalisation pour la publicité lumineuse de nuit (programmée par bande magnétique) :

Nombre de lampes	: 3.640 (pour les 2 côtés)
Panneaux lumineux	: 10 (de chaque côté)
Hauteur des panneaux	: 3 m
Largeur des panneaux	: 2 m
Longueur des signes	: 30 m
Portée visuelle	: 1,5 km

3. Les dirigeables destinés à transporter les charges encombrantes

La taille de certaines charges rend impossible leur transport par les moyens conventionnels. C'est le cas, en particulier, des étages de fusées. Les transports routiers ou ferroviaires sont limités par certains gabarits à ne pas dépasser, les avions par la taille de leur soute à fret, les bateaux et les chalands par le manque de voie d'eau à proximité des usines ou des lieux de lancement. Ces étages doivent alors être démontés, ce qui complique les études et la fabrication, augmente les prix de revient, nécessite des moyens d'assemblage sur les lieux de lancement, une manutention et un emballage supplémentaires, sans compter le temps perdu.

Divers avantages semblaient plaider en faveur du dirigeable : transport des étages complets, départ de l'usine même et livraison au lieu de lancement, absence de vibrations et de chocs, possibilité de voler par n'importe quelles conditions météorologiques (ou presque), coût relativement bas, possibilité d'atteindre des emplacements inaccessibles, même très éloignés, maintien d'horaires de livraison réguliers.

Ces avantages ont conduit la firme Goodyear à étudier l'utilisation possible du dirigeable pour le transport des étages de fusées présents et à venir.

L'Airship Booster Transportation System (ABTS)*

L'étude d'un système de transport basé sur l'emploi du dirigeable fut effectuée dès 1962 par le Dr R.S. ROSS, D.K. STAFFORD et M.L. FLICKINGER ; elle prévoyait le transport de la totalité des étages de fusées produits par les Etats-Unis jusqu'en 1970. Par le moyen de cette étude, la firme Goodyear espérait remettre en service les dirigeables stockés par l'US Navy et redonner ainsi au plus-léger-que-l'air une nouvelle existence.

Dans un premier stade, la charge transportée par appareil était de 9 tonnes, puis de 40 tonnes dans un stade intermédiaire et, enfin, de 270 tonnes dans un stade final.

a) Première phase

La première phase du système était basée sur l'utilisation du dirigeable ZPG-3W d'un volume de 450.000 m3, d'une longueur de 123 m, d'un diamètre de 26 m, propulsé par 2 moteurs Wright Cyclone R-1820-88 de 1525 hp, équipés d'hé-

---

* appelé plus tard : "Universal Air Carrier System".

MODIFIED ZPG-3W

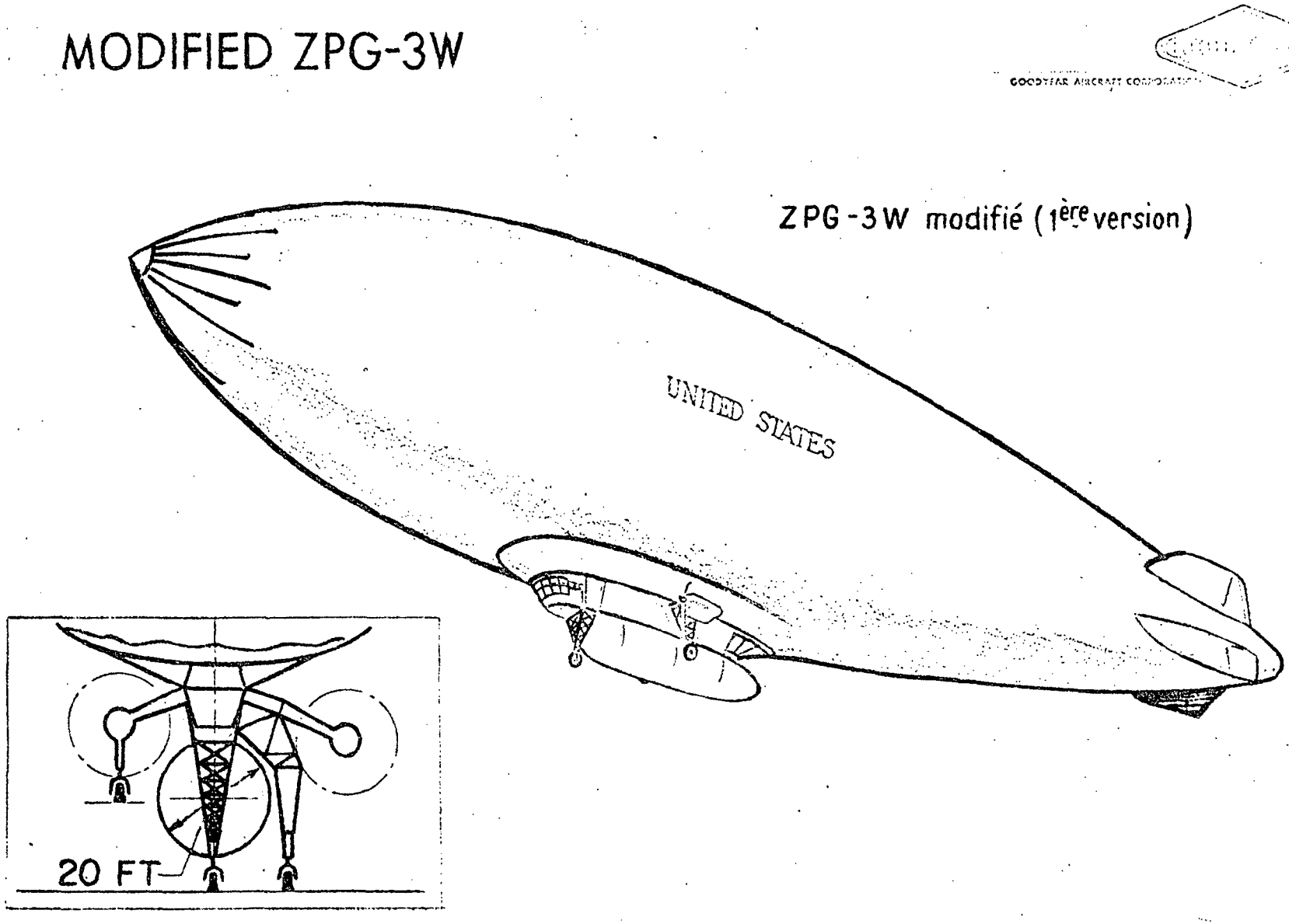
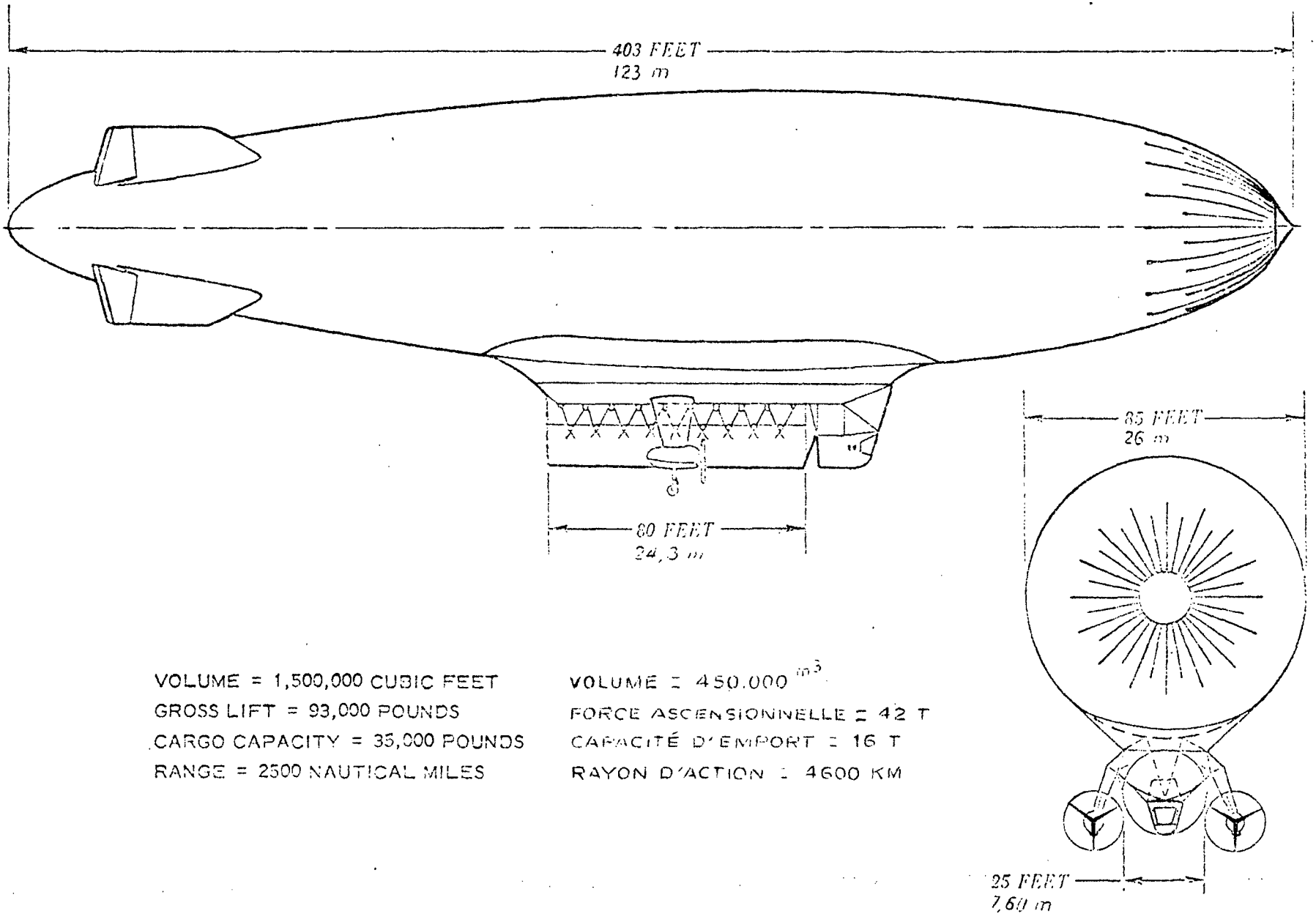


fig. 2

16 bis

ZPG-3W Airship (Modified)

ZPG-3W modifié (2e version)



VOLUME = 1,500,000 CUBIC FEET
GROSS LIFT = 93,000 POUNDS
CARGO CAPACITY = 35,000 POUNDS
RANGE = 2500 NAUTICAL MILES

VOLUME = 450.000 m^3
FORCE ASCENSIONNELLE = 42 T
CAPACITÉ D'EMPORT = 16 T
RAYON D'ACTION = 4600 KM

fig. 3

16 bis

lices tripales Curtiss à pas variable et réversible. Cet appareil, le plus gros dirigeable souple du monde, vola pour la première fois en juillet 1958 ; il était équipé d'une grande antenne radar pesant 4,5 tonnes, qui tournait à l'intérieur de l'enveloppe, et était destiné à la défense aérienne des Etats-Unis et, en particulier, à l'alerte avancée (Advanced Early Warning). En plus de l'équipement électronique, il transportait 21 hommes d'équipage et pouvait tenir l'air pendant 88 heures, à une altitude de 1.500 m. Quatre appareils furent construits mais un accident mortel, survenu en juillet 1960, et un certain scepticisme de la part des autorités navales, quant à l'utilité de ces dirigeables, aboutirent à la décision du 28 juin 1961 mettant fin au programme AEW et par là à l'activité des grands dirigeables.

Les principales modifications prévues étaient l'enlèvement de tout l'équipement électronique, le remplacement de l'équipement nécessaire à la vie à bord de 21 hommes d'équipage par celui destiné à 5 hommes seulement, l'adjonction d'un dispositif de levage et de fixation du booster et l'allongement du train d'atterrissage. De cette manière, le ZPG-3W pouvait transporter des boosters de 7,60 m de diamètre, 26 m de long et pesant jusqu'à 9 tonnes.

Naviguant à une altitude moyenne de 1.500 m, le ZPG-3W modifié emporterait des boosters de 9 tonnes sur des distances de 1.800 km à 65 km/h ou sur 1.500 km à 85 km/h. La consommation de carburant serait d'environ 52 l et 91 l à l'heure à 65 et 85 km/h. Ces performances étaient basées sur une température ambiante de 30°C. Pour chaque fraction de 2° en moins, le carburant ou les charges pouvaient être augmentés de 340 kg.

Dans les conditions normales d'exploitation, le dirigeable décollait et atterrissait "lourd", c'est-à-dire que le poids total de l'appareil, de l'équipage, du carburant et de la charge emportée excédait la force ascensionnelle de l'hélium. Une surcharge de 2,5 tonnes compensant le carburant consommé permettait au dirigeable d'être encore lourd à l'arrivée, ce quifacilitait considérablement les manoeuvres d'amarrage. Avec cette surcharge, le dirigeable était capable de décoller en 700 m, en air calme, en franchissant un obstacle de 15 m.

Par contre, si un décollage vertical s'avérait nécessaire, l'appareil décollait "léger" (la force ascensionnelle étant supérieure au poids total) juste avec le minimum de carburant nécessaire et se ravitaillait au plus proche aéroport. Dans le cas d'un vol accompli au rayon d'action maximum ou par fort vent debout, le dirigeable pouvait se ravitailler en vol à partir d'un camion ou d'un bateau et sans avoir besoin d'atterrir. Cette opération s'avérait nécessaire pour augmenter le poids de l'appareil sans perdre d'hélium et remplacer le carburant consommé afin d'effectuer un atterrissage "lourd". Un dirigeable "lourd" atterrit à la façon d'un avion, en suivant le même angle de descente (certaines procédures d'atterrissage peuvent s'effectuer à l'aide de l'ILS), en effectuant un arrondi et en utilisant le pas réversible des hélices pour ralentir la course et s'arrêter.

Un étage de fusée embarqué sur le dirigeable le vendredi soir à Los Angeles, aurait été rendu à pied d'oeuvre le lundi matin à Cap Kennedy. Le trajet entre les

usines Douglas de Sacramento et Cap Kennedy, avec ravitaillement à El Paso et Jackson, aurait nécessité 3 jours et demi. Le coût d'un seul appareil, à savoir l'utilisation d'un appareil existant avec un minimum de transformations, aurait été de $ 925.000.

b) Phase intermédiaire

Dans une phase intermédiaire, la firme Goodyear envisageait d'utiliser soit deux ZPG-3W accolés, soit un nouvel appareil d'un volume de 900.000 m3. Un tel appareil, long de 145 m et d'un diamètre de 34 m, aurait pu transporter des étages de fusées mesurant jusqu'à 9 m de diamètre, 30 m de long et pesant plus de 35 tonnes. Dans le cas des deux dirigeables accolés, la charge aurait été suspendue entre les deux enveloppes ou plutôt entre les deux nacelles , le dirigeable pouvant être piloté à partir de l'une ou de l'autre des deux nacelles.

Dans le cas d'un nouveau type d'appareil, la charge aurait été placée plus près de l'enveloppe afin de réduire la traînée et éliminer la nécessité d'un train d'atterrissage plus long.

Il était prévu d'utiliser dans les deux cas les mêmes moteurs et les mêmes nacelles que le ZPG-3W afin de réduire les coûts de construction. Cependant, l'appareil de 900.000 m3 aurait été équipé de 4 moteurs afin d'accroître les performances de décollage et améliorer la sécurité.

Les décollages devaient s'effectuer avec une surcharge de 6 tonnes si l'on voulait atterrir "lourd" à destination. Un seul ravitaillement aurait été nécessaire entre la Côte Ouest et Cap Kennedy. Naviguant à une altitude de 450 m, le dirigeable aurait pu transporter des charges de 22 tonnes sans escale sur 3.500 km à 65 km/h ou sur 2.250 km à 85 km/h. Les charges de 35 tonnes ou plus auraient pu être transportées sans escale à plus basse altitude sur des étapes de 950 à 1.680 km, selon la vitesse. Ces performances étaient calculées pour une température ambiante de 30°C; pour chaque fraction de 2° en moins, la charge utile augmentait de 68 kg.

L'étude et la fabrication d'un nouveau type de dirigeable de 900.000 m3 aurait coûté $ 11.250.000, y compris l'équipement de servitude et la modification des mâts d'amarrage existants.

Basés sur une utilisation moyenne de 240 heures par mois, les coûts directs d'exploitation (équipage, carburant, lubrifiant, hélium d'appoint, révisions et pièces de rechange) auraient été de $ 240 à l'heure de vol pour le ZPG-3W modifié et de $ 350 pour le nouveau type d'appareil.

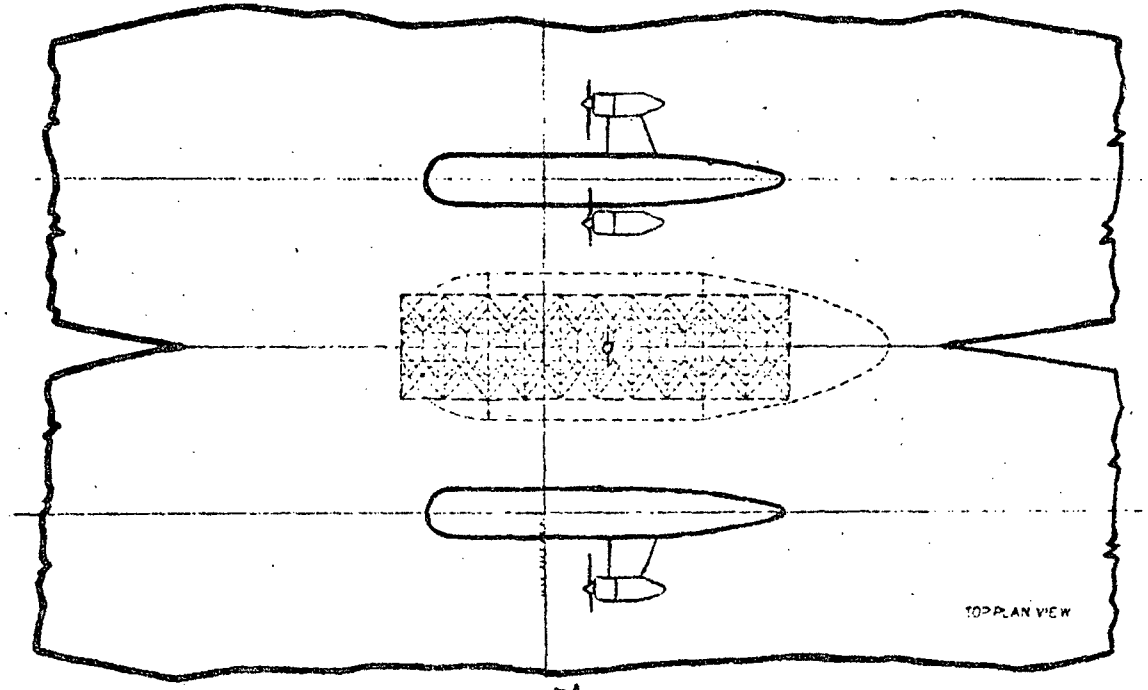
Un autre dirigeable, version agrandie du précédent, d'un volume de 1.150.000 m3, avait été étudié pourdes missions de surveillance anti-sous-marine

ZPG - 3W version bi-lobée et agrandie

volume : 1.150.000 m³

Capacité d'emport : 50 tonnes

Rayon d'action : 3700 Km



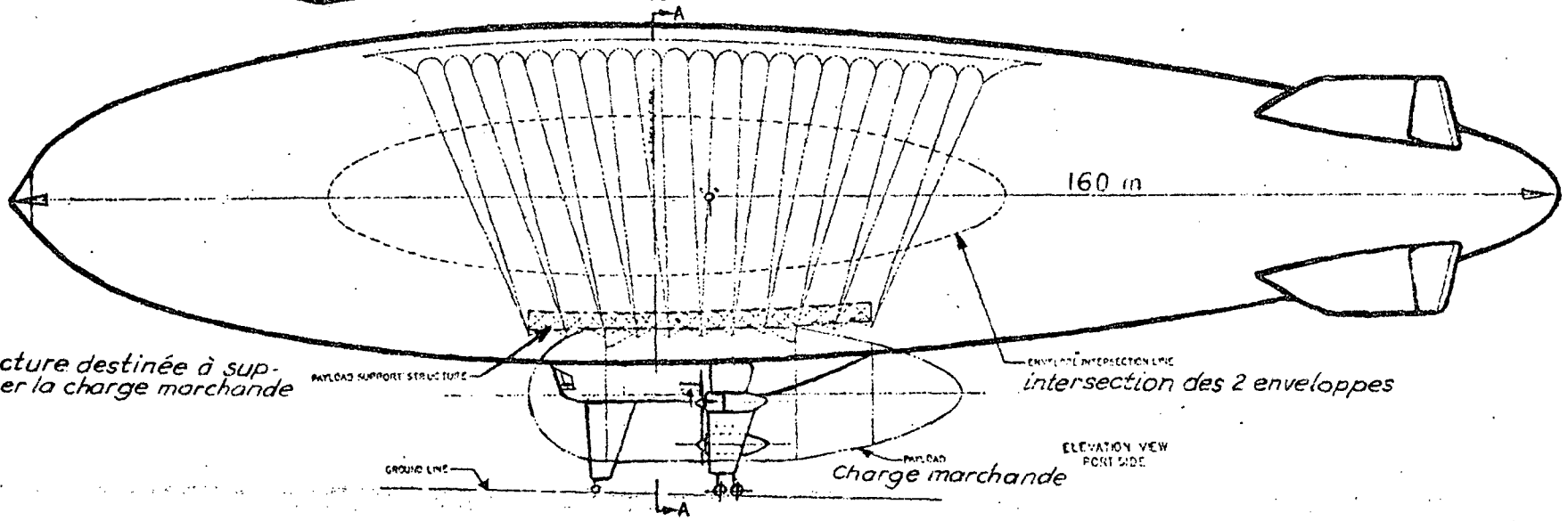
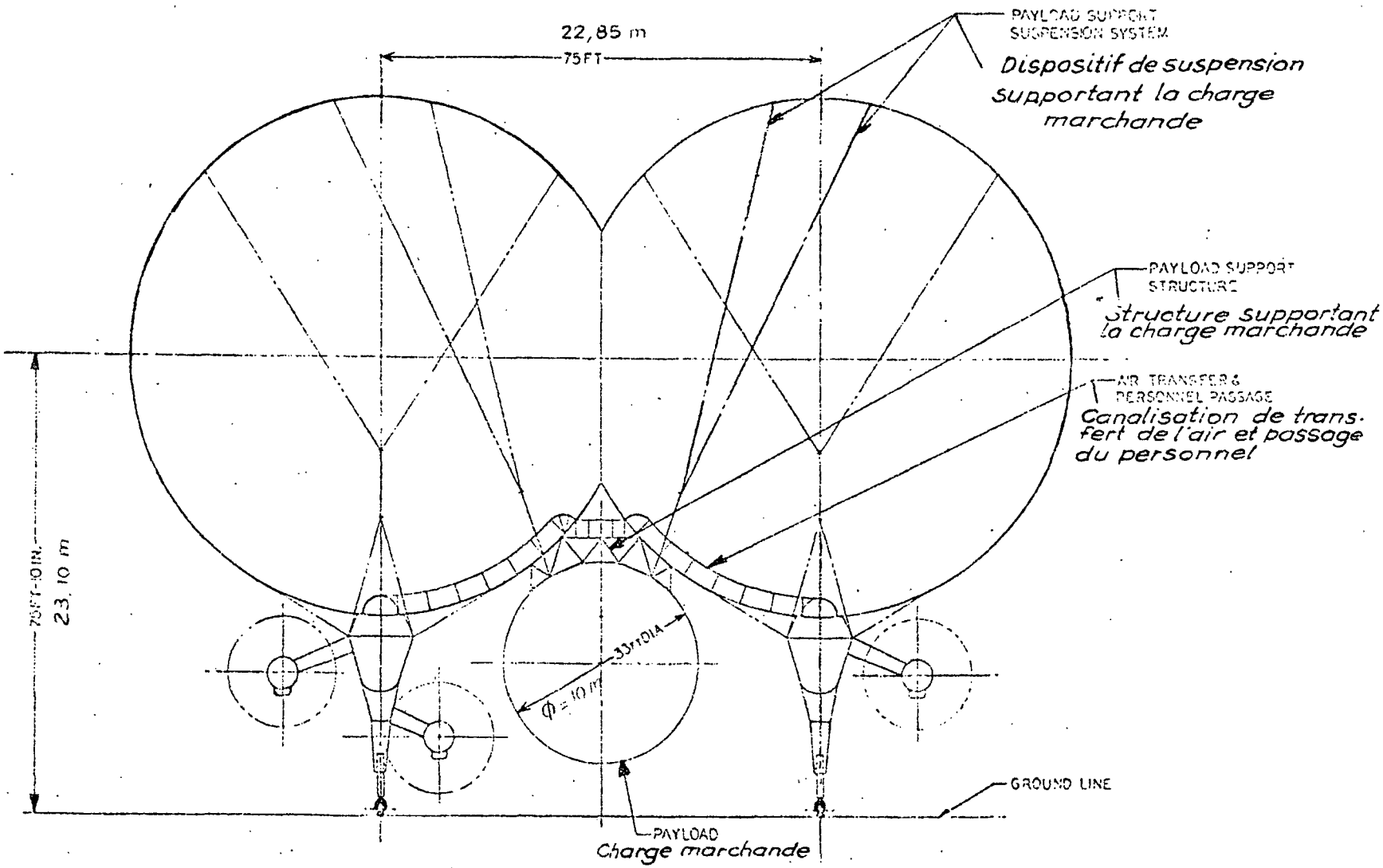


fig. 4

ZPG-3 W version bi-lobée agrandie

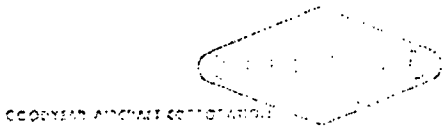


A A
PARALLEL ℄

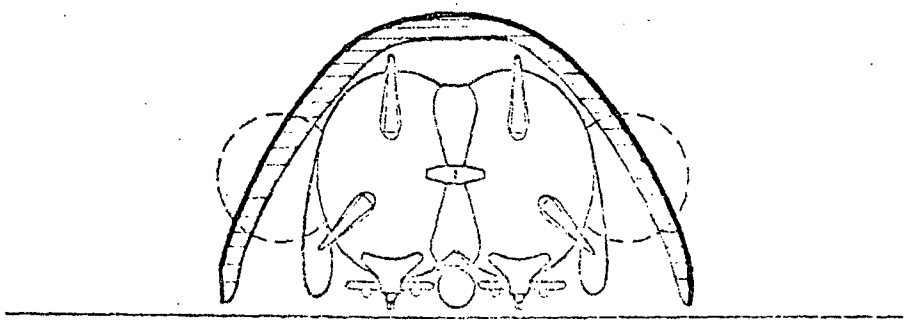
fig. 5

RB

AIR TRANSPORTER IN GAC DOCK



L'Air Transporter dans le hangar de Good Year Aircraft Corporation



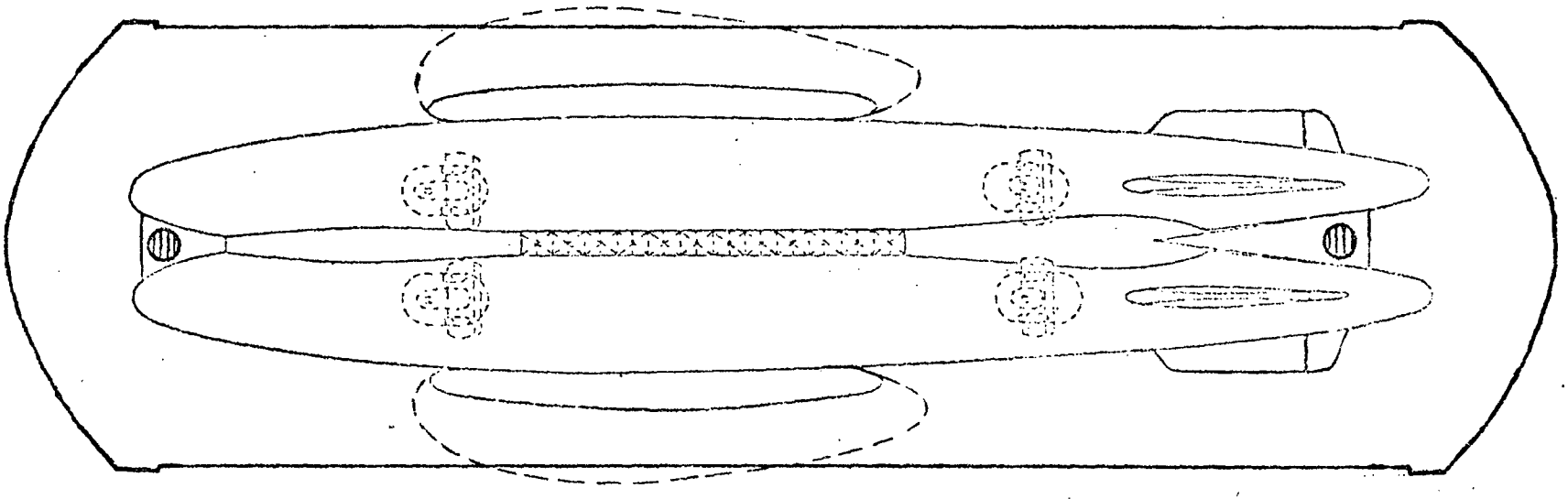


fig. 6

et de détection radar. Long de 160 m, d'un diamètre de 36 m, il aurait pu transporter des charges de 50 tonnes sur 3.700 km.

c) Troisième phase

L'appareil correspondant à la phase III, appelé "Air Transporter", aurait été bi-lobé comme le double ZPG-3W et aurait comporté des ballonnets externes qui auraient engendré en vol une portance dynamique ; ces ballonnets auraient dû être dégonflés de façon à permettre de loger le dirigeable dans le hangar géant d'Akron. Le volume total d'hélium aurait été de 4.500.000 m3. L'appareil aurait été sans doute équipé de 8 moteurs mais seulement 4 d'entre eux auraient été utilisés normalement. Deux turbo-soufflantes de grandes dimensions, disposées horizontalement aux extrémités de l'enveloppe, auraient permis à l'appareil de décoller ou d'atterrir verticalement et d'emporter près de 70 tonnes de plus que la charge normalement enlevée par la seule force ascensionnelle de l'hélium. Ce dirigeable aurait été capable de transporter 275 tonnes de charge marchande.

Si l'énergie nucléaire avait été utilisée, seuls les 4 moteurs arrière auraient dû être convertis et l'appareil aurait décollé et atterri à l'aide des seuls moteurs conventionnels.

o

o o

CARACTERISTIQUES COMPAREES DES DIVERS PROJETS

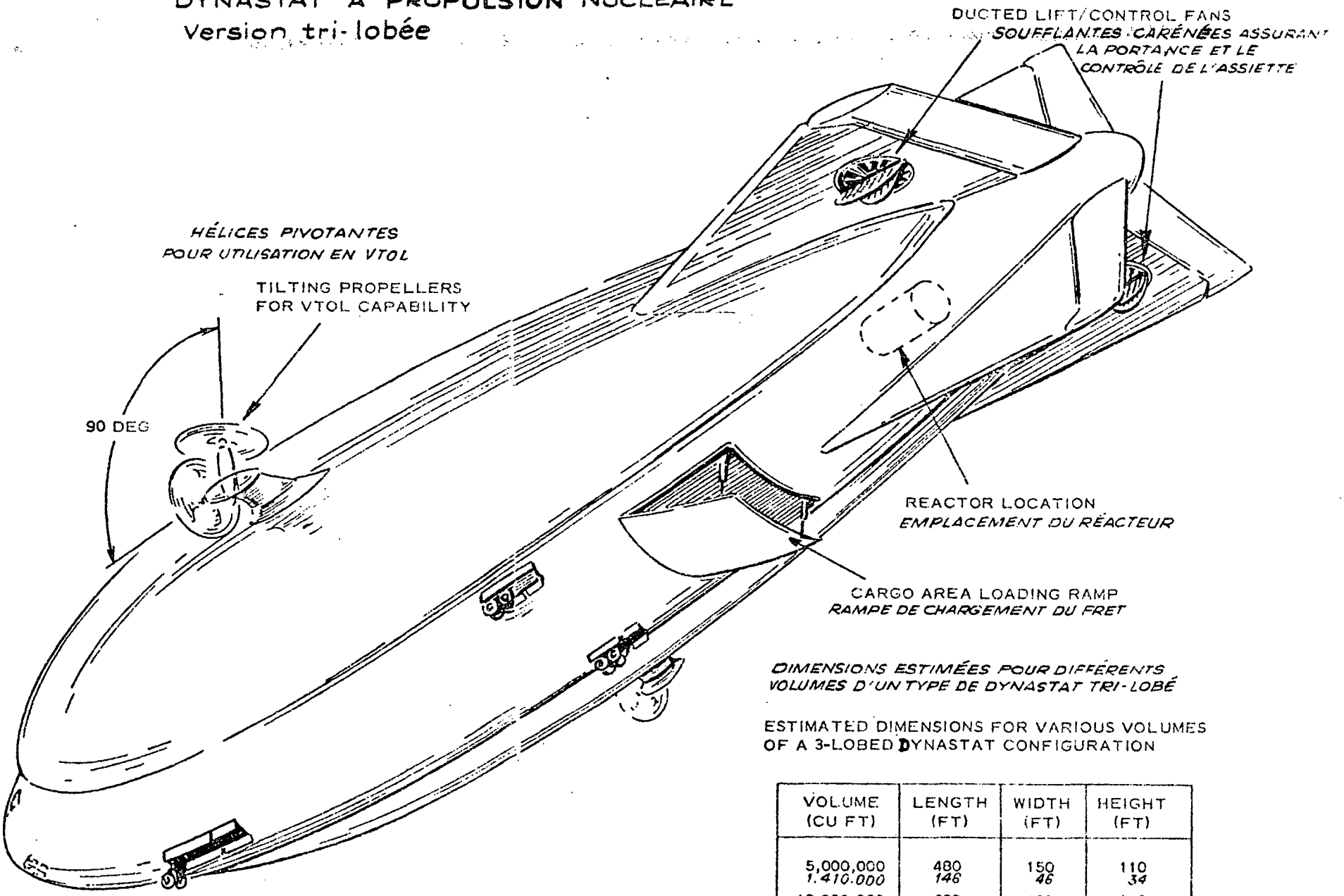
Type - Volume (m3)	Capacité d'emport (T)	Mise en service (mois)	Coût ($ millions)
ZPG-3W modifié (450.000)	9	9	1,444
ZPG-3W bi-lobé (900.000)	23	18	3,4
ZPG-3W bi-lobé (version agrandie) (1.150.000)	40	21	4,8
Type nouveau (900.000)	32	30	11,25
Type nouveau (1.150.000)	45	30	13,5
Air Transporter (4.500.000)	275	36	40,0

PERFORMANCES COMPAREES DES DIVERS PROJETS

Type	Vitesse (km/h)		Altitude de croisière (m)	Rayon d'action (km)	Charge marchande (T)
	Croisière	Maximum			
ZPG-3W modifié	85	140	1.500	1.500	9
ZPG-3W bi-lobé (version agrandie)	85	140	1.500	1.500	40
Air Transporter	102	140	1.500	5.600	275

fig.7

DYNASTAT À PROPULSION NUCLÉAIRE
Version tri-lobée



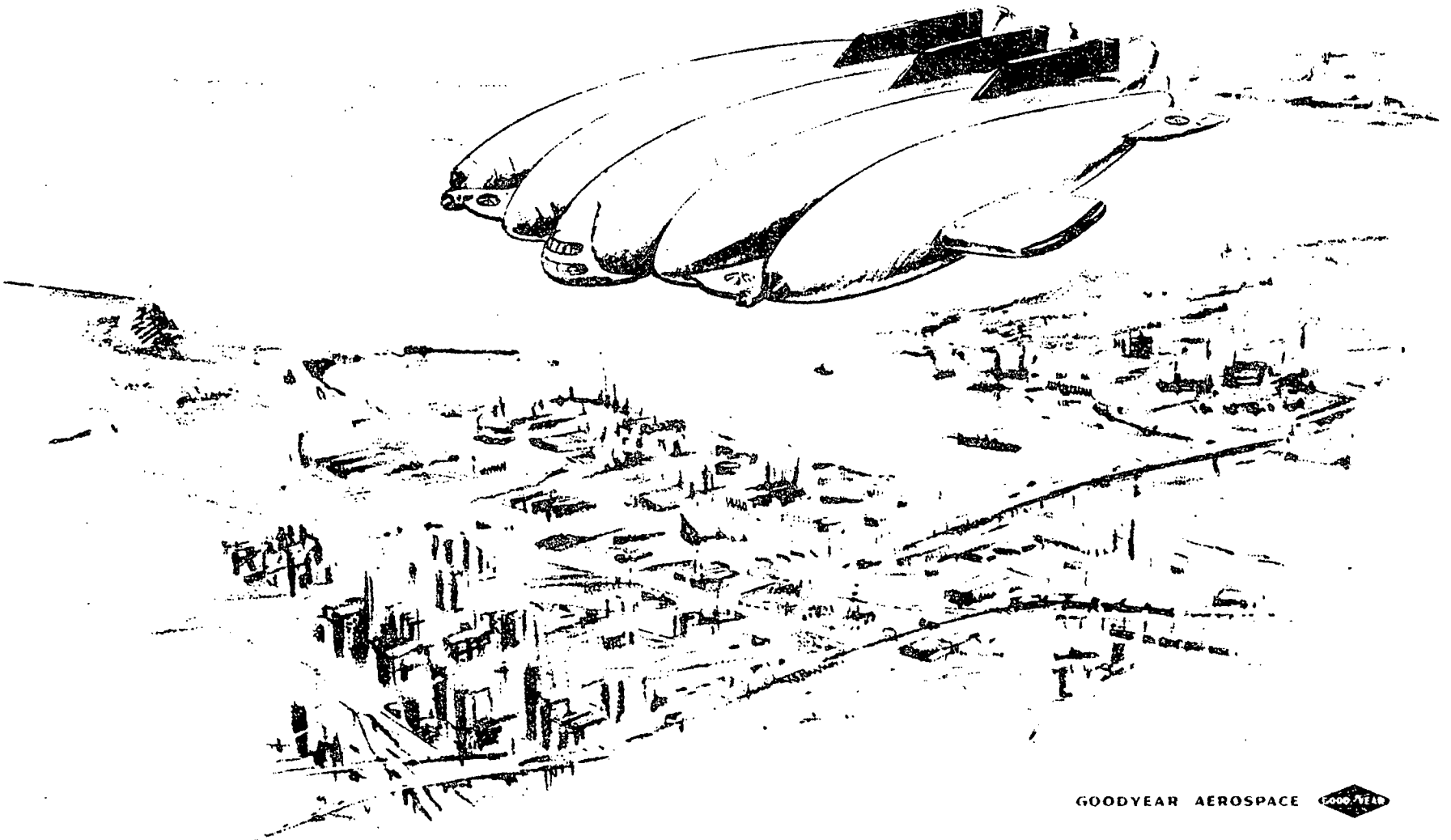
DIMENSIONS ESTIMÉES POUR DIFFÉRENTS VOLUMES D'UN TYPE DE DYNASTAT TRI-LOBÉ

ESTIMATED DIMENSIONS FOR VARIOUS VOLUMES OF A 3-LOBED DYNASTAT CONFIGURATION

VOLUME (CU FT)	LENGTH (FT)	WIDTH (FT)	HEIGHT (FT)
5,000,000 *1.410.000*	480 *146*	150 *46*	110 *34*
10,000,000 *2.820.000*	600 *183*	190 *58*	140 *43*
15,000,000 *3.230.000*	690 *210*	220 *67*	160 *49*
20,000,000 *5.640.000*	750 *229*	235 *72*	175 *53*
VOLUME. m3	*LONGUEUR m.*	*LARGEUR m.*	*HAUTEUR m.*

Nuclear-Powered Dynastat - Three-Lobe Configuration

NUCLEAR-POWERED DYNASTAT



DYNASTAT À PROPULSION NUCLÉAIRE Version penta-lobée

fig. 8

GOODYEAR AEROSPACE

Present Performance

Performances du ZPG - 3W modifié

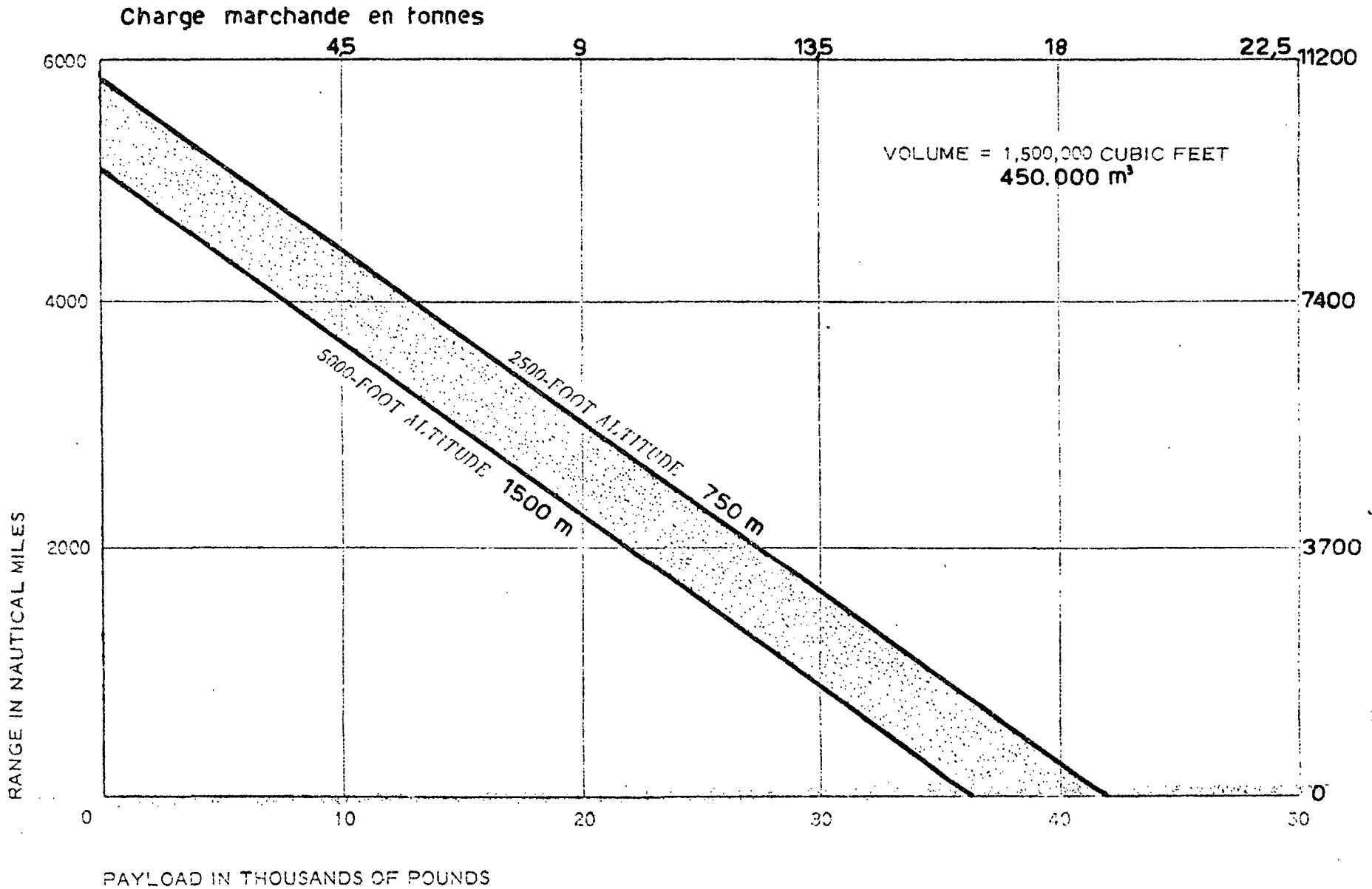


FIG. 9

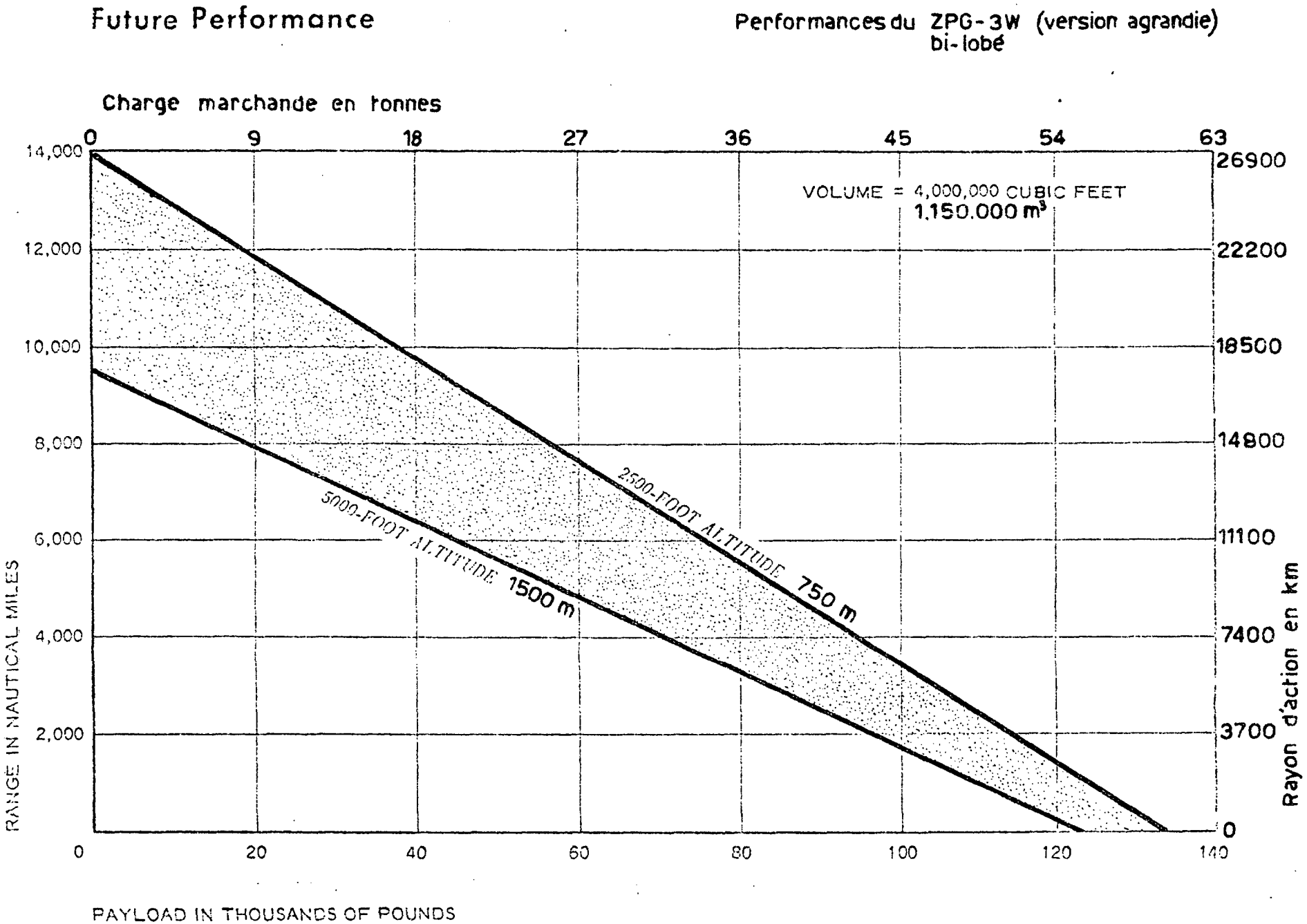

Future Performance
Performances du ZPG-3W (version agrandie) bi-lobé
Charge marchande en tonnes
0
9
18
27
36
45
54
63
14,000
12,000
10,000
8,000
6,000
4,000
2,000
26900
22200
18500
14800
11100
7400
3700
0
VOLUME = 4,000,000 CUBIC FEET
1,150,000 m³
2500-FOOT ALTITUDE 750 m
5000-FOOT ALTITUDE 1500 m
RANGE IN NAUTICAL MILES
Rayon d'action en km
0
20
40
60
80
100
120
140
PAYLOAD IN THOUSANDS OF POUNDS

FIG. 10

OPERATING COSTS COÛTS D'EXPLOITATION

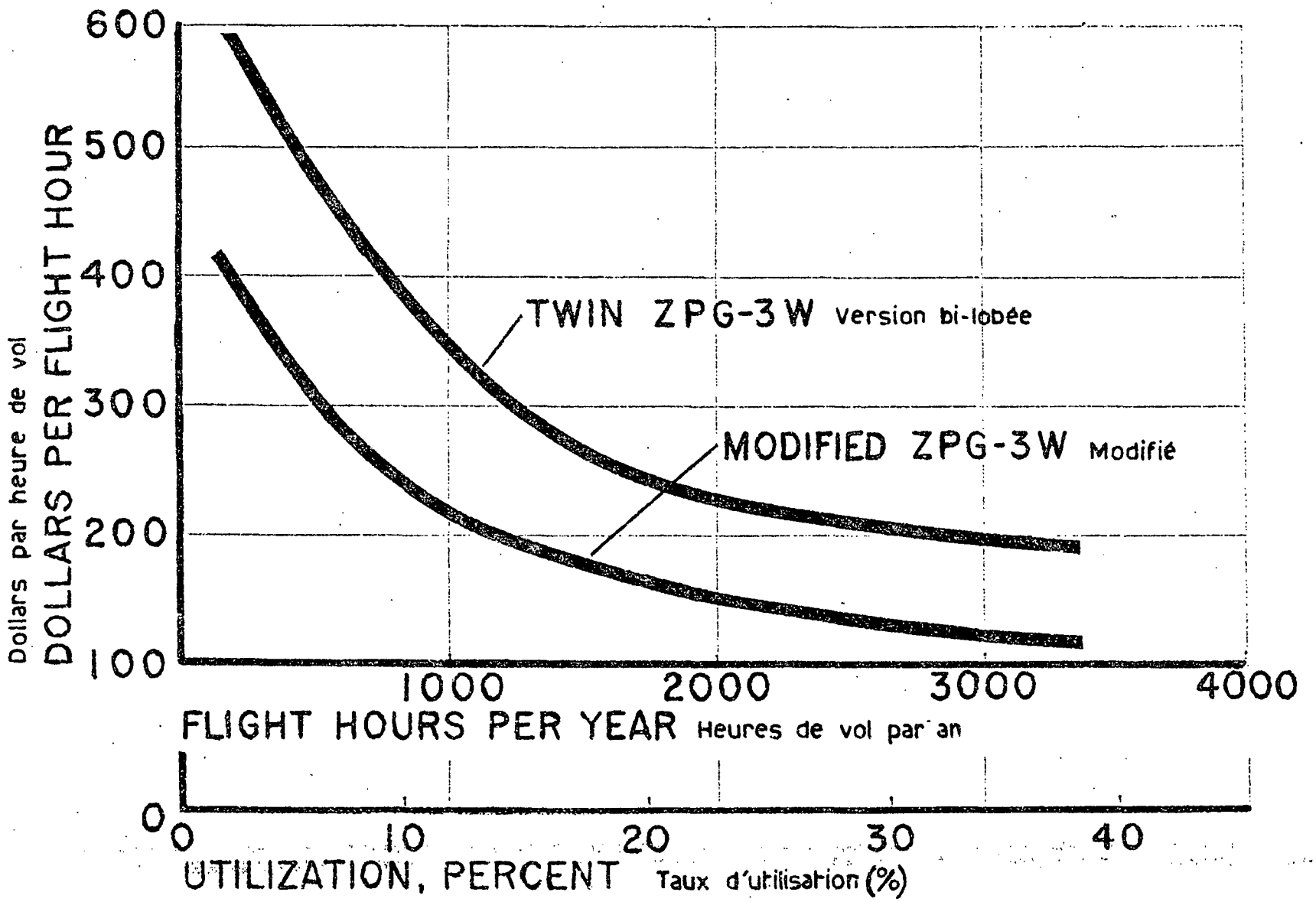
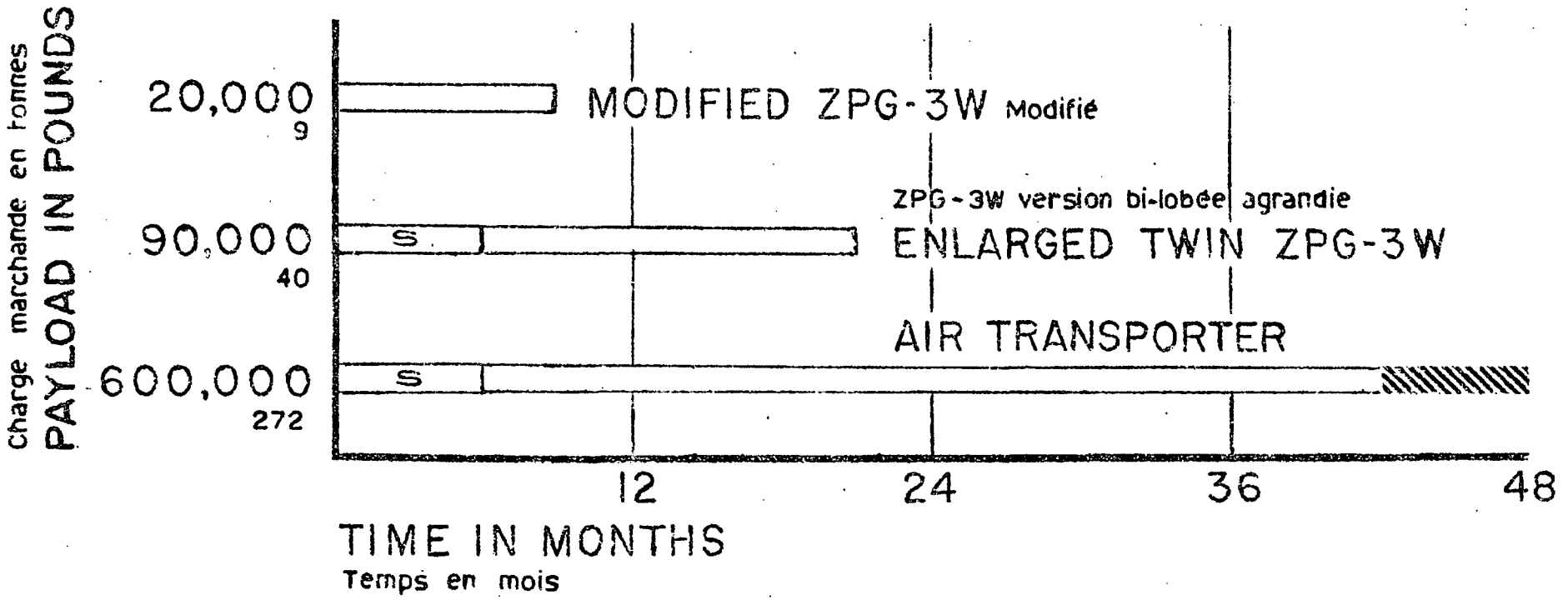


FIG. 11

SCHEDULES

TEMPS NÉCESSAIRE AVANT LA MISE EN SERVICE

GOODYEAR AIRCRAFT CORPORATION



S STUDY AND PRELIMINARY DESIGN
Etude et conception préliminaire

NUCLEAR PROPULSION
Propulsion nucléaire

fig. 12

20 f

Tous les projets que l'on vient d'examiner étaient en concurrence directe avec ceux d'Aero-Spacelines, Inc., de Santa Barbara. Les projets d'Aero-Spacelines, qui sont depuis longtemps passés au stade des réalisations, visaient à transformer des avions existants en augmentant le volume du fuselage pour permettre le transport d'étages de fusées. On a ainsi assisté à la naissance du "Pregnant Guppy" qui vola le 21 octobre 1962 (formé de deux Boeing 377 Stratocruiser et pouvant emporter une charge de 18 tonnes), du "Super-Guppy" (réalisé à partir d'un YC-97J de l'USAF et pouvant emporter 27 tonnes) qui vola le 12 août 1965, du "Mini-Guppy" qui vola pour la première fois le 24 mai 1967 et fut présenté au Salon du Bourget le 27 mai, après avoir traversé l'Atlantique. Enfin, un quatrième appareil, le "Colossal Guppy", issu de deux B-52, équipé de 12 turboréacteurs, aura un fuselage de 12 m de diamètre capable de contenir l'étage S-2 de la fusée Saturn ou 18 hélicoptères Bell.

Il convient de se demander si une telle formule est plus économique que celle envisagée par Goodyear ; quoi qu'il en soit, le Civil Aeronautics Board vient de prendre la décision d'accorder à Aero-Spacelines une licence valable immédiatement pour le transport à la demande de fret volumineux dans le monde entier et l'on vient d'apprendre que les "Guppy" seront utilisés par la firme Boeing pour transporter les sous-ensembles des B-747 (Jumbo Jet) et des B-2707 (supersoniques).

4. Le dynastat

Fort peu de détails nous ont été communiqués sur une étude, très récente et très confidentielle, de Goodyear relative à des dirigeables à propulsion nucléaire. Cette étude intitulée : "The nuclear dynastat" a été faite pour le compte de l'Air Force Cambridge Laboratories - Office of Aerospace Research - United States Air Force - Bedford (Mass.). La firme Goodyear a bien voulu en extraire deux schémas reproduits ci-contre qui donnent une idée de l'allure générale de deux appareils, l'un à trois lobes, l'autre à cinq lobes. L'appellation "dynastat", déposée par Goodyear, montre qu'il s'agit d'appareils à portance à la fois dynamique et statique. Ces appareils ne sont que des variantes du dirigeable proposé pour la phase III de l'Universal Air Carrier System que nous avons examiné plus haut.

o

o o

II - H. IRWIN & ASSOCIATES - Professeur F. MORSE (College of Engineering - Boston University - Claude C. SLATE C°

Quand le programme Aircraft Nuclear Propulsion (ANP), auquel le gouvernement américain avait consacré plus d'un milliard de dollars, fut annulé, il y a plus de sept ans, l'espoir de voir voler, au cours des années à venir, un aéronef à propulsion nucléaire s'est estompé. C'est alors que trois équipes de chercheurs ont élaboré des projets visant à installer un réacteur nucléaire dans l'énorme enveloppe d'un dirigeable rigide (1), accentuant encore ainsi la ressemblance qui existe entre ce dernier et son homologue marin, le submersible.

Les trois équipes sont convaincues que le dirigeable est un moyen idéal pour transporter, sur de grandes distances, à des vitesses relativement élevées, le fret actuellement acheminé par voie maritime. Elles ont également pensé que les réacteurs nucléaires étudiés par General Electric C° et Pratt & Whitney C°, dans le cadre du programme ANP, pourraient être utilisés pour propulser un dirigeable de 300 m de long, ayant une capacité de 400 voyageurs de première classe, de 80 tonnes de fret et un rayon d'action illimité.

L'énergie nucléaire, associée aux progrès accomplis par la technique aéronautique, a permis de révolutionner le concept du dirigeable rigide. Dans certaines de ses applications, si l'on en croit les spécialistes de la question, le dirigeable devrait même concurrencer des avions du type Lockheed C-5A. En effet, le C-5A et un dirigeable de 340.000 m3 pourraient emporter la même charge marchande mais, alors que l'avion a un rayon d'action limité à 8.000 km et doit emmener une quantité de carburant qui pèse autant que la charge marchande transportée, le dirigeable à propulsion nucléaire a un rayon d'action illimité et ne nécessite aucun ravitaillement ; en outre, le dirigeable n'a pas besoin de pistes pour atterrir ou décoller. Un autre aspect, qui ne concerne il est vrai que le contribuable américain, est la possibilité de récupérer, si les réacteurs étudiés par General Electric ou Pratt & Whitney étaient utilisés, une partie du milliard de dollars dépensé en pure perte pour le programme ANP.

Les trois équipes sont celles de Henry IRWIN & Associates (Oklahoma), du Professeur Francis MORSE, du College of Engineering de l'Université de Boston (Mass.) et de C. SLATE de Glendale (Californie).

1. H. IRWIN & Associates

L'équipe d'Henry IRWIN est formée d'experts en dirigeables travaillant en étroite liaison avec les spécialistes demeurés en Allemagne Fédérale ; ils essaient

---

(1) Pour les différentes catégories de dirigeables, on voudra bien se reporter aux définitions données en annexe.

de ressusciter le dernier grand dirigeable allemand, le LZ-130 "Graf Zeppelin II". Ce dirigeable qui devait remplacer l'"Hindenburg", détruit à Lakehurst le 6 mai 1937, vola pour la première fois le 14 septembre 1938 et fut démonté en mars/avril 1940 sur l'ordre d'Hermann Goering. Bien que l'appareil en projet* soit propulsé par des moteurs diesel, un réacteur nucléaire pourrait être facilement adapté. Ce dirigeable aurait été proposé à la NASA pour transporter les étages de lancement des véhicules spatiaux entre le lieu de leur fabrication et le centre de tir de Cap Kennedy. La NASA serait, paraît-il, intéressée par le dirigeable si celui-ci existait mais ne semble pas envisager de contribuer à sa réalisation.

Le dirigeable à moteur diesel pourrait être construit en 18 mois, avec l'aide des techniciens allemands, pour $ 12,5 millions. L'adaptation de l'énergie nucléaire nécessiterait des modifications de structure, d'où des délais supplémentaires et une augmentation du coût total qui serait alors de $ 25 millions. L'aide financière du gouvernement serait indispensable pour la réalisation du projet Irwin et ses initiateurs espèrent trouver les fonds nécessaires auprès d'Airmotive Engineering Corp.

2. Professeur F. MORSE

Au cours de notre séjour aux Etats-Unis, nous avons rencontré le Professeur Francis MORSE, du College of Engineering de l'Université de Boston, qui a réalisé une étude préliminaire très poussée d'un projet de dirigeable rigide à propulsion nucléaire.

a) Description technique du projet

Le dirigeable, étudié par l'Université de Boston et dont nous avons vu la maquette, serait réalisé sur le modèle du dirigeable allemand LZ-129 "Hindenburg" mais serait d'une taille supérieure à ce dernier ; en outre, aucune nacelle ne serait visible sous l'enveloppe qui contiendrait les aménagements destinés à recevoir les passagers ; la propulsion serait assurée par deux hélices contrarotatives de 18 m de diamètre, placées à la pointe arrière du dirigeable, et qui auraient une vitesse de rotation relativement faible de telle sorte que, pour un observateur placé au sol, l'approche de l'appareil serait absolument silencieuse. L'enveloppe, en forme de cigare, contiendrait un assemblage de poutrelles sous le revêtement de nylon et des rangées de compartiments remplis d'hélium destiné à porter les 340 tonnes du dirigeable, y compris les 54 tonnes du réacteur, de l'écran protecteur et des turbines.

---

* dont les plans auraient été cédés à Irwin par Luftschiffbau Zeppelin et qui aurait reçu la désignation de LZ-133.

Le réacteur nucléaire préconisé par le Professeur MORSE fonctionnerait sur le principe du réacteur à cycle indirect de 200 MWth étudié par Pratt & Whitney. Ce réacteur serait refroidi au lithium avec des éléments combustibles en céramique. Sa structure serait faite de métaux réfractaires, le lithium et le diluant du combustible agissant comme ralentisseurs. Le circuit primaire contenant le lithium serait entièrement réalisé en niobium. Le réacteur à cycle direct étudié par General Electric pourrait être proposé comme solution de remplacement.

La chaleur dégagée par le circuit secondaire à lithium liquide servirait à entraîner une turbine à gaz de 4.000 ch. et deux turbines à double flux de 1.000 ch., chacune fournissant un supplément de puissance. L'excédent de chaleur émanant du réacteur pourrait être occasionnellement utilisé pour dilater l'hélium et procurer ainsi, le moment voulu, une portance supplémentaire.

Le réacteur de 3,35 m de diamètre et l'écran protecteur seraient fixés sur une poutre centrale allant d'un bout à l'autre du dirigeable. Chaque partie du logement du réacteur, les circuits de métal liquide et les turbines seraient prévus pour être entièrement accessibles en vol.

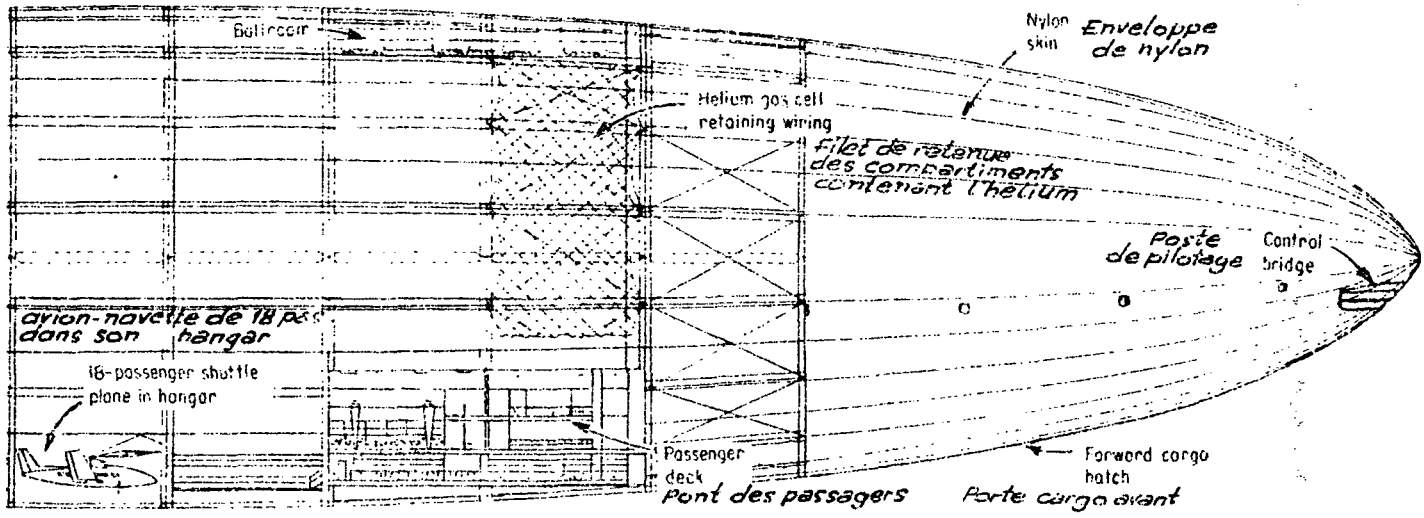
La majeure partie des travaux d'étude a déjà été accomplie par General Electric, Pratt & Whitney, le Centre Nucléaire d'Oak Ridge et d'autres organismes qui ont participé au programme ANP.

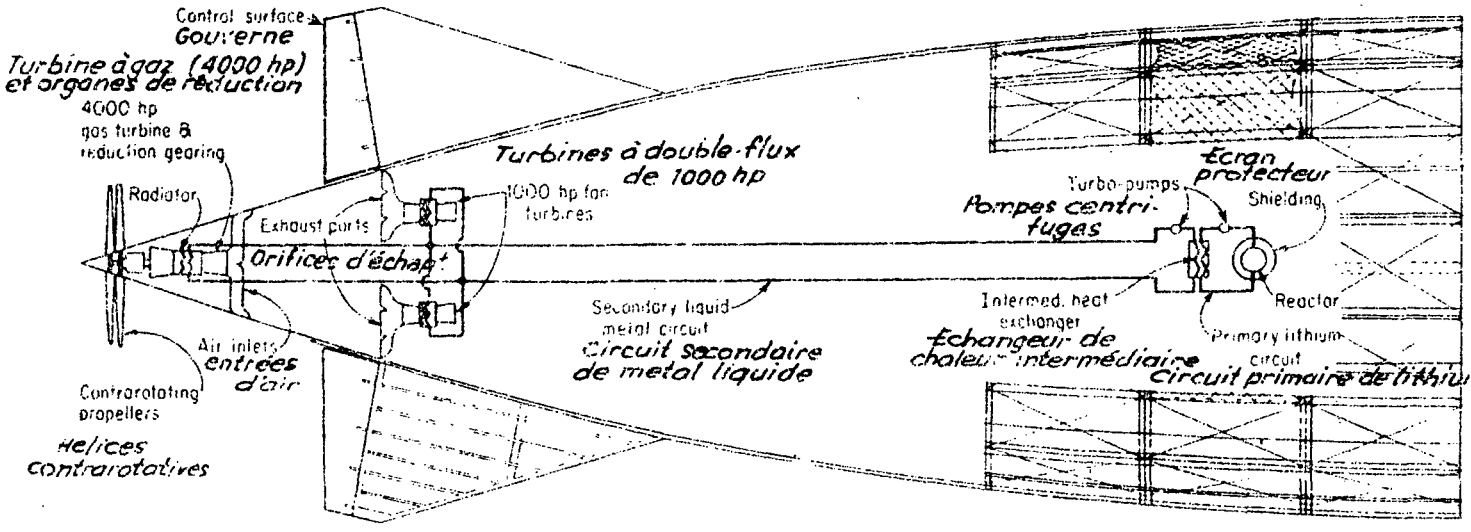
L'effet des radiations sur les matériaux de structure et les équipements a fait l'objet d'examens approfondis et les turbines à gaz ont déjà fonctionné pendant plus de 100 heures en utilisant la chaleur dégagée par le réacteur.

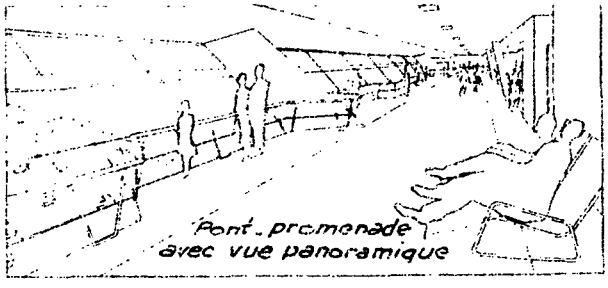
Conçu avec trois ponts plus grands que ceux du paquebot "Queen Elisabeth", le dirigeable comporterait, en outre, des cabines prévues pour recevoir 400 passagers de première classe, luxueusement aménagées ; un nombre beaucoup plus important de passagers pourrait être transporté en classe touriste. Il pourrait également transporter du fret lourd et encombrant comme des avions et des voitures ainsi que tous les bagages pesants. Outre les cabines, seraient aménagés, dans l'enveloppe, des salons-foyers et des ponts-promenade avec vue panoramique ; à la partie supérieure se trouverait une très vaste terrasse couverte, éclairée de chaque côté par deux vastes baies vitrées de 30 m de haut ; à la partie inférieure, un hangar contiendrait un avion pouvant transporter 18 passagers et destiné à effectuer des liaisons pendant le tour du monde du dirigeable.

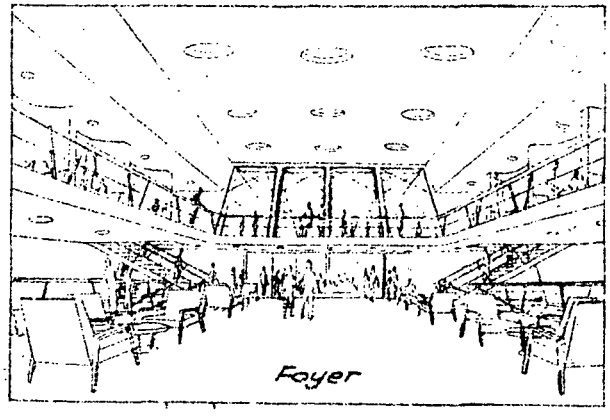
Croisant à 150 km/h, le dirigeable nucléaire mettrait 35 à 40 heures pour traverser l'Atlantique, gagnant deux à trois jours sur les bateaux tout en offrant le même confort que ces derniers. En matière de transport de fret, il pourrait, par exemple, transporter une centaine d'automobiles en quelques dizaines d'heures au lieu de quelques semaines. A l'arrivée, le dirigeable serait amarré à un mât sans avoir besoin ni de grands aéroports, ni de longues pistes.

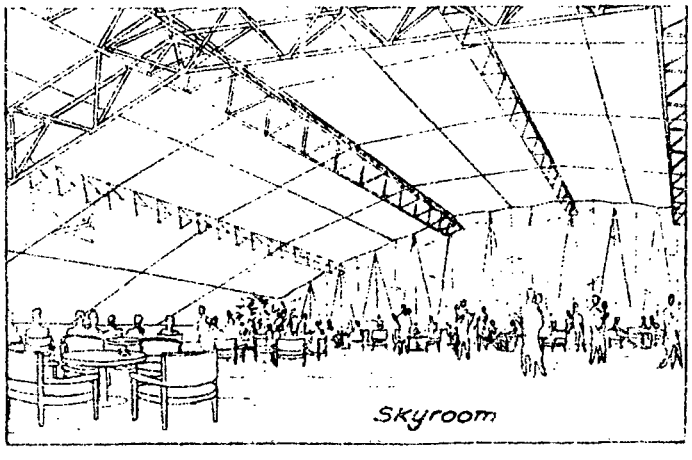
PROJET DE DIRIGEABLE ATOMIQUE *College of Engineering Boston University*











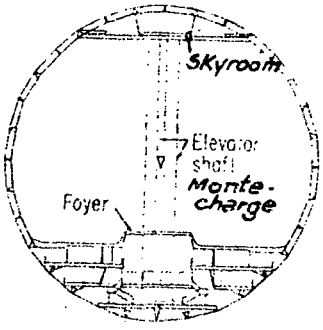


Fig.1

Du point de vue sécurité, la possibilité d'écrasement au sol et de contamination radioactive est faible ; l'élasticité de la structure et le coussin amortisseur formé par les ballonnets d'hélium empêcheraient le réacteur d'être éjecté et écrasé. Dans le vaste espace ménagé dans l'enveloppe du dirigeable, le réacteur serait suspendu de telle sorte qu'il puisse changer de position sans enfoncement.

b) Economie de l'emploi

On ne peut concevoir l'étude d'un dirigeable à propulsion nucléaire sans la comparaison du rapport puissance/poids avec les avions à réaction de fort tonnage. La puissance nécessaire, pour un DC-8, est d'un cheval-vapeur pour 3,5 kg et le poids combiné des groupes motopropulseurs et du carburant peut atteindre le tiers du poids maximum de l'avion. Si l'on adapte l'énergie nucléaire à un avion, le problème devient quasi insoluble. En effet, pour un DC-8 de 135 tonnes, le poids du seul écran protecteur, étant donné la proximité des passagers, dépasserait 114 tonnes ; il est évident qu'un tel avion ne quitterait jamais le sol. Si l'on augmente la taille de l'avion, on augmente, dans les mêmes proportions, la puissance nécessaire et, partant, le poids de l'écran protecteur. Enfin, en cas d'impact, le réacteur éclaterait et la matière fissible se répandrait sur une large étendue.

Si l'on considère le plus-léger-que-l'air, les problèmes se simplifient. Pour commencer, le rapport puissance/poids est seulement d'un cheval-vapeur pour 53 kg, soit un rapport de 15 à 1 en faveur du dirigeable. En conséquence, pour un dirigeable à propulsion nucléaire de 300 m de long avec une force ascensionnelle totale de 350 tonnes (2 fois et demie le poids au décollage du DC-8), la puissance nécessaire est seulement de 6.000 ch. (contre 40.000 pour l'avion) et le poids du réacteur, y compris l'écran de protection en plomb (55 tonnes), ne représente qu'une fraction de la force ascensionnelle totale disponible, ce qui permet d'embarquer une charge marchande plus importante à laquelle s'ajoute un rayon d'action illimité.

Le Professeur MORSE estime le coût de son dirigeable à un peu moins de $ 25 millions. Il pourrait être construit en moins de quatre ans et il serait possible pendant ce temps d'élaborer et de construire simultanément un réacteur d'après les études menées par General Electric ou Pratt & Whitney.

Le coût d'exploitation journalier serait de $ 34.000, c'est-à-dire 5,7 cents par passager-mile (ou 18 centimes par passager-km) en se basant sur un coefficient de remplissage de 60 %. Ainsi, les tarifs pratiqués par les dirigeables à propulsion nucléaire seraient environ égaux ou un peu inférieurs à la première classe sur un avion à réaction ou un navire. Le tarif fret à 6,3 cents par ton-mile serait compétitif avec ceux pratiqués par les moyens de transport de surface, selon la nature du fret.

REPARTITION DES DEPENSES JOURNALIERES PAR POSTE D'EXPLOITATION

ET DEPENSES PAR MILE, PAR PASSAGER-MILE, PAR TON-MILE POUR UN DIRIGEABLE DE 340.000 m^3

(4 configurations)

	Transport de passagers		Transport de fret	
	nucléaire	non nucléaire	nucléaire	non nucléaire
Amortissement journalier	5.500 $	4.100 $	5.000 $	3.600 $
Charge financière moyenne (ou recette)	1.600 $	1.200 $	1.500 $	1.100 $
Equipage	4.700 $	4.300 $	2.400 $	2.000 $
Salaires du personnel au sol	2.600 $	2.600 $	1.600 $	1.600 $
Carburant	-	1.400 $	-	1.200 $
Provisions	2.300 $	2.300 $	300 $	300 $
Entretien	900 $	600 $	600 $	500 $
Publicité	1.500 $	1.500 $	400 $	400 $
Assurance	800 $	800 $	400 $	400 $
Redevances	600 $	600 $	300 $	300 $
Taxes	1.800 $	1.600 $	1.700 $	1.200 $
Total des dépenses journalières	22.300 $	21.000 $	14.200 $	12.600 $
Coût par mile	12,40 $	12,30 $	8,85 $	8,40 $
Coût par ton-mile	-	-	0,065 $	0,062 $
Coût par passager-mile	0,052 $	0,051 $	-	-

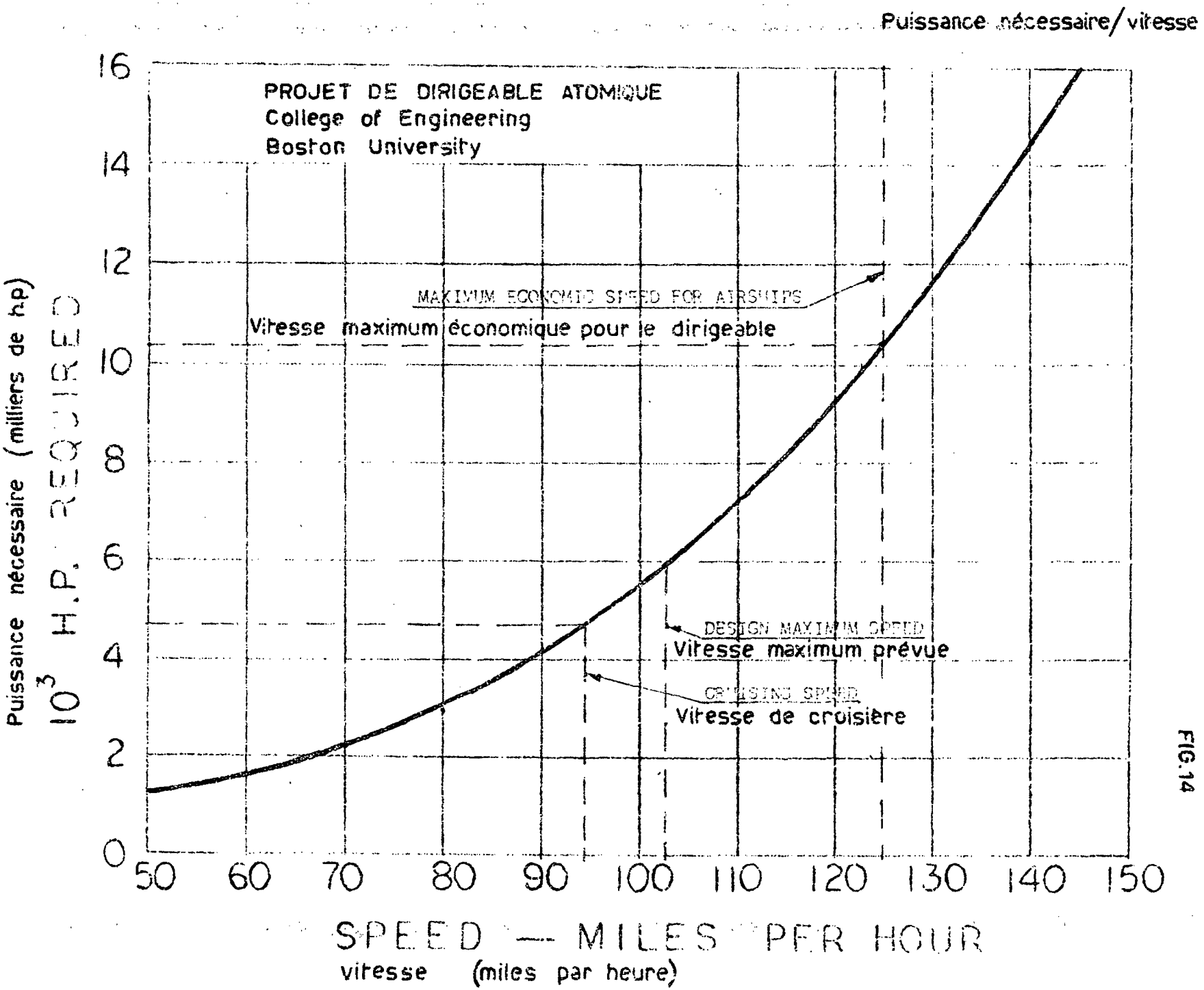

Puissance nécessaire/vitesse
PROJET DE DIRIGEABLE ATOMIQUE
College of Engineering
Boston University
MAXIMUM ECONOMIC SPEED FOR AIRSHIPS
Vitesse maximum économique pour le dirigeable
DESIGN MAXIMUM SPEED
Vitesse maximum prévue
CRUISING SPEED
Vitesse de croisière
Puissance nécessaire (milliers de hp)
10^3 H.P. REQUIRED
0
2
4
6
8
10
12
14
16
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
SPEED — MILES PER HOUR
vitesse (miles par heure)

FIG. 14

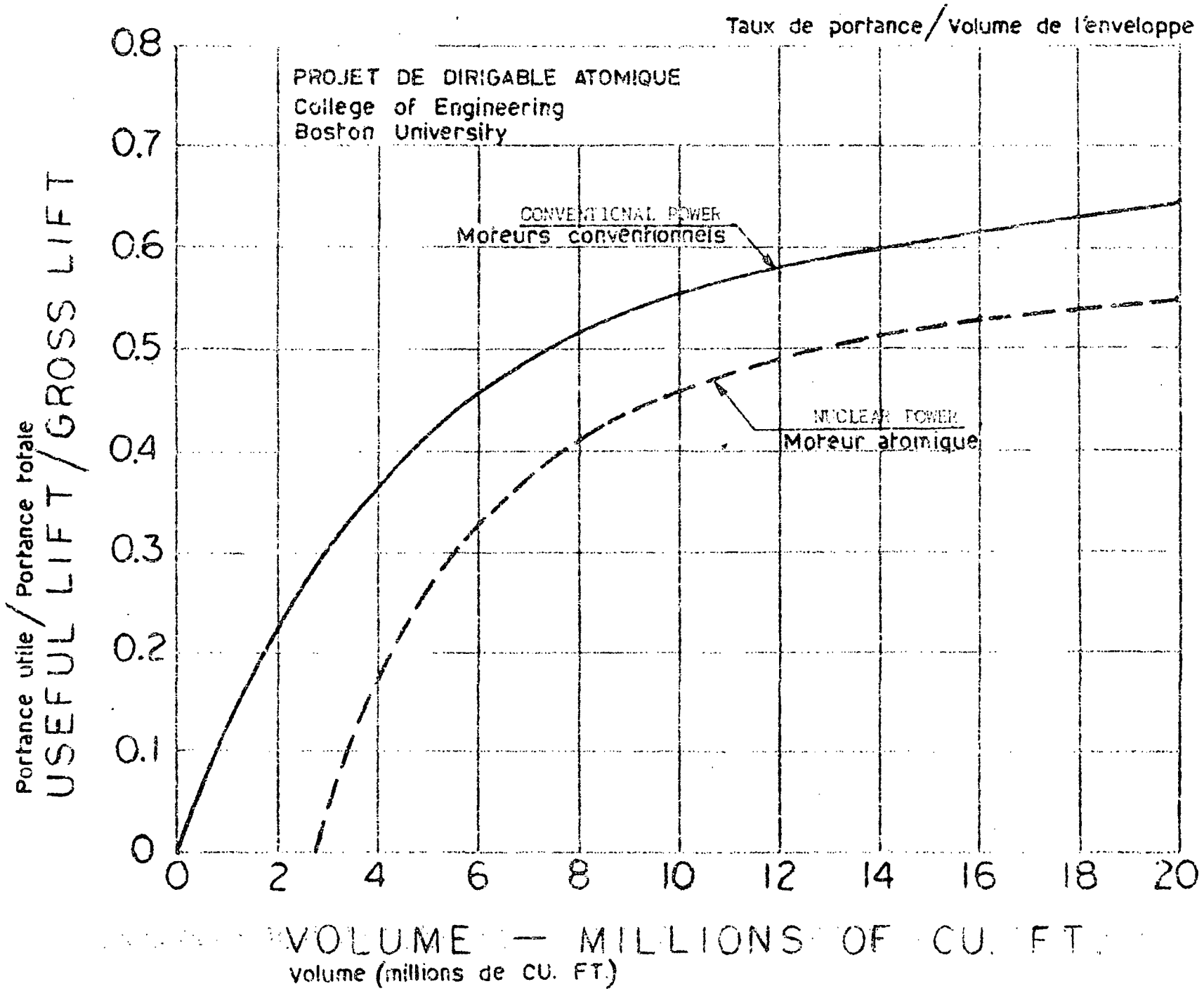

Taux de portance / Volume de l'enveloppe
PROJET DE DIRIGABLE ATOMIQUE
College of Engineering
Boston University
CONVENTIONAL POWER
Moteurs conventionnels
NUCLEAR POWER
Moteur atomique
Portance utile / Portance totale
USEFUL LIFT / GROSS LIFT
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
VOLUME — MILLIONS OF CU. FT.
Volume (millions de CU. FT.)

FIG. 15

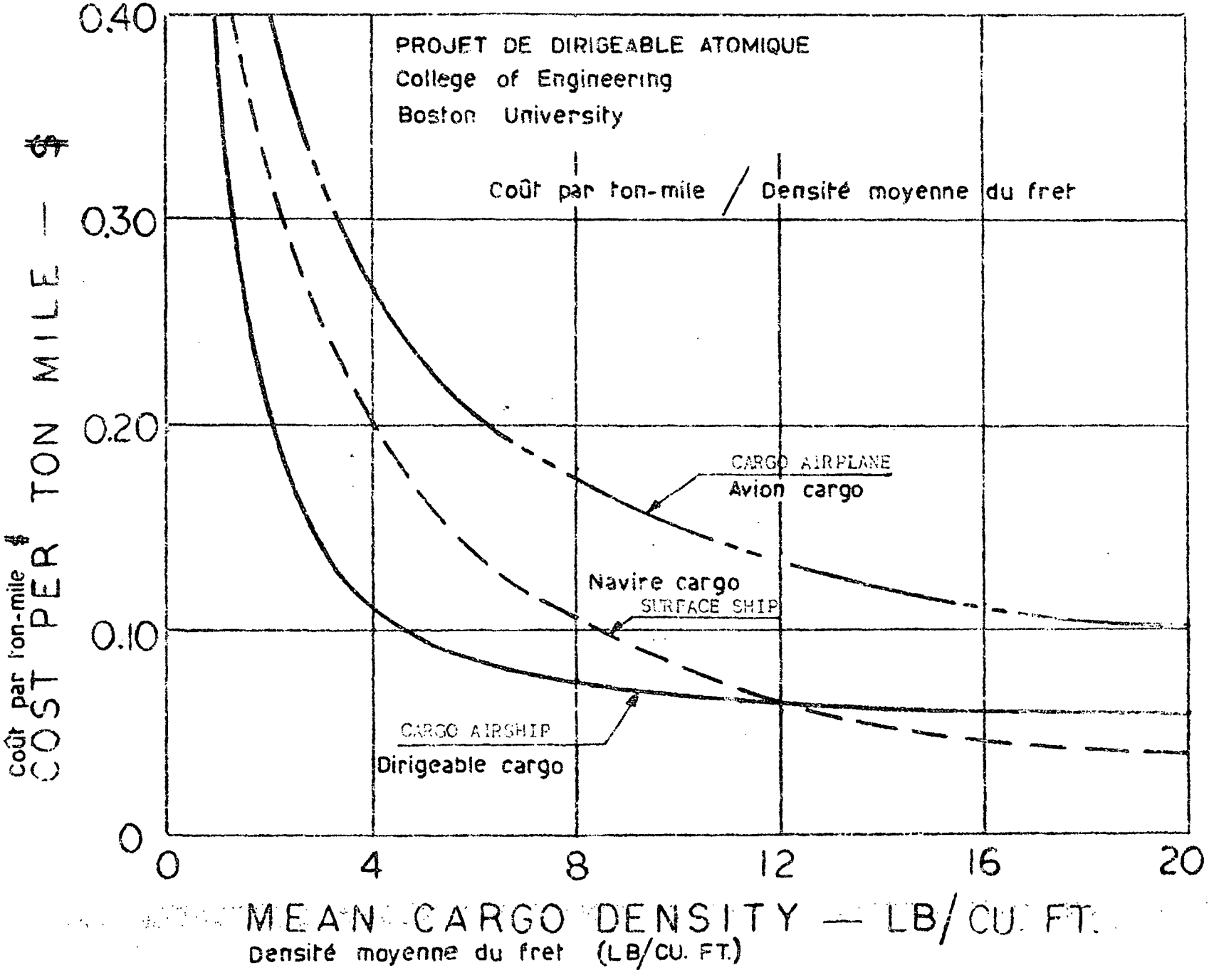

PROJET DE DIRIGEABLE ATOMIQUE
College of Engineering
Boston University
Coût par ton-mile / Densité moyenne du fret
CARGO AIRPLANE
Avion cargo
Navire cargo
SURFACE SHIP
CARGO AIRSHIP
Dirigeable cargo
Coût par ton-mile $
COST PER TON MILE — $
0.40
0.30
0.20
0.10
0
0
4
8
12
16
20
MEAN CARGO DENSITY — LB/CU. FT.
Densité moyenne du fret (LB/CU. FT.)

FIG. 16

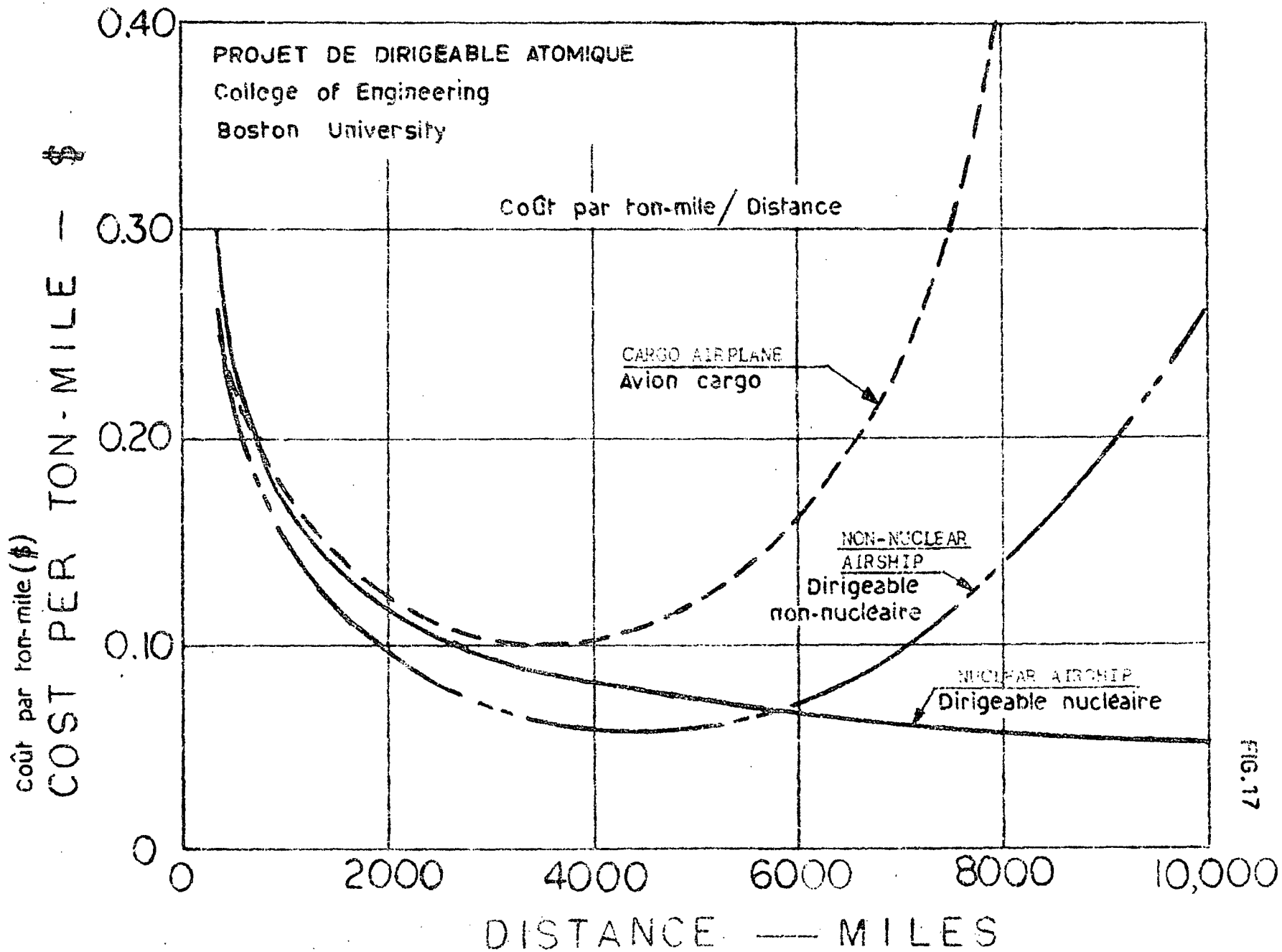

PROJET DE DIRIGEABLE ATOMIQUE
College of Engineering
Boston University
Coût par ton-mile / Distance
CARGO AIRPLANE
Avion cargo
NON-NUCLEAR AIRSHIP
Dirigeable non-nucléaire
NUCLEAR AIRSHIP
Dirigeable nucléaire
Coût par ton-mile ($)
COST PER TON-MILE — $
0.40
0.30
0.20
0.10
0
0
2000
4000
6000
8000
10,000
DISTANCE — MILES

FIG. 17

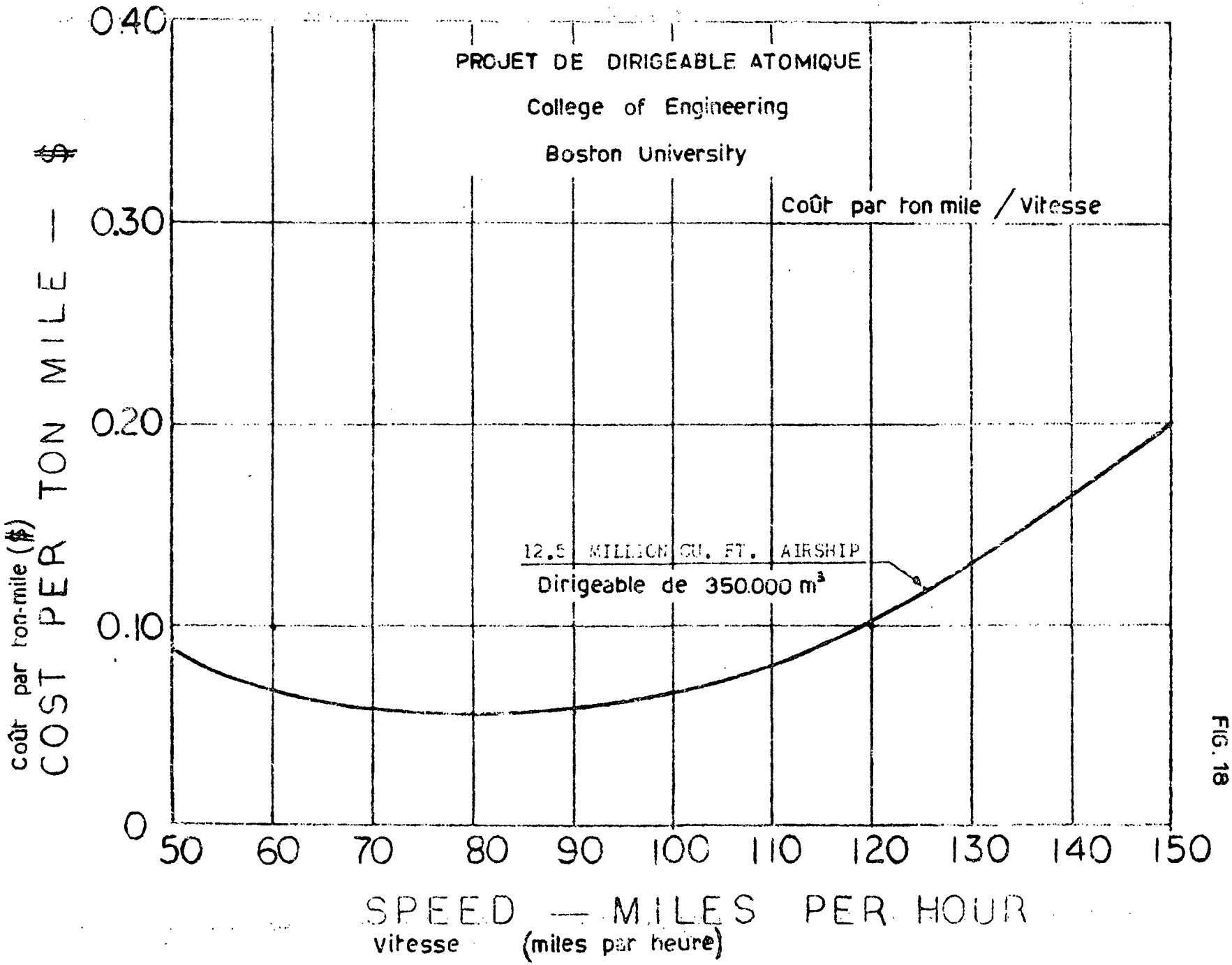

PROJET DE DIRIGEABLE ATOMIQUE
College of Engineering
Boston University
Coût par ton mile / Vitesse
12.5 MILLION CU. FT. AIRSHIP
Dirigeable de 350.000 m³
0.40
0.30
0.20
0.10
0
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
COST PER TON MILE — $
Coût par ton-mile ($)
SPEED — MILES PER HOUR
Vitesse (miles par heure)

FIG. 18

CARACTERISTIQUES COMPAREES DES DIVERSES CONFIGURATIONS POSSIBLES D'UN DIRIGEABLE DE 340.000 m^3

	Transport de passagers et de fret		Transport de fret	
	nucléaire	non nucléaire	nucléaire	non nucléaire
Nombre d'appareils	6	6	6	6
Prix par appareil	20.000.000 $	15.000.000 $	18.000.000 $	13.000.000 $
Nombre d'heures de vol par jour	18	17	16	15
Période d'amortissement	10 ans	10 ans	10 ans	10 ans
Nombre de miles parcourus par jour	1.800	1.700	1.600	1.500
Taux de remplissage	0,60	0,60	0,90	0,90
Nombre de passagers	240	240	-	-
Capacité (tons)	-	-	135	135

3. Claude C. SLATE C°

Le dirigeable à revêtement métallique (1) SMD-100, conçu en 1961, avait été étudié pour transporter 110 tonnes de charge marchande à une vitesse de 130 km/h, en particulier les étages des fusées Saturn et Nova.

Un dirigeable du même genre avait été construit en 1929 par Thomas B. SLATE, oncle de Claude C. SLATE. Cet appareil n'avait jamais volé, soi-disant par suite du manque de crédits et de la crise financière qui marqua cette époque, mais surtout par suite d'un incident survenu lors du remplissage de l'enveloppe qui éclata sous la pression de l'hélium.

a) Description

L'enveloppe du SMD-100, entièrement métallique et étanche, était destinée à contenir l'hélium, sans qu'il soit besoin de recourir à des compartiments spéciaux ; il s'agissait là d'une simplification par rapport à la structure interne complexe des dirigeables du type Zeppelin. Elle était formée de 236 bandes d'alliage d'aluminium de 4 mm d'épaisseur fixées sur des couples circulaires.

Des ballonnets d'air, installés à l'avant et à l'arrière du centre de gravité, étaient utilisés pour contrôler automatiquement la pression interne et compenser les variations dues à la température et à l'altitude.

La propulsion du SMD-100 s'effectuait suivant le principe du "déplacement d'air". La turbine Allison entraînait une turbo-aspirante montée dans le nez du dirigeable de telle sorte qu'il progressait comme aspiré par lui-même.

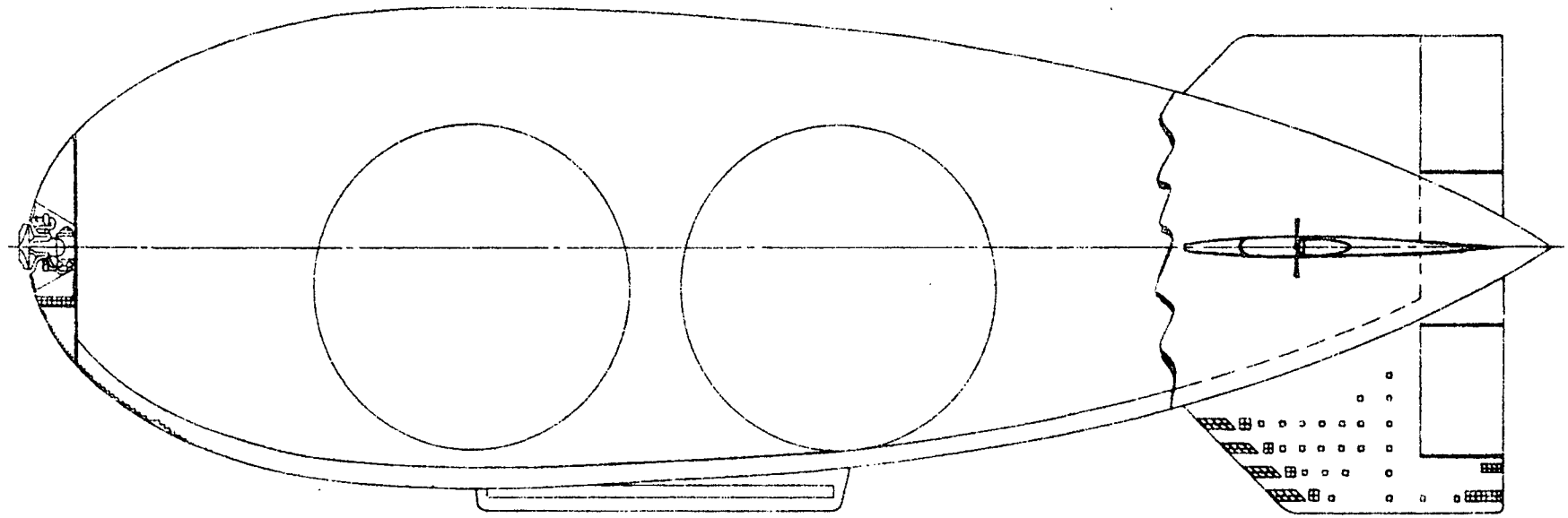
Des moteurs auxiliaires munis d'hélices, montés de chaque côté de l'enveloppe à l'arrière, sur le plan fixe, devaient fournir l'énergie nécessaire aux servitudes et, en pivotant, devaient aider aux manoeuvres de précision au voisinage du sol.

Un modèle à propulsion nucléaire d'une taille plus importante, avec une capacité d'hélium de 283.000 m3, avait été étudié pour être équipé d'un réacteur nucléaire SNAP II. Etant donné la distance importante séparant le réacteur du poste d'équipage, il n'était pas nécessaire de prévoir une protection trop importante contre les radiations.

---

(1) Pour les différentes catégories de dirigeables, on voudra bien se reporter aux définitions données en annexe.

CLAUDE C. SLATE C° Dirigeable à revêtement métallique



SLATE ALL-METAL DIRIGIBLE

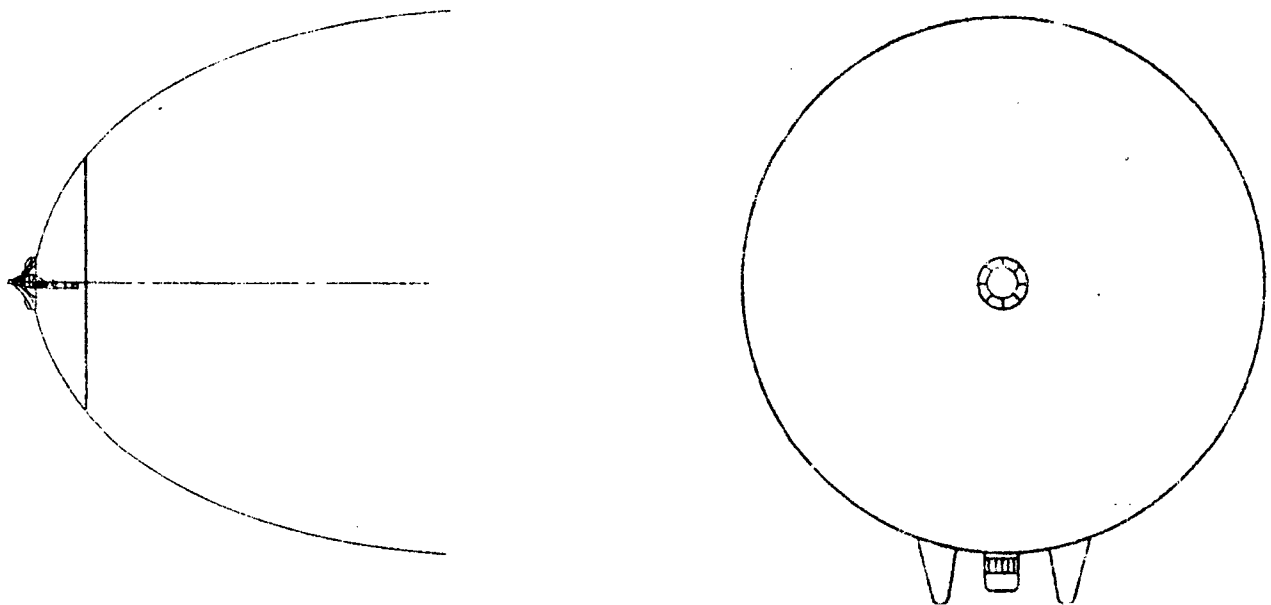


Fig. 19

La partie inférieure de la dérive était divisée verticalement en six ponts aménagés en poste d'équipage et atelier, le pont inférieur contenant le poste de pilotage.

"L'atterrissage" se pratiquait d'une façon originale en larguant un grand container de carburant réuni à l'appareil par un tuyau et qui faisait office d'ancre. Le dirigeable restait normalement amarré au-dessus à une hauteur du sol comprise entre 15 et 60 mètres.

b) Caractéristiques du SMD-100

Dimensions

Longueur de l'enveloppe	: 174 m
Diamètre de l'enveloppe	: 54 m
Hauteur maximum	: 57 m
Largeur de la cabine	: 2,75 m

Volume

Déplacement total de l'enveloppe	: 246.000 m3
Déplacement total des ballonnets	: 48.000 m3
Rapport du volume des ballonnets à celui de l'enveloppe	: 20 %
Capacité d'hélium au décollage	: 223.000 m3

Masses

Poids à vide	: 93 tonnes
Charge utile	: 129 tonnes
Equipage de 25 hommes	: 2,38 tonnes
Carburant et lubrifiant	: 33 tonnes
Ballast	: 4 tonnes
Fret (décollage statique)	: 89 tonnes
Fret (décollage dynamique)	: 110 tonnes
Capacité maximum de carburant ou de ballast	: 154 tonnes

Groupes motopropulseurs

Principal : 1 x Allison 510-H2	: 5.000 hp
Auxiliaires : 2 x 250 hp	: 500 hp

Performances

Force ascensionnelle au décollage	: 223 tonnes
Rayon d'action (avec 33 t de carburant)	: 3.860 km
Vitesse maximum (4672 shp)	: 160 km/h
Vitesse de croisière (3836 shp)	: 130 km/h
Plafond pratique	: 2.300 m

Finesse : 3,22

Capacité de la cabine : 44 hommes

Nombre de soupapes d'air	: 2
Nombre de soupapes d'hélium	: 4

c) Perspectives économiques

Selon M. SLATE, le premier SMD-100 aurait pu être prêt à voler 18 mois après la décision de lancement. Le coût total de la construction aurait été de $ 14.599.728, y compris l'outillage, la construction d'un hangar et 3 mois d'essais en vol.

Bien que le dirigeable eut été capable d'un service continu, à l'exception des courtes périodes nécessaires pour charger et décharger le fret et vérifier toutes les 2.000 heures les groupes motopropulseurs, une durée d'utilisation journalière de 20 heures et de 300 jours par an avait paru raisonnable. Si l'on se basait sur une capacité de 100 tons et un rayon d'action de 2.400 miles, la productivité atteignait 48.000.000 ton-miles par an pour une dépense totale de $ 3.549.060. En considérant que l'investissement nécessaire était amorti en 3 ans, le coût d'exploitation mensuel se serait monté à $ 701.255, soit 17,5 cents par ton-mile. Ce coût aurait pu, bien entendu, être considérablement réduit si l'on avait choisi une période d'amortissement plus longue.

Un second dirigeable aurait coûté seulement $ 8.000.000, le troisième et les suivants $ 6.000.000 chacun, ce qui aurait permis, avec une période d'amortissement de 5 ans, d'abaisser le coût d'exploitation bien au-dessous de 10 cents par ton-mile, c'est-à-dire à un taux vraiment compétitif sur le marché du transport.

Une étude d'exploitation effectuée par C. SLATE montrait qu'une flotte de 142 SMD-100 à propulsion nucléaire était nécessaire pour transporter la même quantité de fret que 130 avions quadriturboréacteurs Lockheed C-141, en un mois donné, ou que 48 CX-4 (avion alors en projet).

CARACTERISTIQUES COMPAREES DU C-141, DU CX-4 ET DU SMD-100

Type	Coût unitaire ($)	Nombre d'appareils proposés	Vitesse (km/h)	Rayon d'action (km)	Capacité (tonnes)	Coût total ($)
C-141	6.000.000	130	800	6.450	31	780.000.000
CX-4	20.000.000	48	800	6.450	72	1.000.000.000
SMD-100	5.824.138	142	160	illimité	105	827.026.633

PRODUCTIVITE COMPAREE DU C-141, DU CX-4 ET DU SMD-100

Nombre d'appareils	Type	Productivité (ton-miles par semaine)
130	C-141	191.100.000
48	CX-4	161.280.000
142	SMD-100	191.100.000

A Los Angeles, nous avons rencontré également M. John W. RODA, d'origine autrichienne, qui fut le chef-mécanicien du dirigeable à revêtement métallique ZMC-2 (Zeppelin Metal-Clad-2).

L'enveloppe de ce petit dirigeable de 5.660 m3, construit par Aircraft Development Corp., de Detroit (Michigan), était formée de bandes de duralumin de 2,4 mm d'épaisseur, fixées sur une structure composée de 24 lisses et de 12 couples circulaires ; l'ensemble était recouvert de feuilles du même métal dont l'épaisseur était comprise entre 12 et 17/100è mm ; le tout était assemblé par 3 millions de rivets.

Ce dirigeable entra en service dans l'US Navy en 1929 pour prouver la validité de la formule réalisée avec le minimum d'investissements, de main-d'oeuvre, de matériaux et de durée de construction ; mais il était trop petit pour avoir des applications valables sur le plan militaire ou commercial et, après avoir navigué sans incident pendant plus de 12 ans, il fut réformé et vendu à la ferraille.

Un appareil de grande taille, basé sur le même principe, fut étudié mais ne fut jamais réalisé. Sa capacité d'hélium était de 107.000 m3, sa longueur de 167 mètres et son diamètre de 37 mètres. Propulsé par 8 moteurs d'une puissance totale de 5.000 ch., il devait voler à 161 km/h sur 7.000 km avec un équipage de 40 hommes.

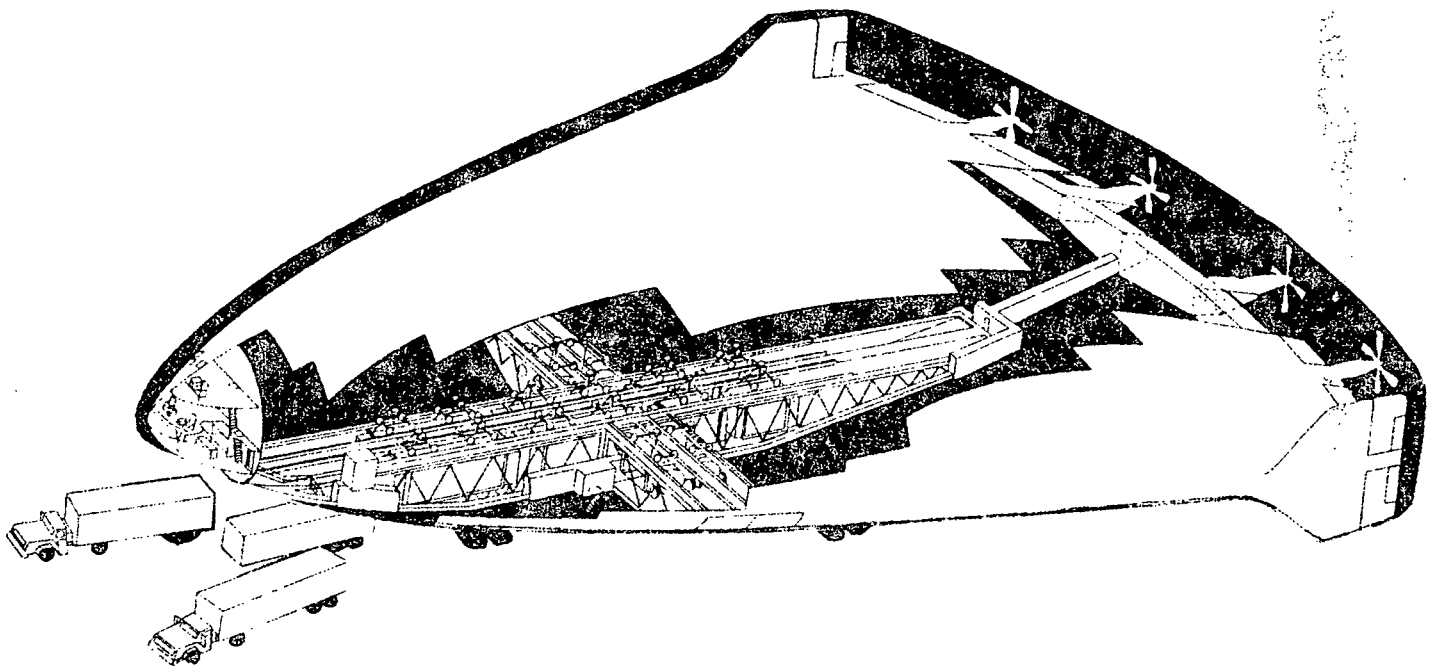
o

o o

III - AEREON CORP.

La direction d'Aereon Corp. est, signalons-le, confiée à des personnalités appartenant à divers milieux techniques, financiers ou scientifiques qui y consacrent une bonne partie du temps pris sur leurs activités professionnelles ou leurs loisirs et participent personnellement au financement de l'entreprise. C'est ainsi que l'on y trouve, notamment, un clergyman, Commander de l'US Navy, ancien aumônier de la flotte du Pacifique durant la deuxième guerre mondiale mais aussi ingénieur de l'aéronautique ; un directeur de banque, président de la National Small Business Association; un brigadier-général, ancien gouverneur militaire de la Corée ; un ancien ingénieur en chef de la firme Focke-Wulf et d'anciens navigants de l'US Navy (l'un a 12.000 h de vol sur dirigeable, un autre est recordman du monde d'endurance et de distance également sur dirigeable).

fig.20



AEREON 340

Le but poursuivi par la firme est d'étudier et de réaliser un aéronef d'un emploi suffisamment économique et souple pour rendre le transport aérien vraiment compétitif avec les autres moyens de surface. Tout en tenant compte à la fois de l'expérience acquise dans le passé dans le domaine du plus-léger-que-l'air, et des possibilités actuelles de la technique aéronautique, Aereon Corp. a mis en évidence un besoin socio-économique pour un tel moyen de transport par une estimation prudente des coûts, des problèmes à résoudre et des possibilités. Il a été possible d'approcher la solution la plus compétitive grâce à une recherche systématique de la "faisabilité" d'un compromis entre les caractéristiques aérodynamiques et aérostatiques d'un aéronef susceptible de remplir une telle mission.

Un appareil expérimental, l'Aereon III A, réalisé il y a plus de cinq ans, comportait trois enveloppes rigides parallèles et réunies par des moignons d'aile pourvus d'un véritable profil. Sa longueur était de 25,90 m, sa largeur de 17,05 m et sa hauteur de 6,40 m. Cet appareil, propulsé par une turbine Solar de 80 ch. entraînant une hélice de grand diamètre, a été endommagé lors d'essais de roulement au sol dont nous avons eu un aperçu à Trenton lors d'une séance de projection. C'était le prototype d'un appareil de plus grande taille, l'Aereon III B, capable d'emporter 2 tonnes de charge et de voler à une vitesse de 105 km/h à une altitude de 2.600 m. Finalement, ces deux appareils ont été abandonnés au profit, semble-t-il, d'un projet très différent quant à l'allure générale : l'Aereon 340.

Très peu de renseignements d'ordre technique nous ont été révélés bien que le dossier de construction soit pratiquement réalisé ; ce qu'on a bien voulu nous communiquer des études effectuées sur le plan économique et, en particulier, la comparaison du coût d'exploitation de l'Aereon avec celui d'un Jumbo Jet - qui est, sans aucun doute, le Boeing 747 F - nous a paru mériter quelque intérêt.

L'Aereon 340

a) Description technique

L'appareil a la forme d'un triangle dont la hauteur est de 340 pieds (d'où le nom de 340) ou 103 m et dont la base mesure 78 m. Il a été étudié pour transporter 125 tonnes de fret sur une distance de 4.000 km, à 240 km/h de croisière et à 3.600 m d'altitude. Il peut utiliser des pistes de 900 m de long et, actuellement, un terrain en herbe de 20 à 25 hectares de superficie serait suffisant tant l'appareil est peu pesant.

La propulsion de l'Aereon est assurée par quatre turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne de 5.500 hp chacun, qui sont montés sur le bord de fuite de l'aile delta. Le carburant est contenu dans des réservoirs interchangeables, ce qui rend les opérations d'avitaillement particulièrement rapides. L'équipage prévu est de quatre hommes, dont un mécanicien.

L'hélium, logé à l'intérieur de l'appareil dans de grandes enveloppes, devrait normalement rendre ce dernier plus léger que l'air ; cependant, la portance aérostatique procurée par l'hélium est volontairement limitée de façon à rendre l'Aereon légèrement plus lourd que l'air. Cette particularité permet au pilote de poser le 340 comme un avion, sans l'aide du traditionnel équipage de servitude au sol qui saisit les amarres des dirigeables. L'Aereon peut également se passer des procédures compliquées de lestage et de délestage et sa stabilité au sol est suffisante pour qu'il puisse rouler et se diriger par ses propres moyens, sans qu'il soit nécessaire de le prendre en remorque.

Dans son énorme ventre, l'appareil pourra transporter, selon le système roll-on/roll-off, avec tous les avantages que ce système présente, six remorques routières de dimensions standard (8' x 8' x 20' ou 2,43 x 2,43 x 12 m) ou six containers de même taille. L'équipement de manutention est logé dans l'appareil et le chargement ou le déchargement ne nécessitent l'intervention d'aucun moyen aéroportuaire.

Au sol, les camions semi-remorques reculent sous l'appareil, des treuils roulant sur des rails parallèles soulèvent les remorques ou les containers et les transportent dans la soute à fret.

En vol, le chargement demeure suspendu et arrimé aux treuils. A destination, on assiste à l'opération inverse.

Pendant les opérations de chargement ou de déchargement, les réservoirs vides sont retirés et remplacés par des réservoirs pleins.

La plus grande partie des travaux d'entretien, à l'exception des réparations importantes, pourraient être accomplis en vol par le mécanicien (c'est là une survivance du dirigeable).

b) Perspectives économiques

Le Président d'Aereon Corp. affirme que l'appareil pourrait dépasser toutes les prévisions qui ont été faites en matière de transport de fret. Le coût direct d'exploitation prévu pour transporter 118 tonnes sur 4.800 km est de 1,6 cent par ton-mile, soit 5 centimes par tonne-km. En doublant le coût direct d'exploitation, il en coûterait un peu plus de 3 cents par ton-mile à l'expéditeur, soit 10 centimes à la tonne-km. Enfin, en doublant encore cette dépense, pour tenir compte de toutes les charges d'exploitation, on arriverait ainsi à un prix maximum de 6 cents à la ton-mile, soit 20 centimes à la tonne-km. A ce prix, les instigateurs du projet Aereon pensent que le transport aérien peut vraiment concurrencer la route et le rail.

fig. 21

AEREON CORPORATION
Mercer County Airport, Trenton, N. J. 08628

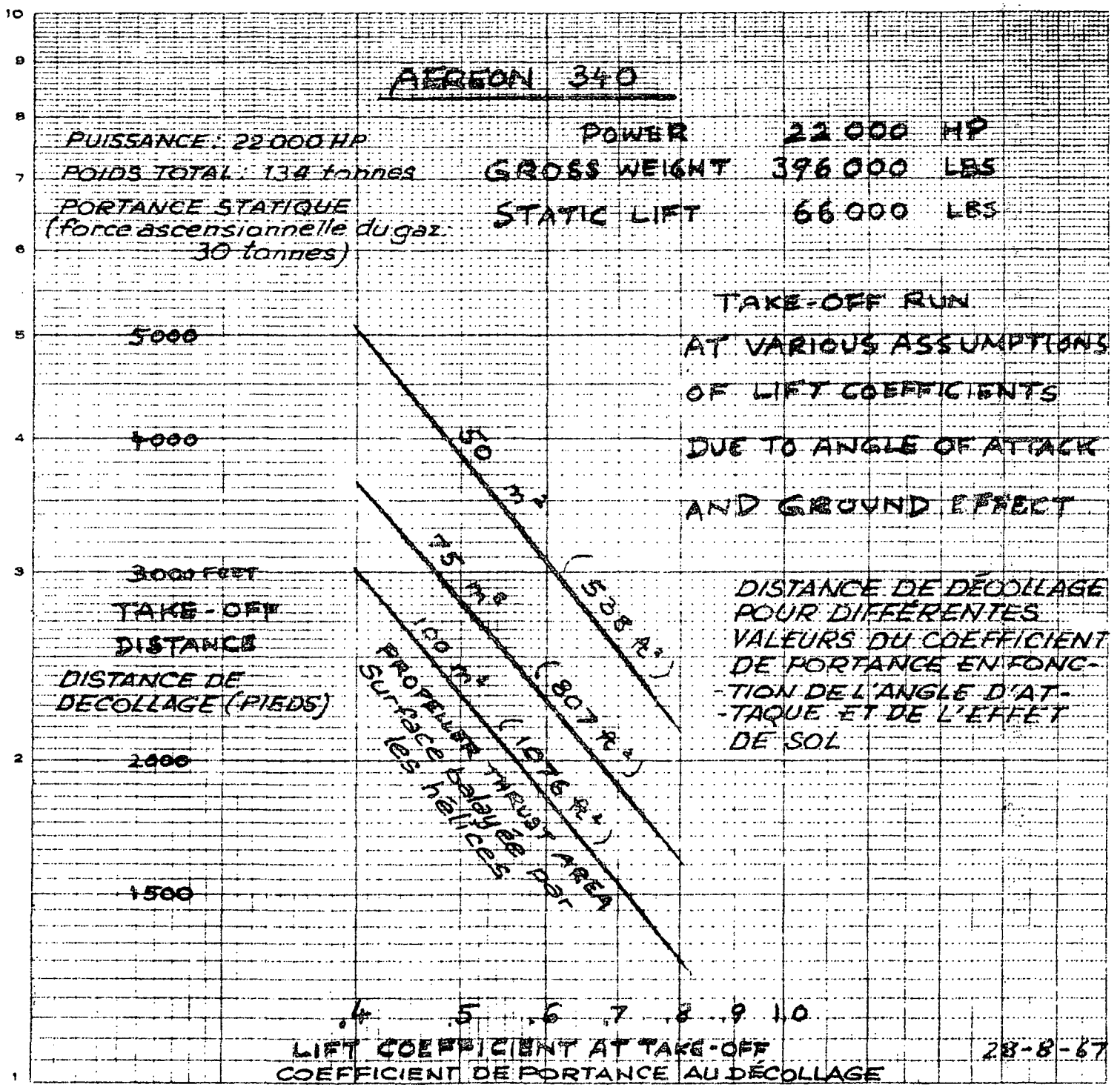
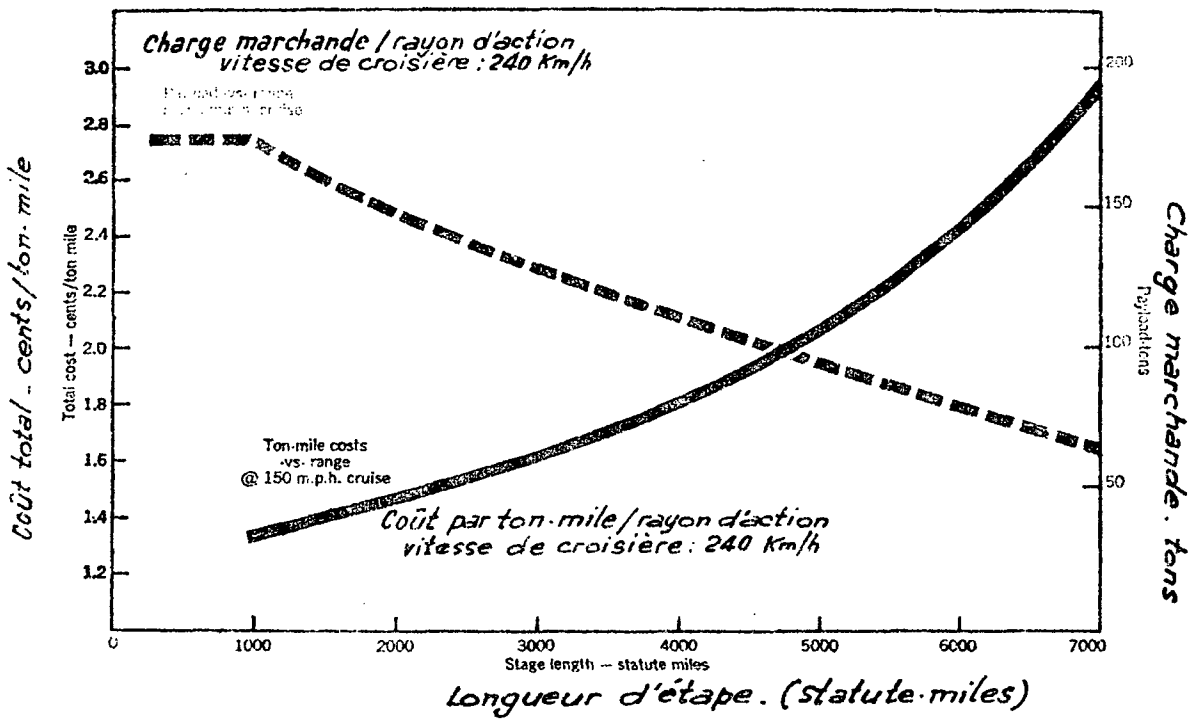


fig. 22



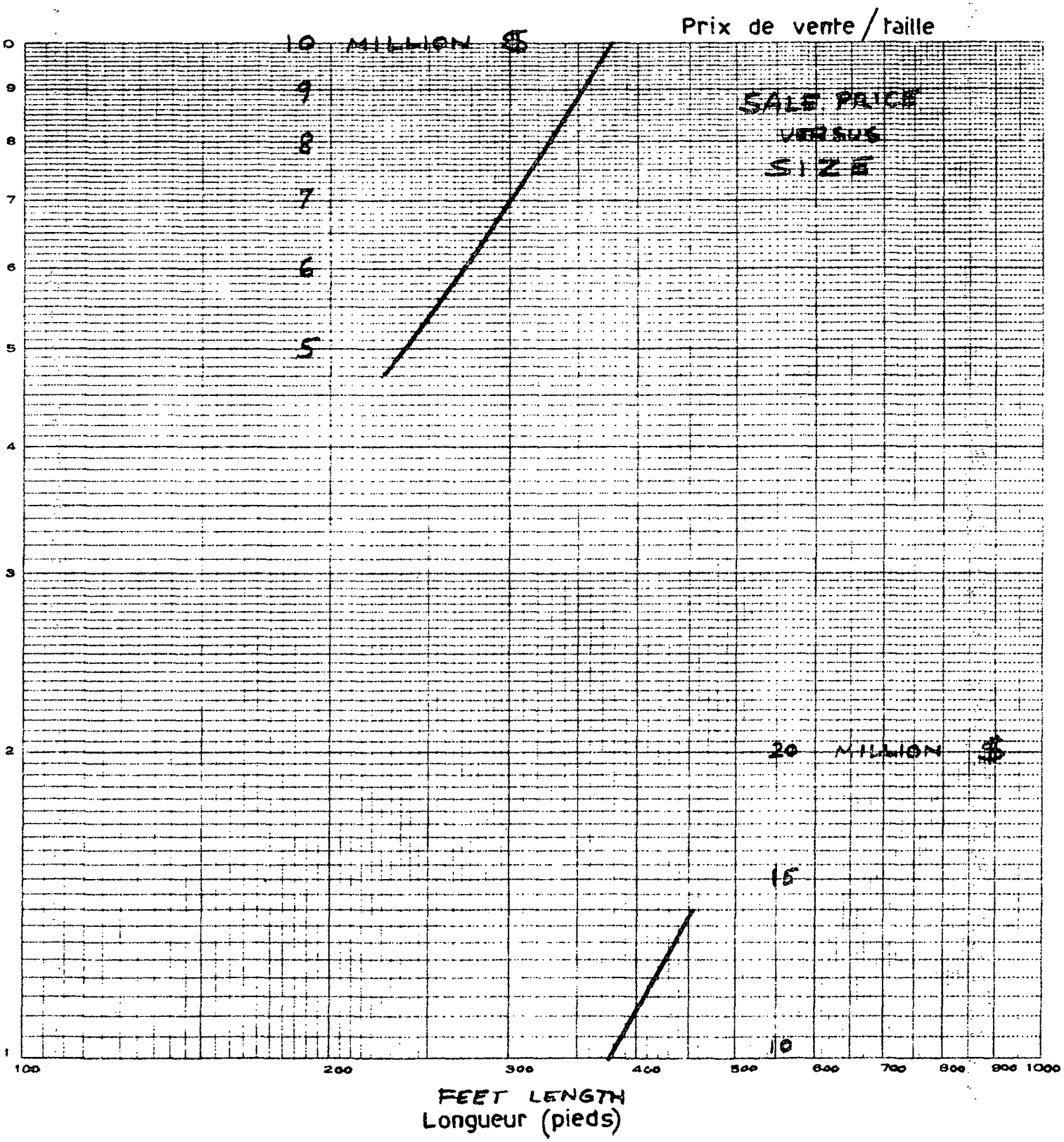
AEREON 340

AEREON CORPORATION

Mercer County Airport, Trenton, N. J. 08628

FIG. 23

AEREON 340



28-8-67

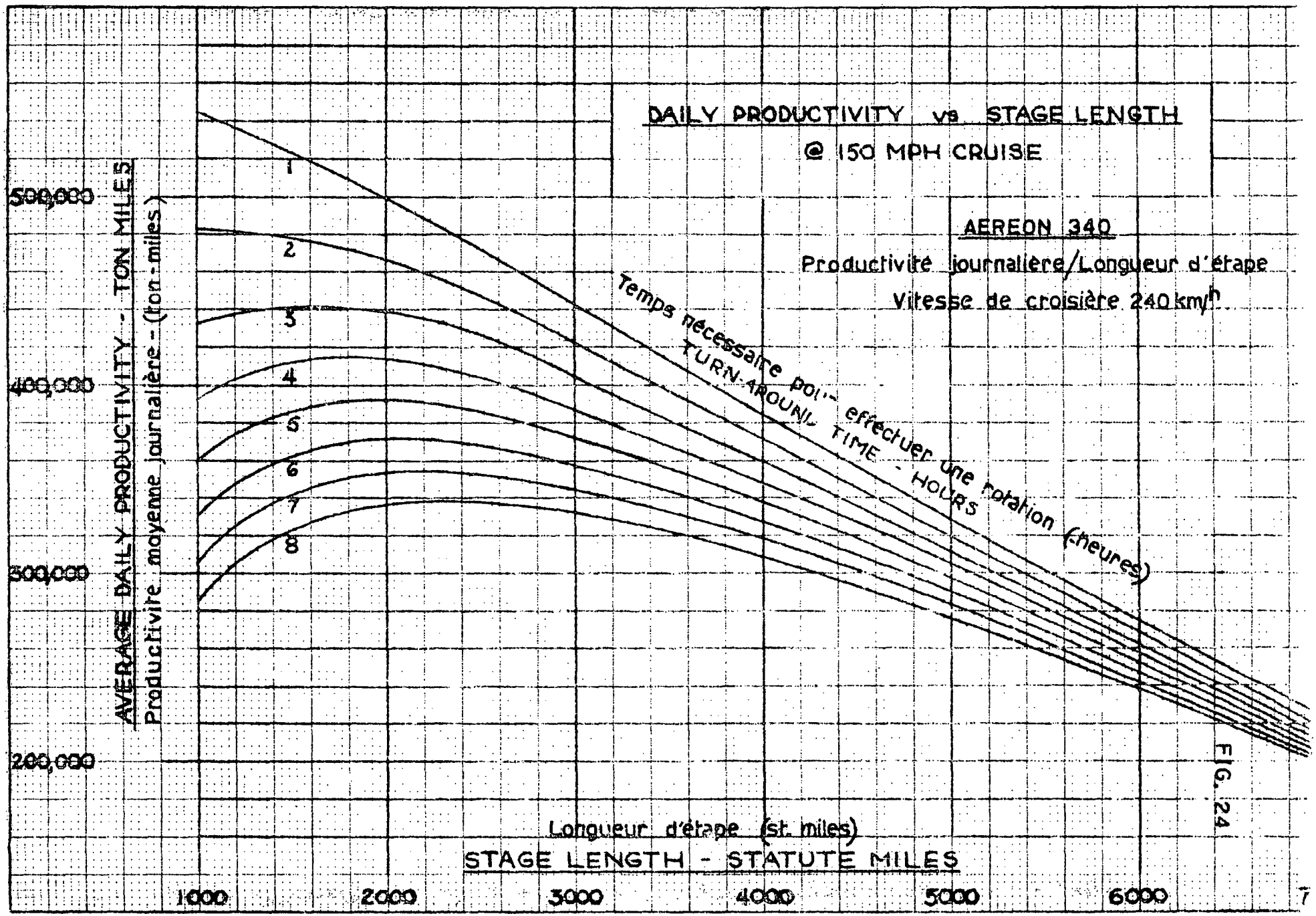

DAILY PRODUCTIVITY vs STAGE LENGTH
@ 150 MPH CRUISE
AEREON 340
Productivité journalière/Longueur d'étape
Vitesse de croisière 240 km/h
Temps nécessaire pour effectuer une rotation (heures)
TURN-AROUND TIME - HOURS
1
2
3
4
5
6
7
8
500,000
400,000
300,000
200,000
AVERAGE DAILY PRODUCTIVITY - TON MILES
Productivité moyenne journalière - (ton-miles)
Longueur d'étape (st. miles)
STAGE LENGTH - STATUTE MILES
1000
2000
3000
4000
5000
6000

FIG. 24

34d

c) Perspectives d'avenir

Le principe de l'Aereon 340 est né d'une idée du vice-président DREW qui est aussi pasteur presbytérien et qui cherchait comment venir en aide aux pays en voie de développement en leur procurant un moyen de transport moderne mais aussi peu coûteux, ne nécessitant aucune infrastructure particulière et qui rendrait inutile la construction de voies ferrées ou de routes.

De ce fait, l'Aereon 340 semble particulièrement adapté aux régions du globe où abondent les ressources naturelles mais qui sont dépourvues de moyens de transporter ces ressources jusqu'aux centres économiques où elles peuvent être échangées.

Mais, par sa conception même, c'est-à-dire un véhicule "self dependent", capable d'être mis en service n'importe où et d'être relié à tous les modes de transport actuels, l'Aereon 340 est aussi un moyen potentiel d'accélérer le développement du transport aérien à l'intérieur des Etats-Unis.

Les auteurs du projet ne semblent pas avoir envisagé l'éventualité de liaisons transocéaniques, cependant la productivité de l'appareil est optimum pour des longueurs d'étape voisines de 3.000 miles (New York-Paris : 3.628 miles, New York-Londres : 3.456 miles).

M. DREW pense que son appareil est capable d'effectuer en une heure maximum la totalité des opérations de déchargement, chargement et avitaillement. Ce temps, relativement réduit, combiné avec la possibilité de desservir les quelque 9.500 aérodromes possédant au moins une bande d'atterrissage de 900 m, devrait faire de l'Aereon le moyen de transport idéal pour les "feeder lines" si sa taille pouvait être réduite.

d) Economie de l'emploi de l'Aereon 340 comparée à celle d'un Jumbo Jet

L'étude économique qui suit met en parallèle deux techniques entièrement différentes. Il a paru, néanmoins, intéressant de comparer certaines relations qui mettent en évidence les variantes économiques existant entre les deux formules. On a étudié, en particulier, les relations entre la productivité, le coût et les recettes d'exploitation ainsi que les investissements nécessaires dans les deux cas.

Aucun appareil appartenant à l'une ou l'autre formule n'a encore volé ; c'est pourquoi il a été nécessaire d'étudier une situation hypothétique basée sur les données moyennes fournies par les constructeurs. Certaines hypothèses ont été avancées afin de mettre en équation les deux appareils, dans le but de comparer, par exemple, une durée d'exploitation de 365 jours et une durée d'amortissement de 10 ans (12 ans pour Boeing). Ces hypothèses peuvent se révéler exactes ou fausses en cours d'exploitation mais elles fournissent une base de comparaison suffisante au stade actuel.

La situation hypothétique est également basée sur une longueur d'étape de 2.000 miles (1) à pleine charge avec, pour chaque appareil, la vitesse, la charge marchande, le prix d'achat, la durée d'utilisation et le coût direct d'exploitation par ton-mile correspondante.

A. Productivité par rapport à l'investissement

On a calculé la productivité comparée des deux types d'appareils par rapport à l'investissement nécessaire ou au prix d'achat. Le rapport est exprimé d'abord en ton-miles par dollar d'investissement pendant la durée d'amortissement de la cellule (10 ans) et ensuite, inversement, en dollar d'investissement par ton-mile pendant la même période. On constate que l'investissement nécessaire pour transporter une ton-mile est inférieur dans le cas de l'Aereon 340.

	Jumbo Jet	Aereon 340
1. Productivité moyenne journalière (ton-miles)		
150 mph x 150 tons x 18 h		405.000
550 mph* x 110 tons** x 12 h	725.000	
2. Productivité totale pendant la durée d'amortissement (ton-miles)		
405.000 ton-miles x 365 jours x 10 ans		1.478.250.000
725.000 ton-miles x 365 jours x 10 ans	2.666.250.000	
3. Ton-miles transportées par dollar d'investissement		
1.478.250.000 ton-miles / $ 8.400.000		176
2.666.250.000 ton-miles / $ 20.000.000***	133	
4. Investissement (dollar) par ton-mile transportée		
$ 8.400.000 / 1.478.250.000 ton-miles		0,0057
$ 20.000.000 / 2.666.250.000 ton-miles	0,0075	

* 588 mph selon Boeing

** 218.500 lbs, soit 109,250 tons selon Boeing

*** selon Boeing, le prix du 747 F serait de $ 18.858.000 sans rechanges et de $ 21.343.000 avec rechanges

(1) New York-Los Angeles : 2.461 miles ; New York-San Francisco : 2.580 miles.

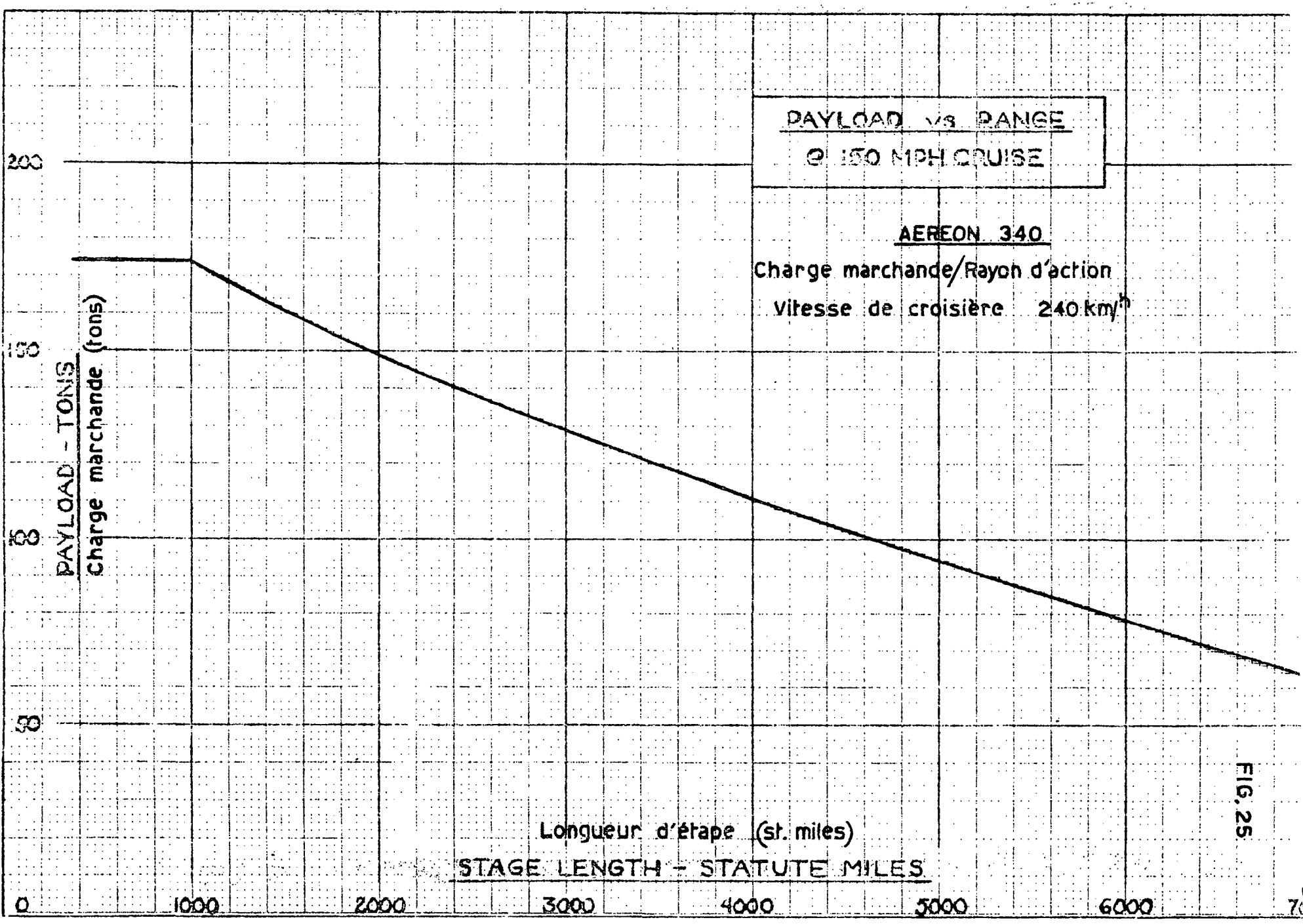

PAYLOAD VS RANGE
@ 150 MPH CRUISE
AEREON 340
Charge marchande/Rayon d'action
Vitesse de croisière 240 km/h
PAYLOAD - TONS
Charge marchande (tons)
200
150
100
50
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
Longueur d'étape (st. miles)
STAGE LENGTH - STATUTE MILES

FIG. 25

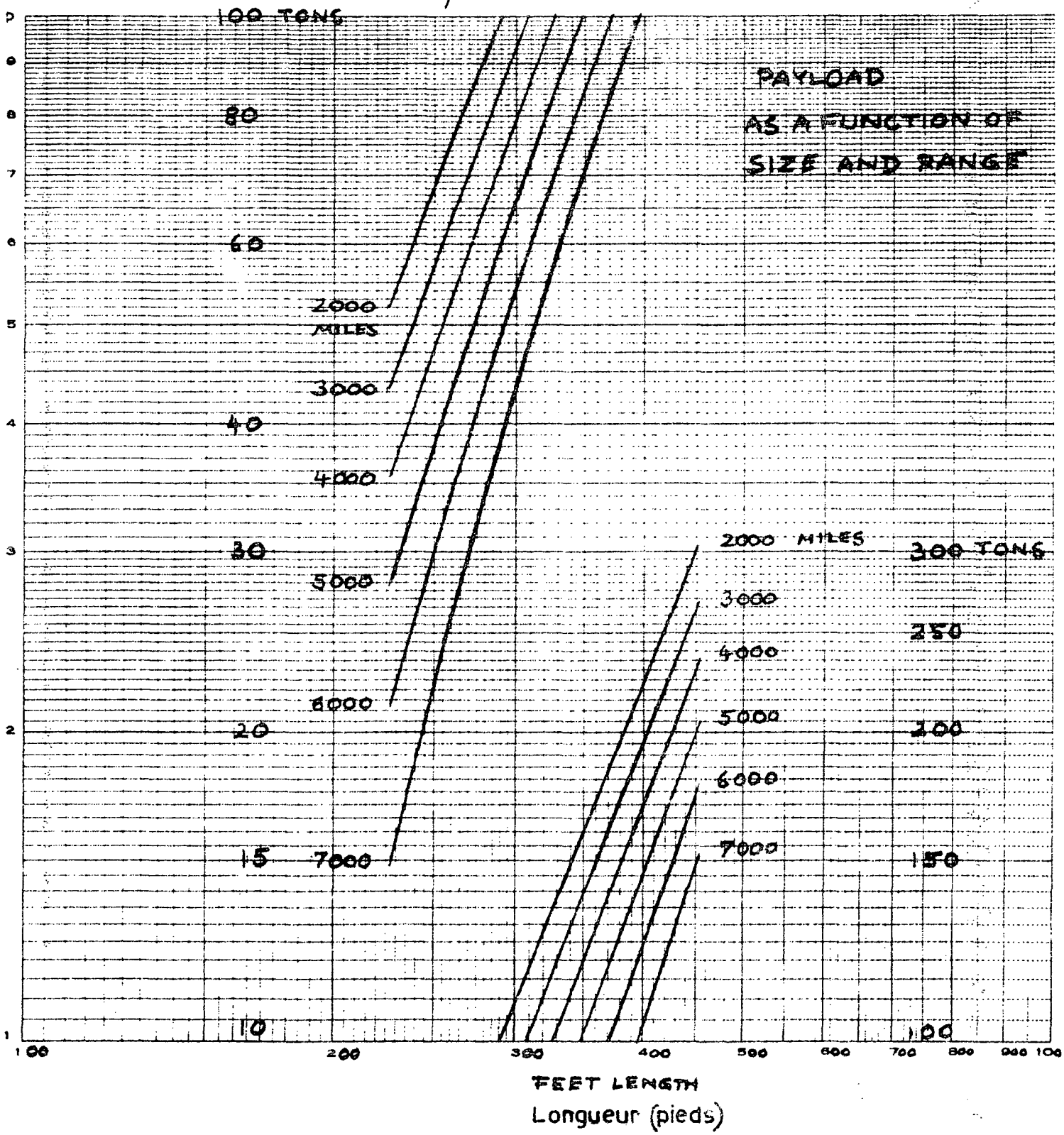
FIG. 26

AEREON CORPORATION

Mercer County Airport, Trenton, N. J. 08628

AEREON 340

Charge marchande / Taille et rayon d'action



28-8-67

AEREON CORPORATION

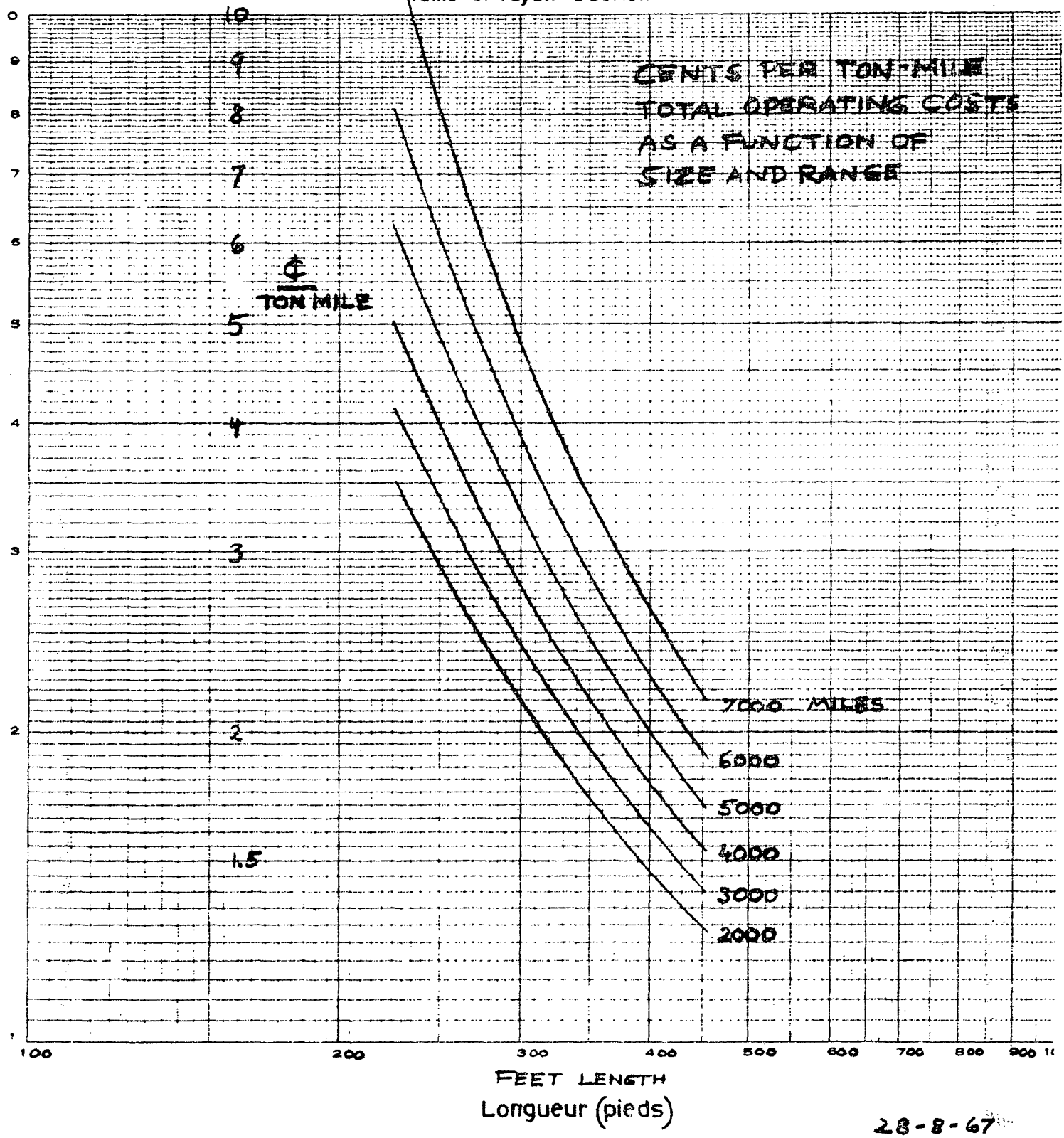
Mercer County Airport, Trenton, N. J. 08628

FIG. 27

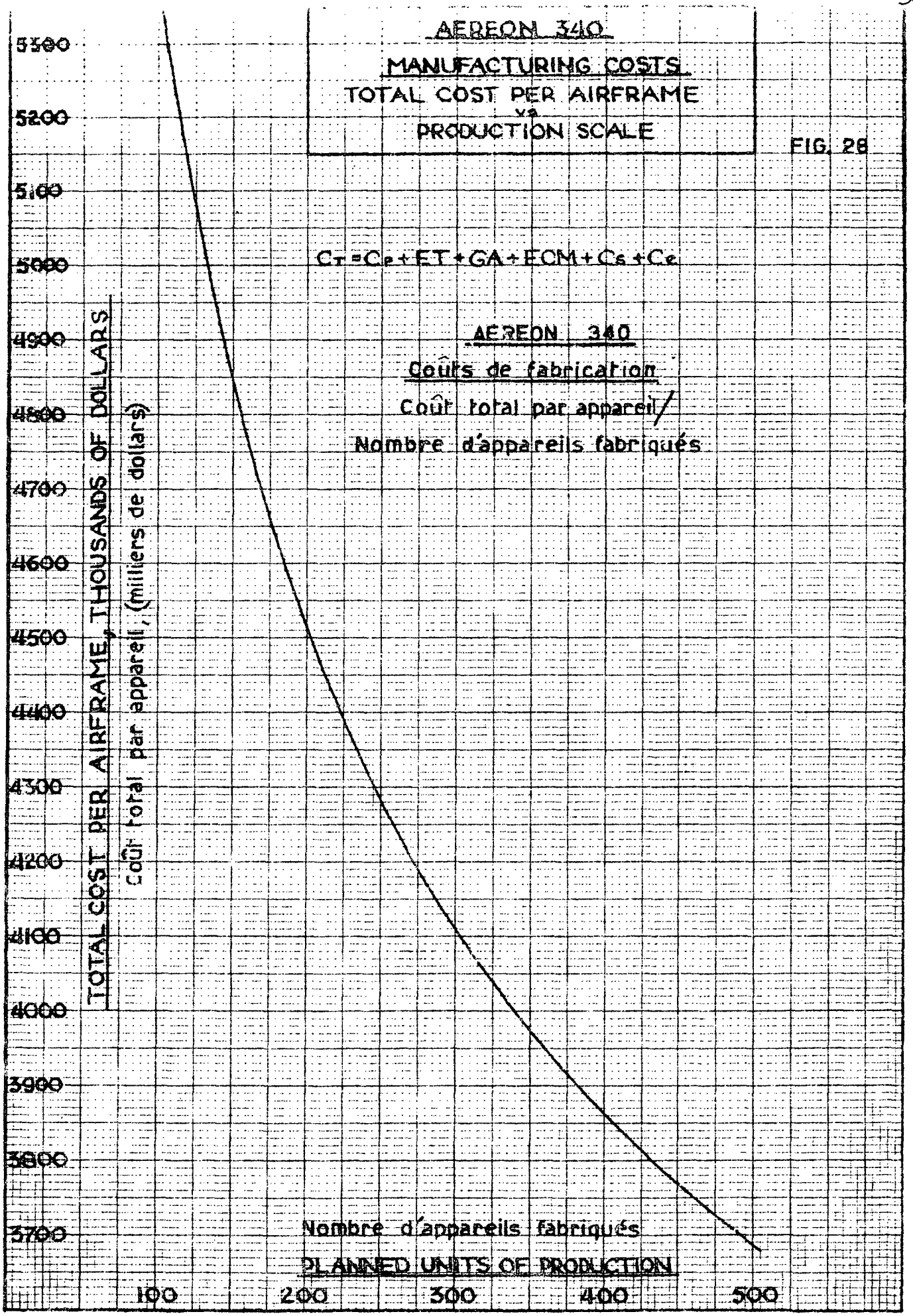
AEREON 340

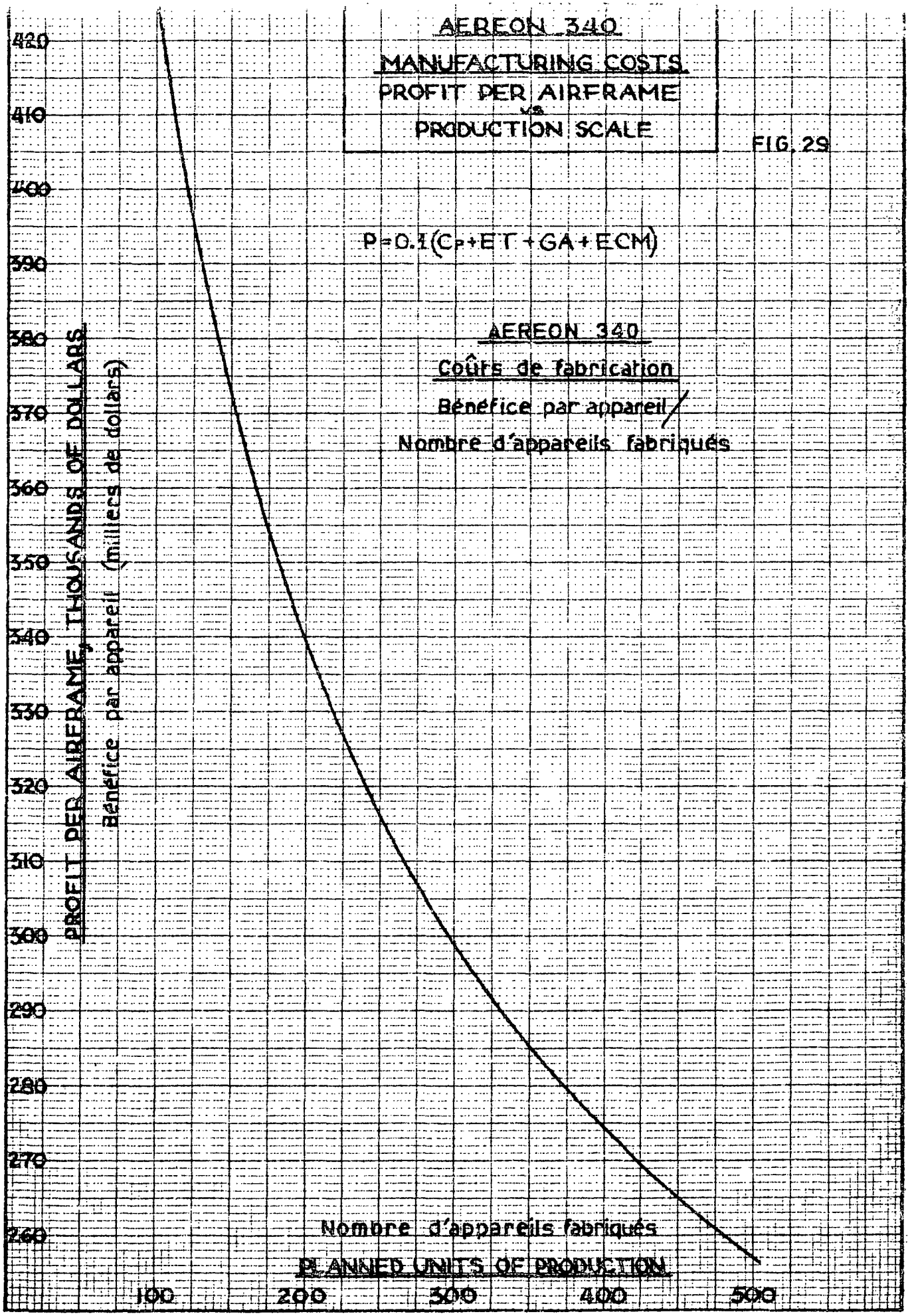
Coûts totaux d'exploitation (cents par ton-mile)/

Taille et rayon d'action



28-8-67


AEREON 340
MANUFACTURING COSTS
TOTAL COST PER AIRFRAME
vs
PRODUCTION SCALE
FIG. 28
$C_T = C_e + ET + GA + ECM + C_s + C_e$
AEREON 340
Coûts de fabrication
Coût total par appareil/
Nombre d'appareils fabriqués
TOTAL COST PER AIRFRAME, THOUSANDS OF DOLLARS
Coût total par appareil, (milliers de dollars)
5300
5200
5100
5000
4900
4800
4700
4600
4500
4400
4300
4200
4100
4000
3900
3800
3700
Nombre d'appareils fabriqués
PLANNED UNITS OF PRODUCTION
100
200
300
400
500


AEREON 340
MANUFACTURING COSTS
PROFIT PER AIRFRAME
vs
PRODUCTION SCALE
FIG. 29
P=0.1(CP+ET+GA+ECM)
AEREON 340
Coûts de fabrication
Bénéfice par appareil/
Nombre d'appareils fabriqués
PROFIT PER AIRFRAME, THOUSANDS OF DOLLARS
Bénéfice par appareil (milliers de dollars)
420
410
400
390
380
370
360
350
340
330
320
310
300
290
280
270
260
Nombre d'appareils fabriqués
PLANNED UNITS OF PRODUCTION
100
200
300
400
500

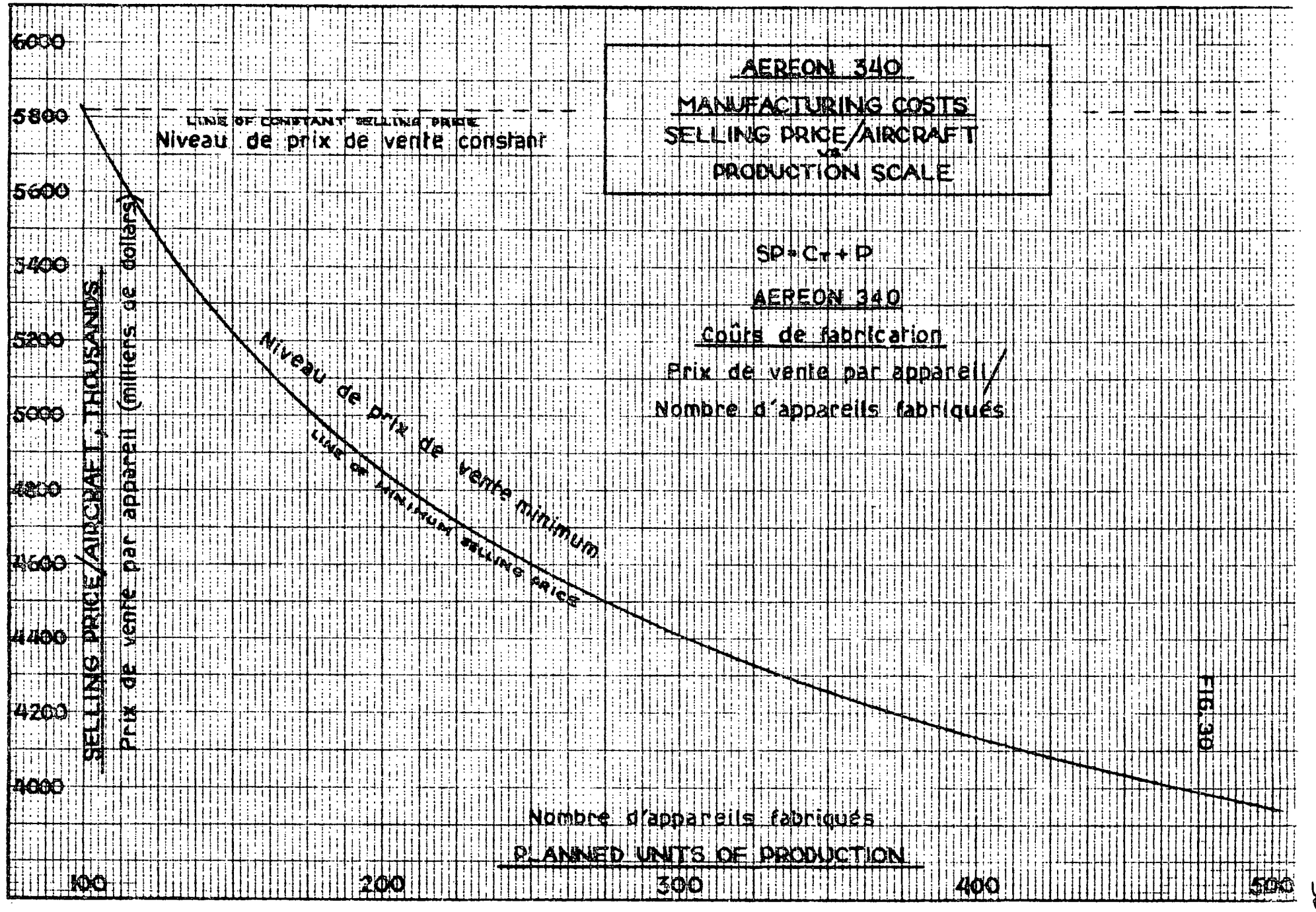

AEREON 340
MANUFACTURING COSTS
SELLING PRICE/AIRCRAFT
vs
PRODUCTION SCALE
SP = C_T + P
AEREON 340
Coûts de fabrication
Prix de vente par appareil/
Nombre d'appareils fabriqués
LINE OF CONSTANT SELLING PRICE
Niveau de prix de vente constant
Niveau de prix de vente minimum
LINE OF MINIMUM SELLING PRICE
SELLING PRICE/AIRCRAFT, THOUSANDS
Prix de vente par appareil (milliers de dollars)
6000
5800
5600
5400
5200
5000
4800
4600
4400
4200
4000
Nombre d'appareils fabriqués
PLANNED UNITS OF PRODUCTION
100
200
300
400
500

FIG. 30

36 f

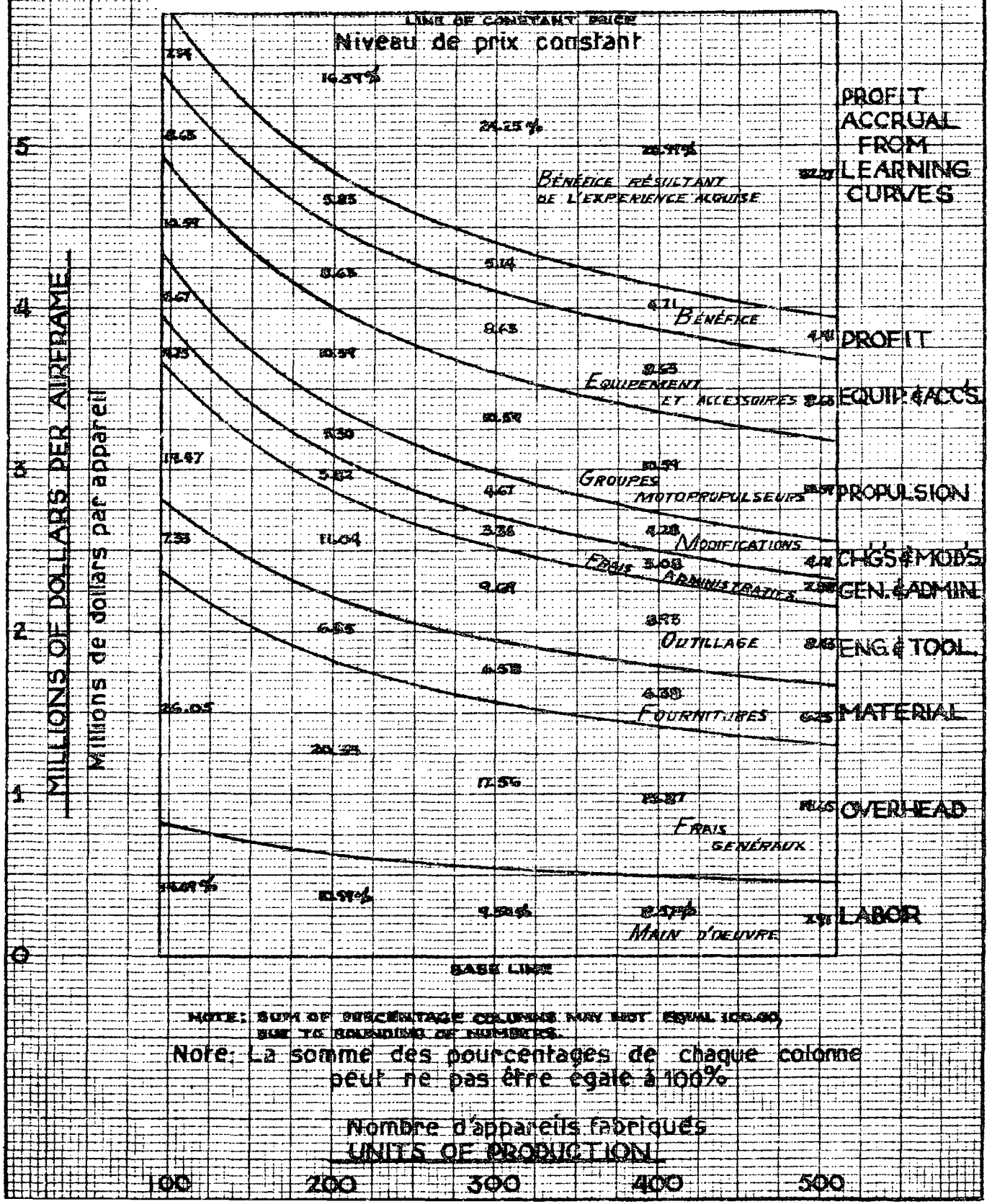
AEREON 340

COST DISTRIBUTION vs PRODUCTION SCALE

AEREON 340

Ventilation des coûts de fabrication/
Nombre d'appareils fabriqués

FIG. 31



NOTE: SUM OF PERCENTAGE COLUMNS MAY NOT EQUAL 100.00, DUE TO ROUNDING OF NUMBERS.

Note: La somme des pourcentages de chaque colonne peut ne pas être égale à 100%

B. Coût d'exploitation par rapport à l'investissement

On trouvera ci-après le calcul du coût direct d'exploitation annuel de chaque type d'appareil à partir du nombre de ton-miles transportées annuellement et du coût direct d'exploitation par ton-mile. Ces coûts directs sont exprimés en pourcentages par rapport aux investissements. On remarquera le pourcentage nettement inférieur pour l'Aereon 340.

	Jumbo Jet	Aereon 340
1. Productivité moyenne journalière (ton-miles)	725.000	405.000
2. Productivité moyenne annuelle (ton-miles)	266.625.000	147.825.000
3. Coût direct d'exploitation par ton-mile ($) (sur des étapes de 2.000 miles)	0,03*	0,015
4. Coût d'exploitation annuel ($)	7.998.750	2.217.375
5. Investissement nécessaire ($)	20.000.000	8.400.000
6. Coût direct d'exploitation par rapport à l'investissement (%)	40	26

C. Recettes d'exploitation par rapport à l'investissement

On étudie maintenant les recettes d'exploitation en fonction de divers tarifs fret par ton-mile. Les recettes annuelles d'exploitation sont calculées sur la base de la productivité annuelle de chaque type d'appareil. Les coûts directs d'exploitation annuels sont soustraits des recettes annuelles d'exploitation et la recette nette d'exploitation qui en résulte est divisée par l'investissement. Ces pourcentages permettent de faire une autre comparaison entre les deux types d'aéronefs. Tous les chiffres figurant ci-après sont reportés sur un monogramme de telle sorte qu'il soit possible de calculer le rapport entre les recettes nettes d'exploitation et l'investissement pour n'importe quelle recette à la ton-mile.

Il convient de faire quelques remarques sur ces résultats. En ce qui concerne le Jumbo Jet, pour obtenir un pourcentage comparable à celui de l'Aereon entre les recettes nettes d'exploitation et d'investissement, les recettes à la ton-mile doivent être considérablement plus élevées. Pour une recette à la ton-mile de $ 0,06, le rapport entre les recettes nettes d'exploitation et l'investissement est approximativement de 80 % pour l'Aereon. Pour atteindre la même valeur de pourcentage, les recettes à la ton-mile du Jumbo Jet devraient être de $ 0,09. Réciproquement, si les

* L'étape de 2.000 miles correspond, pour le 747 F, au coût direct d'exploitation minimum, soit $ 0,033.

recettes à la ton-mile du Jumbo Jet étaient compétitives à $ 0,06, le rapport des recettes d'exploitation à l'investissement devrait être seulement de 40 %.

	Jumbo Jet	Aereon 340
Investissement ($)	20.000.000	8.400.000
Productivité annuelle (ton-miles)	266.625.000	147.825.000
Coût direct d'exploitation ($ par ton-mile)	0,03	0,015
Coût direct d'exploitation total annuel ($)	8.000.000	2.200.000

1. JUMBO JET

Recette annuelle par ton-mile ($)	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
Recette totale annuelle ($ 000)	16.100	18.700	21.400	24.000	26.700	29.400	32.000
A déduire :							
Coût direct d'exploitation ($ 000)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Recettes nettes d'exploitation ($ 000)	8.100	10.700	13.400	16.000	18.700	21.400	24.000
Recettes nettes d'exploitation/Investissements (%)	39,5	53,5	67,0	80,0	94,0	107,0	120,0

2. AEREON 340

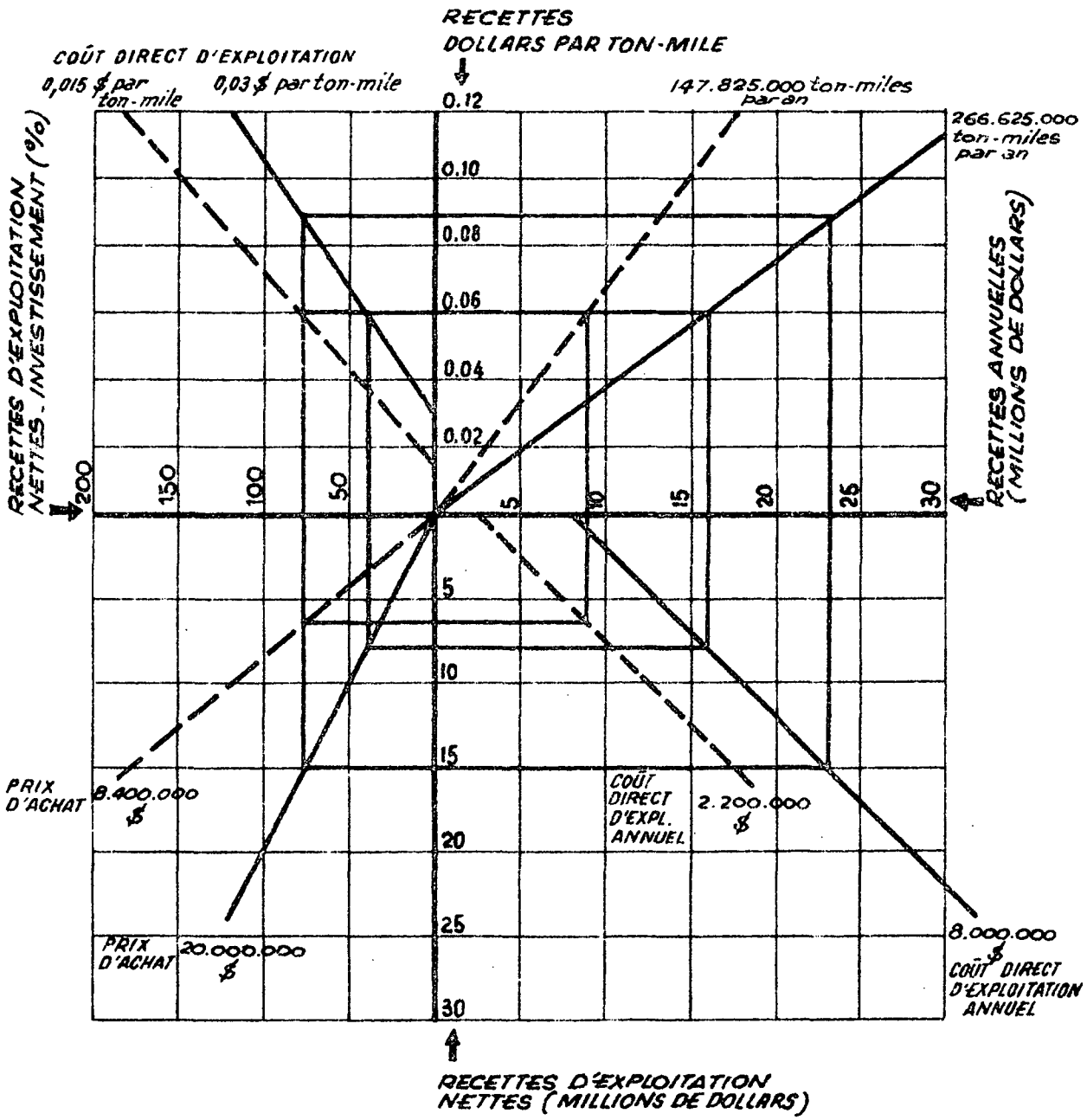
Recette annuelle par ton-mile ($)	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
Recette totale annuelle ($ 000)	8.900	10.400	11.800	13.300	14.800	16.300	17.700
A déduire :							
Coût direct d'exploitation ($ 000)	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200
Recettes nettes d'exploitation ($ 000)	6.700	8.200	9.600	11.100	12.600	14.100	15.500
Recettes nettes d'exp./ Investissements (%)	79,7	97,5	114,0	132,0	150,0	168,0	184,0

fig.32

AEREON 340 ~ JUMBO JET

Relation entre les recettes d'exploitation et l'investissement

- Charge marchande maximum ~ étape de 2000 miles



JUMBO JET

AEREON 340

COUT D'EXPEDITION DE 40.000 LBS (1) DE MACHINES-OUTILS ET DE PIECES DETACHEES D'OUTILLAGE DE NEW-YORK A LOS ANGELES

	Camion (Denver-Chicago)	Chemin de fer Piggyback (3) (Pennsylvania-South Pacific)	Air (American Airlines)	Aereon 340
	$	$	$	$
Tarif/Cwt (2)	5,75	4,12	15,62	5,18
Frais d'enlèvement et de livraison/Cwt	-	-	1,20	1,20
Tarif total	5,75	4,12	16,82	6,38
Tarif/ton (4) (x 20)	115,00	82,40	336,40	127,60
Frais de chargement des containers/ton	-	-	2,00	-
Tarif total/ton	115,00	82,40	338,40	127,60
Distance (miles)	2.875	2.988	2.300	2.300
Tarif/ton-mile	0,040	0,028	0,147	0,054
Coût total d'expédition	2.300,00	1.648,00	6.768,00	2.552,00
Délai de livraison	4è jour	4è ou 5è jour	lendemain	lendemain ou surlendemain

(1) 40.000 lbs = 18.122 kg (2) US Cwt (cental) = 100 lbs = 45,35 kg

(3) Transport de véhicules sur wagons de chemin de fer ; (4) US ton = 2.000 lbs = 907 kg

Tarifs valables au 27.1.1967

C O N C L U S I O N

Les propos tenus par nos interlocuteurs - à l'exception, cependant, de ceux du CAB et de la FAA qui ont des vues plus réalistes - tous les projets ou réalisations présentés sont empreints d'une certaine nostalgie des grands dirigeables, rigides ou non,avec la certitude avouée que ces derniers n'ont pas eu le temps de faire leurs preuves et celle inavouée qu'une page de l'histoire de l'aéronautique a été irrémédiablement tournée. D'autre part, il convient de noter qu'aucun des projets qui nous ont été présentés n'a fait l'objet d'un quelconque début de réalisation.

La firme Goodyear possède actuellement le privilège de construire, d'entretenir et d'exploiter de façon rationnelle - pour sa propre publicité, il est vrai - la seule flotte de dirigeables volant encore de façon intensive dans le monde. Il semble que cette formule,qui a peu évolué depuis 40 ans et qui n'intéresse pas directement le transport mais plutôt le travail aérien, soit - bien que probablement très onéreuse - capable de susciter un certain intérêt dans notre pays (1).

Ce genre d'appareils, pour l'achat et l'exploitation duquel certaines grandes firmes pourraient se grouper, constitue, en effet, une plate-forme originale et idéale pour la publicité de marque, notamment à l'occasion des grandes manifestations commerciales, sportives ou autres et aussi pour de multiples applications telles que cinéma, télévision, topographie, prospection minière, etc...

Mais c'est là une infime partie de l'activité de Goodyear qui demeure encore, aux Etats-Unis et dans le monde, non seulement le haut-lieu du plus-léger-que-l'air mais aussi une firme dotée de puissants moyens de recherche et de réalisation qui adapte sans relâche ses projets aux progrès incessants de la technique aéronautique, à la demande, semble-t-il, de la NASA, de l'US Navy et de l'US Air Force. Tout en restant traditionnellement fidèle à la formule du dirigeable souple multilobé, elle procède, avec son projet de dynastat, à une évolution prudente vers la portance dynamique et une certaine tendance semble se manifester pour un appareil hybride, à mi-chemin entre le plus lourd et le plus-léger-que-l'air, entre l'avion et le dirigeable.

C'est aussi la tendance,mais plus marquée, suivie par Aereon Corp. et l'on se demande lequel de Goodyear ou d'Aereon a précédé l'autre dans cette voie qui semble actuellement la seule vraiment réaliste.

---

(1) Selon Goodyear, le Japon s'intéresserait à ce genre de publicité et aurait commandé un ou deux "blimps".

Néanmoins, certains projets, comme ceux de Slate, d'Irwin et du Professeur Morse, constituent un retour au dirigeable rigide, l'un à enveloppe métallique, les autres à enveloppe en tissu plastifié.

Tous les auteurs de projets de dirigeables traditionnels, c'est-à-dire Goodyear, Morse, Irwin ou même Slate, ont estimé que ce genre d'appareil constituait une plate-forme idéale pour l'installation d'un réacteur nucléaire et ont étudié l'adaptation de ce type de propulsion jusqu'à maintenant inutilisé en aéronautique.

Tous les projets présentés, à l'exception de celui du Professeur Morse, concernent des aéronefs destinés uniquement au transport de fret.

Seuls les projets du Professeur Morse et d'Aereon Corp. intéressent le secteur purement civil, l'un pour le transport de passagers, l'autre pour le transport de fret. Seuls également, ces projets ont fait l'objet d'études de prix de revient, particulièrement poussées en ce qui concerne l'Aereon 340. Mais le projet du Professeur Morse semble un peu utopique et le retour à la formule du dirigeable rigide intégral de 1937 difficilement réalisable, non pas du point de vue technique mais du point de vue des applications pratiques. De tous les projets examinés, un seul reste techniquement et économiquement possible dans l'immédiat, c'est l'Aereon 340 qui constitue, au moment où l'on assiste à un développement important du transport aérien de fret, une tentative d'abaissement des tarifs méritant d'être attentivement suivie. Cependant, la réalisation du "340", nécessitant d'importants capitaux, il semblerait préférable que les auteurs du projet procèdent, dès maintenant, à l'étude d'un appareil de dimensions réduites, mû par deux turbopropulseurs de moyenne puissance et destiné à prouver que la formule est viable. La réalisation de l'Aereon 340 n'interviendrait que par la suite si les résultats de l'expérimentation s'avéraient satisfaisants.

Toutefois, devant la récente décision prise par le CAB d'accorder à Aéro-Spacelines et ses "Guppy" une licence d'exploitation aussi étendue dans un domaine qui semblait dévolu aux dirigeables, il est permis de se demander si d'autres facteurs que l'économie du transport n'entrent pas en jeu qui confinent davantage le plus-léger-que-l'air dans son rôle historique et compromettent par là définitivement ses chances de survie.

o

o o

A N N E X E S

1 - DEFINITIONS

Les dirigeables peuvent être classés en quatre catégories principales : souples, semi-rigides, rigides, à enveloppe métallique.

A - Les dirigeables souples

L'enveloppe en tissu caoutchouté profilée et étanche de ces appareils appelés aussi "blimps" contient un gaz maintenu sous pression et procurant au dirigeable sa force ascensionnelle. La propulsion et la portance additionnelle sont assurées par les moteurs. La nacelle est suspendue au-dessous de l'enveloppe dont la partie arrière est munie d'un empennage. Des câbles, passant à l'intérieur de l'enveloppe, maintiennent en place la nacelles et les moteurs, ce qui évite le cisaillement et la courbure de l'enveloppe.

B - Les dirigeables semi-rigides

Ces dirigeables, semblables aux dirigeables souples, comportent, en outre, une quille métallique destinée à éviter le cisaillement et la courbure de l'enveloppe. Un cône de métal est utilisé pour raidir la proue.

C - Les dirigeables rigides

Ces dirigeables ont une structure rigide en métal, recouverte d'un tissu métallisé résistant aux intempéries. Cette structure comporte un certain nombre de compartiments remplis de gaz. La nacelle, les soutes à fret, les moteurs et les gouvernes sont parties intégrantes de la structure. Comme les compartiments de gaz ne sont pas gonflés à bloc, mais seulement partiellement remplis, la différence entre les pressions interne et externe est nulle, d'où l'expression employée de dirigeables "à pression nulle". En outre, comme la structure métallique de ces dirigeables n'est pas rigide, le terme "à pression nulle" est préférable.

D - Les dirigeables à enveloppe métallique

Les dirigeables de cette catégorie tiennent à la fois du dirigeable souple et du rigide. L'enveloppe profilée est généralement réalisée en alliage d'aluminium de très faible épaisseur et elle est étanche. La nacelle, les moteurs et les gouvernes sont mieux fixés que sur les dirigeables souples.

o

o o

fig. 33

GOODYEAR AEROSPACE
CORPORATION

LIGHTER-THAN-AIR INTEREST CYCLE

CYCLE D'INTÉRÊT POUR LE PLUS LÉGER QUE L'AIR

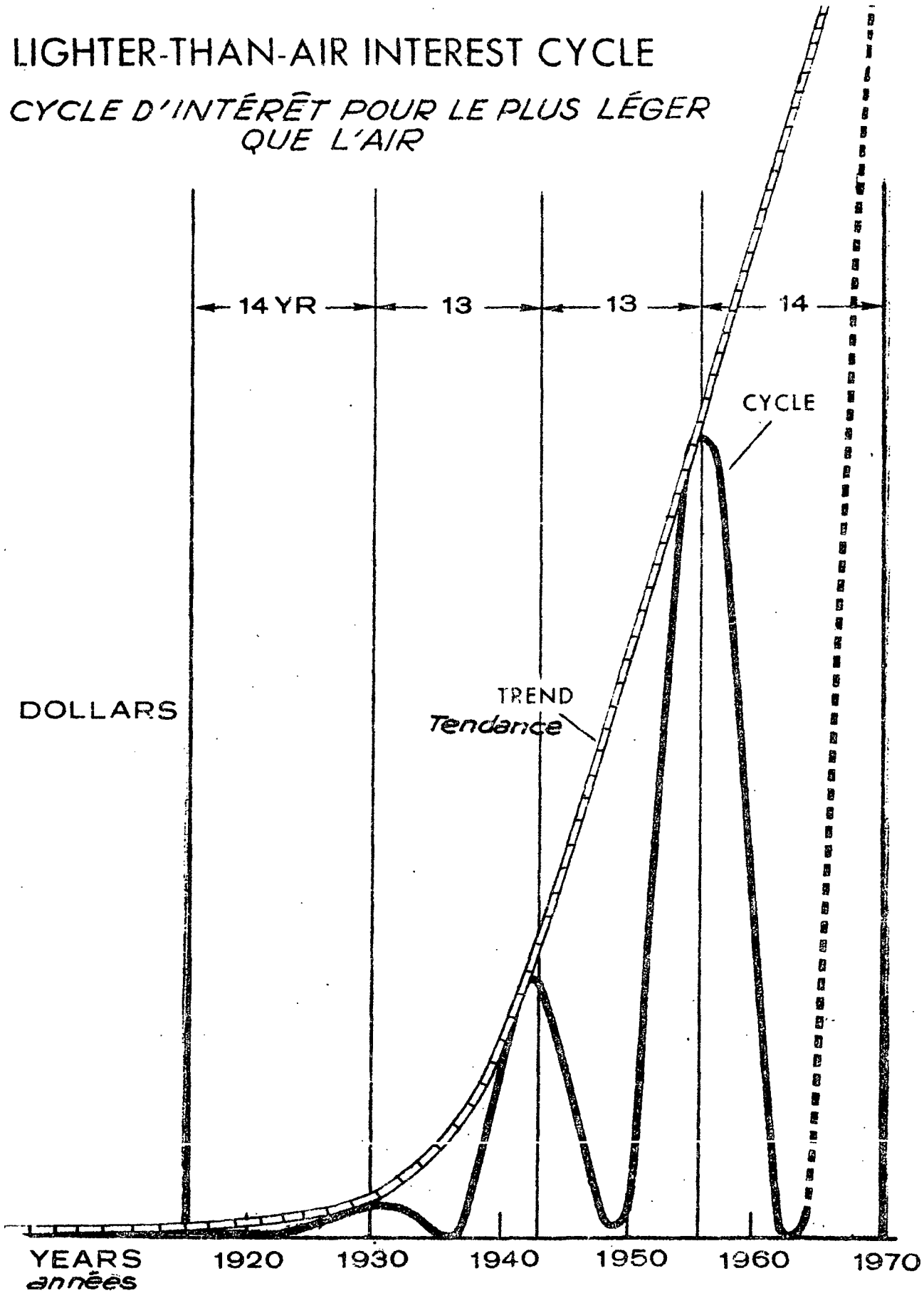


fig. 34

GOODYEAR AEROSPACE
CORPORATION

LIGHTER-THAN-AIR BUSINESS PREDICTION

CHIFFRE D'AFFAIRES LIÉ AU PLUS LÉGER QUE L'AIR

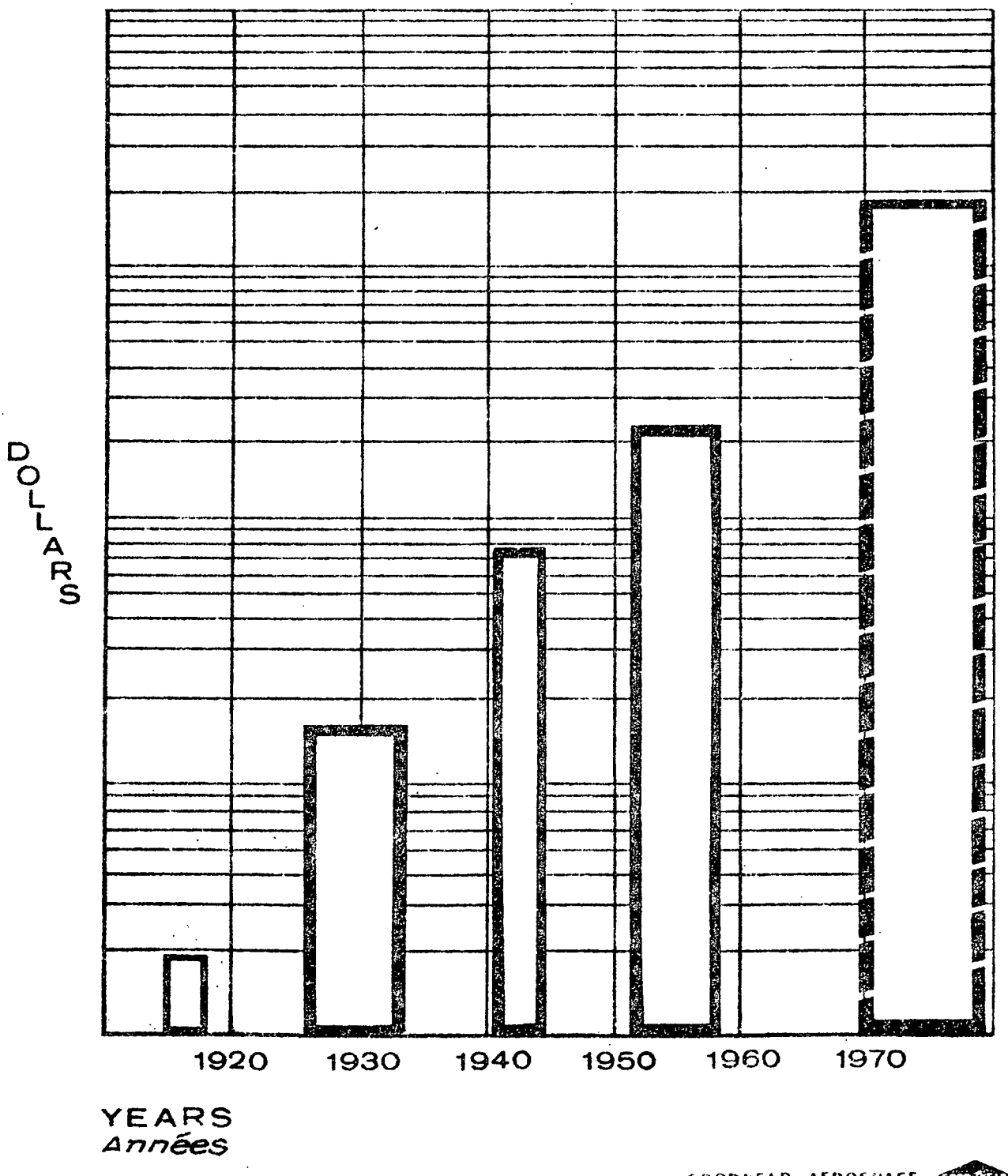
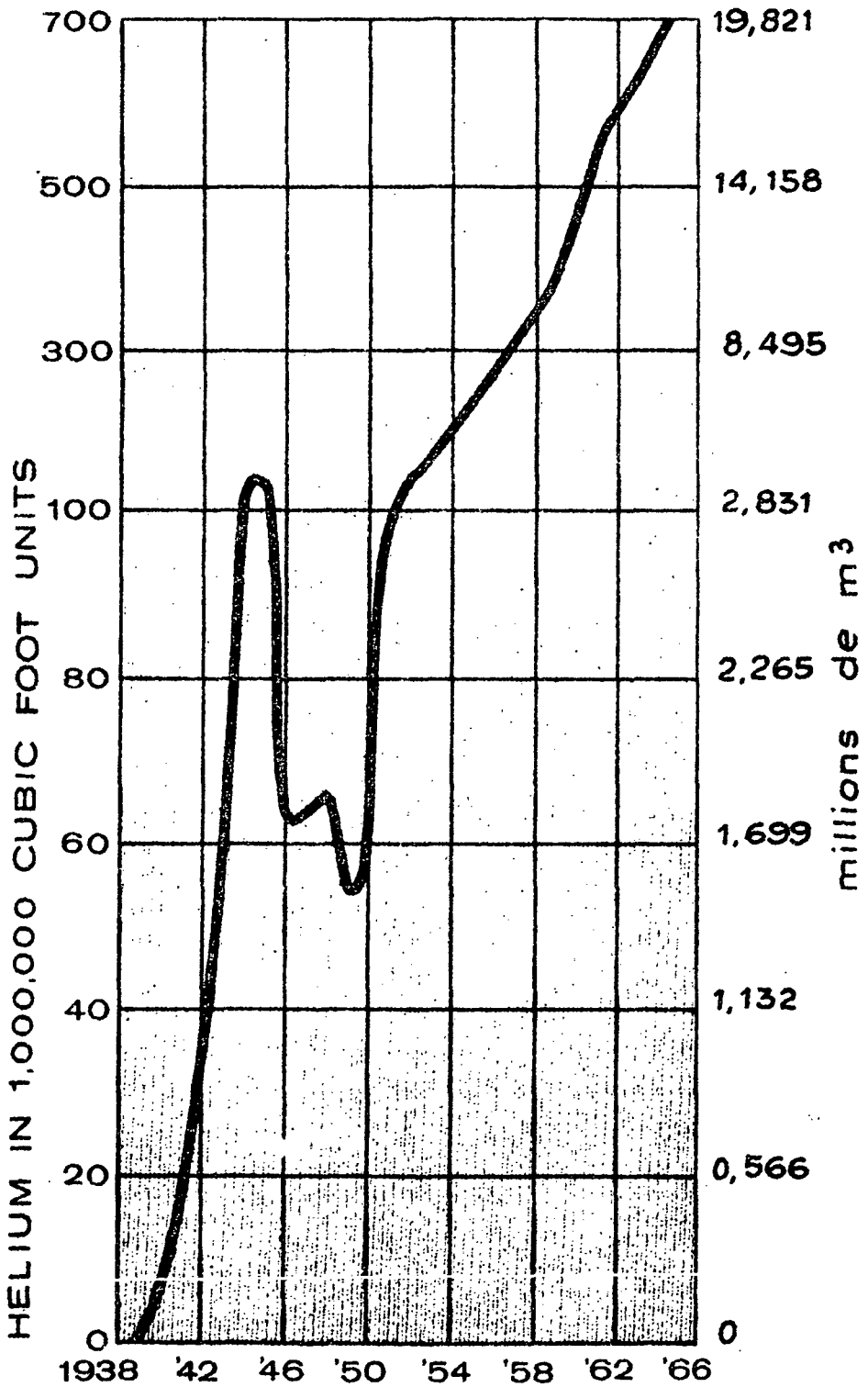


fig. 35

GOODYEAR AEROSPACE
CORPORATION

HELIUM PRODUCTION
PRODUCTION D'HELIUM



2 - QUELQUES NOTIONS SUR LES DIRIGEABLES SOUPLES ET RIGIDES

Voici, communiquées par Goodyear Aerospace, quelques notions sur les dirigeables, leurs performances, leurs possibilités et leurs coûts d'exploitation.

A. GENERALITES

Il existe des relations étroites entre le volume d'un dirigeable et sa longueur, son diamètre ou sa hauteur. Si toutes les enveloppes avaient la même finesse (longueur/diamètre maximum), il serait possible de montrer par des courbes les relations dimensionnelles. Généralement, la finesse augmente avec la taille : de 3,5 pour un dirigeable souple à 5, ou plus, pour un rigide.

Volume (m3)	Longueur (m)	Diamètre maximum (m)	Hauteur (m)
3.500	45	12	17
5.600	58	14	19
12.000	76	17	23
27.500	104	23	29
42.500	123	26	36
56.600	126	30	41
80.000	141	43	44
141.500	172	38	51

1. Jusqu'ici, les recherches ont montré que les dirigeables souples ou pressurisés sont réalisables, du point de vue structural, dans des tailles que l'on considérait jusqu'ici réservées aux grands dirigeables rigides.

2. Jusqu'à une capacité d'environ 8.500 m3, le dirigeable souple semble avoir un léger avantage de poids sur le rigide, à condition qu'ils soient conçus à partir des mêmes critères. Au-delà, les différences dépendent de la précision des hypothèses émises.

3. Les dirigeables rigides seraient certainement beaucoup plus coûteux que les souples, selon le genre de mission qui leur serait assigné.

4. Le dirigeable rigide conventionnel est mieux adapté à la compartimentation du gaz.

5. Les dirigeables rigides peuvent être prévus pour effectuer éventuellement des atterrissages durs bien qu'ils n'aient pas été utilisés de cette façon dans le passé. Les dirigeables souples effectuent des atterrissages durs depuis de nombreuses années.

B. PERFORMANCES

1. Volume, charge marchande et rayon d'action

La figure 36 montre la relation qui existe, pour un dirigeable souple, entre le volume de l'enveloppe, la charge marchande et le rayon d'action. Les données de base concernent des dirigeables d'un type ancien.

La figure 37 contient des données similaires mais en ce qui concerne des modèles à l'étude et des hypothèses pour les grands dirigeables ; les hypothèses s'appliquent aussi bien aux rigides qu'aux souples.

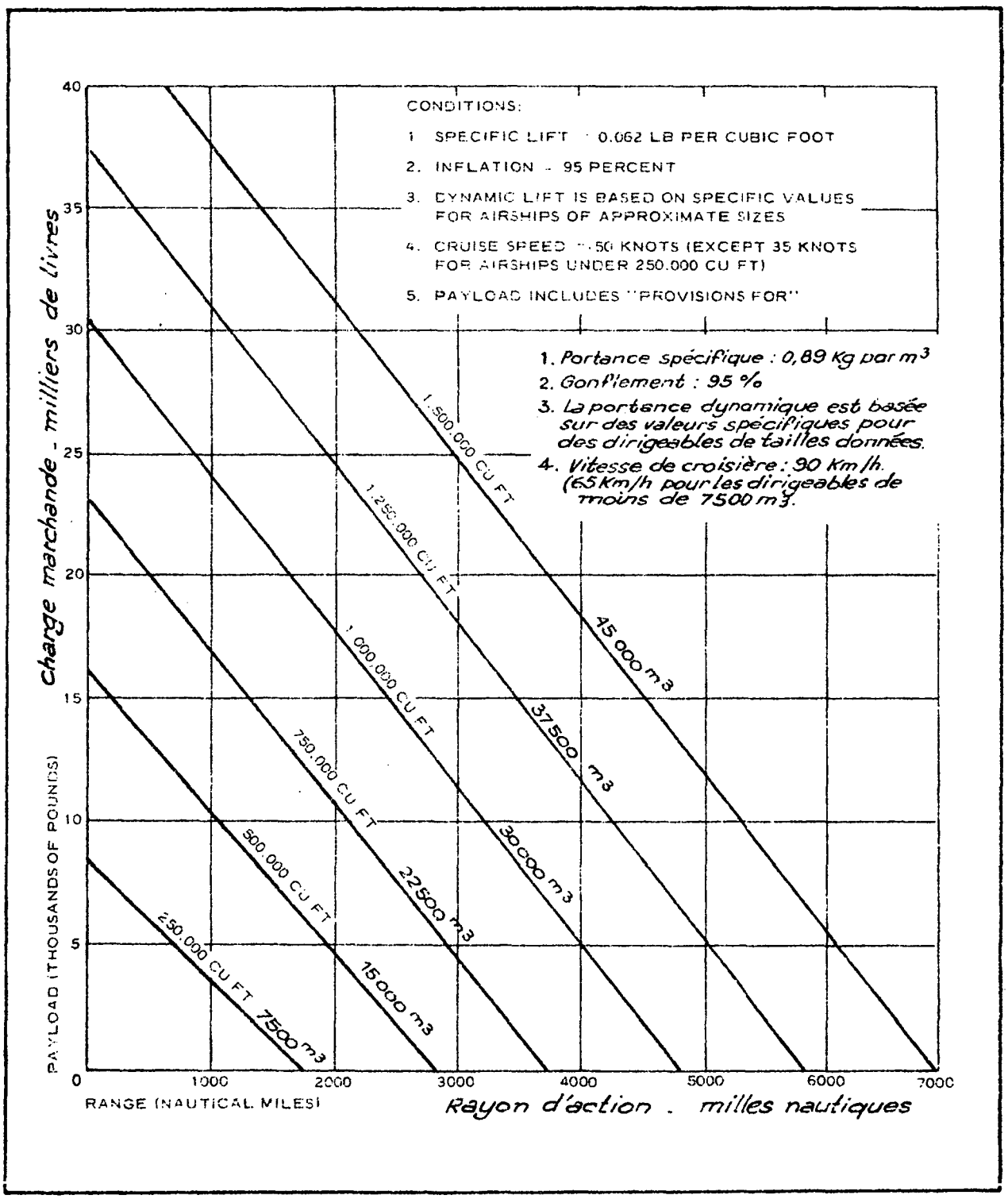
D'autres graphiques, beaucoup plus complexes, seraient nécessaires pour couvrir toutes les combinaisons possibles.

2. Force ascensionnelle ou portance statique

La force ascensionnelle est le produit du volume de gaz contenu dans l'enveloppe par la portance unitaire de ce gaz. Un dirigeable ayant un volume nominal de 2.850 m3 par exemple, contient rarement autant d'hélium (même s'il est gonflé à 100 %) quand il est au sol. Si cela se produisait, la dilatation du gaz provoquerait l'ouverture des soupapes de sécurité dès le début de l'ascension et il en résulterait une perte de portance. Dans les figures 36 et 37 on admet un remplissage de 95 % au décollage, ce qui permet de monter jusqu'à 500 m sans perte de gaz. (On estime qu'une enveloppe en dacron peut se dilater de 1 % au-delà du volume théorique).

La portance unitaire de l'hélium est d'un peu moins d'un kilo par m3 et varie inversement avec la température absolue et directement avec la pression. De la même façon, la force ascensionnelle varie avec la pureté du gaz. Un m3 d'hélium pur à 15° C de température et à 1.013,2 mb de pression atmosphérique portera environ 0,946 kg. De la même façon, une force ascensionnelle de 0,89 kg par m3 de gaz signi-

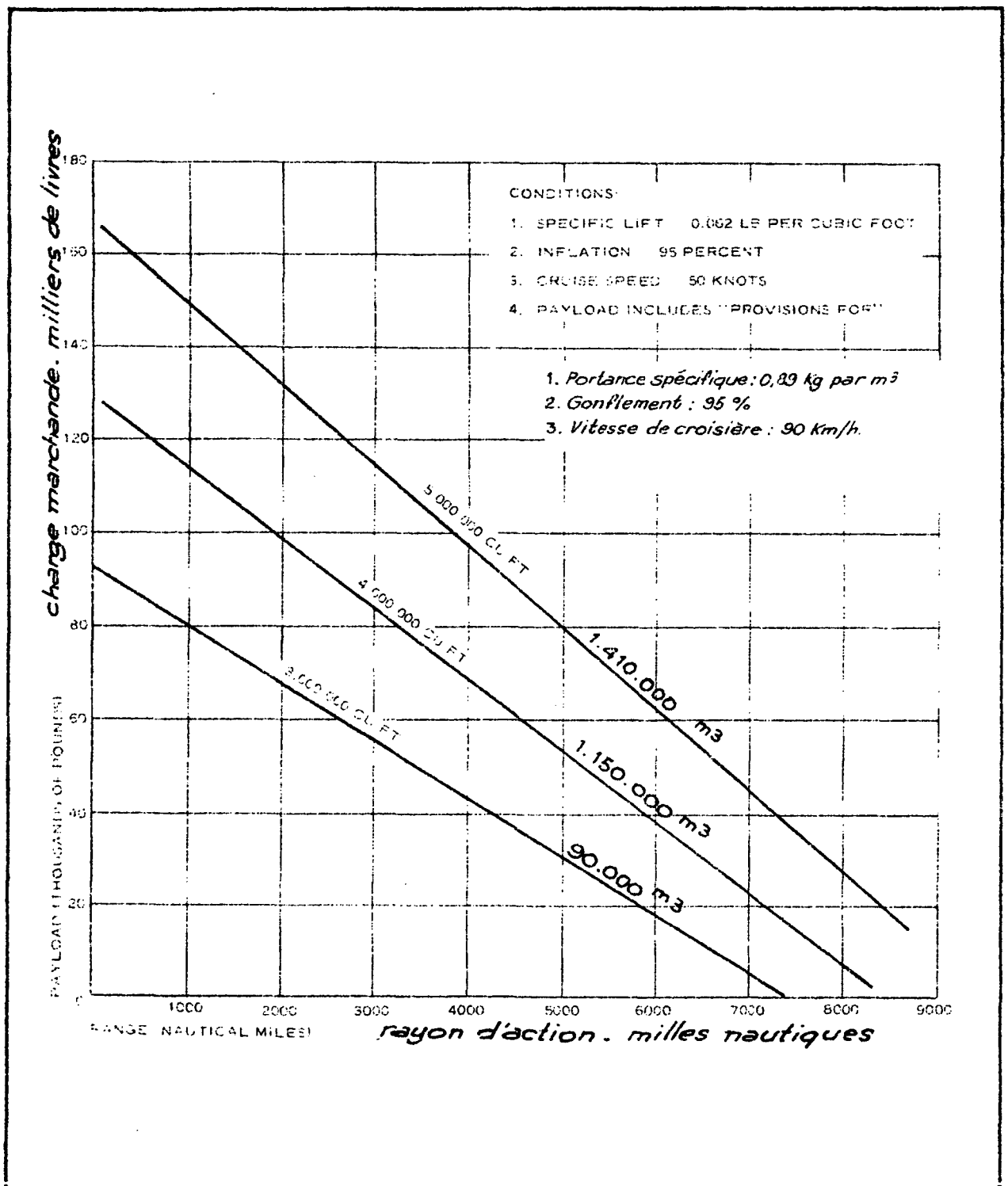
fig. 36



Airship Performance up to 1,500,000 Cu Ft

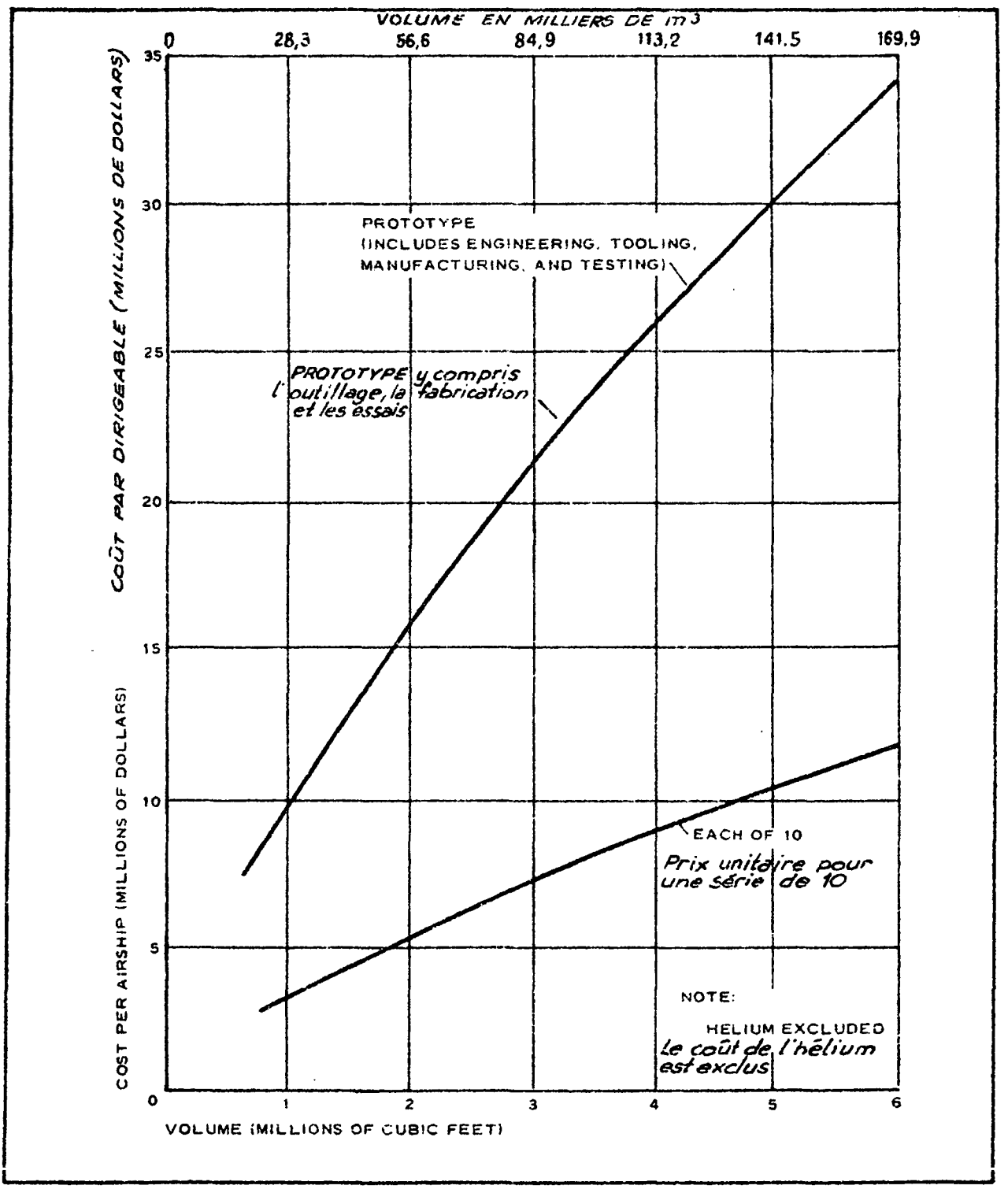
Performances des dirigeables jusqu'à 45000 m³

fig.37



Airship Performance up to 5,000,000 Cu Ft
Performances des dirigeables jusqu'à 1.410.000 m3

fig. 38



Cost Data for Cargo-Carrier Airship

Coût d'un dirigeable-cargo

fie que la pureté du gaz est de 94 %. Le maintien de cette valeur - ou d'une meilleure - dépend de la quantité d'hélium frais ou purifié insufflé pour compléter le volume de l'enveloppe ou de la fréquence de l'opération (ou des deux). Ceci signifie qu'un dirigeable d'une capacité de 2.850 m3 peut actuellement enlever 180 kg de plus si le gaz est maintenu à un degré élevé de pureté.

Normalement, la force ascensionnelle d'un dirigeable souple est accrue par la portance dynamique engendrée, au décollage, par le déplacement du dirigeable tenu légèrement cabré au voisinage du sol. La force portante ainsi engendrée dépend de la taille du dirigeable et de la puissance de ses moteurs, de l'étendue de l'aire d'atterrissage, du vent et de l'angle d'attaque ; elle peut atteindre 12 à 15 % de la force ascensionnelle définie ci-dessus.

Les poids à vide figurant sur les graphiques 36 et 37 correspondent à des types variés de dirigeables, déjà réalisés ou en projet, munis d'un équipement électronique de l'importance de celui utilisé actuellement sur les grands avions commerciaux. Aucune tolérance n'a été prévue pour des aménagements spéciaux de la nacelle, notamment en vue d'admettre des chargements particuliers. Dans tous les cas, on a prévu l'utilisation d'une enveloppe faite de tissus légers en dacron-néoprène.

3. Vitesse

La vitesse de croisière a une grande influence sur l'autonomie et le rayon d'action car la consommation horaire de carburant varie comme le cube de la vitesse. Le fait de réduire la vitesse peut, éventuellement, diminuer les chances de retour au point de départ, particulièrement lorsque l'on rencontre des vents contraires et même si l'on n'utilise que l'un des moteurs pour économiser le carburant. Les puissances installées sur les divers types de dirigeables ne sont pas proportionnelles aux diverses vitesses maximum indiquées, lesquelles varient d'environ 90 km/h pour le petit dirigeable commercial à 150 km/h pour un dirigeable de 4.250 m3. Les dirigeables en projet auraient une vitesse d'environ 140 km/h.

4. Amélioration des performances

A condition qu'ils soient justifiés, différents moyens peuvent être utilisés pour améliorer les performances d'un dirigeable. Ce sont toujours des compromis entre le poids ou le coût - ou les deux - et le gain à réaliser. Un petit dirigeable, comme le GZ-19 A, ne peut donner lieu à des améliorations importantes. Au fil des années, trois idées maîtresses ont retenu l'attention des chercheurs. Deux d'entre elles ont pu être vérifiées sur des maquettes. Ce sont, premièrement, des configurations qui permettent d'emmener une charge encore plus importante grâce aux caractéristiques aérodynamiques du dirigeable et, deuxièmement, l'adaptation de moyens de propulsion à l'arrière du dirigeable combinés avec un dispositif de contrôle de la couche limite.

La troisième idée consistait plutôt en une somme de suggestions visant à améliorer la manoeuvrabilité à basse vitesse, grâce à l'appoint, dans certains cas, d'une poussée verticale.

On a également cherché à améliorer les performances en utilisant du gaz comme carburant. Les Allemands ont employé le propane comme gaz d'appoint pendant toute la période d'exploitation du "Graf Zeppelin" et ils auraient continué s'ils n'avaient adopté les moteurs diesel pour le "Hindenburg".

C. POSSIBILITES D'EXPLOITATION PAR TOUS LES TEMPS

Très peu de pertes de dirigeables ont résulté des mauvaises conditions atmosphériques.

Le taux de sécurité enregistré par les dirigeables Goodyear, pour une période de plus de 35 années, est révélateur. Durant 25 ans, les "blimps" de Goodyear ont transporté plus de 420.000 passagers sur plus de 8.000.000 de kilomètres sans qu'un seul d'entre eux soit blessé.

La démonstration la plus probante de l'aptitude des dirigeables à voler par tous les temps a été faite au cours des opérations menées par l'US Navy pendant la deuxième guerre mondiale ; durant cette période, les dirigeables des 14 escadrilles de l'US Navy patrouillèrent sur plus de 8 millions de km2, au-dessus de l'Atlantique, du Pacifique et de la Méditerranée, escortant 89.000 navires et effectuant 550.000 heures de vol dont 55.900 en opérations. Il convient de signaler que deux bases seulement, situées hors des Etats-Unis, étaient dotées d'un hangar à dirigeables. Un fait particulièrement significatif est le taux de disponibilité élevé des aéronefs : 87 % des dirigeables affectés aux unités de la flotte furent en service de façon permanente, soit en opérations, soit en alerte.

Nonobstant ces résultats encourageants, il fut décidé en 1954, sur l'initiative de l'Office of Naval Research, de démontrer que les dirigeables étaient capables de voler par tous les temps. Pendant les deux premières années de l'expérience, neuf vols furent accomplis par de très mauvaises conditions météorologiques avec givrage, neige et vents violents. Au cours de l'un des deux derniers vols, le dépôt de glace accumulé sur l'enveloppe atteignit 1.300 kg. A aucun moment la maniabilité ou les qualités de vol de l'appareil (un ZPG-2, avec une enveloppe de 27.500 m3, une longueur de 105 m et un diamètre maximum de 23 m) ne furent modifiées et seule fut constatée une diminution de la force ascensionnelle.

A la suite de ces expériences, les dirigeables furent munis de dispositifs de réchauffage des soupapes de gaz et du tube de Pitot ; la partie supérieure de l'empennage fut recouverte d'un revêtement protecteur, les antennes furent incorporées, les hélices réchauffées électriquement et les poulies des guignols des commandes de profondeur et de direction furent capotées.

Durant la troisième année, des vols expérimentaux furent accomplis dans l'Atlantique Nord ; l'un d'eux dura 30 heures en atmosphère givrante et, enfin, un dirigeable tint l'air 11 jours, au-dessus de l'Atlantique, sans ravitaillement, couvrant près de 14.000 km par de très mauvaises conditions atmosphériques.

Ces expériences visaient à réfuter certaines objections qui avaient été formulées à l'encontre des dirigeables.

1. Le givrage

La première objection mettait en doute la possibilité de voler en atmosphère givrante bien qu'en fait on n'ait jamais eu connaissance qu'un dirigeable ait été forcé d'atterrir pour cette raison. Cette supposition était basée sur la large surface de l'enveloppe offerte à une accumulation possible de glace.

Des études théoriques ont montré que, par suite de la taille du dirigeable et de sa vitesse relativement faible, les gouttelettes d'eau surfondue, en suspension dans les nuages givrants, sont peu perturbées lors du passage de l'appareil et qu'elles suivent les filets d'air qui contournent l'enveloppe et ne se fixent pas sur sa surface. Par conséquent, la forme commune de givrage ne devrait pas présenter de difficultés. Par la suite, des études sur les conditions de pluie givrante ont montré le caractère local de ce phénomène et sa faible épaisseur dans le plan vertical ; c'est pourquoi le dirigeable devrait être capable d'échapper à ces conditions en descendant au-dessous ou en montant au-dessus de la zone dangereuse.

2. Le vent

Le vent est le phénomène météorologique le plus important pour l'exploitation des dirigeables. Cependant, alors que les vents violents n'affectent en rien la sécurité structurale d'un dirigeable en vol, il peut être parfois nécessaire, du fait de sa vitesse limitée, d'éviter les vents contraires par une utilisation judicieuse de champs de pression. On ne compte plus les occasions où cette technique a été mise à l'épreuve.

Les manoeuvres au sol peuvent être retardées par suite de vent fort, particulièrement quand il est irrégulier et souffle par rafales. D'ordinaire, le dirigeable a des réserves de carburant suffisantes et il peut retarder son atterrissage jusqu'à ce qu'une occasion favorable se présente. Dans le cas où les réserves de carburant s'épuisent, le dirigeable, en vol stationnaire ou se déplaçant à faible allure, peut se ravitailler, soit à l'aide de containers qui sont hissés à bord, soit à l'aide de tuyaux souples reliés à une citerne au sol se déplaçant à la même allure que le dirigeable.

Les dirigeables de Goodyear sont amarrés à un mât et sont rarement abrités dans un hangar. Quand une perturbation importante menace, il est souvent préférable de laisser l'appareil en l'air ou de lui faire prendre l'air et, si cela est nécessaire, de voler autour de la perturbation qui est habituellement de courte durée. Les lignes de grains, même très étendues, peuvent être traversées à l'aide du radar météorologique.

Par suite de son aptitude à voler aux instruments, un dirigeable est très rarement obligé de rester au sol, par suite des mauvaises conditions atmosphériques. Son rayon d'action et ses importantes réserves de carburant lui permettent d'essuyer les plus fortes tempêtes.

Sans qu'il soit nécessaire d'aller au devant des perturbations, il est cependant recommandé par les procédures actuellement en vigueur de tirer parti des vents violents pour économiser le carburant et accroître la vitesse/sol. C'est ainsi que le dirigeable qui rencontre une perturbation doit la contourner par la droite, de manière à éviter de la traverser, mais aussi de manière à profiter au maximum des vents de secteur arrière - qui, dans l'hémisphère Nord, tournent autour des perturbations dans le sens inverse des aiguilles d'une montre - avant de reprendre sa route normale.

3. La neige

La situation la plus délicate pour un dirigeable amarré est sans doute l'accumulation d'une lourde couche de neige "mouillée",pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres, sur l'enveloppe et la partie supérieure de l'empennage. Un moyen souvent utilisé pour retirer la neige consiste à arroser l'enveloppe avec une lance d'incendie ; des essais de réchauffage de l'enveloppe ont été également pratiqués. La neige "mouillée" se trouve au voisinage du sol et on peut l'éviter en vol en augmentant légèrement l'altitude de croisière.

4. La foudre

La foudre n'a jamais présenté de péril pour les dirigeables gonflés à l'hélium. Bien que les dirigeables, comme tous les aéronefs, s'efforcent d'éviter les zones orageuses, par suite de la turbulence qui s'y rencontre habituellement, on a pu déceler des traces de foudroiement sur la nacelle, l'empennage, la partie supérieure du radome mais aucune sur l'enveloppe elle-même. On a constaté de petits trous dans l'enveloppe des dirigeables rigides, aux points de contact avec l'armature métallique intérieure, mais l'armature n'a jamais été endommagée.

D - DEPENSES

1. Dépenses d'investissement

La page relative aux coûts d'investissement a été volontairement retirée de la notice qui nous a été remise par Goodyear Aerospace.

Le matériel de servitude et les principales rechanges constituant l'équipement minimum nécessaire pour l'exploitation d'un appareil du type Mayflower coûteraient $ 100.000.

2. Dépenses d'exploitation

Le coût annuel d'exploitation d'un dirigeable du type Mayflower est de $ 350.000, y compris les salaires, les primes, les frais de déplacement et d'hébergement du personnel, l'entretien, les taxes et primes d'assurance, les frais de location, le carburant, l'huile, l'hélium, les services techniques d'assistance et l'amortissement.

3. Equipements de servitude

Il est très difficile d'estimer le coût de l'équipement de servitude à moins que la taille du dirigeable et l'usage que l'on se propose d'en faire ne soient parfaitement définis. Il dépend aussi de l'existence ou non d'un hangar qui s'avère seulement indispensable lors du montage du dirigeable ou du remplacement de l'enveloppe (après cinq ans au moins d'exploitation).

Si la main-d'oeuvre locale est disponible et bon marché, on peut l'employer même pour la manoeuvre des grands dirigeables. Cependant, de grands progrès ont été effectués au cours de ces dernières années dans le domaine du matériel de handling. Avec de tels équipements, 10 hommes suffisent pour manoeuvrer et amarrer un dirigeable quelle que soit sa taille. Des progrès ont également été effectués dans le domaine des mâts d'amarrage mobiles mais les plus sensibles concernent la réalisation et l'utilisation des "mules" mécaniques munies de treuils à tension constante. Ces véhicules ne sont pas d'un emploi économique pour la manoeuvre des petits dirigeables du type Mayflower qui ne nécessitent que peu de main-d'oeuvre.

Les mâts d'amarrage sont des matériels relativement simples et maniables. Actuellement, le mât mobile est amené en position à l'avant du dirigeable arrêté. Si l'on doit utiliser un mât démontable, il est préférable de l'ériger à une distance respectable des pistes et le dirigeable est alors conduit vers le mât. Dans la plupart des cas, les dirigeables actuellement en service sont amarrés à un mât fixé sur le toît d'un autocar de taille moyenne.

Les coûts approximatifs des équipements de servitude sont donnés dans le tableau suivant :

	Coût (dollars)	
	Volume du dirigeable (m3)	
	4.250	42.500
Mât mobile	30.000*	300.000
Mât télescopique, y compris les haubans, etc.	15.000	50.000
Mule	-	50.000 chacune**
Divers : y compris ateliers de réparations, détecteurs de fuite d'hélium, crics pour les roues, train d'atterrissage de secours, outillage, rechanges consommables	40.000	400.000

* sur autocar, y compris l'autocar.

** trois sont nécessaires à la base d'exploitation.

Si plusieurs dirigeables sont en service, il est évident que chaque appareil ne nécessite pas l'emploi d'un tel équipement et que de nombreux matériels peuvent être utilisés en commun.

Certaines sujétions interviennent dans la détermination des prix de revient. L'un des facteurs les plus importants est l'utilisation qui est faite de l'appareil. Certaines dépenses sont accrues suivant que le dirigeable vole ou non. Une "veille de pression", ou la présence d'une personne chargée de vérifier toutes les heures la pression de l'enveloppe, est une pratique habituelle, même lorsque sont utilisés des compresseurs et des soupapes à commande automatique. Quelquefois un gardien de nuit remplit cette tâche ou bien on se sert d'un dispositif d'alarme automatique.

La firme Goodyear estime qu'un dirigeable doit être capable d'effectuer 3.000 heures de vol par an, ce qui correspond à un taux d'utilisation de 33 à 35 %. Certains considèrent que ce taux est un peu faible et qu'il pourrait être facilement dépassé. Même le petit Mayflower, qui effectue des vols de courte durée, a été exploité avec un taux moyen de 26 %. En ce qui concerne les appoints d'hélium, pour parfaire le remplissage de l'enveloppe, certains pensent qu'il faut compter sur l'équivalent du volume total de l'enveloppe par an. Goodyear considère cette estimation comme trop forte et les derniers rapports de l'US Navy à ce sujet font mention de 60 % seulement.

Pour le Mayflower, cette quantité est inférieure à 50 %, y compris la tolérance pour les opérations spéciales nécessitant le soupapage délibéré de l'hélium.

4. Carburant et lubrifiant

Le coût du carburant et du lubrifiant nécessaires pour l'exploitation des dirigeables est relativement modeste. Comme on l'a montré précédemment, au sujet des performances, la quantité de carburant consommée par un dirigeable donné varie comme le cube de la vitesse. Elle dépend également partiellement de l'alourdissement de l'appareil. La consommation horaire approximative de carburant pour des alourdissements moyens et certaines vitesses de croisière figure dans le tableau ci-dessous :

Volume de l'enveloppe (m3)	Vitesse de croisière (km/h)	Carburant (litres à l'heure)
4.250	65	37,6
14.150	95	101,4
42.500	95	196,9
85.000	95	340,1
141.500	95	492,1

On estime la consommation de lubrifiant à 5 % de la consommation de carburant.

5. Personnel

Les dépenses afférentes au personnel (équipage, opérations, entretien) varient avec la taille du dirigeable et le type d'exploitation. Le type d'exploitation déterminera, en particulier, le nombre de personnes nécessaires et s'il est possible d'utiliser de la main-d'oeuvre locale. Si le dirigeable effectue de fréquents changements de base et si l'équipage de servitude doit être transporté, les frais de déplacement et autres frais connexes doivent être inclus. La plupart des employés sont affectés à des tâches multiples ; par exemple, un mécanicien navigant peut être utilisé comme membre d'équipage au sol ou encore prendre la garde pour surveiller la pression quand il ne vole pas. On doit prendre une certaine marge pour compenser le temps perdu par suite des maladies ou des congés.

Un dirigeable en exploitation nécessite au minimum trois pilotes, l'un d'entre eux pouvant être d'ailleurs chef des opérations ; deux mécaniciens ; un gréeur, capable d'effectuer l'inspection, l'entretien et les réparations des équipements particuliers aux dirigeables tels que dispositifs de pression, soupapes, tissus, etc. et un technicien en matériel électronique et électrique, à moins qu'on ne puisse le trouver sur place.

Pour un dirigeable du type Mayflower, un pilote peut fort bien être le seul membre d'équipage pendant les vols de courte durée. Actuellement, un dirigeable de n'importe quelle taille peut être étudié de façon à être piloté par un seul homme mais pour les vols de longue durée, sur des dirigeables plus gros (par exemple, 14.000 m3 ou plus), l'équipage habituel comprend trois pilotes et au moins un mécanicien ainsi qu'un gréeur. On ajoute d'autres membres d'équipage au fur et à mesure que les tâches à bord deviennent plus nombreuses. Les grands dirigeables de l'US Navy qui transportaient un appareillage électronique complexe avaient à bord un équipage de 21 hommes.

L'équipage du Mayflower comprend quatre pilotes, un chef d'équipage, un mécanicien, un électronicien, un employé de bureau et quatre hommes pour la manoeuvre au sol.

6. Entretien

L'équipage du Mayflower accomplit tous les travaux d'entretien de routine. Après environ 1.000 h de fonctionnement, les moteurs sont révisés dans des stations-service du constructeur pour un prix d'environ $ 2.000 par moteur. Quand l'enveloppe est remplacée, après au moins cinq années d'exploitation, le coût de la main-d'oeuvre est à peu près le même que pour le montage du dirigeable, c'est-à-dire environ $ 15.000.

Alors que l'équipage minimum pour un dirigeable de 30.000 m3 peut être limité à six ou sept membres, le nombre de personnes affectées à un dirigeable de plus grande taille s'accroît avec cette dernière. L'équipage de servitude au sol atteint 10 ou 11 hommes, même avec les "mules". Goodyear pense que ce chiffre, qui n'atteint pas celui préconisé par l'US Navy, est néanmoins suffisant pour effectuer les opérations d'entretien.

Les petites et les grandes révisions, y compris la révision des moteurs, ont été estimées à un coût moyen d'environ $ 100.000 par an (à l'exclusion toutefois des pièces de rechange) pour des dirigeables de 30.000 à 150.000 m3. Le coût des pièces de rechange est généralement estimé à l'heure de vol. Un dirigeable quadrimoteur (75.000 m3 et plus) peut consommer $ 74 de pièces de rechange à l'heure, un bimoteur $ 50 (à l'exclusion des enveloppes).

Un coût moyen pour une enveloppe de rechange peut être fixé à environ 20 % du coût de production du dirigeable. Là encore, ce prix dépend de la quantité fabriquée mais il est relativement plus élevé que pour un dirigeable neuf car chaque enveloppe est faite à la main. Il n'existe aucun outillage à l'exception des patrons en carton. Les coûts les plus bas, en ce qui concerne les matériaux, sont rapidement atteints au stade de production. Le coût de l'enveloppe est une part relativement faible du coût total du dirigeable, ce qui signifie que le coût total dépend beaucoup de l'aménagement de la nacelle.

ASSOCIATION INTERNATIONALE SANS BUT COMMERCIAL

L'INSTITUT DU TRANSPORT AÉRIEN

étudie les données et les problèmes économiques, techniques et politiques du transport aérien et l'économie des transports.

Il fonctionne, pour ses adhérents répartis dans le monde entier, comme :

- *CONSEIL ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE*

  Il effectue spécialement, pour les membres qui en font la demande, enquêtes et expertises qui leur sont réservées. Ses experts sont à leur disposition.

- *CENTRE D'ÉTUDES*

  Par la série de ses documents, il étudie méthodiquement les données et l'évolution des problèmes majeurs du transport aérien.

- *CENTRE DE CONSULTATION*

  L'I.T.A. répond rapidement, par des Notes ou oralement, aux demandes de renseignements qui lui sont adressées.

- *CENTRE DE DOCUMENTATION*

  Auprès de ce Centre et de sa Bibliothèque spécialisée, les membres peuvent consulter les documents ou en obtenir le prêt.

Les PUBLICATIONS PÉRIODIQUES de l'I.T.A. comprennent :

ÉTUDES DOCUMENTS	*MENSUELS*
BULLETIN I.T.A.	*HEBDOMADAIRE*

INSTITUT DU TRANSPORT AÉRIEN

4, rue de Solférino, PARIS 7ème

Tél. 705.81.50