

CURRENT RESEARCH
IN
ASTRONAUTICAL
SCIENCES

Edited by
L. BROGLIO

CURRENT RESEARCH
IN
ASTRONAUTICAL
SCIENCES

*Proceedings of the Rome Seminar on Astronautics
sponsored by AGARD-N.A.T.O.*

Edited by
L. BROGLIO

PERGAMON PRESS
OXFORD · LONDON · NEW YORK · PARIS
1961

PERGAMON PRESS LTD.
Headington Hill Hall, Oxford
4 & 5 Fitzroy Square, London, W.1

PERGAMON PRESS INC.
122 East 55th Street, New York 22, N. Y.
1404 New York Avenue N.W., Washington 5 D.C.
Statler Center 640, 900 Wilshire Boulevard
Los Angeles 17, California

PERGAMON PRESS S.A.R.L.
24 Rue des Écoles, Paris V^e

PERGAMON PRESS G.m.b.H.
Kaiserstrasse 75, Frankfurt am Main

Copyright © 1961
Pergamon Press Ltd.

Library of Congress Card No. 61-12439

Printed in Great Britain by Pergamon Printing and Art Services Limited, London.

PREFACE

Il m'est très agréable de présenter ici l'édition des conférences sur l'Astronautique organisées à Rome en Mai 1959.

Je tiens à féliciter tout particulièrement le Professeur Broglio d'avoir pris l'initiative d'organiser cette manifestation conjointement avec l'A.G.A.R.D.

Puisque l'occasion m'en est offerte, je désire remercier tous les conférenciers qui ont bien voulu consacrer un temps précieux à la préparation d'excellents exposés parfaitement adaptés au but que nous nous étions fixé.

Alors que j'écris cette préface et que plusieurs mois se sont écoulés depuis ces conférences, je suis mieux à même de me rendre compte combien ces conférences et les quelques autres qui ont été organisées récemment, ont pu influencer les milieux scientifiques européens.

Ces efforts, associés aux prestigieuses réalisations visant à faire de l'Espace un pôle d'attraction pour les savants et techniciens ont porté leurs fruits. En effet, dans les quelques mois qui viennent de s'écouler, de nombreux groupes nationaux se sont formés qui ont intensifié sur le plan national et international les échanges d'idées et certains projets en commun dans ce domaine.

Les conférences de Rome représentent pour l'OTAN et pour les pays qui ont été invités à y participer, une étape importante. Elles ont permis de tracer la voie pour que les problèmes intéressant la technologie de l'Espace puissent être mieux compris par les chercheurs et ingénieurs des pays membres de l'Alliance, qui désirent s'y consacrer.

CURRENT RESEARCH IN ASTRONAUTICAL SCIENCES

La présence de nombreux auditeurs des différents pays de l'OTAN à ces conférences montre combien les sujets traités étaient intéressants.

Je souhaite que l'exemple ainsi donné par l'AGARD et l'Ecole des Ingénieurs en Aéronautique de l'Université de Rome soit suivi de nombreuses réalisations comparables dans d'autres pays membres de l'Alliance, ce qui ne saurait manquer de se produire étant donné le succès obtenu par les conférences de Rome.

Je tiens également à exprimer ma gratitude aux collaborateurs du Professeur Broglio qui ont tout mis en oeuvre pour que ces conférences soient un succès, sans oublier mes collaborateurs directs, Mr. R.A. Willaume, Directeur du Programme International de Consultants et d'échanges qui, depuis le début, s'est chargé en mon nom de la mise en oeuvre de ce projet, ainsi que le Dr. Giovanni Vannucci, Technical Information Officer de l'AGARD qui a facilité cette réalisation et a bien voulu suivre avec attention l'édition de ces conférences que je suis heureux de pouvoir préfacier aujourd'hui.

THEODORE VON KARMAN

OPENING ADDRESS (I)

PROFESSOR UGO PAPI

Rettore Magnifico dell' Università di Roma

La cerimonia di questa mattina é molto significativa per la vita della nostra Università. Si tratta di incontrare una folla inconsueta di scienziati, uomini della cattedra, ricercatori, dirigenti di industrie altamente specializzate, qui convenuti da molti paesi per partecipare a questo Congresso di astronautica, che dovrà affrontare e risolvere i numerosi problemi della conquista degli spazi interplanetari. Un obiettivo che l'uomo si é proposto da che, forse, ha avuto il privilegio di sognare e di ragionare. Un obiettivo, peraltro, che a nessuno si palesa come fine a sé stesso.

Non vale la pena di dissimularsi che l'uomo della strada guarda al corso di queste indagini, di queste ricerche appassionate e audaci, di questi congressi, come ad una gara fra paesi: gara di adeguamento continuo, nelle rispettive realizzazioni e di continuo superamento; il quale, a sua volta, richiede adeguamenti successivi da parte di altri paesi. Inevitabilmente l'uomo della strada é portato a pensare al conflitto armato, in servizio del quale le realizzazioni conseguite sembrano rivolte. E' portato a pensare che sarebbe difficile per un paese contrapporre un'aviazione di tipo tradizionale, anche se perfezionatissima, all'aviazione di un paese che fosse riuscito a progredire nel dominio degli spazi; e meno che mai contrapporre armi superate.

In realtà, una volta adottate, anche da un paese soltanto, nella propria industria, scoperte e invenzioni di laboratorio prospettano la costosa, tuttavia inflessibile necessità

di adeguare la propria attrezzatura industriale e militare a quella dei paesi in cui gli scienziati hanno potuto compiere maggiore cammino. Ed é un dato di fatto che, a fronteggiare tale necessit , non bastano, spesso, le disponibilit  di bilancio di un singolo Stato. Occorrono disponibilit , che solo sono in grado di apprestare "sistemi di alleanze" e "contributi" da parte di paesi molteplici anche se, dopo tutto, potrebbe apparire preferibile un'attrezzatura producibile entro il territorio di ciascuna nazione. Si rende indispensabile il concorso tecnico, finanziario, economico di diversi paesi per disporre di industrie aggiornate, anche se appena con propositi di difesa. Ad ogni modo, senza infingimenti,   lecito affermare che questo sforzo minuzioso, consapevole, senzaoste   rivolto soprattutto ad uno scopo: evitare la guerra; quanto meno rendere la guerra meno improbabile al massimo, mediante la ricerca di un assiduo equilibrio di forze militari, industriali, organizzative; un equilibrio interrotto di continuo, e di continuo ricostituito con lena inesauribile.

N  si dica che - adottando nuovi progressi tecnici - un paese si espone, per ci  stesso, all'attacco del pi  forte, portato a vedere, anche nella semplice difesa del primo, un pericolo per s . N  si dica che, se un paese si rassegnasse a restare assente da ogni gara di ammodernamento delle proprie armi, l'eventualit  di un attacco, da parte del pi  forte, non avrebbe motivo di verificarsi. La storia antica e recente dei paesi neutrali   purtroppo ampiamente documentata di prove, che li denunciano particolarmente esposti al rischio di essere fagocitati dai paesi forti, magari senza colpo ferire.

Evitare la guerra, renderla improbabile al massimo grado -   il primo contributo che le ricerche degli uomini di studio possono recare allo sviluppo pacifico della Comunit  internazionale.

Tuttavia, accanto al tenace perseguimento di un equilibrio di forze militari e produttive, un altro sforzo, egualmente essenziale, si profila meritevole di essere perseguito: lo sforzo di abbreviare gradualmente la distanza, che separa i paesi

più avanzati dai paesi sottosviluppati: i paesi nei quali pressoché due terzi della popolazione mondiale vive ancora scarsamente nutrita, vestita e alloggiata.

Dopo la seconda guerra mondiale, scandalo enorme è apparsa la situazione che, del resto, era sempre esistita: la coesistenza di popoli più e di popoli meno progrediti. Scandalo enorme dal quale è derivato un rilievo poderoso offerto agli studi sullo sviluppo delle popolazioni arretrate; mentre durante i decenni precedenti, le ricerche degli studiosi s'erano piuttosto concentrate sulle ragioni del fluttuare, a più o meno breve termine, della vita economica di un paese, o di una regione. Per "sviluppo economico" si è inteso il "progresso di un paese, o di una regione, verso più elevati livelli di redditi, di occupazione, di benessere". E, da una parte, si sono posti in luce i fattori fondamentali di questo progresso; dall'altra, si sono tracciate direttive atte a sollecitare l'azione di questi fattori. In prima linea, investimenti di enormi disponibilità di risparmio in attività produttive redditizie.

Sarebbe facile - è vero - osservare che lo sviluppo economico dei paesi sottosviluppati potrebbe, dopotutto, essere promosso con efficacia e rapidità molto maggiore, qualora al rilevamento morale ed economico dei paesi meno progrediti fosse possibile indirizzare tutte le ingenti spese; che i governi oggi devolvono agli armamenti più recenti. Tuttavia - come si riscontra nel caso di qualsiasi disarmo, compreso ovviamente il disarmo economico e commerciale - solo un' "azione accurata di concerto tra governi" potrebbe consentire la riduzione delle spese. E Dio sa se il mondo intero, auspichi l'inizio di questa azione, con un fervore di speranza, che non è stato forse ancora mai eguagliato nel tempo.

Senonché, fino a quando questa riduzione di spese non si renda possibile, il tentativo di assicurare la pace e lo sviluppo della Comunità internazionale va rivolto, nel contempo - nel campo tecnico e militare e nel campo economico - a promuovere l'elevazione materiale e spirituale di popoli,

no portare la propria economia al livello di compiuta soddisfazione dei bisogni delle popolazioni rispettive.

In tutti e due questi campi di ricerca - quello tecnico-militare e quello economico - l'Università per la propria struttura e per la propria indipendenza da interessi particolari - si presenta meglio in grado di assicurare un apporto decisivo.

La posta del duplice ordine di ricerche è la pace anche se a stimolarla è poi l'orrore di un conflitto mondiale; La pace e, nella pace, lo sviluppo della personalità umana, la salvaguardia della libertà del cittadino, a qualunque nazione appartenga. Libertà è parola il cui contenuto tende a deviare e a svuotarsi ogni giorno più. Noi concepiamo la libertà come il diritto di ogni essere umano di esplicare - nell'ambito delle leggi che ciascun paese è padrone di assegnarsi - la propria individualità, che è poi il presupposto di qualsiasi progresso, che l'uomo si prefigge di raggiungere in qualsiasi campo. Libertà dal bisogno e libertà di azione del singolo nella convivenza civile. Una posta, nella quale si racchiude l'evoluzione medesima della civiltà. Ignorare o trascurare questo mezzo di elevazione della specie umana, rappresenterebbe, per qualunque popolo, un regresso di secoli.

In questo quadro mi permetto di cogliere il significato del Congresso odierno: l'apprestamento di una sempre più elevata comunità internazionale. Con questi sentimenti, mi onoro di porgere il benvenuto più cordiale agli studiosi convenuti da tanti Paesi.

L'o.d.g.di questo Convegno presenta argomenti di alto interesse scientifico. Non ho alcun dubbio che nelle sedute affioreranno concetti importanti per il crescente perfezionamento della conoscenza. Auguro a tutti lor Signori, che i dibattiti siano fecondi e che i risultati rispettivi segnino tappe nuove anche per i rapporti tra gli uomini di studio dei vari paesi. Ormai può dirsi abbastanza diffusa la convinzione che, il loro pensiero e il loro concorso, condizionano indeclinabilmente il progresso duraturo, nella giustizia e nella pace, del consorzio di tutti i popoli civili.

OPENING ADDRESS (2)

PROFESSOR LUIGI BROGLIO

Presidente della Scuola di Ingegneria Aeronautica di Roma

Ho il gradito compito di illustrare, su di un piano esclusivamente tecnico, le finalità e la struttura di questo Seminario internazionale di Astronautica e Scienze dello Spazio.

La conoscenza del lembo di spazio che più da vicino ci circonda, a mezzo dei viaggi interplanetari, è entrata in una prima fase di pratiche realizzazioni soltanto da pochissimo tempo. In questo periodo iniziale si sono avuti dei progressi notevoli, tuttavia il cammino da percorrere è ancora lungo e richiederà all'uomo intelligenza, fantasia e coraggio in una misura oggi difficilmente prevedibile.

Un primo scopo di questo Seminario è pertanto quello, da una parte di esporre una sintesi ordinata delle conoscenze finora acquisite sulla scienza dello spazio e dall'altra di precisare, per quanto oggi possibile, i problemi che ancora richiedono soluzione.

La gamma degli argomenti che verranno trattati nel Seminario è pertanto piuttosto vasta e comprende, fra l'altro, i problemi dell'astronautica, dell'astrofisica, della alta atmosfera, delle comunicazioni spaziali, della guida, delle strutture, dei materiali, della propulsione delle astronavi e infine della medicina e del diritto dello spazio.

Quale sarà nel tempo la evoluzione delle astronavi nella configurazione e nelle prestazioni?, quale il progresso nei viaggi interplanetari? E' difficile rispondere a queste domande oggi, quando le nostre cognizioni sono ancora ammantate di ignoranza e quando i nostri primi progetti di astronavi possono forse paragonarsi nella concezione a quegli aeroplani con propulsione a vela che appaiono nei disegni degli inventori e degli appassionati di aeronautica di cento anni fa. Tuttavia, in base a quanto oggigià conosciuto, si può forse ritenere che la evoluzione futura delle astronavi continuerà ad essere essenzialmente legata al progresso dei sistemi di propulsione. Accettando questo punto di vista la evoluzione delle astronavi può così anticiparsi in tre fasi.

La prima fase è quella attuale, è la fase dei missili balistici e dei satelliti artificiali. Si tratta cioè di veicoli che non portano esseri umani a bordo e che sono caratterizzati da una propulsione che agisce soltanto nel periodo iniziale della traiettoria, dopo di che la astronave rimane abbandonata al gioco delle forze di inerzia e della gravità, mancando la spinta del sistema propulsivo. Un siffatto veicolo può volare, percorrere una traiettoria, entrare in orbita, tuttavia non può atterrare e tanto meno ripartire da un altro pianeta. Il difetto principale di un tale veicolo è la scarsa precisione della traiettoria.

La seconda fase è quella della quale stiamo ora forse varcando la soglia. Essa porterà ad un'astronave con un uomo a bordo e sarà caratterizzata dall'aver oltre al sistema propulsivo analogo a quello della astronave precedente che agiva soltanto nel periodo iniziale della traiettoria, anche un sistema ausiliario di propulsione che agisce, al momento giusto, per breve tempo e che non ha essenzialmente la funzione di propellere o frenare la astronave ma piuttosto quella di modificare la traiettoria per conferire ad essa la necessaria precisione. Un tale veicolo può essere probabilmente realizzato con nozioni tecnologiche oggi acquisite. Le possibilità di un tale veicolo sono già molto notevoli; la esatta ampiezza di tali possibilità dipende essenzialmente dai progressi che verranno effettuati negli odierni propellenti chimici sia che si tratti di composti del fluoro, sia che si riesca a stabilizzare i cosiddetti radicali liberi.

Siamo così arrivati alla terza ed ultima fase, quella che dovrebbe condurre alla configurazione della astronave definitiva. Si tratterà di un veicolo con equipaggio umano che sarà caratterizzato dall'aver un sistema propulsivo capace di funzionare durante tutta la traiettoria, sia per propellere, sia per frenare, sia per correggere e modificare la traiettoria stessa. Probabilmente tale sistema di propulsione consisterà in un razzo chimico analogo a quelli odierni per uscire dall'atmosfera terrestre, dopo di che per il resto della traiettoria potranno essere usati sistemi propulsivi più avanzati e di più alta energia come il razzo a ioni o il razzo a fotoni: la potenza elettrica necessaria a tali sistemi propulsivi verrà probabilmente fornita da un reattore nucleare. E' soltanto in questo modo, per quanto oggi si conosce, che sarà possibile realizzare un'astronave di dimensioni e costo ragionevoli. E' soltanto in questo modo che potranno essere effettuate le varie fasi di decollo e atterraggio nei viaggi interplanetari con quella estrema precisione (che è di qualche decimo di grado negli angoli e di qualche metro al secondo nelle velocità) necessaria per garantire la incolumità dello equipaggio umano. Per comprendere tuttavia il cammino che ancora resta a percorrere occorre osservare che il razzo a ioni è ancora allo stato infantile mentre il razzo a fotoni è perfino controverso nella sua stessa impostazione teorica.

In questa sintesi sommaria della evoluzione delle astronavi mi sono limitato a considerare i problemi della propulsione e della guida. Altri problemi dovranno essere parallelamente risolti come quello delle radiazioni cosmiche, della biologia nello spazio, forse delle meteoriti, certamente quello delle strutture e dei materiali delle astronavi che dovranno resistere a temperature vicine a quella delle stelle. Tali temperature potranno essere generate sia dal calore del sistema di propulsione sia dall'attrito dell'aria durante il rientro nell'atmosfera terrestre per un fenomeno analogo a quello che brucia in cielo le meteoriti.

Tutti questi problemi interessano non solo gli scienziati ed i ricercatori universitari, ma anche gli ingegneri progettisti e le industrie. Perciò un altro compito di questo Seminario sarà quello di indicare i vari problemi che rivestono interesse rispettivamente per gli studiosi, i progettisti, i tecnici delle industrie. A tale scopo ciascuna delle 20 sedute delle quali il Seminario si compone si inizierà con una relazione introduttiva sull'argomento trattato e continuerà con una ampia discussione alla quale tutti potranno partecipare: scienziati, ingegneri e tecnici. L'ultimo giorno i lavori saranno chiusi da una relazione finale alla quale i presenti sono cordialmente invitati ad intervenire.

Sorge a questo punto un altro aspetto delle finalità di questo Seminario, e cioè la posizione della Scuola rispetto alle scienze nello spazio. In particolare la posizione degli studi di ingegneria aeronautica perchè sotto vari aspetti può ritenersi che la tecnologia dello spazio sia un prolungamento della tecnologia delle scienze aeronautiche.

Ritengo che tale posizione possa condensarsi in due punti. Il primo punto è il seguente: lo studio, la progettazione, la realizzazione delle astronavi richiede ingegneri di tutte le specie, ma sono inoltre necessari uomini che sappiano risolvere problemi nuovi in campi nuovi. Occorrono cioè degli ingegneri aerospaziali, che alla consueta formazione tecnica e scientifica di base aggiungano una preparazione scientifica specializzata soprattutto nei settori della fisica della materia, della fisica e dinamica dello spazio, della astronomia. Tuttavia io non penso che il compito della scuola si riduca a quello della formazione di una elite di super ingegneri aerospaziali. Io penso che occorre passare al secondo punto di queste considerazioni che può così riassumersi: occorre integrare la scienza dello spazio nel comune bagaglio di cultura generale degli uomini. Ho letto da qualche parte che ai tempi di Cristoforo Colombo molti milioni di uomini non conobbero le imprese del grande italiano perchè non sapevano leggere. Occorre anche oggi che la scuola insegni a leggere le notizie relative alla scienza dello spazio fornendo ai giovani come cultura generale le nozioni essenziali di fisica e dinamica dello spazio e di astronomia perchè essi possano seguire consapevoli questa impresa nella quale la scienza si colora con i toni smaglianti della fantasia.

Io credo che il discorso testè udito dalla voce del Rettore Magnifico chiarisca la importanza dei due punti ai quali ho accennato. Se è vero, come è vero, che l'uomo della strada guardando alla scienza dello spazio comprende perfettamente come al disopra o al disotto della pura scienza e tecnica esista l'ansia delle Nazioni di mantenere - attraverso un continuo superamento delle tecnologie - una condizione di equilibrio che è garanzia di pace, da questa premessa risulta ovviamente che ogni nazione debba partecipare al progresso della Scienza dello Spazio perchè è interesse di ogni Nazione, qualunque sia il credo politico dei suoi governanti ed il colore della sua bandiera, che sia salvaguardata la pace dei popoli, e l'indipendenza degli stati, la libertà degli individui.

Pertanto io credo che anche gli argomenti prima accennati e cioè: formazione degli ingegneri aerospaziali e integrazione della Scienza dello Spazio nella cultura generale, potranno essere utilmente trattati, quando se ne presenterà l'occasione, nel corso di questo Seminario e ritengo che lo interesse di una tale discussione potrà varcare i confini della pura scienza e della pura tecnica.

Per questo chi parla ed i suoi colleghi ed allievi della Scuola di Ingegneria Aeronautica di Roma sono particolarmente grati a coloro che con il loro aiuto generoso hanno permesso questo Seminario: all'Università di Roma cui apparteniamo e al nostro Rettore Prof. PAPI, alla Sorella Facoltà di Lettere ed al Preside Prof. Monteverde che ci ospita, allo "Advisory Group for Aeronautical Research and Development" e al suo Presidente Prof. Von Karman oggi rappresentato dal Segretario Generale Dr. Wattendorf, al grande ente americano del N.A.S.A. e al Dr. Dryden, all'Aeronautica Militare Italiana e in particolare al Capo di Stato Maggiore Generale Napoli e al Segretario Generale Gen. Porru Locai, a tutti i collaboratori ed amici che hanno lavorato e lavoreranno per il successo dei lavori. Siamo infine particolarmente grati agli studiosi de-

gli altri Paesi che sono venuti per discutere i problemi del volo aerospaziale e che ci hanno portato non solo la loro competenza ma anche la loro amicizia. Io credo che questo gesto fraterno e disinteressato sia di buon auspicio. Forse tra qualche anno non avrà più importanza il fatto che i satelliti artificiali siano messi in orbita usando le componenti dei missili balistici intercontinentali. Forse questa circostanza che allo stesso tempo accese nel nostro cuore la speranza del volo e gettò nel nostro animo il timore di una possibile guerra di distruzione totale, questa circostanza che amareggia oggi il nostro animo sarà forse un giorno totalmente dimenticata. Forse negli spazi si nascondono dei pericoli per il nostro pianeta, forse il timore di questi pericoli o anche più semplicemente le immani difficoltà della impresa spaziale e il desiderio di non subire una sconfitta che sarebbe una sconfitta di tutti, saranno ragioni sufficienti per generare una più lunga tregua tra i popoli della terra. Forse un giorno noi distoglieremo i nostri timori e le nostre speranze da questo pianeta per indirizzarli verso i mondi lontani del firmamento.

Duecento scienziati di dieci Paesi sono convenuti a Roma in perfetta concordia di spiriti e di intenti. Possa questo simbolo di fratellanza rappresentare un piccolissimo messaggio di amore per tutti.

OPENING ADDRESS (3)

DR. F. L. WATTENDORF

Director, AGARD Secretariat, N.A.T.O.

Thank you, Mr. Chairman, Professor Broglie, members of the Astronautics Conference, and distinguished guests.

Your Excellency has covered so well the general principles behind this conference, and Prof. Broglie has given such a complete introduction to the subject matter, that I find myself in the fortunate position of having no gaps to fill under introductory remarks. Therefore it remains my pleasant duty to bring you special greetings on behalf of our Chairman and co-sponsor of this meeting, Professor Theodore von Karman, whom I visited quite recently in the United States and who asked me to tell you how sorry he was not to be with you today.

Prof. von Karman, who is spending the Spring semester at Cornell University, Ithaca, N.Y. as special visiting professor, is lecturing on the timely subject of magnetohydrodynamics, or rather magnetofluid-dynamics, a more representative title, and one which is gathering popularity following the enthusiastic efforts of our friend and competent contribution of Italy to the AGARD Staff, Dr. Vannucci.

As you know, Prof. von Karman has always been a step ahead of the science of fluid dynamics, leading it successively through the stages of viscous effects, compressibility effects (supersonic aerodynamics), thermal effect (Aerothermodynamics), effects of chemical kinetics (aerchemicaldynamics). For some years he has realized the importance of electromagnetic effects on the flow of ionized gases (magnetofluidynamics). However, he stated that he had neither time nor

diligence enough to make a study of the new science. Therefore he decided to teach it.

As I mentioned before, the previous speakers have left no gaps in the introductory remarks therefore I will confine my remaining remarks to amplifying the particular importance of cooperative efforts in research and development in the new era of space technology. I would like to recall the period just prior to 1930 when subsonic aeronautical engineering was in a state of well-developed maturity.

At that time, an aeronautical engineer had fairly well-defined borderlines surrounding his profession, and he did not have to worry about such complicating effects as compressibility, because the aircraft piston engine of that time clearly limited aircraft speeds to well below the speed of sound.

Despite the above situation, true scientists in fluid dynamics were studying supersonic phenomena, both theoretically and experimentally. It is a special tribute to the foresight and vision of Italian scientists (especially Gen. A. Crocco) that the Volta Congress was convened in 1935. At this congress, the invaluable exchange of ideas, information and theories laid the groundwork for the principles of supersonic flight attained when the advent of jet propulsion made an incremental jump in aircraft speeds possible.

In like manner, the coming of age of the chemical rocket, containing its own built-in supply of oxygen, provided the key to flights outside the atmosphere. Scientists in various countries have pointed this out at various times. As a particular example, Prof. von Karman in 1945-46, with his assistants, showed that with the technology, even at the time, not only that the launching of satellites was possible, but also flights to the moon and escape into the solar system. Admittedly the cost would be prohibitively high for conditions at that particular time but, as Prof. von Karman pointed out, technology does not stand still and every year would be expected to make the goal of space flight much more within reason.

Space flight has now become a reality, because of the development of "brute force" chemical rockets of hundreds of thousands of pounds thrust.

CURRENT RESEARCH IN ASTRONAUTICAL SCIENCES

However, the significant part is that the actual "pay load" which travels in space is very much smaller, simpler, and less costly than the brute force launcher. On the other hand, the real scientific problems of space begin only when the giant launcher has done its job, and passed out of existence. Here, then, is the great need for scientific cooperation among the scientists of various nations: to attack those basic problems which will make space flight increasingly more feasible and rewarding. Examples of such problems have been given by Prof. Broglio and will be greatly expanded upon by the speakers at this conference. Examples are:

- Aerodynamics of rarefied and ionized gases
- Nuclear energy
- Electric propulsion (low thrust, long life after orbit)
- Structures (large area, light weight)
- Materials (high temperature, radioactive environment)
- Bio-physics (confinement, weightlessness)
- Guidance and control.

One of the most encouraging features of research items concerning space technology is that massive facilities with large power requirements are not, in general, required for development of the space probe and instrumentation. (For instance, thrust requirements, after orbit// is attained, are significantly less than the initial boost thrust). Since "brain power" is a function of birth rather than geography, all countries with common interest can make essential contributions to the future of space flight.

What is now required is a concentrated research effort on the part of many nations with similar outlooks. This means constant interchange of information and views among corresponding scientists. The University of Rome and present organizers deserve credit for realizing this fact, and making the present meeting, with interchange of views among leading space scientists of different nations, possible.

May I add my personal wishes to those of the Chairman in the following toast: "Buona Fortuna al Siminario di Astronautica e Scienze dello Spazio".

