

Gennaro Russo – Raffaele Savino – Raimondo Fortezza

SPAZIO: OLTRE 50 ANNI DI STORIA IN CAMPANIA
SPACE: OVER 50 YEAR HISTORY IN CAMPANIA

D*libri*
Denaro libri

The authors waived any benefit produced by the sale of this book to sustain a faster and wider distribution of the content that they consider a common heritage.

Gli autori hanno rinunciato ad ogni beneficio collegato alla vendita di questa pubblicazione al fine di garantire una più rapida ed ampia distribuzione di ciò che ritengono essere un bene comune.

Dlibri
Denaro libri

Presso la Mostra d'Oltremare
viale Kennedy, 54 – 80125, Napoli
tel. 081.6107711 – fax 081.422212
www.denaro.it • denaro@denaro.it

Indice

<i>Foreword</i>	4
Prefazione	5
<i>Introduction</i>	8
Introduzione	9
1. <i>Origins of aeronautics and space research programmes in Italy</i>	12
1. Le Origini della ricerca in Italia in campo aeronautico e spaziale	13
2. <i>First space research activities in Campania</i>	18
2. Prime attività di ricerca in campo spaziale in Campania	19
3. <i>The 60's: Space race and Lunar exploration</i>	24
3. Gli anni '60: L'era spaziale e la conquista della Luna	25
4. <i>The 70's. Maturity and conclusion of the Apollo program, the first Space Station and preparation of reusable space vehicles</i>	30
4. Gli anni '70: la maturità ed il completamento del programma Apollo, le prime Stazioni Spaziali e la preparazione della riutilizzabilità	31
5. <i>The 80s: Space Shuttle, Spacelab and Fourth environment</i>	38
5. Gli anni '80: L'era dello Space Shuttle, lo Spacelab e il Quarto Ambiente	39
6. <i>The 90s: The heritage of the Berlin wall collapse and of the great scientists</i>	48
6. Gli anni '90: l'eredità del crollo del Muro di Berlino e quella dei grandi scienziati	49
7. <i>The Beginning of the New Millennium: "Flying" while reentering from Orbit</i>	58
7. L'inizio del secondo millennio: Rientro dall'orbita "Volando"	59
8. <i>Current time: searching new leadership</i>	64
8. Il presente: la ricerca di nuova leadership	65
9. <i>Conclusions</i>	72
9. Conclusioni	73

Foreword

The “Space” as meant in this book refers to four space activities: Telecommunications, Remote Sensing, Space Exploration and Microgravity. These activities correspond to the four uses of space:

1. positioning of an antenna in an orbit and receive/transmit electromagnetic waves (Telecommunications);
2. positioning of space platforms at locations from which they can “look”(across the spectrum of frequencies) at the ground or at other points in space (remote sensing);
3. transport of humans into space (space exploration);
4. study of fluid behavior under conditions of not powered orbital flight i.e. whenever the gravity forces are almost perfectly balanced by the inertia forces) (Microgravity).

The authors have done a concise and very useful work to remember the space activities in Campania over the last 50 years. From this resume it turns out that the contributions of Campania were substantial and diversified in various disciplines to witness an interest and the inclination for these activities.

All three authors are the “product” of the School of Space Engineering of the University Federico II of Naples, and in particular of the PhD research activities between the 80s and 90s.

They are professionals who live Space in everyday life and are a point of reference for young people who feel attracted by space activities. In addition to the cultural backgrounds, the three authors have in common their strong interest and enthusiasm for space, daily challenged by “impossible” objectives, whether it be numerical or experimental research, it be a broad spectrum of projects carried out in centers for aerospace research and whether it be technology research at space industries aimed at the development of space systems.

From the book it appears how the first two utilization of space (telecommunications and remote sensing) have reached a high degree of maturity and consist today mainly in commercial activities. With regard to the Microgravity, its development encountered difficulties and is still in the research phase.

Space exploration requires a separate discussion. The authors highlight a lack of leadership in this field. In reality it is not the leadership, but the lack of clear objectives which, in addition to financial difficulties, make human exploration of space uncertain. Strange as it may seem, the writer sees the future more clearly than the present. In fact the present is confused by the recent involvement of China, the economic crisis, the privatization of activities undertaken by governments

Prefazione

Lo “Spazio” così come è inteso in questo volume si riferisce a quattro attività spaziali : Telecomunicazioni, Telerilevamento, Esplorazione spaziale e Microgravità. Tali attività corrispondono alle quattro utilizzazioni dello Spazio:

1. collocazione di una antenna in una posizione orbitale da cui ricevere/trasmettere onde elettromagnetiche (Telecomunicazioni);
2. collocazione nello spazio in punti da cui “guardare”, in tutto lo spettro di frequenze, la terra o altri punti dello spazio (Telerilevamento);
3. il trasporto di esseri umani nello spazio (Esplorazione spaziale);
4. lo studio del comportamento dei fluidi alle condizioni di volo orbitale non propulso, e cioè di bilanciamento tra forze gravitazionali e forze di inerzia (Microgravità).

Gli autori hanno fatto un’opera sintetica e molto meritevole nel ricordare quanto fatto in Campania nel campo spaziale negli ultimi 50 anni. Da questa cronistoria viene fuori che i contributi della Campania sono stati notevoli e diversificati nelle varie discipline, a testimonianza di un interesse e di una vocazione per queste attività.

Tutti e tre gli autori sono il “prodotto” della Scuola di Ingegneria spaziale dell’Università Federico II di Napoli, ed in particolare dei corsi di dottorato di ricerca a cavallo degli anni ‘80

e ‘90. Essi sono operatori che vivono lo Spazio nella sua quotidianità e che sono un punto di riferimento per i giovani che si sentono attratti dalle attività spaziali. Oltre alla provenienza culturale, i tre autori sono accumulati dall’interesse e dall’entusiasmo dei ricercatori spaziali, giornalmente sfidati da obiettivi “impossibili” sia che si tratti di ricerche numeriche e sperimentali, sia che si tratti di progetti ad ampio spettro svolti in centri di ricerca aerospaziali e sia che si tratti di ricerche tecnologiche effettuate da industrie spaziali e finalizzate alla realizzazione di sistemi spaziali.

Dalla lettura del libro risulta come le prime due utilizzazioni dello Spazio (telecomunicazioni e telerilevamento) hanno raggiunto un alto grado di maturità e consistono, oggi, in attività commerciali. Per quanto concerne la Microgravità essa ha avuto difficoltà ed è ancora in fase di ricerca.

L’esplorazione spaziale richiede un discorso a parte. Gli autori mettono in evidenza la presente mancanza di una leadership. In realtà è la mancanza di obiettivi chiari che, aggiunti alle difficoltà finanziarie, rendono l’esplorazione umana dello spazio quanto mai incerta. Per quanto strano possa sembrare lo scrivente vede più chiaro il futuro che non il presente. Infatti il presente è confuso per il recente coinvolgimento della Cina, per la crisi economica, per la privatizzazione di attività

and space agencies and the postponement, sine die, of the lunar and Martian missions that have caused the cancellation of the NASA Constellation program and Ares launchers.

If space will survive the future is quite clear: the exploration of planets will be a reality (however it is the time scale that is not clear). These future goals should dictate the present objectives. The practical way of exploration is made possible by human activities in orbit aboard space stations that allow assembly operations, maintenance and refurbishment of interplanetary manned vehicles. Intermediate step, necessary to achieve this goal is the colonization of low orbits (LEO). This means the availability of vehicles that allow the launch and return from space orbit safely, comfortably and economically. These three characteristics are

achievable with the Air Launch-to-space and return of the vehicle at high Lift-over-drag. Beneficiaries of these aircraft will be space tourists that will help create a market for flights of exploration.

Mentioned in the text are the feasibility studies conducted in Campania in collaboration with German industry. In particular, the University of Naples and the writer suggested in September 2003 (AIDAA Congress in Rome), immediately after the tragedy of the shuttle "Columbia", a "low risk" reentry aircraft.

In conclusion it is to applaud the article that bears witness to what was done in Campania, in the hope that the involvement of our region will be increasingly important and influential in the near future.

RODOLFO MONTI

svolte da governi ed enti spaziali, per il procrastinarsi, sine die, delle missioni lunari e marziane che hanno causato la cancellazione del programma Constellation della NASA e dei vettori Ares.

Se lo spazio sopravviverà, il futuro è chiaro: l'esplorazione dei pianeti sarà una realtà (è la scala dei tempi che non è chiara). Bisogna che sia questo futuro a dettare gli obiettivi al presente. La modalità della esplorazione passa attraverso attività umane in orbita a bordo di stazioni spaziali che consentano operazioni di assemblaggio, manutenzione e refurbishment dei veicoli interplanetari abitati. Tappa intermedia, necessaria al raggiungimento di tale obiettivo è la colonizzazione delle orbite basse (LEO). Questo significa avere la disponibilità di veicoli che consentano il lancio ed il ritorno da orbite spaziali in modo sicuro, confortevole ed economico. Queste tre caratteristiche sono realizzabili con lancio da

aereo (Air Launch) e rientro del veicolo ad alta efficienza aerodinamica (rapporto portanza/resistenza). Beneficiari di questi velivoli saranno i turisti spaziali che contribuiranno a creare un mercato per i voli di esplorazione.

Nel testo sono menzionati studi di fattibilità svolti proprio in Campania in collaborazione con l'industria tedesca. In particolare l'Università di Napoli e lo scrivente hanno proposto nel settembre 2003 (congresso AIDAA di Roma), subito dopo la tragedia dello shuttle " Columbia ", un velivolo di rientro " a basso rischio".

In conclusione, è da plaudire al libro che rende testimonianza a quanto fatto in Campania, con l'augurio che il coinvolgimento della nostra regione sia sempre più determinante ed autorevole anche in un prossimo futuro.

RODOLFO MONTI

Introduction

Despite technological advances and scientific discoveries, space activities are still very young. Since the beginning of the Space Age with the launch, on October the 4th, 1957, of the first Russian artificial satellite Sputnik, and also with Yuri Gagarin, who opened new frontiers to the mankind, and then again with the NASA Gemini and Apollo programs, Campania region was always active in the national and international space framework.

The Universities of Naples, research centers like MARS Center, CIRA, and several small, medium and large aerospace enterprises, in that area, provided for long time an image of excellence, high expertise and competence, publishing original scientific results and promoting technical innovations, following the guidelines of one of the most important scientists of our time: Luigi G. Napolitano.

Scientifically educated in New York by Antonio Ferri, working in the field of the scramjet propulsion, a topic for visionary dreamers, he soon had prestigious academic appointments both in Italy, as full professor of Aerodynamics at the University of Naples, and at international scale, teaching as visiting professor at foreign Universities like Berkeley or La Sorbonne in Paris.

In the same years, he took on more responsibilities at international level, as the chair of the

International Astronautical Federation (IAF) and of the European Low Gravity Research Association (ELGRA).

Following his insight and his spirit of innovation, he formed the aerospace school in Campania, laying the foundations for including Italy in position of leadership at European and world level.

The scientific and technological contributions provided in Campania over the years are relevant. The former Aeritalia, under the guidance of Dr. Piantella, developed in Pomigliano all the internal structures of Spacelab, the first European space laboratory, where several scientific experiments have been carried out.

The Institute of Aerodynamics, entitled to the polar explorer Umberto Nobile and, subsequently, to Napolitano himself, has been for many years the center of pioneering activities in the fields of microgravity, hypersonic aerodynamics, earth observation, and more.

Original scientific results have been published after Napolitano thank to the work of many colleagues and collaborators; we would like only to mention, for example, new approaches to the Order of Magnitude Analysis, to the thermodynamic modelling of reacting gas mixtures, rational and systematic treatments of the thermodynamics and electro-fluidynamics of immiscible surface phases, investigations on oscillatory Marangoni

Introduzione

Nonostante i progressi tecnologici e le scoperte scientifiche, lo Spazio è ancora un settore molto giovane. Sin dai suoi albori con il lancio, il 4 ottobre 1957, del primo satellite artificiale russo Sputnik, ed ancora con Yuri Gagarin che apre nuove frontiere all'umanità, e poi ancora con i programmi Gemini e Apollo, la Campania è stata sempre attiva nel contesto spaziale nazionale ed internazionale.

Le Università di Napoli, centri di ricerca come il MARS Center, il CIRA e numerose imprese piccole, medie e grandi hanno sin da allora alimentato costantemente un'immagine territoriale di grande competenza e capacità, con spirito di abnegazione e di innovazione, seguendo gli indirizzi e le tracce di uno dei personaggi-scienziati più importanti dei nostri tempi: Luigi G. Napolitano.

Formatosi scientificamente a New York nel team di Antonio Ferri lavorando sulla propulsione scramjet, che allora era argomento da puri visionari, presto assunse incarichi accademici prestigiosi sia a livello nazionale, come la cattedra di Aerodinamica all'Università di Napoli, sia a livello internazionale, come la docenza presso l'University of Berkeley e l'Università La Sorbona di Parigi. Negli stessi anni assunse ulteriori incarichi a livello internazionale come la presidenza dell'International Astronautical Federation e

dell'European Low Gravity Research Association (ELGRA). Attraverso il suo intuito e le sue visionarie ricerche ha formato tutta la scuola campana aerospaziale, gettando le basi per l'inserimento dell'Italia in una posizione di leadership a livello Europeo ed internazionale.

I contributi tecnologici e scientifici che questa scuola campana ha fornito in tutti questi anni sono numerosi. L'allora Aeritalia, sotto la guida dell'Ing. Piantella, realizzò a Pomigliano tutte le strutture interne dello Spacelab, primo laboratorio spaziale europeo a bordo del quale furono poi realizzati diversi esperimenti scientifici napoletani.

L'Istituto di Aerodinamica poi intitolato ad Umberto Nobile e, successivamente, allo stesso Napolitano, è stato per molti anni il cuore pulsante di iniziative trainanti in ambito microgravità, ipersonica, osservazione della terra, e molto altro ancora.

Dal punto di vista scientifico, grazie alla guida di Napolitano e all'opera di molti suoi colleghi e collaboratori si ricordano, ad esempio, un nuovo approccio all'Analisi degli Ordini di Grandezza, il Metodo Ortonormalizzato delle Relazioni Integrali, la modellistica termodinamica di miscele di gas reagenti e di fasi superficiali, l'elettro-fluidodinamica delle fasi superficiali, i moti alla Marangoni e la relativa fase oscillato-

flows discovered during experimental simulations on ground and in space.

The laboratory of Cosmic Physics and Planetary, jointly developed by the Astronomical Observatory at Capodimonte and by the University "Parthenope", was founded in 1987 by a group of astrophysicists led by Ezio Bussoletti. Following the participation to many space experiments on board exploration probes, this laboratory reached a great experience in simulations and analyses of samples of "space dust" and development of technologies for the exploration of the Solar System. A large team of scientists continue to make progresses in these areas.

The MARS Center, born in Naples in the late 80s as a microgravity research center, introduced in the world the Telescience concept, using bidirectional links for real time control of on-board facilities and experimental equipments. Following a pioneering phase, it was the first center, after NASA, to develop a two-way real time link with the Space Shuttle and later with the International Space Station. It was the reference center in Europe to develop a framework of USOC – User Support and Operation Centers – for support and management of space experiments, then borrowed in many countries contributing to the European Space Agency (ESA).

In the same years, the Italian Aerospace Research Center (CIRA) was founded thank to the strong interest and to the propulsive action promoted by Napolitano; it is the only national governmental aerospace research center intended to implement the PRORA (Aerospace Research) program, in support of the entire Italian aerospace industry. There have been major developments over the years: studies on high-flows, typical of atmospheric reentry capsules

and hypersonic vehicles; ground experimental simulations in the world's largest plasma wind tunnel, detailed analysis of experimental measurements based on advanced measurement techniques, such as spectroscopy, development of flight experiments in suborbital missions under the umbrella of the USV (Unmanned Space Vehicle) programme.

This book tries to trace this history, made of a positive bond of scientific and historical moments.

It emerged from the interest of the aerospace community emerged from the contribution given by the authors during the conference "The Aerospace History in Campania – a Look to the Past for a Future to be Reconstructed", organized by AISI¹ in collaboration with AIDAA² and AIAN³ on 7 November 2011.

The authors Russo, Savino, Fortezza are active researchers in the aerospace science and industrial communities and have been among the many students of prof. Napolitano.

¹ Italian Association of Engineering History.

² Italian Association of Aeronautics and Astronautics.

³ Association of Aeronautic and Aerospace Engineers – former Students of Faculty of Engineering of University "Federico II" of Naples.

ria, scoperta durante le simulazioni sperimentali a terra e nello spazio.

Il Laboratorio di Fisica Cosmica e Planetologia, gestito in collaborazione tra Osservatorio Astronomico di Capodimonte e Università "Parthenope", fu lanciato nel 1987 da un gruppo di astrofisici capeggiati da Ezio Bussoletti. Dalla partecipazione a numerosi esperimenti a bordo di sonde spaziali il laboratorio ha acquisito una notevole esperienza nelle simulazioni e analisi di campioni di "polveri" cosmiche in vari ambienti spaziali e nello sviluppo di tecnologie per l'esplorazione del Sistema Solare. Un ampio team di scienziati si è cimentato e continua a progredire in questi ambiti.

Il MARS Center, nato alla fine degli anni 80 come centro di ricerca sulla microgravità, è stato il primo centro a definire il concetto di Telescienza attraverso la creazione di collegamenti bidirezionali per il controllo in tempo reale degli apparati di bordo. A seguito di una fase pionieristica è stato il primo ente non-NASA ad essere autorizzato ad un collegamento bidirezionale in tempo reale con lo Shuttle ed in seguito con la Stazione Spaziale Internazionale. È stato il centro di riferimento europeo per la creazione del concetto di USOC – User Support and Operation Center – per il supporto e la gestione di esperimenti spaziali, poi mutuato in molte delle nazioni dell'ESA.

Negli stessi anni è stato fondato il CIRA, che pure deve la sua nascita all'azione motivante e determinata di Napolitano, unico centro di ricerca aerospaziale nazionale pubblico destinato ad implementare il programma PRORA a supporto dei test avanzati per l'intera filiera aerospaziale nazionale.

Lì gli sviluppi principali si sono avuti sui flussi ad alta energia caratteristici delle fasi di rientro atmosferico di capsule, corpi portanti e velivoli, le leggi di simulazione al suolo in galleria del vento al plasma, l'interpretazione delle misure effettuate con metodologie di misura avanzate, come la spettroscopia, la realizzazione di esperimenti in volo suborbitale nell'ambito del programma USV.

Questo libro prova a tracciare questa storia, fatta di un intreccio virtuoso di elementi scientifici e di momenti storici. Esso prende spunto dall'interesse suscitato nella comunità di settore dall'omonimo intervento degli autori alla giornata "La Storia dell'Aerospazio in Campania - uno Sguardo al Passato per un Futuro da Ricostruire" organizzata dall' AISI¹ in collaborazione con AIDAA² e AIAN³ il 7 Novembre 2011.

Gli autori Russo, Savino, Fortezza sono ricercatori attivi nel settore aerospaziale e sono stati fra i tanti allievi del prof. Napolitano.

¹ Associazione Italiana di Storia dell'Ingegneria

² Associazione Italiana di Aeronautica e Astronautica

³ Associazione Ingegneri Aeronautici e Aerospaziali - ex Allievi della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Napoli "Federico II"

1. Origins of aeronautics and space research programmes in Italy

The initial interest in space research in Campania must be found in the natural gemmation, over the past centuries, of the cultural interest for the human flight. Leaving aside in this book the origins and ancient traditions with which the interest in human flight emerged, it seems appropriate to mention only few of the most famous names in the history of the region that pointed out their sensitivity to this field in science, technology and art:

- *Jacopo Sannazaro (1458-1530)*
 - *Luigi Tansillo (1510-1568)*
 - *Giovan Battista della Porta (1540-1615), member of Lincei Academy*
 - *Torquato Tasso (1544-1595)*
 - *Giordano Bruno (1548-1600), the first stratospheric flight prophet*
 - *Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), professor of Math*
 - *Salvator Rosa (1615-1673)*
 - *Luca Giordano (1632-1705)*
 - *Tiberio Cavallo (1749-1809), professor of the Royal Society of London, who, one year before the brothers Montgolfier, established the basis for flight "lighter than air"*
 - *Vincenzo Lamberti, who published in 1784 a paper on the Management of the Flying Boat*
 - *Marciano Di Leo, who published in 1796 the idea of a winged balloon*
- *Francesco Denza (1834-1894)*
 - *Domenico Mamone Capria (1789-1847) and many others.*

Real research in space as in aeronautics, in Italy as in the rest of the world, back to the early years of the last century.

In 1908, the Neapolitan Gaetano Arturo Crocco founded the Central Institute of Aviation, focused on aerodynamic research, before the birth of the experimental research center in Guidonia, near Rome, in 1935.

Crocco was a pioneer in the design and construction of several aerodynamic wind tunnels, even supersonic, which for many years were among the best in the world. His huge work in educational and research activities allowed Italy to have several young researchers and very prominent scientists in the aerospace field, including his own son, Luigi Crocco and others like Antonio Ferri and Enrico Pistolesi. Asteroid 10606 and a lunar crater were named in his honor.

Collaborating with distinguished personalities like Mario Maurizio Moris (father of the Italian Air Force, who had Wilbur Wright as an instructor), Ottavio Ricaldoni, Umberto Nobile (founder in 1926 of the Institute that can be considered as the precursor of the Campania aerospace community), Crocco undertook studies related to space

1. Le Origini della ricerca in Italia in campo aeronautico e spaziale

Le origini dell'interesse per lo spazio in Campania vanno ricercate nella naturale gemmazione, nel corso dei secoli scorsi, dell'interesse culturale per il volo. Tralasciando qui le origini e tradizioni più antiche con cui si è manifestata nella storia l'attenzione per il volo umano, appare opportuno ricordare solo alcuni tra i nomi più noti nella storia della regione che hanno espresso la loro sensibilità al settore in diversi ambiti della tecnica e dell'arte:

- Jacopo Sannazaro (1458-1530)
- Luigi Tansillo (1510-1568)
- Giovan Battista della Porta (1540-1615), Accademico dei Lincei
- Torquato Tasso (1544-1595)
- Giordano Bruno (1548-1600), primo vaticinatore del volo stratosferico
- Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), professore di Matematica
- Salvator Rosa (1615-1673)
- Luca Giordano (1632-1705)
- Tiberio Cavallo (1749-1809), professore della Royal Society of London, gettò le basi del volo con il "più leggero dell'aria" un anno prima dell'esperienza dei fratelli Montgolfier
- Vincenzo Lamberti, che nel 1784 pubblicò un Saggio sulla Direzione della Barca Volante
- Marciano Di Leo, che nel 1796 pubblicò l'idea di un pallone munito di ali per la direzione

*Il generale
Gaetano Arturo Crocco.*

*The general
Gaetano Arturo Crocco.*



- Francesco Denza (1834-1894)
- Domenico Mamone Capria (1789-1847) e tanti altri.

Le attività di ricerca vera e propria, in campo aeronautico e spaziale, risalgono in Campania, come nel resto del mondo, ai primi anni del secolo scorso.

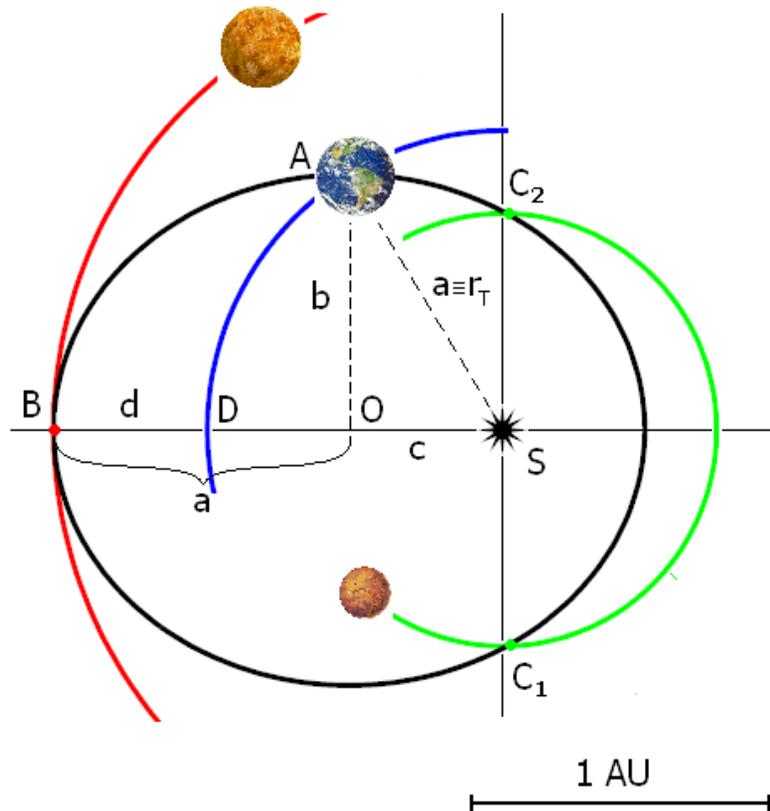
Nel 1908 il napoletano Gaetano Arturo Crocco fondò l'Istituto Centrale Aeronautico, in

flight, extra-atmospheric navigation, combustion and rocket propulsion.

In 1927, the Experimental Aeronautical Research Institute, where Crocco was working, obtained a financial support of 200,000 Italian lire of the time, corresponding today to about 130,000 euros, to initiate studies on gun powder rockets, launched from a dedicated field of the company BPD in Segni, near Rome. Later, he focused atten-

tion on the liquid propulsion, and designed the first Italian combustion chamber, that was tested together with his son Luigi Crocco in 1930.

In the period between 1928 and 1945 Crocco was special Commissioner of the Italian Aerotechnical Association (AIDA). Meanwhile he was involved in academic activities, first as professor and then as dean of the School of Aeronautical Engineering, in the periods 1935-1942 and



Schema semplificato del "Crocco Gran Tour" (blu, verde e rosso sono le orbite di Terra, Marte e Venere).

Simplified scheme of "Crocco Gran Tour" (blue, green and red represent the orbit of Earth, Mars, and Venus).

cui si concentrarono le attività di ricerca, prima della nascita del centro ricerche di Guidonia nel 1935. Crocco fu il promotore della progettazione e costruzione di diverse gallerie aerodinamiche, anche in campo ipersonico, che furono per molti anni tra le migliori al mondo.

Crocco è stato pioniere sia nel settore aeronautico che in quello spaziale. Il suo enorme lavoro nel campo della didattica e della ricerca consentì all'Italia di avere uno stuolo di ricercatori e giovani scienziati assolutamente preminenti nel campo aerospaziale, di cui ricordiamo il suo stesso figlio Luigi Crocco, Antonio Ferri, Enrico Pistolesi. Sono stati nominati in suo onore l'asteroide 10606 e un cratere lunare.

Collaborando con personaggi come Mario Maurizio Moris (padre dell'aeronautica militare in Italia con Wilbur Wright come istruttore), Ottavio Ricaldoni, Umberto Nobile (fondatore nel 1926 dell'istituto che può essere considerato il prodomo istituzionale dell'aerospazio campano), Crocco cominciò ad interessarsi alle problematiche del volo spaziale, della navigazione extra-atmosferica, della propulsione a reazione e dei combustibili per razzi.

Nel 1927 l'Istituto Sperimentale Aeronautico, dove Crocco lavorava, ottenne un finanziamento di 200.000 lire di allora, corrispondenti a circa 130.000 euro, per avviare studi su razzi a polvere pirica, con i quali furono effettuati lanci sperimentali in un apposito campo della BPD a Segni, presso Roma. In seguito, si dedicò alla propulsione a liquido, progettando la prima camera di combustione italiana, che sperimentò con il figlio Luigi Crocco nel 1930.

Dal 1928 al 1945 Crocco fu commissario

straordinario dell'Associazione Italiana Di Aero-tecnica (AIDA). Nel frattempo si dedicò ad attività accademiche, prima come docente e poi come preside della Scuola di Ingegneria Aeronautica, dal 1935 al 1942 e dal 1948 al 1952, anno in cui gli subentrò Luigi Broglio. In questi anni di ricerca e di insegnamento, Crocco inventò e fece realizzare numerosi impianti e strumenti innovativi, al punto che si diffuse tra i suoi studenti la rima "tutto ciò che vedo o tocco, l'ha inventato Arturo Crocco". La testimonianza di questa sua attività rimane in una cinquantina di brevetti e qualche centinaio di pubblicazioni. Dopo la seconda guerra mondiale, Crocco riprese a dedicarsi alla missilistica ed all'aeronautica, fondando nel 1951 l'Associazione Italiana Razzi (AIR) con l'intento di riunire gli appassionati del settore e istituendo nel 1950, presso la Scuola di Ingegneria Aeronautica, il Corso Informativo di Balistica Superiore, trattando egli stesso, nella prolusione, di satelliti e di traiettorie.

Nel 1951, dieci anni prima del volo di Gagarin, tenne una conferenza sui problemi di rientro con equipaggio. Poi progettò un vettore a stadi paralleli invece che sovrapposti, soluzione allora avveniristica. Infine, ed è forse il suo contributo più grande all'aeronautica mondiale, nel 1956 al VII Congresso dell'International Astronautical Federation (IAF) svoltosi a Roma e organizzato dall'AIR, Crocco presentò una memoria dal titolo "One-Year Exploration-Trip Earth-Mars-Venus-Earth", basato sullo sfruttamento del campo gravitazionale di Marte e di Venere per ridurre il tempo del viaggio.

L'importanza di tale intuizione, ora nota tecnicamente come fionda gravitazionale (in inglese

1948-1952, before Luigi Broglio. In these years Crocco invented and developed several facilities and instruments, to the point that a rhyme was created by his students: "Arturo Crocco has invented everything I see or touch". The witness to this activity remains in about fifty patents and hundreds of publications.

After the Second World War, Crocco pointed out his attention to missiles and astronautics, founding in 1951 the Italian Rockets Association (AIR), with the aim to bring together fans of the community and established in 1950, at the School of Aeronautical Engineering in Rome, a lecture course on Ballistics, dealing himself, during the opening lectures, with trajectories and satellites orbits.

In 1951, ten years before Gagarin's flight, he delivered a conference discussing problems related to Earth reentry of manned space vehicles. Then he designed a multi-rocket with parallel stages instead of serial ones, a solution that appeared absolutely futuristic at that time.

Finally, and perhaps his greatest contribution to astronautics, in 1956 during the VII International Astronautical Federation (IAF) Congress organized in Rome by the AIR society, Crocco presented a paper entitled "One-Exploration Trip Earth-Mars-Venus-Earth," based on the exploitation of the Mars and Venus gravity fields to reduce the travel time.

The importance of this insight, now technically known as gravity assist or swing-by, was such that in the following years NASA recommended to re-

search institutions or industries involved in exploration missions to other planets, to base studies on the so called "Crocco Mission," i.e. adapting the case to the swing-maneuvers described by Crocco.

Based on the Hohmann orbit, Arthur C. Clarke assumed that an Earth-travel with minimum fuel consumption would have required 259 days and a stay of 435 days on the Red Planet, to allow for a new favorable alignment for a relatively inexpensive return trip, lasting again 259 days.

Crocco considered such a mission too long and suggested, based on some personal calculations, to exploit the gravity field of Mars to cover a complete overflight around the planet without landing.

The Martian gravity would have deflected the trajectory of the spaceship redirecting it toward the Earth with a travel round trip lasting only one year. But – conversely – flyby of Mars would have occurred at distance of over one million kilometers, enabling a poor quality of observations. If, however, Crocco said, instead of redirecting the spacecraft to Earth, it was redirected to Venus, flyby of Mars may occur at much lower altitude and astronauts would have the opportunity to observe Venus with the same time travel, with the Earth-trip lasting 113 days, the Mars-trip 154 days and the Venus-trip 98 days. Crocco also calculated that the first useful opportunity for such a journey, also known as "Crocco Gran Tour" would have been in 1971. The gravity assist maneuvers are now an integral part of all interplanetary missions.

gravity assist o swing-by), fu tale che negli anni seguenti la NASA, compresa l'importanza di tale tecnica, nell'affidare ad istituti di ricerca o industrie il progetto di viaggi su altri pianeti raccomandava di basare lo studio sulla "Crocco Mission", adattando al caso le manovre di swing-by descritte da Crocco.

Basandosi sull'orbita di Hohmann Arthur C. Clarke aveva ipotizzato che un viaggio Terra-Marte con minimo consumo di carburante avrebbe richiesto 259 giorni e una permanenza sul Pianeta Rosso di 425, per permettere un nuovo allineamento che consentisse il viaggio di ritorno a basso consumo, sempre di 259 giorni.

Crocco ritenne una tale durata troppo lunga e propose, in base a calcoli da lui sviluppati, di sfruttare la gravità di Marte per effettuare un sorvolo del pianeta senza atterraggio, dimostrando che la gravità marziana avrebbe deviato la traiettoria

dell'astronave reindirizzandola verso la Terra; con questo sistema il viaggio andata e ritorno sarebbe durato appena un anno, ma – per contro – il sorvolo di Marte sarebbe avvenuto ad oltre un milione di chilometri, consentendo una scarsa qualità di osservazioni. Se però, disse Crocco, invece che verso la Terra l'astronave fosse reindirizzata verso Venere, il sorvolo di Marte potrebbe avvenire ad una quota molto inferiore e gli astronauti avrebbero l'opportunità di osservare anche Venere a pari durata di viaggio, con la tratta Terra-Marte percorsa in 113 giorni, quella Marte-Venere in 154 e quella Venere-Terra in 98.

Crocco calcolò anche che la prima occasione utile per un simile viaggio, noto anche come "Crocco Gran Tour", si sarebbe presentata nel 1971. Le manovre da lui studiate di gravity assist sono ora parte integrante di tutte le missioni interplanetarie.

2. First space research activities in Campania

Space research and development activities in Campania were indelibly tracked and are still heavily influenced, albeit at more than 20 years after his untimely death, by one of the most important aerospace character-scientists of our lifetime: Luigi G. Napolitano.

A pupil of the polar explorer Nobile, Napolitano was graduated from the University of Naples in 1951 (now Faculty of Engineering of the University of Naples Federico II) and in 1953 he moved to the Polytechnic of Brooklyn, New York, where he



Antonio Ferri

had as his first master Antonio Ferri, unanimously recognized as the father of hypersonic aerodynamics and propulsion.

Antonio Ferri had led, as early as 1937, experimental investigations with the supersonic wind tunnel available at "Centro Studi ed Esperienze" in Guidonia, founded by Gaetano Arturo Crocco.

During the second World War, Ferri came into contact with members of the US Office of Strategic Services and then moved to the best US aeronautical research center, the Langley Research Center in Hampton.

In addition to teaching at the University of New York and at the Aerodynamic laboratory in Freeport, Ferri, who had established a partnership with the General Electric and Marquardt, founded the spin-off company GASL (General Applied Sciences Laboratory in Westbury), where innovative systems and components for aerospace vehicles were developed and tested, in particular supersonic air intakes and air-breathing engines for hypersonic applications (supersonic combustion ram-jet engines, scramjet). He was responsible for important contributions to solve delicate problems of internal and external flows, which would make possible many of the future developments in aeronautics and space. It is well known that the Scramjet remains today a hot topic and, although not yet developed at an operational and commercial level, recently, we had advances obtained with NASA experimental

2. Prime attività di ricerca in campo spaziale in Campania

Le attività di ricerca e sviluppo in Campania, in campo spaziale, sono state tracciate indelebilmente e sono ancora fortemente condizionate, seppure a distanza di 20 anni dalla sua prematura scomparsa, da uno dei personaggi-scienziati più importanti dei nostri tempi nel settore aerospaziale: Luigi G. Napolitano. Allievo del generale Nobile, Napolitano si laureò al Politecnico di Napoli nel 1951 (oggi Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II) e nel 1953 si trasferì presso il Politecnico di Brooklyn, New York,

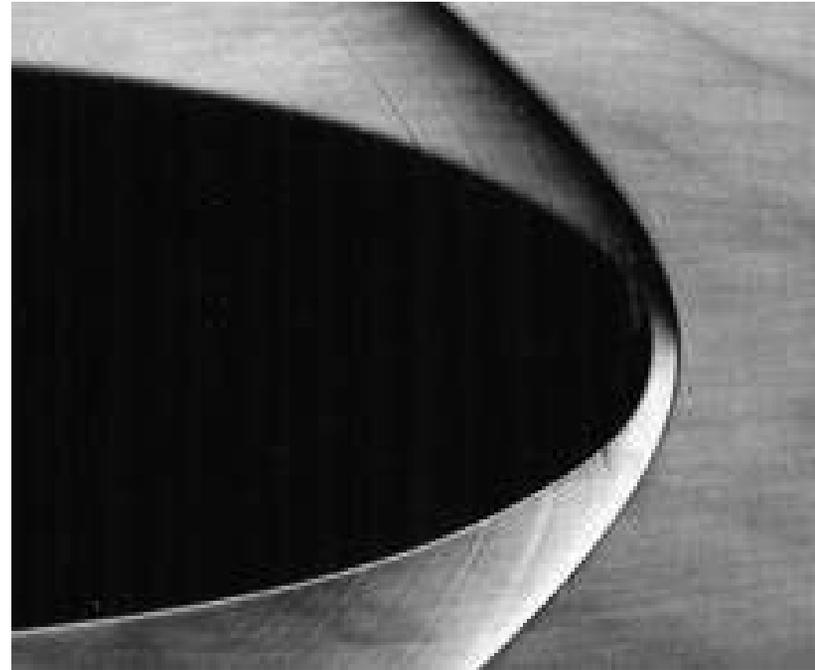
dove ebbe come suo primo maestro Antonio Ferri, unanimemente riconosciuto come padre dell'Aerodinamica e della Propulsione Ipersonica.

Antonio Ferri aveva condotto, già a partire dal 1937 ricerche sperimentali presso la galleria del vento supersonica del "Centro Studi ed Esperienze" di Guidonia, fondato da Crocco.

Durante la seconda guerra mondiale Ferri era entrato in contatto con membri dell'Office of Strategic Service per quindi trasferirsi presso il migliore centro di ricerca aeronautica statu-



X-43A



Flusso reagente intorno ad un veicolo ipersonico ad elevato angolo di incidenza
e visualizzazione del flusso supersonico intorno ad un corpo arrotondato

Reacting flow around a hypersonic vehicle at high angle of attack and visualization of the supersonic flow around a blunt body

demonstration flights of supersonic combustion (up to Mach 10 with the X-43A and X-51A).

In those years, Napolitano shared the laboratories of the Polytechnic of Brooklyn with distinguished personalities, intended to cover the highest positions within the European and Italian Space Agencies as Massimo Trella and Carlo Buongiorno, a student of Luigi Broglio, who was responsible for futuristic space programs made in Italy, from San Marco to Sirio, the first Italian satellite, to the automatic probe Cassini-Huygens, to study the moons and rings of Saturn.

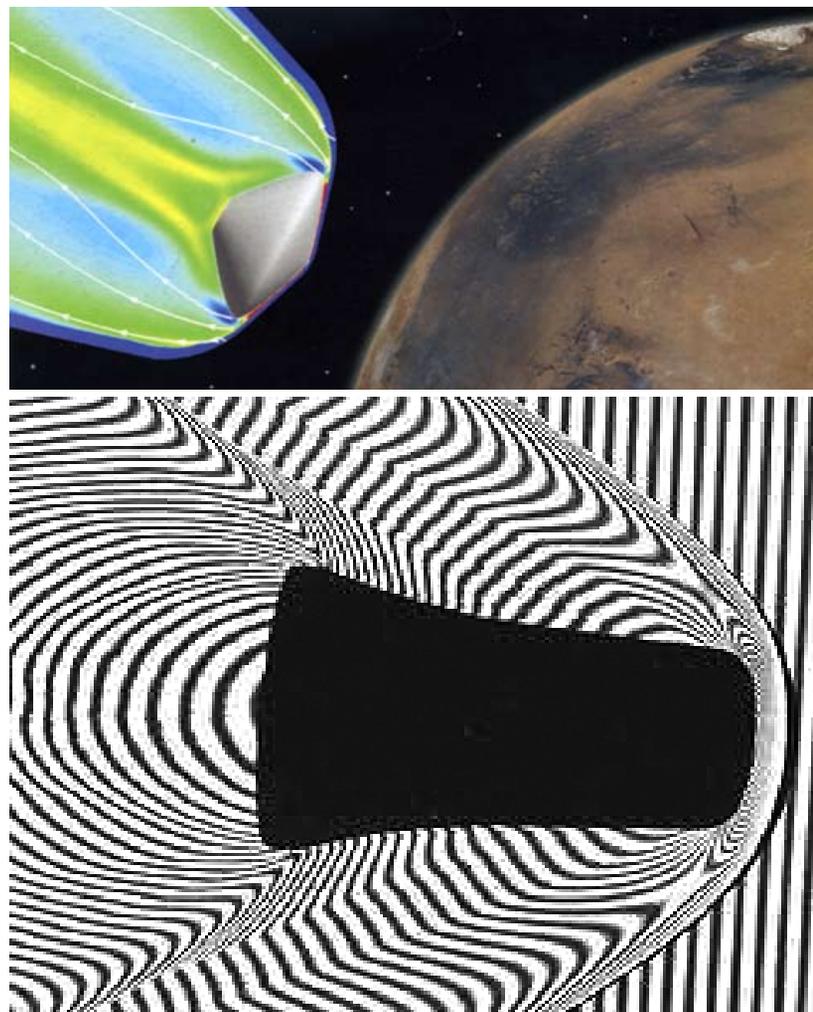
The Aerodynamics Laboratory of prof. Ferri was in Freeport, 25 miles from Long Island. The facilities of the laboratory included two supersonic wind tunnels and the first blow-down hypersonic tunnel in the world. Napolitano was involved in research projects devoted to the study of supersonic streams mixing, from both the experimental and mainly the theoretical points of view. For some years, Napolitano, Ferri, and their friend Paul Libby, worked not only on the problem of supersonic laminar and turbulent mixing free jets, of fundamental

nitense, il Langley Research Center di Hampton (USA). Oltre ad insegnare presso l'Università di New York e all'Aerodynamic Laboratory di Freeport, Ferri, che aveva stabilito un rapporto di collaborazione con la General Electric e la Marquardt, fondò una società di spin-off universitario (General Applied Sciences Laboratory di Westbury, GASL), in cui venivano sviluppati e sperimentati sistemi innovativi per velivoli aerospaziali, in particolare prese d'aria supersoniche e propulsori air-breathing per applicazioni in campo ipersonico (supersonic combustion ram-jet engine, scramjet). A lui si devono contributi risolutivi di problemi delicatissimi su flussi interni ed esterni, che avrebbero reso possibili molte delle imprese future in campo aeronautico e spaziale.

È ben noto che il problema dello Scramjet resta di grande attualità, benché non ancora sviluppato a livello operativo e commerciale, anche se esistono recenti progressi ottenuti dalla NASA con voli sperimentali di dimostratori a combustione supersonica fino a Mach 10 (X-43A e X-51A).

In quegli anni Napolitano condivise i laboratori del Politecnico di Brooklyn con personaggi destinati ad assumere le più alte cariche in seno all'Agenzia Spaziale Europea ed Italiana, come Massimo Trella e Carlo Buongiorno, allievo di Luigi Broglio, a cui si devono programmi che hanno dato l'avvio a spedizioni avveniristiche made in Italy, dal San Marco al Sirio, il primo satellite italiano, fino alla sonda Cassini-Huygens per lo studio delle lune e degli anelli di Saturno.

Il Laboratorio di Aerodinamica del prof. Ferri si trovava a Freeport, a 25 miglia da Long



Soluzioni numeriche del flusso intorno ad una capsula che attraversa l'atmosfera di Marte e immagine interferometrica del flusso ipersonico intorno ad una capsula di rientro.

Computational Fluid Dynamic solutions of the flow around a capsule entering Mars atmosphere and Interferometric image of the flow around a reentry capsule.

interest in aeronautics and space applications, but also on aero-thermo-chemical issues, related to the presence of reacting flows around hypersonic vehicles, and presented joint papers in international conferences and published articles in international journals. The majority of the research work on supersonic flows required long computation times and numerical calculations beyond the capabilities of computers of the time.

Napolitano instead showed his inclination towards theoretical research and its extreme mastery of analytical-mathematical methodologies, developing simplified field equations and new efficient solution methods, based on the theory of linearized characteristics. In particular, the flow around a body of revolution, at zero angle of attack, was elegantly analyzed by the superposition of a basic non-linear field plus small perturbations.

Island. Gli equipaggiamenti del laboratorio comprendevano due gallerie del vento supersoniche del tipo blow-down ed uno dei primi tunnel ipersonici al mondo.

I progetti di ricerca cui si dedicò Napolitano erano rivolti allo studio del miscelamento di correnti supersoniche, dal punto di vista sperimentale, ma soprattutto teorico. Per alcuni anni Napolitano, Ferri e l'amico Paul Libby lavorarono non solo sul tema del miscelamento di correnti supersoniche, laminari e turbolente, di fondamentale interesse per le applicazioni aeronautiche e spaziali, ma anche su problematiche di aerotermochimica, legate alla presenza di flussi reagenti intorno a veicoli ipersonici, e presentarono articoli congiunti in atti di convegni internazio-

nali e su riviste internazionali. A quel tempo la maggior parte dei lavori scientifici dedicati allo studio di flussi supersonici richiedeva lunghi calcoli numerici e tempi di calcolo superiori alle capacità dei calcolatori elettronici del tempo. Napolitano dimostrò invece la sua propensione verso la ricerca teorica e la sua estrema padronanza di metodologie matematico-analitiche, sviluppando attraverso un processo di semplificazione delle equazioni, nuovi efficienti metodi di soluzione basati sulla teoria delle caratteristiche linearizzate. In particolare, il flusso intorno ad un corpo di rivoluzione, a angolo d'attacco nullo, fu analizzato elegantemente mediante la sovrapposizione di un campo base non lineare e di piccole perturbazioni.

3. The 60's: Space race and Lunar exploration

It's appropriate to remember the historical frame in which the aerospace science school in Campania was established and developed. Those years were dominated by the Cold War and the Space Race between United States and Soviet Union.

The "visionary" scientist Konstantin Tsiolkovskii, in 1903, theorized the basic equation of space propulsion to launch rockets into orbit (called

in fact Tsiolkovskii equation), and the speed necessary for a satellite to be placed in orbit around the Earth (about 8 kilometers per second). Tsiolkovskii studies had inspired the German scientist Wernher von Braun, father of the V2 rockets that the Nazist had developed during the Second World War.

It is just the case to mention that, although of military nature, the launch of V2 on 3rd October



*J.F. Kennedy con W. Von Braun, e sbarco sulla luna dell'astronauta N. Armstrong.
J.F. Kennedy with W. Von Braun, and astronaut N. Armstrong setting foot upon the moon.*

3. Gli anni '60: L'era spaziale e la conquista della Luna

È opportuno ricordare il contesto storico-scientifico nel quale si formò e si sviluppò la scuola aerospaziale campana. Quegli anni erano dominati dalla guerra fredda e dalla corsa alla conquista dello spazio da parte degli Stati Uniti e dell'Unione Sovietica. Lo scienziato "visionario" Konstantin Tsiolkovskii, nel 1903, aveva teorizzato l'equazione base della propulsione spaziale per lanciare razzi in orbita (chiamata infatti equazione di Tsiolkovskii), nonché la velocità necessaria perché un satellite fosse posto in orbita intorno alla Terra (circa 8 km al secondo).

Gli studi di Tsiolkovskii avevano ispirato lo scienziato tedesco Wernher Von Braun, padre dei razzi V2, che i nazisti avevano sviluppato durante la Seconda Guerra Mondiale.

È il caso di menzionare che, sebbene di natura militare, il lancio del V2 il 3 ottobre 1942 fu in effetti il primo vero successo dell'uomo nel raggiungere lo spazio con una traiettoria sub-orbitale. Anche Von Braun, come Ferri, si era trasferito negli Stati Uniti per dedicarsi ai programmi missilistici americani. Sarà lui il protagonista principale della corsa allo spazio che portò allo sviluppo del famoso razzo Saturno V, che permise all'Apollo di effettuare il primo inserimento in orbita lunare e successivamente il primo allunaggio. L'Unione Sovietica che, nell'immediato dopo-

guerra, si sentiva accerchiata dalle basi americane e nell'impossibilità di colpire con forze terrestri gli Stati Uniti, aveva fatto dello sviluppo dei razzi (e dell'arma atomica) una priorità strategica.

Il 4 Ottobre del 1957, il team sovietico guidato dall'ingegnere Sergey Korolev, utilizzando un missile balistico intercontinentale riuscì a lanciare in orbita il primo satellite artificiale, lo Sputnik 1. Questa data segnò l'inizio della corsa allo spazio, seguita dopo un mese dal lancio in orbita della cagnetta Laika. Mentre i politici negli Stati Uniti incitavano l'amministrazione Eisenhower ad approvare diverse iniziative, tra cui i programmi Pioneer, Luna Orbiter e Surveyor ed avviavano la costituzione della NASA, il 12 aprile 1961 i Sovietici bruciarono nuovamente sul tempo i rivali americani, lanciando il primo uomo nello spazio, il cosmonauta Yuri Gagarin, a bordo di una capsula Vostok.

Quando i sondaggi mostravano che gran parte del mondo occidentale vedeva i Sovietici come tecnologicamente e militarmente "superiori", il 25 maggio 1961 il presidente americano Kennedy pronunciò un celebre discorso per rilanciare la sfida spaziale ai rivali e dare avvio al programma Apollo, che impegnava la NASA a portare un uomo sulla luna e poi nuovamente a terra entro la fine del decennio.

Un tale programma sarebbe stato capace

1942 was in fact the very first mankind success to reach space along a sub-orbital trajectory.

Even Von Braun, as Ferri, had moved to the U.S. to pursue American rocket programs. He was the main protagonist of the space race that led to the development of the famous Saturn V rocket, which allowed Apollo to make the first insertion into lunar orbit and then the first moon landing.

Immediately after the war, Soviet Union, surrounded by American bases and unable to hit the U.S. ground bases, decided that the development of rockets (and the atomic bomb) was a strategic priority. On 4th October 1957, the Soviet team led by engineer Sergei Korolev, using an ICBM, launched into orbit the first artificial satellite, Sputnik 1.

This date marked the beginning of the Space Race, followed a month later by the launch into orbit of the dog Laika. While politicians in the United States urged the Eisenhower administration to approve several initiatives, including the programs Pioneer, Moon Orbiter and Surveyor and launched the NASA constitution, on 12th April 1961 the Soviets overtook again the American rivals by launching the first man in space, cosmonaut Yuri Gagarin, aboard a Vostok spacecraft.

When polls showed that most of the Western world was aware of the Soviets technological and military superiority, on 25th May, 1961 U.S. President J.F. Kennedy delivered a famous speech to boost the Space challenge to rivals and to initiate the Apollo program, committing NASA to put a man on the moon and then back by the end of the decade.

Such a program would have been able to draw the attention of the whole American nation, and would require a strong advancement of engineering and technological sciences, addressing

two main issues with the utmost care: the efficiency of propulsion systems and control methods of returning from space.

As well known to expert involved in hypersonic aerodynamics, the main problem was to dissipate the high kinetic energy of the spacecraft upon its return to Earth's atmosphere at speeds in the order of 11 km/s. The atmospheric reentry, therefore, required special methods to protect the vehicle from overheating and at the same time, accurate analysis of the hypersonic flow around the space capsule; errors in calculations and design would bring the spacecraft to melting and disintegration.

Back from the United States, Napolitano, who had the privilege to succeed Gen. Umberto Nobile, in 1960, at the prestigious chair of Aerodynamics at the University of Naples, maintained a close relationship of collaboration with the group of Freeport and, together with this research team, was intensively involved in aero-thermodynamic problems related to atmospheric reentry and hypersonic fields.

No less important were studies in the field of thermodynamics of reacting gas mixtures and about boundary layers around aircrafts at very high speeds. He guessed that studying the thermodynamics of reacting mixtures was essential to rigorously tackle the complex issues. Then he gave rise to the conviction, subsequently transmitted to all his students and colleagues, that a rational approach to thermodynamics, based on deductive rather than inductive methods, would create a common base for understanding and analyzing all problems dealing with mechanics of continuous media.

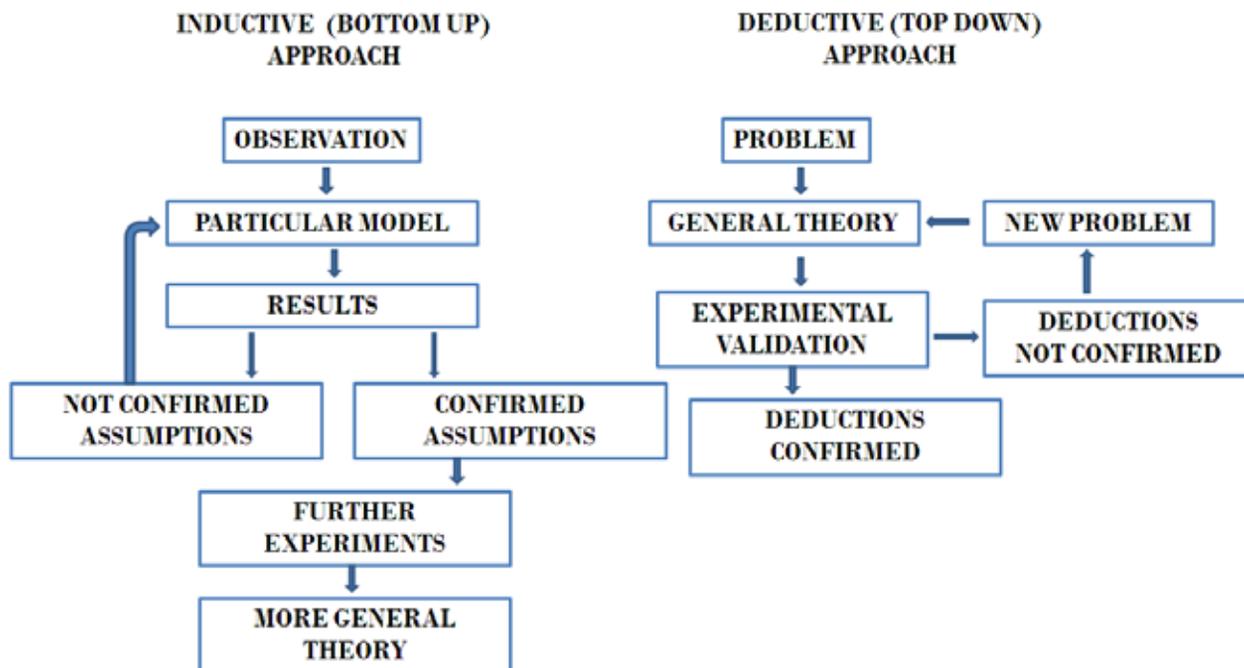
Over the years spent in Freeport, Napolitano learned, following the example of Ferri, that the

di mobilitare l'interesse di tutta la nazione americana, ed avrebbe richiesto un forte avanzamento delle Scienze dell'Ingegneria, affrontando due temi principali con il massimo impegno: l'efficienza dei metodi propulsivi e il controllo del rientro dallo spazio.

Come è noto agli studiosi di iperaerodinamica, il problema principale era quello di dissipare l'elevata energia cinetica del veicolo spaziale al momento del suo rientro in atmosfera terrestre, a velocità dell'ordine di 11 km/s. Il rientro atmosferico richiedeva quindi metodi speciali per la

protezione del veicolo dal surriscaldamento e, al contempo, analisi accurate del flusso ipersonico intorno alla navetta spaziale; errori nei calcoli e nella progettazione avrebbero portato la navicella a fondersi e disintegrarsi al rientro.

Di ritorno dagli Stati Uniti, Napolitano, che ebbe il privilegio di succedere al generale Nobile, a partire dal 1960, nella prestigiosa cattedra di Aerodinamica presso l'Università di Napoli, mantenne intensi rapporti di collaborazione con il gruppo di Freeport e con il suo team di ricerca si occupò intensamente di problemi di riscaldamen-



Schema della differenza fra metodi induttivo e deduttivo.
Sketch of the difference between inductive and deductive approaches.



Capsula Gemini in orbita.

Gemini capsule in orbit.

research should always be based on a competition that, when sound and correct, acquires sometime lively tones: attending scientific conferences in the aerospace community gave opportunities for discussions and hot debates, whose outcomes affect further works in important ways. The other key issue was related to the close and highly effective interaction, built in those years in New York, between University (teaching and publication of scientific results), Research (laboratory and theoretical analysis), Industry (application of results and requirements definition) and Government (policy choices). After returning from the United States, Napolitano was firmly convinced and moved all his collaborators in the belief that this fundamental

cycle for the innovation process can not be in any delay. He also realized that the challenge was so great that could not be addressed locally or nationally, but required efforts and involvement of all the existing best actors at international level.

Napoli began to be a part of the worldwide space network, establishing relationships with leading research groups with very good reputation, such as those of von Karman in Germany, Barrere in France, the Soviet Academy of Sciences and particularly with Sedov, Chernyi, Dorodnitsyn and Belotzierkovsky. In collaboration with the latter, Napolitano wrote a book titled "Computational Gasdynamics" published by Springer-Verlag. They were the first groups capable to utilize computers and to develop programs for scientific computations of hypersonic flow fields. The Naples group is still very active today and in the forefront in this field.

In 1961 the first degree course in Italy in space engineering was organized at the University of Naples.

To strengthen the evidence of significant activities by the scientific aerospace community in the area, the two Italian associations AIDA and AIR held a joint Congress in Naples on 24-27 October 1965. The two associations merged on 15th December, 1969, to establish the current Italian Association of Aeronautics and Astronautics (AIDAA). In parallel, the journals (Aerotecnica of AIDA, Missiles and Space of AIR) were merged, under the direction of Luigi G. Napolitano, in what is still today the only trade journal in aerospace field: Aerotecnica Missili e Spazio. Napolitano was elected chairman of AIDAA in 1970, keeping its direction until 1988.

to aero-termodinamico, di rientro atmosferico e di campi termo-fluidodinamici ipersonici. Non meno importanti furono gli studi nel campo della termodinamica di miscele reagenti e degli strati limite intorno a velivoli ad altissime velocità. Egli intuì che lo studio della termodinamica delle miscele reagenti sarebbe stato fondamentale per affrontare con rigore la complessità dei problemi. Fu allora che nacque la profonda convinzione, trasmessa in seguito a tutti i suoi allievi e collaboratori, che l'impostazione razionale allo studio della Termodinamica, improntata a metodologie deduttive anziché induttive, dovesse rappresentare un denominatore comune per la comprensione e l'analisi di tutti i problemi della meccanica dei mezzi continui.

Negli anni trascorsi a Freeport Napolitano aveva appreso, seguendo l'esempio di Ferri, che la ricerca doveva essere sempre basata su una competizione che, anche se sana e corretta, acquistava talvolta toni vivacissimi: le partecipazioni a congressi scientifici del settore erano occasioni di confronto e di duelli accesi, il cui esito incideva in modo importante sul seguito del lavoro. L'altro aspetto fondamentale riguardava l'interazione strettissima e di grande efficacia, realizzata in quegli anni a New York, tra l'Università (insegnamento e pubblicazione di risultati scientifici), la Ricerca (laboratorio ed analisi teorica), l'Industria (applicazione dei risultati e definizione dei requisiti) ed enti governativi (scelte programmatiche).

Al rientro dagli Stati Uniti, Napolitano era fermamente convinto e trasferiva a tutti i suoi collaboratori la convinzione che in questo ciclo non fosse possibile alcun ritardo tra i vari momenti fondamentali del processo innovativo. Egli intuì inoltre che la sfida era così grande che non pote-

va essere affrontata a livello locale o nazionale, ma richiedeva un lavoro di squadra internazionale attraverso il coinvolgimento dei migliori attori esistenti nel panorama internazionale. Napoli cominciava così a far parte del network mondiale dello spazio, stabilendo rapporti importanti con gruppi di ricerca di chiara fama, come quelli di Theodor Von Karman, Barrere, l'Accademia delle Scienze Sovietica ed in particolare con Sedov, Chernyi, Dorodnizyn e Belotzierkovsky. In collaborazione con quest'ultimo, Napolitano scrisse un libro dal titolo "Computational Gasdynamics" edito dalla Springer-Verlag. Questi gruppi furono i primi a disporre di calcolatori elettronici e sviluppare programmi di calcolo scientifico per campi di moto in regime ipersonico ed il gruppo di Napoli è oggi ancora estremamente attivo e in prima linea in questo settore.

Nel 1961 fu organizzato presso l'università di Napoli il primo corso di laurea in Italia in Ingegneria Spaziale.

A rafforzare la testimonianza del forte attivismo che caratterizzava gli ambienti scientifici aerospaziali dell'area napoletana, le due associazioni italiane AIDA e AIR tennero un Congresso Nazionale congiunto a Napoli dal 24 al 27 ottobre 1965. Le due associazioni si fusero per dar vita all'attuale Associazione Italiana di Aeronautica ed Astronautica (AIDAA) il 15 dicembre 1969. Parallelamente, i rispettivi organi di diffusione scientifica (L'Aerotecnica di AIDA e Missili e Spazio di AIR) si fusero, sotto la direzione di Luigi G. Napolitano, in quello che è ancora oggi l'unico Journal specialistico di settore: Aerotecnica Missili e Spazio. Napolitano assunse la presidenza dell'AIDAA nel 1970, mantenendola fino al 1988.

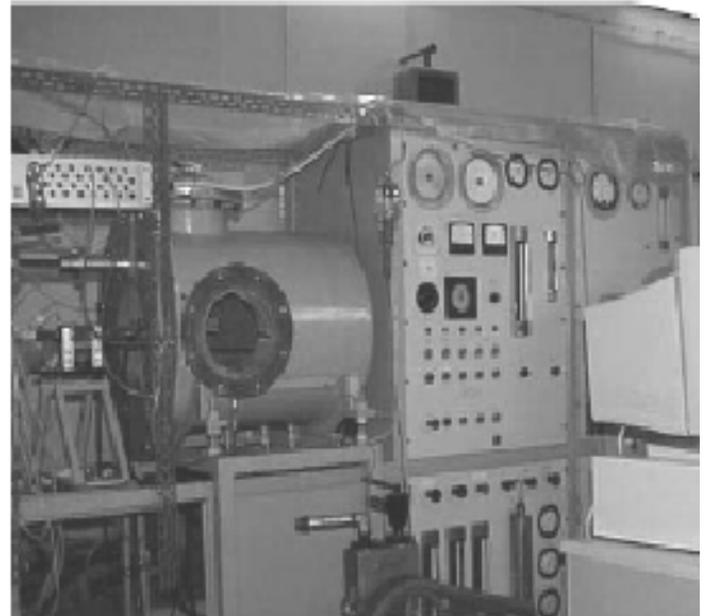
4. The 70's. Maturity and conclusion of the Apollo program, the first Space Station and preparation of reusable space vehicles

During the 70's the Apollo program reached full maturity and the research group of excellence in Naples had the privilege to participate and contribute to this particularly exciting moment in space activity.

Several samples of lunar materials brought back to earth, after stringent analyses for the assessment of possible contamination by extraterrestrial agents, were partially distributed among few laboratories in different countries for investigations and characterizations.

The Astronomical Observatory in Capodimonte entered the limited number of scientific institutions involved in this unique activity. At the University of Naples, Napolitano and his friend and collaborator Rodolfo Monti, graduated at Princeton with Luigi Crocco, continued to acquire good international visibility and reputation and to investigate research problems of greatest importance in the fields of aerodynamics and hypersonic propulsion. After consolidated experience and ability in the solution of fluid-dynamic problems related to mass, momentum and energy transport, the attention was focused on more complex and general aerothermochemical flows, involving reacting gas mixtures at high temperatures, and including phenomena of excitation and relaxation of all internal molecular and atomic degrees of freedom. They participated in extremely active debates at international scale

and provided fundamental scientific contributions to the thermodynamics of irreversible systems "far from equilibrium", especially in the fields of aerothermochemistry, thermodynamics of multi-reacting gas mixtures and magnetofluidynamics. It was then developed the first magneto-hydro-dynamic (MHD) equipment in the laboratory of the Aerodynamic Institute in Naples.



*Impianto MHD all'Università di Napoli.
MHD facility at University of Naples.*

4. Gli anni '70: la maturità ed il completamento del programma Apollo, le prime Stazioni Spaziali e la preparazione della riutilizzabilità

Negli anni '70 il programma Apollo raggiunse la sua piena maturità ed il gruppo di eccellenza di Napoli ebbe il privilegio di partecipare a questo momento particolarmente attivo ed eccitante della ricerca in campo spaziale.

Molti furono i campioni di materiale lunare riportati a terra che, dopo le dovute e stringenti analisi legate alla valutazione della probabilità di contaminazione da agenti extraterrestri, furono in parte distribuiti tra alcuni laboratori di diverse nazioni per gli approfondimenti del caso.

L'Osservatorio Astronomico di Capodimonte entrò nel ristretto giro degli enti coinvolti in questa eccezionale avventura.

All'Università di Napoli, Napolitano ed il suo amico e collaboratore Rodolfo Monti, laureatosi a Princeton, negli Stati Uniti, alla scuola di Luigi Crocco, potevano dedicarsi alle problematiche di ricerca di maggior rilievo nei campi della aerodinamica e della propulsione ipersonica, naturalmente avendo già approfondito in modo autorevole i problemi fluidodinamici di trasporto di massa, di quantità di moto e di energia, per lo studio più generale aerotermochimico di flussi di miscele reagenti di gas ad alte temperature, con fenomeni di eccitazione e rilassamento di tutti i gradi di libertà.

Essi partecipavano in maniera estremamente attiva al dibattito su scala internazionale e fornirono contributi scientifici fondamentali alla termodinamica

postulatoria dei sistemi irreversibili per sistemi "fuori dell'equilibrio evolutivo", elaborando risultati di rilievo soprattutto nei campi della aerotermochimica, della termodinamica di miscele pluri-reagenti e della magnetofluidodinamica. Fu allora che fu realizzato il primo impianto MHD a corrente continua nel laboratorio dell'Istituto di Aerodinamica, che negli anni sarebbe poi evoluto fino a diventare una vera e propria galleria ipersonica per test aero-termodinamici e caratterizzazione di materiali di protezione termica di impiego spaziale.

Mentre Monti si dedicava con impegno ed entusiasmo alla progettazione di prove sperimentali, che spaziavano dall'aerodinamica alla gasdinamica ed allo sviluppo di un nuovo concetto di propulsione ibrida, il cui sviluppo era intrinsecamente meno pericoloso di quello tradizionale, basato su liquidi criogenici, Napolitano fu invitato a tenere corsi di insegnamento alla Sorbona di Parigi ed al Von Karman Institute di Bruxelles, divulgando le sue idee innovative sugli strati limite ipersonici e sulla teoria delle piccole perturbazioni per sistemi in non equilibrio.

L'Istituto di Aerodinamica acquisiva così un'invidiabile posizione di Centro italiano di ricerca aerospaziale tale da poter servire come centro di raccolta e divulgazione di reports scientifici provenienti da tutto il mondo ed in particolare della collana dei NASA Technical Reports.

This facility was upgraded and evolved over the years to become a real hypersonic plasma wind tunnel dedicated to non-equilibrium flow and aero-thermodynamic characterization and testing of thermal protection and heat-shield space materials. While Monti devoted himself with passion and commitment to design of experimental tests, covering aerodynamics, gas dynamics and new concepts of hybrid rocket propulsion, inherently less dangerous than traditional propulsive systems based on cryogenic liquids, Napolitano was invited as visiting professor at "La Sorbonne" in Paris and at the Von Karman Institute in Brussels, spreading his innovative ideas on the hypersonic boundary layers and on the theories of small perturbations in non-equilibrium systems.

The Institute of Aerodynamics acquired such an enviable position as Italian aerospace research pole, that served as a center for collection and dissemination of scientific reports from around the world and particularly of the NASA Technical Reports.

Due to his very high reputation and to the strong international relationships, Luigi Napolitano was also able to highlight another enviable talent: the incomparable skill of coordinating and leading international scientific associations and organizing international conferences. Since the early 60s he was involved in the AGARD and AIAA organizations.

His close collaborations with Leonid Sedov and Theodor Von Karman, led him to establish relationships with many leading representatives of the Space community, and to become a full member in governing boards of various associations, in particular the International Astronautical Federa-

tion (IAF), the most important international space organization.

The first congress of the IAF was held in Paris in 1950 with only 20 delegates from 8 countries, meeting to show unpublished movies of American rockets, arising from the V-2 rocket and launched from Cape Canaveral.

In the '50s and '60s the IAF had as chairmen and members of the steering board eminent scientists as Eugen Sanger, Theodor Von Karman, Leslie Shepherd, Leonid Sedov, Edmond Brun.

Luigi Napolitano was elected President of the IAF for the biennium 1967-1968 and re-elected, the only one in history, in the years 1973-1974. He was also elected vice-president for three years of the International Astronautical Academy (IAA).

The international scenario was characterized by a new strong need for international collaboration in Space, together with an ever increasing tendency to extend the human permanence in space, through the development of space laboratories, infrastructures and space stations. After the Moon conquest, NASA had to face a period of downsizing their ambitious programs. The loss of public interest and the separation of the political class had driven to focus on operations in low Earth orbit. The first almost "science fiction" Space Station projects, as theorized by von Braun and by the physicist Gerard K. O'Neill in Princeton in the '60s, predicted toroidal rotating elements, able to create an artificial gravity to provide ideal living conditions, and spacecrafts able to take off like airplanes for space transportation. But the first Russian space station, Salyut 1, was an assembly of different habitable pressurized modules, cylindrical in shape and interconnected, that for the small



Luigi Gerardo Napolitano

Grazie alla fama conseguita ed agli intensi rapporti di collaborazione, Luigi Napolitano ebbe modo di mettere in risalto anche un'altra delle sue invidiabili doti: l'impareggiabile maestria nel coordinare e dirigere associazioni scientifiche internazionali e nell'organizzare congressi. Sin dagli anni '60 aveva fatto parte dell'AGARD e dell'AIAA.

I suoi intensi rapporti di collaborazione, con Sedov e Von Karman, lo avevano portato a stabilire rapporti interpersonali con i personaggi più rappresentativi del settore spaziale, e ad entrare a pieno titolo nei boards direttivi delle varie associazioni, in particolare della International Astronautical Federation (IAF), la più importante organizzazione internazionale in campo spaziale.

Il primo congresso della IAF si era tenuto a Parigi nel 1950 con soli 20 delegati di 8 paesi,

riunitisi per mostrare filmati inediti di razzi americani, derivati dal missile V-2 e lanciati da Cape Canaveral.

Negli anni '50 e '60 la IAF ebbe come Presidenti e membri autorevoli del consiglio direttivo personaggi di assoluto spessore tecnico-scientifico, come Eugen Sanger, Theodor Von Karman, Leslie Shepherd, Leonid Sedov, Edmond Brun.

Luigi Napolitano fu eletto Presidente della IAF per il biennio 1967-1968 e rieletto, unico nella storia, nel biennio 1973-1974; inoltre fu eletto per un triennio vice-presidente della International Astronautical Academy (IAA).

Lo scenario internazionale era caratterizzato da una forte esigenza di collaborazione in campo spaziale, unitamente ad una sempre maggiore propensione ad estendere la permanenza dell'uomo nello spazio, mediante la realizzazione di laboratori e stazioni spaziali.

Dopo la conquista della luna, la NASA aveva dovuto affrontare un periodo di ridimensionamento dei propri ambiziosi programmi. La perdita d'interesse da parte dell'opinione pubblica ed il distacco della classe politica l'avevano spinto a concentrarsi sulle operazioni in orbita bassa.

I primi progetti quasi "fantascientifici" di Stazioni Spaziali, teorizzate da Von Braun e dal fisico Gerard K. O'Neill di Princeton negli anni '60, prevedevano elementi toroidali rotanti, in grado di creare una forza di gravità artificiale per stabilire condizioni di vita ideali, ed astronavi in grado di decollare come aeroplani per il trasporto nello spazio. Ma la prima stazione spaziale Salyut 1, che nel 1971 i Russi avevano inviato in orbita, era formata da moduli abitabili pressurizzati di forma cilindrica, tra loro interconnessi, che per le ridotte



Prime esperienze di lunga durata
da parte di astronauti nello spazio.

*First experiences of long duration
human presence in space.*

size and for the weightlessness conditions forced astronauts to adapt themselves to a hostile environment, very different from the Earth.

Two years later the Americans had responded with what today is considered the largest single structure launched in orbit: Skylab, with a diameter of 6.5m, a length of 14 m and a mass of 90 tons, really a space giant. Skylab was essentially used for providing qualitative evidence and scientific proof of the effects of weightlessness: physical phenomena and effects that are usually negligible and therefore not visible on the earth become very important and evident in orbit.

Astronauts like Owen Garriott played role of "teacher from space" by making a series of movies that became very popular in schools around the world.

In 1975, a sign of thaw between the two superpowers came from their own creating a mini joint US-USSR Space Station: during the Apollo-Soyuz mission, for the first time, American astronauts and Russian cosmonauts were left for days together in space.

In order to provide a relatively inexpensive space transportation system, shuttling between Earth and low orbit, NASA launched the Space Shuttle Program, a winged spacecraft, able to take off vertically like a rocket, operate as a satellite or a space laboratory in orbit, reentering back into Earth's atmosphere dissipating almost all its kinetic energy, and landing like a conventional airplane on a runway airport. The key features and breakthrough of this system were in principle its low operational cost and especially its reusability, a new frontier never achieved in the past. Concerning the aerodynamic configuration, however, the Shuttle,

dimensioni e per le condizioni di assenza di peso, costringevano gli astronauti ad adattarsi ad un ambiente alquanto ostile, molto diverso rispetto a quello terrestre.

Due anni dopo gli Americani avevano risposto con quello che ancora oggi è considerata la più grande singola struttura messa in orbita: lo Skylab, con un diametro di 6,5 m, una lunghezza di 14 m ed una massa di 90 tonnellate, un vero e proprio gigante dello Spazio. Lo Skylab fu molto utilizzato per fornire dimostrazione qualitativa e scientifica degli effetti dell'assenza di peso: fenomeni ed effetti poco visibili sulla terra diventano evidenti in orbita e astronauti come Owen Garriott vestirono di fatto i panni di "insegnante dallo spazio" realizzando una serie di filmati di tipo divulgativo che ebbero un grande successo nelle scuole di tutto il mondo.

Nel 1975 un segnale di disgelo fra le due superpotenze venne proprio dalla realizzazione di una mini Stazione Spaziale congiunta USA-URSS, l'Apollo-Soyuz: durante la missione, per la prima volta, astronauti americani e cosmonauti russi rimasero per giorni insieme nello spazio.

Per potere disporre di un mezzo di trasporto economico che facesse da spola tra la superficie terrestre e l'orbita bassa, la NASA lanciò il programma Space Shuttle, ossia un veicolo spaziale alato, in grado di decollare verticalmente come un razzo, operare come un satellite o un laboratorio spaziale in orbita, ridiscendere nell'atmosfera terrestre dissipando quasi tutta la sua energia cinetica, per poi atterrare come un aeroplano sulla pista di un aeroporto. Le caratteristiche fondamentali di tale sistema erano il basso costo operativo e soprattutto la riutilizzabilità, nuova frontiera mai raggiunta in



Volo inaugurale dello Space Shuttle.

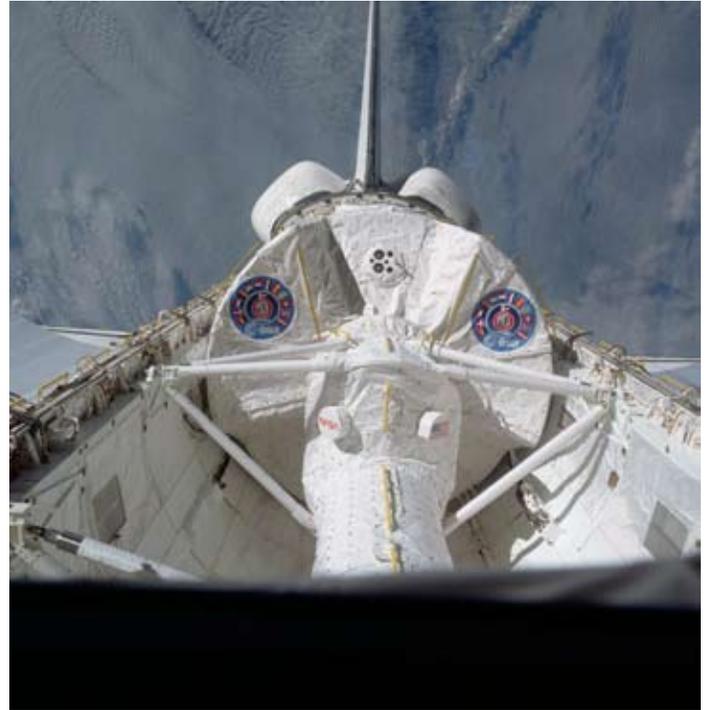
Space Shuttle maiden flight.

produced at the end in six units, appeared as a rather stocky aircraft, with a rectangular fuselage, a large fin and a double delta wing.

The first Shuttle mission, STS-1, occurred on 12 April, 1981, exactly 20 years after Gagarin's first flight. But once returned to the Kennedy Space Center, NASA engineers detected the loss of 16 tiles and damages to other 148 items of the thermal protection system, showing the heat shield was not really reusable, as hoped. Until 1985 Russians remained in orbit five Space Stations, from Salyut 3 to Salyut 7, and carried out twenty missions.

Americans, in the absence of their own space orbital laboratory, tried to use the Shuttle as a carrier of an orbital space microgravity research laboratory. Even in those years the need to develop joint international programs was increasingly felt and the result of these partnerships, in August 1973, was a NASA-ESA memorandum of understanding agreement to build a reusable science laboratory to be used onboard the Space Shuttle to perform experiments with trained astronauts (payload specialists).

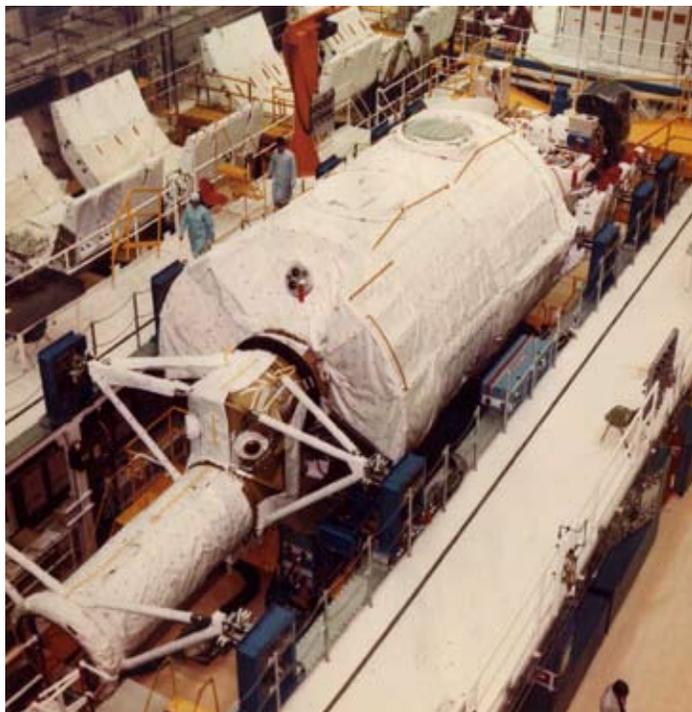
The development of this laboratory, called Spacelab, began in 1974. Thus, also Europe decided to undertake the space adventure. Naples and the Campania Region played a leading role in this project. In the same years, the word "Microgravity" was introduced for the first time in Naples to define the condition before indicated as "absence of gravity"; in this way this environment was better characterized in the scientific community, according to the concepts illustrated by scientists in Naples working together with prof. Napolitano. The word "Microgravity" better identifies from one side that in orbit the weightlessness condition is



SpaceLab integrated into the Space Shuttle Cargo Bay.

simply nothing else that the result of a dynamic equilibrium between gravity and inertia forces, and from the other side that other residual forces (like the aerodynamic drag, the gravity gradient and others) play an important role in physical phenomena.

In late 70's the Institute of Aerodynamics of the Faculty of Engineering in Naples, entitled to "Umberto Nobile," had acquired an outstanding reputation around the world. Students initiated international curricula and the first European Ph.D. in microgravity was awarded in Naples in 1987.



Lo Spacelab nella Cargo Bay dello Shuttle.

passato. Da un punto di vista configurazionale lo Shuttle, realizzato in sei esemplari, si presentava tuttavia come un velivolo piuttosto tozzo, con una fusoliera di forma quadrangolare, un'ampia deriva ed un'ala a doppio delta. La prima missione dello Shuttle, la STS-1, avvenne il 12 Aprile 1981, esattamente 20 anni dopo il primo volo di Gagarin. Ma una volta ritornato al Kennedy Space Center, i tecnici della NASA rilevarono la perdita di 16 piastrelle ed il danneggiamento di ben altri 148 elementi del sistema di protezione termica, a dimostrazione del fatto che lo scudo termico non era realmente riutilizzabile, come sperato. Fino al

1985 i Russi mantennero in orbita cinque Stazioni Spaziali, dalla Salyut 3 fino alla Salyut 7, effettuando ben venti missioni. Gli Americani, in assenza di un proprio laboratorio spaziale in orbita, pensarono di utilizzare lo Shuttle come piattaforma per la messa in orbita di un laboratorio per ricerche in microgravità. Già in quegli anni si sentiva l'esigenza di sviluppare programmi congiunti a livello internazionale e a seguito di questi accordi di collaborazione, nell'agosto del 1973, la NASA e l'ESA firmarono un protocollo d'intesa per realizzare un laboratorio scientifico riutilizzabile da usare a bordo dello Shuttle per eseguire esperimenti con astronauti scienziati. La costruzione del laboratorio, che fu chiamato Spacelab, ebbe inizio nel 1974. In tal modo anche l'Europa si lanciava nell'avventura dell'utilizzo dello spazio. Napoli e la Campania ebbero un ruolo trainante in questo progetto.

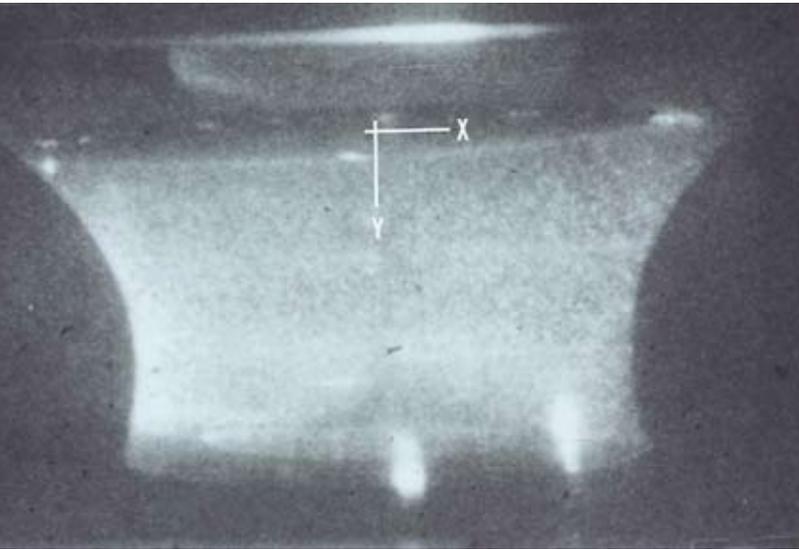
Negli stessi anni fu coniato proprio a Napoli il termine di Microgravità; quella condizione che era stata indicata fino ad allora come assenza di gravità, assumeva un ruolo completamente diverso nelle conoscenze scientifiche e ad introdurne il concetto furono gli scienziati napoletani e campani guidati da Napolitano. Microgravità stava a significare da un lato che in orbita l'assenza di peso è dovuta non altro che ad un bilancio di forze, e dall'altro che le forze residue restano particolarmente importanti nei fenomeni fisici.

Alla fine degli anni '70 l'Istituto di Aerodinamica della Facoltà di Ingegneria di Napoli, intitolato al generale "Umberto Nobile", aveva acquistato una straordinaria reputazione in tutto il mondo ed i primi studenti di dottorato iniziavano a seguire curricula internazionali. Fu napoletano il primo dottorato di ricerca europeo in microgravità nel 1987.

5. The 80s: Space Shuttle, Spacelab and Fourth environment

The Space Shuttle made access to space easier, so that Payload Specialist were soon included in the crew, with the exclusive task of realize a number of carefully planned scientific experiments.

Although with many difficulties, this scenario was possible, because the Shuttle crew was subjected to maximum flight acceleration below 3g,



Primo ponte liquido realizzato durante la missione FLSP dello Spacelab.

First Liquid Bridge realized during the FSLP Spacelab Mission.

against the 9g characteristic of traditional rocket carriers such as the Saturn. As already mentioned, in the late '70s and early '80s Naples had become an important central point representative of the relevant European Space capabilities. The Institute of Aerodynamics played a prominent role, both for technical and scientific expertise, as well as for its ability to influence strategic decisions of industrial space policy. In those years, Napolitano and his team contributed to the official birth of the Italian Space Agency (ASI), the Italian Aerospace Research Centre (CIRA) and the Microgravity Advanced Research and Support Center (MARS).

Skylab was the first real space laboratory, which had been definitely proven the importance of low gravity environments.

Under the guidance of Aeritalia, led by managers like Renato Bonifacio, Fausto Cereti and Ernesto Vallerani, the Italian Space industry became more and more present in the international Space scenario, either for satellites developments (the famous Sirio) as well as for pressurized structures, such as Spacelab, and then for development of the first private space research laboratory, the Space-Hab.

The Spacelab development was supported by Germany and Italy, sharing respectively 38% and 18% of the total program. The German company Erno was the prime contractor of the industrial con-

5. Gli anni '80: L'era dello Space Shuttle, lo Spacelab e il Quarto Ambiente

L'avvento dello Space Shuttle rese più facile l'accesso allo spazio, tanto che nell'equipaggio trovarono da subito posto i Payload Specialist, veri e propri ricercatori con l'esclusivo compito di realizzare i numerosissimi esperimenti scientifici accuratamente programmati. Benché le difficoltà non erano comunque poche, questo scenario fu reso possibile in quanto lo Shuttle sottoponeva l'equi-

paggio a valori massimi di accelerazione non superiore a 3g, contro 9g caratteristici di vettori tradizionali come il Saturno. Come si è detto in precedenza, tra la fine degli anni '70 e l'inizio degli anni '80 Napoli era diventato punto nevralgico e rilevante delle capacità spaziali europee. L'Istituto di Aerodinamica rivestì un ruolo di assoluto rilievo, sia per le competenze tecnico-scientifiche,



1. Ponte liquido realizzato con la tecnica di Plateau presso i laboratori della Kodak di Londra.
- 2-3. Il Fluid Physics Module e l'astronauta Ulf Merbold durante la missione Spacelab SL1.

*1. Liquid bridge realized with the Plateau technique at Kodak laboratories in London.
2-3. The Fluid Physics Module and the Astronaut Ulf Merbold during the Spacelab SL1 mission.)*

sortium and was joined by Aeritalia (today Thales Alenia Space – Italia) of the Finmeccanica group.

Part of the Spacelab was therefore realized inside the facilities available in Pomigliano where, under the guidance of Dr. Piantella, all internal structures of the first European space laboratory were assembled. In addition, the scientific knowledge in the field of Fluid Science, allowed to define and develop the first equipment dedicated to scientific research on liquid behaviours in micro-gravity conditions.



Ponte liquido realizzato nella missione D2 dello Spacelab. I traccianti evidenziano il regime oscillatorio alla Marangoni

Liquid Bridge realized during the D2 mission. Tracers show the oscillatory Marangoni flow regime.

The main purpose of the mission consisted in a series of experiments with the Fluid Physics Module (FPM), a facility made available to the international community and therefore defined as multi-user. This apparatus was entirely developed in Italy, at the Fiat Research Centre, based on indications and requirements provided by scientists responsible for the selected scientific experiments. The research group of Naples, including Napolitano, Monti, Golia and Russo, was responsible for the experiment 1-ES-328 "Free Convection in Low Gravity," whose main objective was to demonstrate for the first time the existence of the so called Marangoni effect, related to surface tension gradients induced by thermal gradients in a liquid bridge in the absence of gravity. After years of intensive ground-research in preparation of the experiment, all expected results were achieved with great satisfaction. In particular, theoretical calculations were confirmed by the experimental results, showing the stability of a liquid column of 10 cm in height, the velocity and temperature fields were analyzed and the influence of different parameters of interest in Marangoni boundary layer flow regimes in axisymmetric liquid bridges was investigated in detail.

The Spacelab maiden flight was in 1983 with the Shuttle Columbia during STS-9; the experiment 1-ES-328 was performed on 28 November by the European astronaut Ulf Merbold. About two years later, 30 October 1985, the astronaut Wubbo Ockels, during STS-61-A D1 Spacelab Shuttle mission, carried out successfully a second experiment, entitled "Marangoni Flows", extending the preliminary results obtained during the mission in 1983. After the experiments on the Space Shuttle,

sia per la sua capacità di influenzare decisioni strategiche di politica industriale. In quegli anni Napolitano ed il suo team contribuì alla nascita ufficiale dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), del Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA) e del Microgravity Advanced Research and Support Center (MARS). Lo Skylab era stato il primo vero laboratorio spaziale, in cui era stata definitivamente provata l'importanza dell'assenza di gravità.

Sotto l'egida di Aeritalia, guidata da manager come Renato Bonifacio, Fausto Cereti ed Ernesto Vallerani, si affermò a pieno titolo la presenza industriale italiana nello spazio, tanto nei satelliti (con il celebre Sirio) quanto nelle strutture pressurizzate, come Spacelab, e successivamente attraverso lo sviluppo del primo laboratorio di ricerca spaziale privato, lo SpaceHab.

La costruzione dello Spacelab era stata sostenuta da Germania e Italia, che avevano rispettivamente le quote del 38 e 18 per cento nel programma. Guidava il consorzio industriale la tedesca Erno alla quale si affiancava Aeritalia, oggi Thales Alenia Space del gruppo Finmeccanica.

Parte dello Spacelab nacque dunque negli stabilimenti di Pomigliano dove furono realizzate, sotto la guida dell'Ing. Piantella, tutte le strutture interne del primo laboratorio spaziale europeo.

In aggiunta le conoscenze raggiunte nel settore della Scienza dei Fluidi, permisero la definizione e la creazione del primo apparato mirato alla ricerca sui liquidi in condizioni di microgravità.

Lo scopo principale della missione consisteva nell'eseguire una serie di esperimenti di Fisica dei Fluidi con questa facility messa a disposizione della comunità internazionale e definita pertanto come multi-utente, il Fluid Physics Module (FPM).

Tale apparato fu interamente sviluppato in Italia, dal Centro Ricerche Fiat sulla base delle indicazioni e dei requisiti scientifici forniti dagli scienziati responsabili delle ricerche.

Il gruppo di ricerca di Napoli, costituito da Napolitano, Monti, Golia e Russo, fu responsabile dell'esperimento "Convezione Libera in Bassa Gravità", grazie al quale fu dimostrata per la prima volta l'esistenza dell'effetto Marangoni dovuto a gradienti termici in un ponte liquido in assenza di gravità. Dopo anni d'intense ricerche che avevano caratterizzato la preparazione dell'esperimento, furono conseguiti con enorme soddisfazione tutti i risultati attesi. In particolare, furono verificati i calcoli teorici che indicavano la stabilità di una colonna liquida di 10 cm di altezza ed analizzati diversi parametri e la loro influenza sui campi di velocità e di temperatura, che caratterizzavano il regime di strato limite tipico del flusso alla Marangoni in ponti liquidi assialsimmetrici.

Il volo dello Spacelab fu effettuato nel 1983 con lo Shuttle Columbia durante la missione STS-9 e l'esperimento 1-ES-328 fu eseguito il 28 Novembre dall'astronauta europeo Ulf Merbold.

Dopo circa due anni, il 30 Ottobre 1985, l'astronauta Wubbo Ockels, durante la missione STS-61-A, Spacelab D1, portava a termine con successo un secondo esperimento, dal titolo "Flussi alla Marangoni", che estendeva i risultati preliminari ottenuti durante la missione del 1983.

Dopo gli esperimenti sullo Space Shuttle, l'Istituto "Umberto Nobile" acquistò la massima popolarità, anche grazie ai media. La divulgazione al pubblico, in modo semplice, ma allo stesso tempo rigoroso, di argomenti alquanto complessi, come quelli riguardanti la Fisica dei Fluidi in condizioni

the Institute "Umberto Nobile" gained the greatest popularity, thanks to the media.

The public disclosure, in a simple but at the same time rigorous way, of quite complex topics, such as those related to the physics of fluids in microgravity, represented a unique flywheel to attract more and more motivated students at the School of Aerospace Engineering. During the visit, at the Faculty of Engineering of Naples, of the astronauts after the successful Spacelab mission, all classes were suspended to allow students to participate in the Faculty Auditorium, to meet



Gli astronauti consegnano al rettore della Federico II, Prof. Carlo Ciliberto, il gagliardetto tricolore dell'Istituto di Aerodinamica Umberto Nobile.

Astronauts deliver to the Rector of the University Federico II prof. Carlo Ciliberto the flag of the Institute of Aerodynamics Umberto Nobile.

members of the expedition, to offer questions, to actively participate in discussions about future international space activities. On that occasion the astronauts delivered to the Rector of the University Federico II, Carlo Ciliberto, the pennant flag of the Institute returned to land after being in orbit into the Shuttle.

For the first time, journalists, media and public opinion began to be fascinated by the idea of microgravity. Thus Space became, according to Napolitano, "The Fourth Environment" to be explored and colonized, after ground, sea and sky. His watchword "in space, from space, to space" represented, both locally and worldwide, the quintessence of the potential spin-off of space research, introducing the concept of directly working on ground with orbit equipment by Telescience.

Since mid 80's the concept of a modern space station had been conceived as an extension, in modular way, of the first Space laboratories. The original space laboratory evolved into space habitat, seen as a permanent home for a large number of people. Unlike previous modular laboratories and stations, a completely self-habitat was required both for the production of energy and for the regeneration of life resources for its inhabitants. In 1984 U.S. President Ronald Reagan launched the Space Station Freedom project, to collect the heritage of previous studies of modular space stations designed in the mid 70s. Europe pointed to an important role in space, simultaneously launching the Ariane 5, Hermes and Columbus programmes.

Ariane launcher, appropriately enhanced and qualified for launching manned modules, should have been man-rated and able to put into

di Microgravità, rappresentò uno straordinario volano che attrasse studenti sempre più motivati presso il Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale.

In occasione della visita, presso la facoltà di Ingegneria di Napoli, degli astronauti che avevano terminato con successo la missione Spacelab, furono interrotte tutte le lezioni per consentire agli studenti di intervenire presso l'Aula Magna della Facoltà, incontrare i membri della spedizione, porgere domande, partecipare attivamente al dibattito sul futuro delle attività spaziali internazionali. In quell'occasione gli astronauti consegnarono al Rettore dell'Università Federico II, Carlo Ciliberto, il gagliardetto tricolore dell'Istituto "Umberto Nobile", riportato a terra dopo essere stato in orbita con lo Shuttle. Per la prima volta giornalisti, media e opinione pubblica iniziarono ad essere affascinati dall'idea della Microgravità.

Lo spazio diventava così "Il Quarto Ambiente" da esplorare e colonizzare, come lo chiamò Napolitano, dopo terra, mare e cielo; e il suo motto "nello spazio, dallo spazio, per lo spazio" rappresentò, sia a livello locale che mondiale, la quint'essenza delle potenzialità delle ricadute della ricerca nello spazio, introducendo il concetto di lavorare in diretta da terra con le apparecchiature in orbita grazie alla Telescienza.

A partire dalla metà degli anni '80 si affermò il concetto di stazione spaziale modernamente intesa, ideata come estensione, in chiave modulare, dei laboratori spaziali. L'originario laboratorio spaziale si evolveva nell'habitat spaziale, inteso come dimora permanente per un gran numero di persone. A differenza di laboratori e stazioni modulari, esso doveva essere completamente autosufficiente sia per la produzione di energia, sia per



Immagini del Columbus,
di Hermes e di Ariane V.

*Artistic views
of Columbus, Hermes
and Ariane V.*

orbit the *Hermes* European space shuttle, the latter with docking capability to the European Columbus module, in turn connected to the American space station. Twelve of thirteen member states of the European Space Agency were involved in a program of fifty thousand billion of Italian lire of the time.

To support the Columbus development, prof. Napolitano became the promoter of an initiative of great international importance: the organization of the Columbus Workshops, held in alternate years in Capri and on the Constance lake, at



Sonda Giotto (ESA).

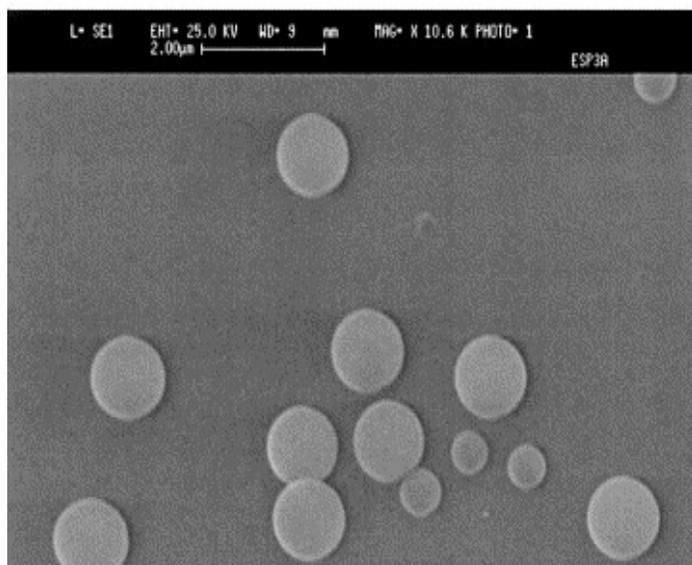
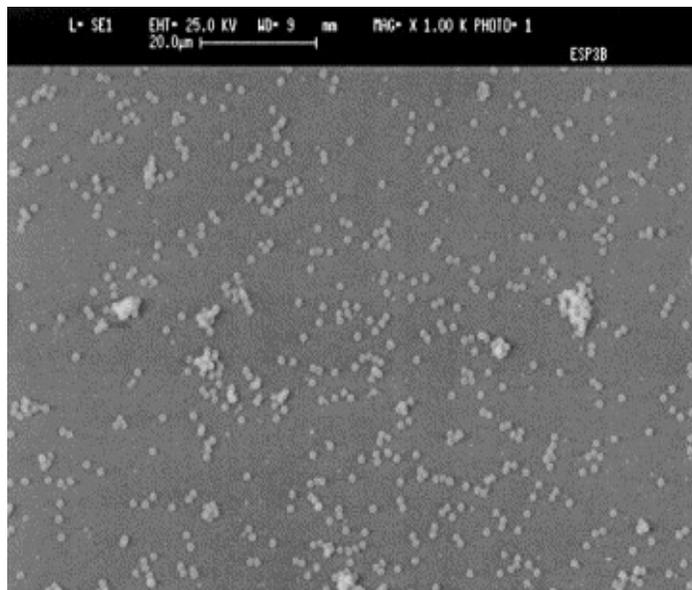
Giotto Spacecraft (ESA).

the Deutsche Aerospace headquarter, where top representatives of the major world space agencies and industries met to discuss and coordinate actions and strategies. Capri hosted the first, the third and the fifth Columbus Workshops.

The Columbus laboratory had to be extremely flexible and provide to ground researchers, with the support of the crew of the station, the ability to conduct hundreds of experiments in biology, material science, fluid physics and other research areas that could take advantage from microgravity conditions. Besides having a dedicated control center (now located in Oberpfaffenhofen, Munich, Germany), the investigators, from ground stations, would have to communicate with the orbital laboratory, receiving data and sending commands, just as was done, as demonstration, during the first experiments performed onboard of sounding rockets and controlled from Naples in Telescience mode. This required to create user support and operation centers (USOC).

Based on these assumptions the first European Microgravity Advanced Research Center (MARS) was born in Naples. Excellent skills and expertise, developed over the years preparing and operating experiments on sounding rockets, Spacelab and SpaceHab were concentrated in this center. MARS was a guideline for the development of a network of European User Support & Operation Centers (USOC that are currently present in 10 ESA Member States).

In parallel, around the *Hermes* project, the development of sophisticated thermal protection systems based on new technologies stimulated, at the end of the decade, the idea of a large European Plasma wind tunnel (*Scirocco*) to be developed at



Campioni di polveri analizzati presso INAF.

Samples of cosmic dust investigated at INAF

la produzione e la rigenerazione delle risorse per il sostentamento dei suoi abitanti.

Nel 1984 il presidente americano Ronald Reagan lanciò il progetto della stazione spaziale Freedom, che doveva raccogliere l'eredità degli studi di stazioni spaziali modulari concepite nella seconda metà degli anni '70.

L'Europa puntò ad un ruolo rilevante nello Spazio, con il lancio contemporaneo dei programmi Ariane 5, Columbus e Hermes. Il razzo vettore Ariane, opportunamente potenziato e qualificato per il lancio di moduli abitati, avrebbe dovuto immettere in orbita la navetta spaziale europea, Hermes, in grado di agganciarsi al modulo spaziale abitabile Columbus, a sua volta collegato alla stazione orbitale americana. Dodici dei tredici paesi membri dell'Agenzia Spaziale Europea s'impegnarono in un programma di cinquantamila miliardi di vecchie lire.

A sostegno dello sviluppo del Columbus, il prof. Napolitano si fece promotore di una iniziativa di grande valenza internazionale: l'organizzazione di Columbus Workshops, che si tenevano ad anni alterni a Capri e sul lago di Costanza presso la sede della Deutsche Aerospace, in cui i massimi esponenti delle Agenzie e delle principali industrie spaziali si incontravano per discutere e coordinare le azioni e le strategie da intraprendere. A Capri si tennero il 1°, 3° e 5° Columbus Workshop.

Il laboratorio Columbus doveva essere estremamente flessibile e fornire ai ricercatori a terra, aiutati dall'equipaggio della Stazione, la possibilità di condurre centinaia di esperimenti nell'ambito della biologia, della scienza dei materiali, della fisica dei fluidi e di ogni altra ricerca che potesse

CIRA, together with high capabilities in aerothermodynamics.

After a period of great and intense activities, the Space Shuttle Challenger disaster, with loss of the 7 crew members, occurred on 28 January 1986, cast a large shadow on the race to space exploration. Just when it looked like the most excellent Space technology, the Shuttle was destroyed after 73 seconds of flight (in the launch phase during the STS-51-L, the 25th STS mission, 10th Challenger flight) due to a failure of a solid rocket booster. Manned Space flights did not resume until two years with the launch of the Space Shuttle Discovery on September 29, 1988, with STS-26 "Return to Flight" mission. But that tragic event broken the process that were under development also thank to the concrete and far-sighted contribution of researchers from Campania, including the "Space Industrialization" process to provide real in-orbit factories able to distribute products with a new "DNA" resulting from development processes under microgravity conditions. In 1986 the first module of the MIR Space Station was launched in orbit by Soviets. This Station remained in orbit until 2001, 15 years for a Space infrastructure that was designed for 5 years operational life. MIR served as a crew accommodation habitat in 40 missions, involving also other Space Agencies as CNES, DLR and NASA, allowed to accumulate years of experience in human LEO operations, and was of fundamental importance for the development of the next Space Station (ISS).

The Laboratory of Cosmic Physics and Planetaryology was jointly operated by the Astronomic Observatory of Capodimonte and University Partenope of Naples, since 1987, by a group of astrophysicists

led by Ezio Bussoletti. Due to the participation to the DIDSY experiment on board the ESA Giotto probe for characterization of the dust of Halley comet, the laboratory reached high experience in two main areas: simulations and analyses of "space dust" and development of technologies for the exploration of the Solar System.



Il disastro dello Space shuttle Challenger.

Space Shuttle Challenger accident.

trarre vantaggio dallo svolgimento in condizioni di microgravità. Oltre a disporre di un centro di controllo dedicato (oggi dislocato a Oberpfaffenhofen, presso Monaco di Baviera, in Germania) gli sperimentatori da terra avrebbero dovuto comunicare con il laboratorio orbitante, ricevendo dati ed inviando comandi, proprio come veniva fatto durante i primi esperimenti condotti su razzi sonda e controllati da Napoli in modalità Telescienza. Nasceva dunque l'esigenza di creare dei centri di supporto operativo e supporto all'utenza (USOC). Sulla base di questi presupposti nacque a Napoli il primo centro di ricerche d'eccellenza sulla microgravità (il MARS) dove si concentrarono le capacità e le competenze sviluppate negli anni precedenti con gli esperimenti sui razzi sonda, sullo Spacelab e sullo SpaceHab. Il MARS fu l'artefice della creazione del network degli USOC europei che al momento sono presenti in 10 stati membri dell'ESA.

Parallelamente, intorno al progetto Hermes, che richiedeva lo sviluppo di sofisticati sistemi di protezione termica basati su nuove tecnologie, alla fine del decennio, andò sempre più affermandosi l'idea di una Galleria al Plasma europea di grandi dimensioni (lo Scirocco) da realizzare presso il CIRA, insieme allo sviluppo di elevate capacità di calcolo nel settore aerotermodinamico.

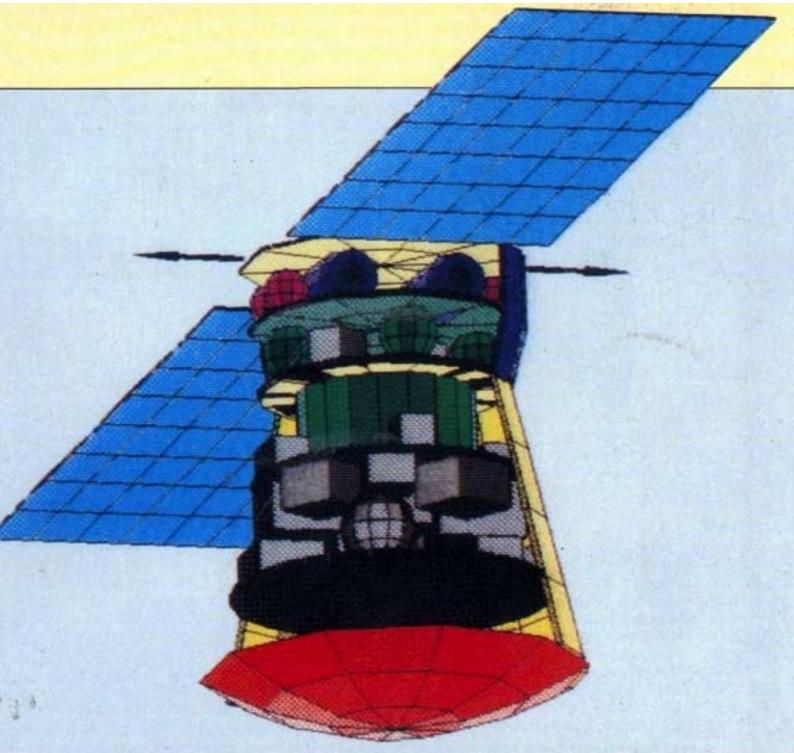
In questo periodo di grande fervore e d'intense attività il disastro dello Space Shuttle Challenger, avvenuto il 28 gennaio 1986, gettò una grande ombra sulla corsa allo sfruttamento dello spazio. Proprio quando appariva come l'espressione della massima tecnologia in campo spaziale, lo Shuttle fu distrutto dopo 73 secondi di volo (all'inizio della missione STS-51-L, la 25ª missione del program-

ma STS e il 10° volo del Challenger) a causa di un guasto ad un razzo a propellente solido. I voli nello spazio con equipaggio non ripresero prima di due anni, con il lancio dello Space Shuttle Discovery il 29 settembre 1988 e la sua missione di "Ritorno al volo" STS-26, ma quel tragico evento interruppe del tutto quel processo che si stava sviluppando anche grazie al concreto e lungimirante contributo dei ricercatori campani, che era stato definito "industrializzazione dello spazio" e che aveva l'obiettivo di realizzare in orbita vere e proprie fabbriche i cui prodotti dovevano portare nel proprio DNA l'essersi sviluppati in condizioni di microgravità. Sempre nel 1986, fu lanciato in orbita, da parte dei sovietici, il primo modulo della MIR, la Stazione Spaziale dei records, rimasta in orbita fino al 2001, ben 15 anni per una struttura che doveva avere una vita operativa di 5 anni. La MIR, che è servita come alloggio in circa 40 missioni, consentì di accumulare anni di esperienza nelle operazioni in LEO, che sarebbero state fondamentali per la realizzazione della successiva Stazione Spaziale Internazionale (ISS).

Il Laboratorio di Fisica Cosmica e Planetologia, gestito in collaborazione tra Osservatorio Astronomico di Capodimonte e Università "Parthenope", lanciato nel 1987 da un gruppo di astrofisici capeggiati da Ezio Bussoletti, partecipando alla realizzazione dell'esperimento DIDSY a bordo della sonda ESA Giotto per la misura delle polveri della cometa di Halley, si è specializzato su due linee portanti: le simulazioni e le analisi di campioni di "polveri" presenti in vari ambienti spaziali, lo sviluppo di tecnologie per l'esplorazione del Sistema Solare.

6. The 90s: The heritage of the Berlin wall collapse and of the great scientists

The 90s were marked, from the point of view of the space activities, by a series of events of a political nature: the dissolution of the Soviet Union in 1991, the conclusion of the "Cold War" and,



La capsula di rientro italiana Carina.

The Italian CARINA Reentry Capsule.

consequently, of what remained of the historical competition between Americans and Russians, increasingly strengthened international cooperation. In 1993, President Clinton's promoted a joint project between United States, Europe, Japan and Canada, following previous agreements already undertaken since 1984; Russia, becoming the fifth international partner, joined the project of the R-Alpha space station, the core of ISS. One can almost say that Russian Space activities, beginning from the mid 90s, were commissioned by NASA, that reached autonomous capacity of development, transportation and assembly into orbit of Space laboratories. Through a special item of its budget, NASA financed a relevant portion of Space activities of the Russian counterpart, the RKA (Russian Space Agency).

In Naples and Campania, the untimely death of Professor Napolitano left a huge void, but at the same time a wealth of human values, scientific knowledge and professionalism in all who had the opportunity to work and collaborate with him and saw that dissolved a reliable point of reference. The valuable contributions he provided could not be overcome, either in academia or in research institutions he founded and in associations and organizations that had the privilege to weave relationships and collaborations with him.

In these years the company Alenia Spazio

6. Gli anni '90: l'eredità del crollo del Muro di Berlino e quella dei grandi scienziati

Gli anni '90 furono segnati, dal punto di vista spaziale, da una serie di eventi di natura politica: la dissoluzione dell'Unione Sovietica nel 1991 segnò la fine della Guerra Fredda e, implicitamente, di ciò che restava della competizione tra Americani e Russi; si rafforzò sempre più la cooperazione internazionale. Nel 1993, su suggerimento del Presidente Clinton gli Stati Uniti, l'Europa, il Giappone ed il Canada, che riprendevano decisioni già avviate a partire dal 1984, e la Russia che aderiva al progetto diventandone il quinto partner internazionale, fusero i propri sforzi e progetti in un unico prodotto, la Stazione Spaziale R-Alpha, che diventerà il nucleo dell'attuale ISS. Si può quasi dire che le attività spaziali russe, a partire dalla seconda metà degli anni '90, furono commissionate dalla NASA che acquistò capacità di trasporto in orbita e sviluppo di laboratori orbitanti. Quindi la NASA s'impegnò, attraverso un'apposita voce del proprio bilancio, a finanziare una buona parte delle attività spaziali della sua controparte russa, la RKA (Agenzia Spaziale Russa).

A Napoli e in Campania, la morte prematura del prof. Napolitano lasciò un enorme vuoto, ma allo stesso tempo un patrimonio di valori umani, conoscenze scientifiche e professionalità in tutti coloro che avevano avuto la fortuna di collaborare con lui, e che videro dissolto un sicuro punto di riferimento. I preziosi contributi da lui forniti non potevano essere dissipati, né in ambito accademico,

né all'interno di quegli enti di ricerca da lui fondati e nelle associazioni ed organizzazioni che a vario titolo avevano avuto il privilegio di intrecciare con lui rapporti e collaborazioni.



Telerilevamento del Golfo di Napoli.

Remote Sensing of gulf of Naples.

(today Thales Alenia Space – Italy) opened a branch in Naples dedicated to the development of an unmanned reentry capsule called CARINA (Capsula di Rientro Non Abitata – unmanned Reentry Capsule).

This project can be considered as the precursor of the recent IRENE Capsule.

The capsule was designed to have a diameter of 4 meters and would be launched on the Ariane-4 rocket. Its main mission was commercial microgravity experiments with power provided by internal batteries and solar panels. The project financed by Italian Space Agency was stopped at the end of phase B (intermediate design).

A few years earlier, in 1988, CORISTA was born, a Research Consortium on Advanced Sys-

tems and airborne sensors, with the aim of promoting close cooperation between universities and industries in areas related to aerospace remote sensing. Since the beginning, the consortium was formed by both university and industrial members contributing, each according to own peculiarities and interests, to create a real flexible entity, rich of diversified and specialised resources. In this sense, CORISTA played a connection role between the industrial development objectives and scientific research of its members. It is primarily devoted to design, prototype development and advanced remote sensors application to be embarked on board terrestrial, aerial and space platforms (balloons, aircrafts, helicopters and satellites), aiming also for an increasingly significant involvement of the small and medium aerospace enterprises in Campania.

Also in the field of remote sensing, we would like to mention the contributions, since the '80s, from the research groups of Giorgio Franceschetti, at the University of Naples and CNR, and Pasquale Murino, at the Institute Umberto Nobile. Even today the group at the CNR Institute for Electromagnetic Sensing of Environment (IREA) is very active in this field. Also relevant is the contribution of the group of Maurizio Migliaccio in Remote Sensing at the University Parthenope.

From January 1st 1995, the research group of the Faculty of Engineering of Naples founded the Department of Space Science and Engineering, directed by Rodolfo Monti and entitled to "Luigi G. Napolitano".

The ISS was being assembled, and there was a need, within NASA and ESA, to undertake a series of studies concerning the effects of residual accelerations (gravity gradient, aerodynamic drag,



La Stazione Spaziale Internazionale in orbita.

The International Space Station in orbit.

In quegli anni era anche molto attiva la sede di Napoli di Alenia Spazio (oggi Thales Alenia Space) che portò avanti, fino alla metà degli anni '90, un progetto di capsula recuperabile (denominata CARINA – CApsula di Rientro Non Abitata) che può essere considerata come il predecessore di quello che sarebbe poi diventato il recente progetto Irene. La capsula era stata progettata con un diametro di 4 m per essere lanciata con un Ariane-4. La sua missione principale doveva essere quella di fornire una nuova piattaforma micro-gravitazionale con potenza elettrica a disposizione del payload fornita da pannelli solari e batterie interne. Il progetto, finanziato dall'ASI, si è fermato alla fase B di progettazione.

Intanto pochi anni prima, nel 1988, era sorto il CORISTA, CONSORZIO di RICERCA su Sistemi di Tele-sensori Avanzati, con lo scopo di promuovere una più stretta cooperazione fra le Università e le Industrie nei settori legati al telerilevamento aerospaziale. Fin dall'inizio, il Consorzio ha avuto una rappresentanza di membri universitari e di membri industriali, che hanno contribuito, ognuno secondo le proprie peculiarità e attitudini, a farne una struttura estremamente flessibile e ricca di risorse diversificate e specializzate. In tal senso, il CORISTA ha svolto un ruolo di raccordo tra gli obiettivi di sviluppo industriale e quelli di ricerca scientifica propri dei suoi membri. Sin dalla sua nascita, si occupa prevalentemente della progettazione, dello sviluppo prototipale e dell'applicazione di sensori avanzati per il telerilevamento da imbarcare su piattaforme terrestri, aeree e spaziali (palloni, aerei, elicotteri e satelliti), ponendosi come obiettivo anche l'inserimento sempre più significativo nel tessuto delle piccole e medie imprese del settore aerospaziale della Campania.

Sempre nel settore del telerilevamento vanno ricordati i contributi forniti, sin dagli anni '80, dai gruppi di Giorgio Franceschetti, presso l'Università di Napoli ed il CNR, e di Pasquale Murino, presso l'Istituto Umberto Nobile. Ancora oggi il gruppo del CNR è molto attivo presso l'Istituto di Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA), e significativo è il contributo del gruppo di Maurizio Migliaccio dell'Università Parthenope in ambito telerilevamento.

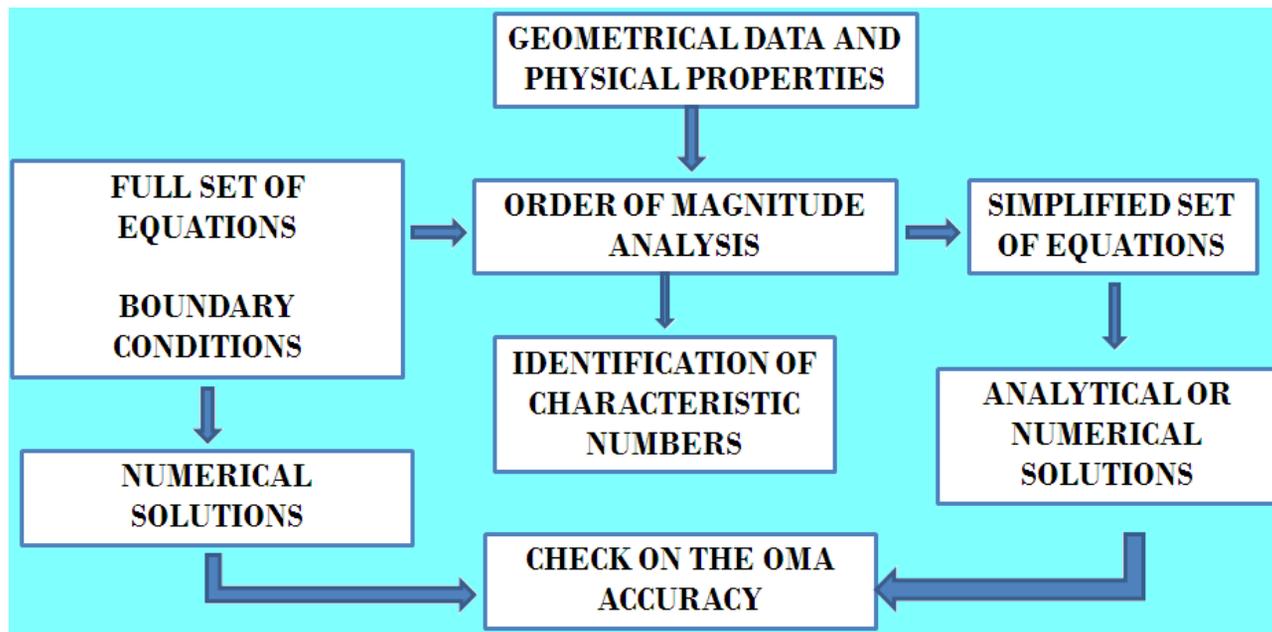
Dal 1 Gennaio 1995, il gruppo di ricerca della Facoltà di Ingegneria di Napoli fondò il Dipartimento di Scienza e Ingegneria dello Spazio, diretto da Rodolfo Monti e intitolato a Luigi G. Napolitano. La ISS era in fase di assemblaggio e sorvegliava l'esigenza, in ambito NASA ed ESA, di intraprendere una serie di ricerche riguardanti l'effetto delle accelerazioni residue (gradiente di gravità, resistenza aerodinamica residua, vibrazioni indotte da attività dell'equipaggio e da apparecchiature) su esperimenti in orbita particolarmente sensibili agli effetti della microgravità.

Il gruppo dell'Università si distinse per una serie di contributi di carattere prevalentemente teorico e numerico, che furono presentati in diverse conferenze scientifiche internazionali e pubblicati su riviste scientifiche. In alcuni lavori veniva ripreso ed applicato al problema della riduzione degli effetti delle accelerazioni residue il metodo Napolitano dell'Analisi degli Ordini di Grandezza, messo a punto negli anni '80 per razionalizzare, generalizzare ed unificare lo studio di problemi di convezione libera e naturale in presenza di sistemi multifase. Ancora una volta prevaleva il metodo deduttivo, nella convinzione che qualunque problema si affrontasse dovesse sempre essere possibile pre-

residual vibrations induced by crew activities and equipment) on especially sensitive experiments. The group at the University was distinguished by a series of scientific contributions, mainly theoretical and computational, which were presented during several international scientific conferences and published in peer reviewed journals. In some works the problem related to the residual acceleration effects was investigated using the Napolitano's "Orders of Magnitude Analysis" method, developed in the '80s to rationalize, to generalize and unify problems of free convection in multi-phase systems. Once again the deductive method prevailed, in the belief that for any problem to be addressed, one

should be always able to predict all the phenomenology through a suitable "reading" of the field equations. Initially developed when teaching aerodynamics, to provide rigorous and systematic treatments of classical formulations such as the "Prandtl boundary layer theory" or the "Theory of Small Perturbations", born by brilliant insights, the process was later refined and applied to various fluid dynamic problems, such as those related to fluid dynamic behaviour in microgravity conditions, the study of crystals growth from vapour phase, the modeling of non-equilibrium hypersonic flows.

The methodology consisted in the "a priori" evaluation, without solving the equations but only



Principali fasi della Analisi degli Ordini di Grandezza (OMA).

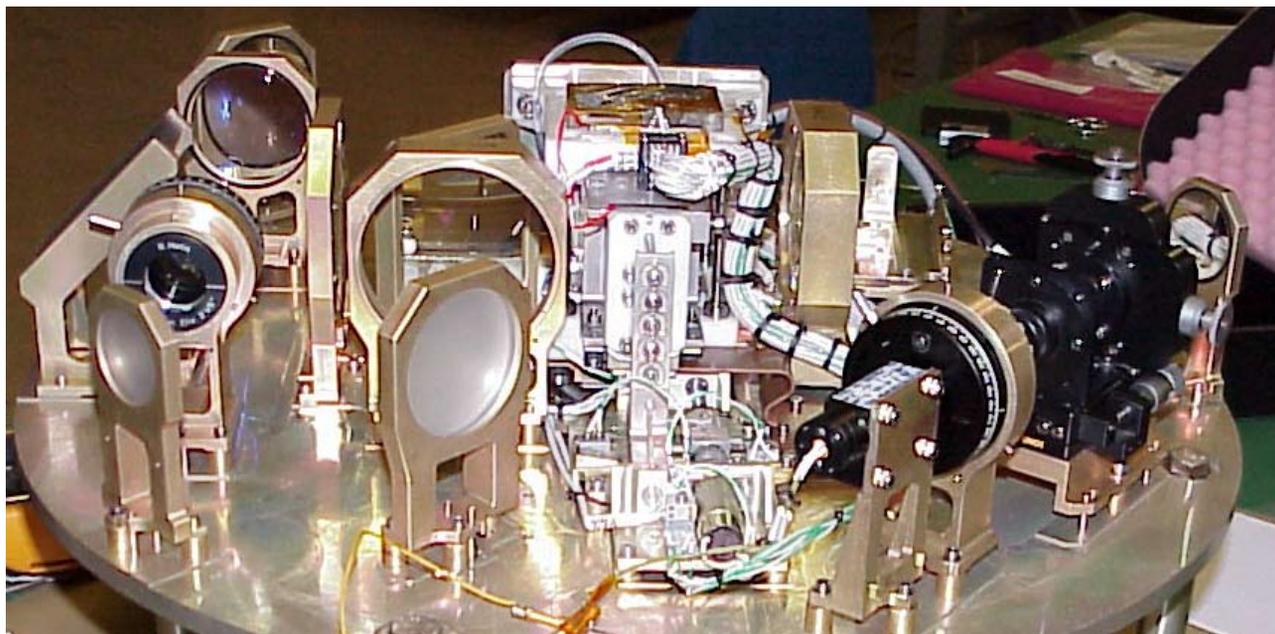
Main steps of Order of Magnitude Analysis (OMA).

vedere tutta la fenomenologia mediante un'opportuna "lettura" delle equazioni che lo descrivono.

Inizialmente sviluppato nell'ambito dell'insegnamento dell'Aerodinamica, per rendere rigorose e sistematizzare trattazioni classiche come la "teoria di Prandtl dello Strato limite" o la "teoria delle Piccole Perturbazioni", nate da brillanti intuizioni, il procedimento era stato poi affinato ed applicato a diversi problemi di fluidodinamica, come quelli riguardanti la dinamica di fluidi in condizioni di microgravità, lo studio della crescita di cristalli da fase vapore, la modellistica di flussi ipersonici in non equilibrio. La metodologia consisteva nel determinare "a priori", senza risolvere le equazioni,

ma solo applicando rigorosamente criteri fondamentali basati su principi fisici e matematici, tutte le possibili classi di regimi di moto, in funzione di soli dati del problema.

Nella maggior parte dei casi il procedimento richiedeva la formulazione delle equazioni di campo in un opportuno sistema di riferimento, allo scopo di porre esplicitamente in evidenza una direzione fondamentale, tenendo conto di eventuali "anisotropie". Si passava quindi attraverso un processo di adimensionalizzazione per esprimere i numeri caratteristici in termini delle velocità e lunghezze di riferimento incognite e queste ultime in funzione dei numeri "condizionali", fino a formula-



Modulo sperimentale INEXMAM-III presente a bordo del Maxus 5 (ESA).

INEXMAM III experimental module present onboard Maxus 5 sounding rocket (ESA).

applying well defined criteria based on fundamental physical and mathematical principles, of all possible classes of flow regimes, according to the problem's data. In most cases the procedure required the formulation of the field equations in a suitable reference system, in order to clearly identify a relevant direction, taking into account any "anisotropy". Then, using a rigorous non-dimensionalization process, the dimensionless characteristic numbers could be expressed in terms of characteristic unknown speeds and lengths and the latter as a function of "conditional" numbers.

Finally a mathematical problem of conditioned maximum was formulated to determine measure numbers and scale factors. The solution of the problem could then be represented graphically in suitable dimensionless planes to classify the convective flow regimes and to write the corresponding simplified equations.

These valuable lessons, like many others left in heritage by Napolitano to his students and collaborators, still are the basis of some curricula of today study courses for undergraduate students in Aerospace and Astronautics Engineering at the University of Naples.

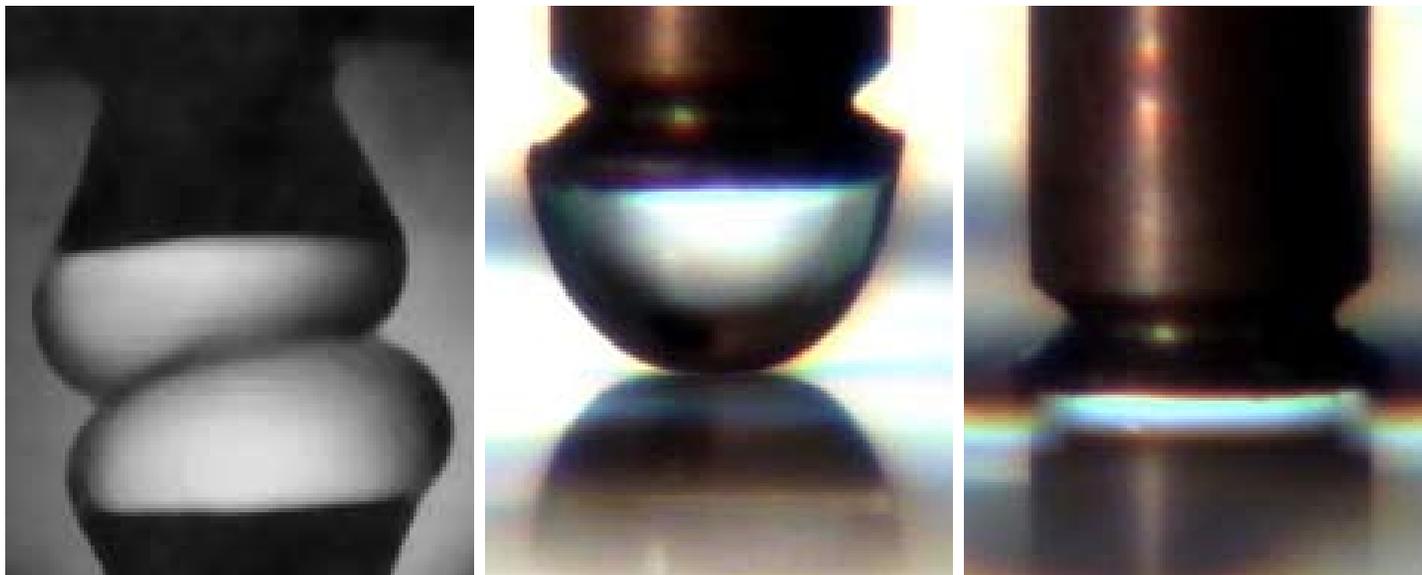
In the specific area related to microgravity space experiments, the research groups at the Faculty of Engineering and at MARS continued research on Marangoni flows in liquid bridges, designing and performing experiments with parabolic flights and sounding rockets (Maxus 3 and 4 by ESA).

Relevant programs in coordination with other international research teams included the fluid dynamic experiments "Onset of Oscillatory Marangoni Flow", performed during the Space-

lab D-2 mission of the European Space Agency (ESA) in 1992. In this case a second facility, an advanced evolution of the Fluid Physics Module (AFPM) had been developed in Turin by Aeritalia, again based on the scientific requirements defined by the science team members in Naples. In 1994 a more advanced and even more complex system was finally developed, the Bubble Drop and Particle Unit – BDPU, also developed by Alenia in Turin in collaboration with MARS. This apparatus was launched in space and allowed to perform the experiment "Bubbles behavior under low gravity" during the NASA Spacelab Mission IML-2. A very interesting research line still under investigation, focused on the dynamics of drop coalescence in the presence of thermocapillary flows. In this area, the University of Naples published a large number of results, both theoretical and experimental, showing also the problem relevance for many applications, from rockets to diesel engines, from spray to metal alloys.

The research was inspired by an interesting intriguing phenomenon observed during the experiments conducted in space. After the accidental breakage of a large liquid bridge of silicone oil, the Principal Investigator (R. Monti) and the Payload Specialist working on the AFPM facility, observed that, in the presence of a temperature difference, it was extremely difficult to restore the liquid bridge merging two drops of the same fluid. Since then, several experiments were carried out in microgravity platforms, including aircrafts in parabolic flights and sounding rockets (Maxus 5).

In many cases Technosystem, a SME specialized in design and development of electronic components and avionic systems, provided an impor-



Prevenzione della coalescenza tra gocce e di una goccia con una superficie dello stesso liquido a causa dell'effetto Marangoni.

Coalescence prevention between drops and between a drop and a pool surface of the same liquid due to Marangoni effect.

re un problema matematico di massimo condizionato per determinare numeri di misura e fattori di scala. La risoluzione del problema poteva poi essere rappresentata graficamente in opportuni piani adimensionali per classificare le classi di convezione, i regimi di moto e le relative equazioni.

Questi preziosi insegnamenti, come molti altri lasciati in eredità ai suoi allievi e collaboratori da Luigi Napolitano, costituiscono tuttora le basi di alcuni programmi di studio per gli allievi del corso di laurea in Ingegneria Aerospaziale ed Astronautica presso l'Università di Napoli. Sul piano più direttamente legato alla sperimentazione spaziale, i gruppi di ricerca della facoltà di Ingegneria e il MARS proseguirono le ricerche sui flussi alla Marangoni in ponti liquidi, ideando ed eseguendo esperimenti

con voli parabolici e razzi sonda (Maxus 3 e 4).

Altri programmi di rilevanza internazionale furono gli esperimenti di fluidodinamica "Innesco di Flussi Oscillanti alla Marangoni" realizzato durante la missione spaziale Spacelab D-2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) nel 1992. In questo caso fu usato un secondo apparato, evoluzione del FPM e chiamato Advanced FPM (AFPM) sviluppato a Torino dall'Aeritalia sempre sulla base dei requisiti definiti con il diretto coinvolgimento della scuola aerospaziale campana.

Successivamente nel 1994 venne sviluppato un ulteriore apparato ancora più complesso, la Bubble Drop and Particle Unit – BDPU, sempre sviluppata a Torino da Alenia in collaborazione con il MARS. Utilizzando tale apparato fu realizzato

tant contribution to the realization of the electronic subsystems of the flight experimental modules.

Theoretical models were proposed to explain the phenomenon, which was given the name of inverse calefaction. After a large number of theoretical and experimental research activities a scientific explanation was provided through detailed analysis based on the detection of the surface temperature with infrared cameras, thanks to optical diagnostic techniques and complex numerical simulations that demonstrated the presence of a very thin air film, driven by dynamic surface conditions, and preventing these surfaces to come into contact and coalesce. The discovery of this phenomenon and the related studies led in recent years the research group of Naples to propose new fluid suspension mechanisms for Space applications.

The decade and millennium closed with a new birth: USV or Unmanned Space Vehicles.

Oriented to the study of critical technologies for design and development of new generation re-entry spacecraft, the USV program was based on the widespread belief that sooner or later, access

to Space and return to earth would be guaranteed by systems with a flight very similar to conventional civil aviation aircrafts.

In the perspective to enable anyone to go into orbit and return to any point on earth, a flexible and economical aircraft is required, with a more aerodynamic configuration, capable of flying at hypersonic speeds at angles of attack well below 40 degrees typical of the Space Shuttle. But flying in this way along more gentle return trajectories requires localized thermal loads well above those applying to the Shuttle.

Therefore the USV design was addressed, since the beginning, to slender configurations, characteristics of aviation technology rather than of space transportations. It was aimed at detailed study of aero-thermo-dynamic phenomena typical of these new configurations, at robust guidance, navigation and control laws able to implement autonomy, at advanced hot structures able to withstand more severe aero-thermal loads in comparison to the Shuttle and other traditional re-entry capsules and vehicles.



Esperimenti su aerei in volo parabolico. / Experiments onboard aircraft in parabolic flight.

l'esperimento "Comportamento delle bolle in bassa gravità", durante la missione spaziale Spacelab IML-2 della NASA.

Un filone di ricerca alquanto interessante, ancora oggetto di studio, riguardò la dinamica del processo di coalescenza di gocce in presenza di moti termo-capillari. In questo campo il gruppo dell'Università di Napoli ha pubblicato numerosi risultati, sia teorici sia sperimentali, di rilevanza per molte applicazioni, dai razzi ai motori diesel, dagli spray alle leghe metalliche. Le ricerche trassero spunto da un interessante comportamento osservato durante gli esperimenti condotti nello spazio.

Dopo la rottura accidentale di una grossa colonna liquida di olio di silicone, il Principal Investigator (R. Monti) ed il Payload Specialist, che operava sulla facility AFPM, osservarono come, in presenza di una differenza di temperatura, fosse estremamente difficile ricostituire il ponte liquido fondendo due gocce dello stesso fluido. Da quel momento furono condotti diversi esperimenti sia in laboratorio sia su piattaforme microgravitazionali, tra cui aerei in voli parabolici e razzi sonda (Maxus 5) e sviluppati modelli numerici per spiegare il fenomeno, cui fu attribuito il nome di Calefazione Inversa.

Dopo numerose attività di ricerca teorica e sperimentale è stata definitivamente fornita una spiegazione scientifica grazie ad analisi basate sulla rilevazione della temperatura con termocamere a infrarosso e a complesse simulazioni numeriche che hanno dimostrato la presenza di un sottilissimo film d'aria, dovuto alle condizioni dinamiche sulle superfici liquide, che impedisce alle superfici stesse di venire a contatto e di coalescere.

La scoperta di questo fenomeno e gli studi

scaturiti da esso, hanno portato in questi anni il gruppo di ricerca di Napoli a proporre nuovi meccanismi di sospensione fluida per applicazioni spaziali.

In molto casi la Techno System, PMI specializzata nella progettazione e realizzazione di componenti elettronici e sistemi avionici, ha contribuito in modo determinante allo sviluppo dell'elettronica dei moduli sperimentali di volo.

Il decennio ed il millennio si chiudono con una nuova nascita: USV, ovvero Unmanned Space Vehicles. Orientato allo studio delle tecnologie critiche per la progettazione e realizzazione di navette spaziali di nuova generazione, il programma USV si basava sulla convinzione diffusa in quegli anni che prima o poi l'accesso allo spazio ed il rientro a terra sarebbe stato garantito da un sistema del tutto analogo alla comune aviazione civile.

L'obiettivo di offrire la possibilità a chiunque di andare in orbita e ritornare in qualsiasi punto della terra in modo flessibile ed economico richiede velivoli più aerodinamici, capaci di volare con angoli d'attacco ben inferiori ai 40° tipici dello Shuttle. Ma volare in questo modo lungo traiettorie di rientro più dolci impone carichi termici localizzati molto superiori a quelli cui è soggetto lo Shuttle. Pertanto, USV ha guardato sin dall'inizio a configurazioni più affusolate, caratteristiche della tecnologia aeronautica più che di quella spaziale; e ha puntato allo studio dettagliato delle fenomenologie aero-termo-dinamiche tipiche di queste configurazioni, a leggi di controllo robuste in grado di implementare autonomia, a termo-strutture di tipo avanzato capaci di resistere a condizioni operative ben più gravose di quelle trattate dallo Shuttle e dagli altri sistemi di rientro tradizionali.

7. The Beginning of the New Millennium: “Flying” while reentering from Orbit

The element characterizing the beginning of the new millennium is certainly the development of new access-to-space and atmospheric reentry systems, able to play the role of the old Space Shuttle guaranteeing at the same time lower operational costs and a technological approach well projected toward the future. Coherent with this logical line, two Italian initiatives emerge both with a Campania origin. From one side the USV program of CIRA is launched, and from the other side a research group of the University of Naples proposes ESA to study a new hypersonic vehicle able to reenter from ISS as a glider.

During the period 1957-1963 in Freeport, when NASA was looking at various configurations for reentry vehicles, the research group of Napolitano and Ferri was specifically devoted to analyze the “Dynasoar”. It was a large hypersonic reentry glider, a high aerodynamic efficiency winged vehicle able to dissipate the very high initial kinetic energy by means of a long reentry maneuver.

However, as known, as soon as President Kennedy decided to send a man on the Moon and bring him back on Earth in a decade, all resources were devoted to the Apollo program led by Von Braun and his Huntsville group, and the Dynasoar was cancelled. The main reason for selecting a very low aerodynamic efficiency capsule instead of an high L/D glider was essentially due to the

available thermal protection materials, that were at that time heavy (ablative as nylon phenolic or quartz) and not reusable, impacting very much on the vehicle payload and the efficiency of the entire system.

Once the Apollo program was well on going, when the choice in favour of blunt capsule was already consolidated and irreversible, the hypersonic research activities were consistently slowed down. It was suddenly accelerated again only with the “Space Shuttle”, taking benefit from the cultural heritage of the X-15 program of the previous decades. The definitive Shuttle retirement and the necessity to serve the International Space Station (ISS) does not give much time to develop new Crew Return Vehicles (CRV), and it appears more adequate to start everything from the scratch. CIRA and the University of Naples give attention to the increase of the gliding capacity during the reentry phase in order to obtain a more maneuverable system similar to today civil aviation; the University of Naples looks at the minimization of the risk associated with the traditional way to reenter from space and the strong dissipation of the very high kinetic energy in very short time. Both actors examine various configurations, trajectories, surface temperatures compatible with high L/D reentries in order to reduce the energy loads and the related “thermal risk” by prolonging the reentry du-

7. L'inizio del secondo millennio: Rientro dall'orbita "Volando"

Lo sviluppo di nuovi sistemi di accesso allo spazio e rientro atmosferico, in grado di rimpiazzare l'ormai vetusto Space Shuttle garantendo al contempo costi di esercizio minori e una tecnologia più proiettata verso il futuro, rappresenta sicuramente l'ingrediente fondamentale di inizio millennio. In questa linea di pensiero si collocano due iniziative nazionali entrambe di origine campana: da un lato nasce e si sviluppa il programma USV del CIRA e dall'altro il gruppo di ricerca dell'Università di Napoli suggerisce all'ESA, sulla base di studi avviati già all'indomani dell'incidente dello Space Shuttle Columbia, lo sviluppo di un nuovo velivolo ipersonico di rientro dalla ISS, improntato ad una vecchia idea degli anni '60.

Ai tempi di Freeport, quando la NASA stava orientando i suoi studi su diverse configurazioni di veicoli spaziali di rientro, il gruppo di Napolitano e Ferri era particolarmente rivolto al "Dyna-Soar", un grande veleggiatore ipersonico di rientro, ossia un veicolo alato con elevata efficienza aerodinamica (ossia rapporto portanza-resistenza) in grado di dissipare l'elevata energia cinetica iniziale attraverso una relativamente lunga manovra di rientro, studiato tra il 1957 ed il 1963.

Come noto, invece, dopo la decisione del Presidente Kennedy di realizzare in un tempo relativamente breve un sistema di rientro dalla luna, tutti gli sforzi furono concentrati sul programma Apollo del gruppo di Huntsville guidato da Von Braun, ed il

Dyna Soar venne cancellato. La principale ragione della scelta della capsula a bassissima efficienza aerodinamica piuttosto che il glider ad elevato rapporto L/D fu dettato prevalentemente dallo stato dell'arte dei materiali di protezione termica, che all'epoca erano estremamente pesanti (di tipo ablativo, nylon phenolic o quarzo) e non riutilizzabili e che incidavano in maniera determinante sul carico utile del veicolo e quindi sulla economia ed efficienza dell'intero sistema. Nella fase ormai consolidata del programma Apollo, quando la scelta di capsule toz-



Rappresentazione artistica del Dynasoar.

Dynasoar artistic view.

ration. Such scenario represents a first step toward new solutions for both reentry systems from ISS and reusable launchers (RLV).

The new configurations are based on the utilization of materials able to sustain very high temperatures (UHTC), today partially available, that allow to reach surface temperatures next to the radiative equilibrium temperature (where the total heat flux is zero).

USV is approved and developed within the PRORA Program (Italian Aerospace Research Program) run by CIRA, and is immediately characterized by three main components:

1) A Technological Plan composed by enabling

technologies such as aerothermodynamics, guidance navigation and control, hot structures based on Ultra High Temperature Ceramics (UHTC). And air-propulsion, integrated and intelligent health management systems, composite cryogenic tanks, adaptive hypersonic wing, too.

2) Flying Laboratories for in flight experiments on suborbital flights under trans-, super- and hypersonic regimes at relatively low altitudes and

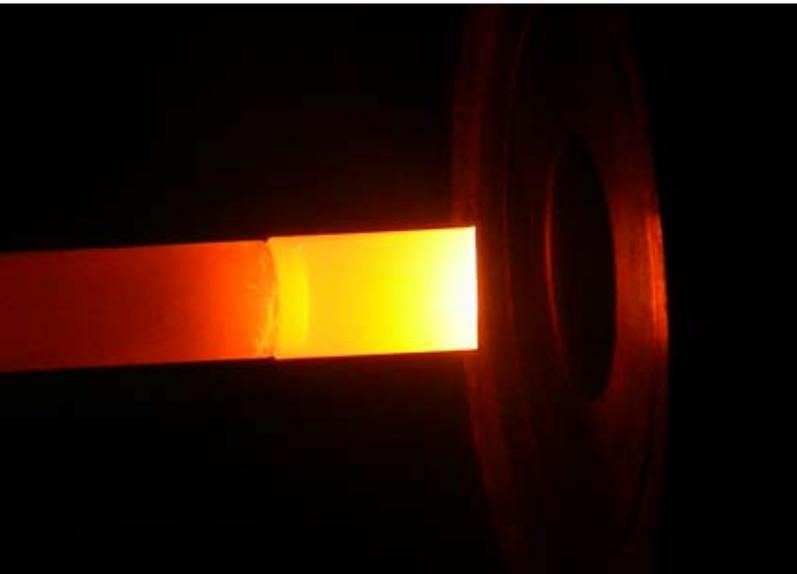
3) Another Flying Laboratory for reentry experiments from LEO.

For the UHTC hot structures a TRL next to 5-6 is reached after some test executed in the Plasma Wind Tunnel SCIROCCO and in flight with the SHARK capsule.

The advanced GNC allows to correctly operate the flight of the first flying laboratories, while aerothermodynamics has supported the definition of some scientific experiments that will soon fly on board the European Expert and the Australian Scramspace vehicles.

The development of flying laboratories allowed the realization of twin vehicles about 10 m long, with a 3.6 m wing span and a 1300 kg weight. Designed to fly between Mach 0.6 and 6 about, the vehicles named Castore and Polluce realized two flights reaching transonic and supersonic speed, with increasing maneuver complexity, controlled by algorithms based on a relevant level of decisional autonomy.

Relevant knowledge has been developed during the first decade such to create for Italy the condition for a real European leadership in the sector, that is further stressed by the industrial



Test di un modello a spigolo vivo in UHTC nella galleria ipersonica ad arco dell'Università di Napoli.

Test of a sharp UHTC model in the arc-facility of the University of Naples.

ze a favore di velivoli aerodinamici risultava ormai irreversibile e consolidata, la ricerca ipersonica subì un vero e proprio rallentamento per poi ripartire con una improvvisa accelerazione durante il programma "Space Shuttle", riprendendo e sviluppando il notevole bagaglio culturale accumulato nei decenni precedenti, soprattutto con il programma X-15.

Il ritiro definitivo dello Shuttle e la necessità di "servire" la Stazione Spaziale Internazionale (ISS), non lasciano infatti molto tempo per la messa a punto di nuovi Crew Return Vehicles (CRV) e sembra opportuno "ricominciare tutto da capo". Il CIRA e l'Università di Napoli si orientano sostanzialmente all'aumento della capacità di veleggiare durante il rientro atmosferico al fine di realizzare un sistema più maneggevole e più simile all'attuale aviazione civile; l'Università guarda con particolare enfasi al requisito di minimizzazione del rischio causato da un rientro rapido dallo spazio e la necessità di dissipare l'enorme energia cinetica in tempi molto brevi.

In entrambi i casi si esaminano diversi tipi di configurazioni, traiettorie tipiche e distribuzione di temperature superficiali compatibili con rientri ad alti L/D, allo scopo di ridurre i carichi energetici ed il rischio "termico" allungando la durata del rientro. Tale scenario costituisce un primo passo verso nuove soluzioni sia per sistemi di rientro della Stazione Spaziale sia per lanciatori riutilizzabili (RLV). Le nuove configurazioni si basano sull'impiego di materiali resistenti ad altissime temperature (UHTC), che sono oggi già parzialmente disponibili e che consentono il raggiungimento di temperature superficiali prossime a quella di equilibrio radiativo (alle quali il flusso termico totale è nullo).

USV viene approvato e sviluppato nell'ambito del programma PRORA (Programma Nazionale di Ri-



Il laboratorio volante USV del CIRA.

USV flight laboratory developed by CIRA.

cerche Aerospaziali) gestito dal CIRA, e viene da subito caratterizzato da tre componenti fondamentali:

- 1) Il Piano Tecnologico, formato dall'insieme delle tecnologie ritenute abilitanti, a partire dall'aerodinamica, guida navigazione e controlli, strutture calde basate su materiali capaci di resistere ad altissime temperature (UHTC, Ultra High Temperature Ceramics); ma anche propulsione airbreathing, sistemi integrati ed intelligenti di health management, serbatoi criogenici in materiale composito ed ali ipersoniche adattive;
- 2) i laboratori volanti per esperienze di volo a quote relativamente basse, in volo suborbitale e trans-, super-, ipersonico;
- 3) il laboratorio volante per esperienze di rientro da orbita bassa.



Gli astronauti Maurizio Cheli, Luca Parmitano, Samantha Cristoforetti, e Roberto Vittori.
Italian Astronauts Maurizio Cheli, Luca Parmitano, Samantha Cristoforetti and Roberto Vittori.

and scientific leadership assumed in the European EXPERT and IXV projects. A number of national entities and industries participated to these activities, together with the contribution of the European Space Agency (ESA). A relevant role has been taken by SMEs of Regione Campania, as well as several regional intelligences.

Another entity in Campania that, since its constitution back in 1923, have had strong collaborations with local universities and research centers, is the Air Force Academy located in Pozzuoli. This military institution has the task to recruit young people and provide them with education at university level. According to a dedicated agreement, today the first two years of courses are given at the Academy site while the remaining three are given at the Faculty of Engineering of the University Federico II. The Academy has strong interest in both traditional aeronautical and space disciplines. For example, it is worth underlying the activities of the

military departments within the dual use Earth observation program Cosmo SkyMed, as well as the relevant contribution of the Italian Air Force to human space flight via the European astronauts corp. After the astronauts Franco Malerba (first Italian astronaut), Umberto Guidoni (first European astronaut entering the ISS in 2011), and Paolo Nespoli, four Italian astronauts were educated at the Academy in Campania:

- Maurizio Cheli (aeronautical sciences diploma, University Federico II of Naples, 1982),
- Roberto Vittori (Political Sciences laurea, 1989),
- Luca Parmitano (diploma, Air Force Academy, 2000),
- Samantha Cristoforetti (first Italian woman and third of the European astronauts corp, aeronautical sciences diploma, University Federico II of Naples, 2005).

Per le termostrutture in UHTC si raggiunge un TRL prossimo a 5-6 grazie a diversi test realizzati nel Plasma Wind Tunnel SCIROCCO ed anche in volo con la capsula SHARK. Il GNC avanzato ha consentito di gestire il volo dei primi laboratori volanti, mentre l'aerotermodinamica ha supportato lo sviluppo di esperimenti scientifici che voleranno a breve a bordo di veicoli europei ed australiani.

Lo sviluppo dei laboratori volanti per basse quote ha portato alla realizzazione di due velivoli gemelli di circa 10 m di lunghezza, di 3,6 m di apertura alare e del peso di circa 1300 kg. Progettati per volare tra Mach 0,6 e circa 6, le due unità battezzate Castore e Polluce hanno realizzato due voli rispettivamente in volo transonico e supersonico, con manovre di crescente complessità, grazie ad algoritmi di controllo basati su un certo livello di autonomia decisionale.

Hanno contribuito a tali sviluppi molte entità ed imprese nazionali, con il contributo dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA); ruolo rilevante è stato ricoperto da diverse PMI campane e da diverse intelligenze regionali.

Nel corso del primo decennio si sono sviluppate conoscenze rilevanti, che mettono l'Italia nelle condizioni di assumere una vera e propria leadership europea nel settore, che si estrinseca con l'acquisizione del ruolo di capofila industriale e scientifico nei progetti EXPERT ed IXV dell'ESA.

Un'altra realtà campana che, sin dalla sua istituzione nel lontano 1923, ha avuto intensi rapporti di collaborazione con l'Università e con gli enti di ricerca presenti sul territorio, è l'Accademia Aeronautica di Pozzuoli. L'istituzione militare, di formazione a carattere universitario, ha il compito di reclutare e formare i giovani che aspirano a diven-

tare Ufficiali in servizio permanente dell'Arma Aeronautica. I rapporti fra l'Accademia e l'Università si sono sempre più rafforzati nel corso degli anni: i primi due anni della laurea triennale in Ingegneria sono frequentati oggi all'interno dell'Accademia Aeronautica, dagli allievi del Genio Aeronautico, grazie ad una convenzione con l'Università di Napoli; mentre i successivi tre anni (terzo anno della laurea triennale e biennio della laurea specialistica) sono svolti presso la facoltà di Ingegneria della Federico II. Da diversi anni l'Aeronautica Militare ha manifestato notevole interesse non solo verso le discipline aeronautiche più tradizionali, ma anche verso quelle d'indirizzo spaziale. Vanno sottolineate, a tale proposito, le attività dei reparti militari riguardanti il programma duale di Osservazione della Terra, Cosmo SkyMed, ed i contributi forniti dall'Aeronautica Militare italiana al volo spaziale abitato, a cui l'Italia contribuisce tuttora in modo considerevole, all'interno del corpo degli astronauti europei. Dopo gli astronauti Franco Malerba (primo astronauta italiano), Umberto Guidoni (primo astronauta europeo ad entrare nella ISS nel 2011), e Paolo Nespoli, ben quattro astronauti italiani si sono formati in territorio campano:

- Maurizio Cheli (diploma di scienze aeronautiche all'Università Federico II di Napoli nel 1982),
- Roberto Vittori (laurea in Scienze Politiche all'Accademia Aeronautica nel 1989),
- Luca Parmitano (diploma all'Accademia Aeronautica nel 2000),
- Samantha Cristoforetti (prima donna italiana e terza del corpo degli astronauti europei, diploma di Scienze Aeronautiche all'Università Federico II di Napoli nel 2005).

8. Current time: searching new leadership

The first decade of the second millennium was marked by intense activities for the construction of the ISS (International Space Station). One of the main objectives of the ISS is to serve as a laboratory for microgravity experiments in all major disciplines: biology (biomedical experiments and biotechnology), physics (including fluid mechanics and quantum mechanics), materials science, astronomy (including cosmology), and meteorology. ISS is a joint project of five Space Agencies, from Canada (CSA), Europe

(ESA), Japan (JAXA – former NASDA), Russia (RKA) and U.S. (NASA).

The Italian Space Agency similarly participates through a separate contract agreement (Washington 1998) for various activities while also participating as a member of ESA, Italy being a founder member of the agency.

ISS has been served primarily by the Space Shuttle, Soyuz, Progress and European ATV vehicle. Very recently, the commercial capsule Dragon was sent in orbit to the ISS and was successfully recovered on Earth.

The first module, Zarya, was launched into orbit in November 1998 by a Proton rocket. Two weeks later, Unity was launched in orbit during STS-88 space shuttle mission; Unity was the first of three connection modules developed by NASA, and was connected to Zarya. These first two modules, core of ISS, remained initially unmanned for one year and a half, until in July 2000, with the addition of the Russian module Zvezda, a minimum crew of two astronauts was settled. From 2001 to 2007, the only other ISS pressurized module carried on the STS-98 mission in 2001 was the Destiny Laboratory Module, because of the subsequent suspension of Shuttle flights after the Columbia disaster (STS-107, February 2, 2003).

With the resumption of Space Shuttle flights, all other elements were gradually sent into orbit,



Dragon: la prima capsula commerciale per la ISS (NASA).

Dragon: first commercial capsule to ISS (NASA).

8. Il presente: la ricerca di nuova leadership

La prima decade del secondo millennio è stata caratterizzata da intense attività per la realizzazione della ISS (International Space Station). Uno degli obiettivi principali della ISS è di fungere da laboratorio microgravitazionale per condurre esperimenti in tutte le principali discipline: la biologia (con esperimenti biomedici e sulle biotecnologie), la fisica (compresa la meccanica dei fluidi e la meccanica quantistica), la scienza dei materiali, l'astronomia (inclusa la cosmologia) e la meteorologia.

La ISS è un progetto congiunto di cinque agenzie spaziali, la canadese (CSA), l'europea (ESA), la giapponese (JAXA – già NASDA), l'agenzia russa (RKA) e quella statunitense (NASA). Anche l'Agenzia Spaziale Italiana similmente partecipa tramite un contratto separato (accordi di Washington del 1998) per diverse attività pur partecipando anche come membro ESA, essendo l'Italia membro fondatore dell'agenzia. La ISS è stata rifornita principalmente dagli Space Shuttle, dalla Soyuz, dalla Progress, e dal veicolo europeo ATV. Molto recentemente, la capsula commerciale Dragon, inviata in orbita, è rimasta agganciata alla ISS ed è stata successivamente recuperata con successo sulla terra.

Il primo modulo, Zarya, è stato lanciato in orbita nel novembre 1998 da un razzo Proton dalla base di Baikonur.

Due settimane dopo, la missione STS-88 dello shuttle pose in orbita Unity, il primo dei tre moduli

di collegamento sviluppato da NASA, e lo agganciò a Zarya. Questi primi due moduli, nucleo della ISS, sono rimasti inizialmente senza equipaggio per un anno e mezzo, finché nel luglio 2000, con l'aggiunta del modulo russo Zvezda si è insediato un equipaggio minimo di due astronauti. Dal 2001 al 2007, l'unico altro modulo pressurizzato trasportato sulla ISS dalla missione STS-98 nel 2001 è stato il Destiny Laboratory Module, a causa della sospensione dei voli Shuttle susseguenti al disastro del Columbia (missione STS-107 del 2 febbraio 2003). Ripresi i voli dello Shuttle, sono stati inviati in orbita progressivamente tutti gli altri elementi, incluso il modulo europeo Columbus, ed è iniziata la fase di utilizzazione scientifica della Stazione. Il MARS, ora divenuto Telespazio, è in prima linea come centro europeo di controllo e supporto alla sperimentazione, è responsabile del funzionamento di uno dei quattro Laboratori principali del Columbus, il Laboratorio di fisica dei fluidi (FSL), partecipa attivamente alla fase di addestramento degli astronauti e di preparazione degli esperimenti e fornisce assistenza agli sperimentatori con modelli funzionali e ingegneristici delle facilities presenti a bordo. Tutti i comandi per il controllo del FSL sono generati qui e qui si riceve e si archivia tutta la telemetria scientifica ed ingegneristica dell'apparato.

Presso l'Università proseguono le ricerche nei campi della microgravità e della fisica dei fluidi, che

including the Columbus European module, and the phase of utilization of the scientific station begun. MARS, now become Telespazio, is at the forefront as a European center of control and experimental support, and is responsible for operating several ESA payloads inside Columbus and among them one of the four main laboratories: the Fluid Science Laboratory (FSL). This Center actively participates to the astronauts training phase, prepares and integrates experiments and provides assistance to investigators with functional and engineering models of on board facilities.

All commands to control the facilities are here generated and here you receive and store all the scientific and engineering telemetry of the equipment.

At the University research in the fields of microgravity and physics of fluids are continuing, mainly for the development of new heat transfer devices for space and terrestrial applications (e.g. heat pipes for cooling of electronic components).

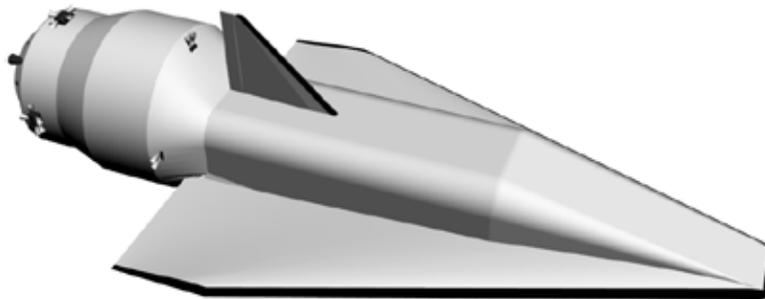
The group of Moccia of University Federico II of Naples, in collaboration with CORISTA and the Second University of Naples, is involved in differ-

ent research projects in the fields of remote sensing, radar applications, sensors and systems for next generation satellites, autonomous navigation for unmanned aerial vehicles, electro-optical payload sensors.

For example, the consortium CORISTA has recently played an important role in the study of a specific mission to Mars, both for the engineering aspects (processing and distribution of data) and for the analysis of the data collected by the scientific sounder SHARAD, an instrument developed by TASI for the Italian Space Agency. The tool allowed to obtain the radargram of the north pole of Mars, which is the vertical profile of the radar echo, related to the altimetry and to the ground characteristics.

At the Second University of Naples, the group of Viviani is also involved in numerical simulations of atmospheric reentry hypersonic flows.

The group of Savino coordinates an international team in a joint ESA/JAXA program, involving the preparation of experiments (SELENE) on a special hardware (Thermal Platform) under development inside the Fluid Science Laboratory on the ISS.



Rappresentazione artistica dello spaziplano ad alta efficienza aerodinamica studiato all'Università di Napoli.

Artistic view of the high lift spaceplane studied at the University of Naples.

trovano applicazione soprattutto nello sviluppo di nuovi dispositivi di scambio termico per applicazioni spaziali e terrestri (ad esempio heat pipes per il raffreddamento di componenti elettronici).

Il gruppo di Moccia dell'Università Federico II di Napoli, in collaborazione con il CORISTA e la Seconda Università di Napoli, è impegnato in diversi progetti di ricerca nei campi del telerilevamento, applicazioni radar, sviluppo di sensori e sistemi per satelliti di nuova generazione, sistemi di navigazione per UAV e payload elettro-ottici.

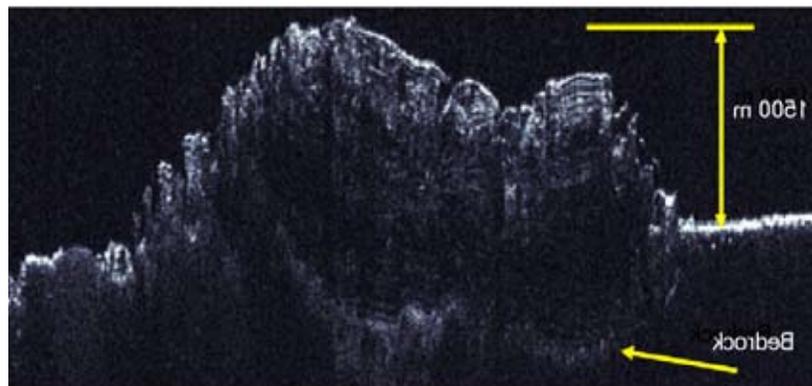
A titolo di esempio, il consorzio CORISTA ha svolto recentemente un ruolo determinante nello studio di una missione di esplorazione marziana, sia per gli aspetti di ingegneria (trattamento e distribuzione dati) che di analisi scientifica dei dati rilevati dal sounder SHARAD, strumento dell'ASI realizzato da TASI. Lo strumento ha consentito di ottenere il radargramma del polo Nord di Marte, ossia il profilo verticale degli eco radar collegabile all'altimetria e alle caratteristiche del terreno.

Presso la Seconda Università di Napoli il gruppo di Viviani è impegnato in ricerche riguardanti simulazioni numeriche di flussi ipersonici in condizioni di rientro atmosferico.

Il gruppo di Savino coordina un team internazionale in un programma coordinato da ESA e JAXA che prevede la realizzazione di un esperimento all'interno del Fluid Science Laboratory sulla ISS. L'obiettivo della ricerca è analizzare le complesse fenomenologie che caratterizzano i processi di scambio termico in sistemi multifase basati sull'impiego di fluidi caratterizzati da speciali proprietà di tensione superficiale, detti Self-Rewetting Fluids. Sono inoltre ripresi studi avanzati nei campi dell'aerotermodinamica e del rientro atmosferico, che in alcuni casi si ricollegano

alle prime esperienze degli anni '60, in particolare al concetto Dyna-Soar.

Il programma USV del CIRA viene riorientato rafforzando gli obiettivi del laboratorio volante di rientro,



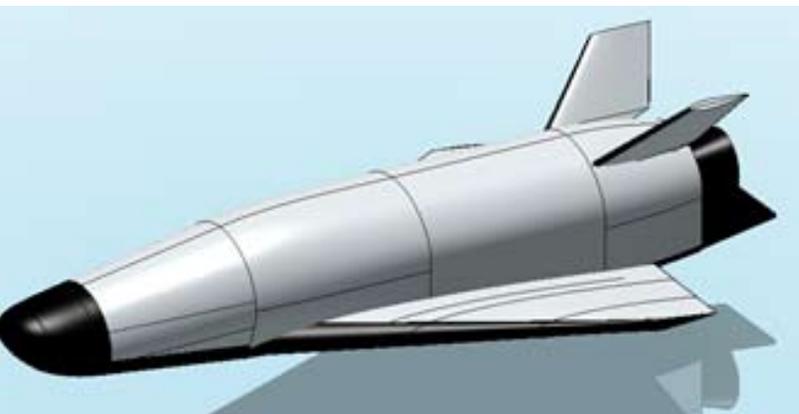
Radargramma del polo Nord di Marte

Radargram of the North Pole of Mars



La capsula Soyuz.

Soyuz Capsule.



Concetto di laboratorio volante.

Flying laboratory concept.

Main objectives of the research include analysis of complex phenomena influencing heat transfer in multiphase systems; special attention is focused on the utilization of fluids with unique properties of surface tension, Self-Rewetting Fluids. In addition the group of Savino of the Dept. of Aerospace Engineering in Naples is involved in advanced studies in fields of aero-thermochemistry and atmospheric re-entry. They correlate with the experiences dated back in sixties and to DynaSoar in particular.

The USV program of CIRA is re-oriented in order to reinforce the objectives of the reentry laboratory. Technological innovations are introduced able to guarantee the launch with Vega, the injection into a low Earth orbit at about 500 km, the execution of some mission critical operations, and have a fully autonomous unmanned re-entry capability including landing on a classical air field.

The current situation has many similarities with that of the '60s. The conclusion of the Space Shuttle program significantly changes the international

space scenario since the Soyuz capsule remains the only "man-rated" spacecraft capable of providing human access to space.

The risks and discomforts of the Soyuz spacecraft are well known and have been recently underlined by the statements of the Italian astronaut Paolo Nespoli, after returning from the ISS in June 2011: "On the impact the ground it feels like a head-collision between a truck and a compact car; the problem is that the astronauts are in the car ". Therefore, the retirement of the American Shuttle fleet forces the resumption of studies and researches for the development of new generation entry vehicles, like those proposed by the research teams in Campania.

Other activities, most recently promoted by the HighTech Pole in Naples East, deal with the development of the project IRENE, a low cost Earth re-entry capsule, capable of carrying small payloads and/ or experimental samples. The main objective of the capsule is to reduce the system reentry mass and maximize the return payload mass (scientific experiments in the fields of biology and microgravity), using a deployable technology that small and medium enterprises (SME) are developing with the support the University of Naples and CIRA.

Another advanced project is HYPROB, supported by the Italian Space Agency (ASI). This program has the strategic objective to develop and strengthen the technological and development capabilities on national rocket propulsion systems for future space applications. It is therefore a basic element of the "Aerospace Propulsion" program in CIRA.

The project as a whole, has two strategic objectives:

- 1. To develop ability to design and manufacture liquid and hybrid propellant rocket engines*

includendo innovazioni tecnologiche capaci di consentire il lancio con Vega, l'immissione in orbite basse a circa 500 km dalla terra, di eseguire alcune operazioni relative a missioni critiche ed avere autonomia di rientro unmanned completo di atterraggio su pista.

Il contesto attuale presenta molte analogie con quello degli anni '60. La conclusione del programma Space Shuttle modifica in modo significativo lo scenario spaziale internazionale dal momento che la capsula Soyuz resta al momento l'unico veicolo spaziale "man-rated" in grado di consentire l'accesso umano allo spazio. I rischi e disagi della capsula Soyuz sono stati recentemente sottolineati dalle dichiarazioni dell'astronauta italiano Paolo Nespoli, dopo il ritorno nel giugno 2011 dalla ISS: "All'impatto al suolo ci si sente come in uno scontro frontale tra un camion e una vettura compatta, il problema è che gli astronauti sono nell'autovettura!". Il ritiro definitivo della navetta americana spinge alla ripresa di studi e ricerche per la messa a punto di veicoli di rientro di nuova generazione.

Altre attività, promosse più recentemente da parte del Polo High Tech di Napoli Est, riguardano lo sviluppo del progetto IRENE, una capsula di rientro a basso costo, capace di trasportare piccoli payloads e/o campioni sperimentali. L'obiettivo principale della capsula è quello di ridurre la massa al rientro e massimizzare la massa dei payloads, relativi ad esempio ad esperimenti scientifici (biologici – microgravità), utilizzando una tecnologia deployable che le PMI che costituiscono il Polo High Tech stanno sviluppando con il supporto dell'università napoletana e del CIRA. Un altro progetto in fase avanzata è HYPROB, con cui s'intende contribuire all'implementazione delle strategie nazionali sulla Propulsione Spaziale definite da ASI. Tale programma ha l'obiettivo strategico



Dimostratore tecnologico della capsula IRENE.

IRENE technology demonstrator.

di far evolvere e consolidare le capacità tecnologiche e di sviluppo sistemico nazionali sui sistemi propulsivi a razzo per le future applicazioni spaziali. Esso risulta quindi elemento fondante del progetto "Propulsori Aerospaziali" del CIRA. Il progetto, nel suo insieme, persegue due obiettivi di carattere strategico:

1. disporre di capacità di progettazione e realizzazione di motori a razzo a propellenti liquidi o ibridi verificata attraverso la costruzione di dimostratori di sistema e tecnologici.
2. disporre di tecnologie abilitanti qualificate al suolo o in volo, e delle corrispondenti capacità

through the development of system and technology demonstrators;

2. To develop ground or in flight qualified enabling technologies and the corresponding instrumental capabilities, to support the design of future space propulsion systems.

Within the project, a major effort is directed to technologies based on liquid oxygen and methane (LOX/LCH₄). The strategic direction outlined by ASI include hybrid propulsion technologies, such as LOX/Wax, LN₂O/Wax, that have attracted recent worldwide attention. There is already in Italy a decade-long interest with significant base knowledge and theoretical/applied research, and experimental capabilities.

The group of A.M. Russo at the University Federico II of Naples is very active in this field, with a number of national and international research projects.

The development of propulsion systems based on hydrocarbons such as methane (LOX/CH₄) or hybrid, is emerging as a technological asset for the next generation launchers and space transportation systems. Methane, to date, appears to be one of the most interesting choices with regard to liquid rocket propellants because, in addition to ensuring good performances of the propulsion system, is characterized by easy storage, low hazard and no toxicity, and also by rather limited extraction and conditioning costs.

Hybrid engines, based on LN₂O/Wax and/ or LO₂/Wax, combine some of the advantages of solid motors (easy storage) and liquid ones (performance). However, operation of hybrid engines has not yet been optimized in order to extensively use this technology in flight.

The group of the laboratory of Cosmic Physics and Planetology has coordinated the development of

the GIADA experiment on board the ESA Rosetta mission, now en route to the Churyumov-Gerasimenko comet. Today, the group is engaged in the construction of a high resolution camera, part of the SIMBIOSYS experiment which will be launched in 2014 on the ESA BepiColombo spacecraft for the observation of the planet Mercury. Other technological developments are intended for measuring dust of the surface of the planet Mars (DREAMS and micro-MEDUSA projects) and of the Earth's stratosphere (DUSTER experiment on board stratospheric balloons).

The Laboratory is one of the very few centers in the world able to reproduce the processes of formation and evolution of cosmic dust, studied meteorites and interplanetary particles and had access to samples of cosmic material. A large team of scientists continues to make progress in these areas, among them Luigi Colangeli, Vito Mennella, Alessandra Rotundi, Pasquale Palumbo and Francesca Esposito.

At the end of this review of current activities, it is worth highlighting the work done by Luigi Gerardo Napolitano Society, established in 2005. The Society proposes three aims:

- 1) continue, within the Education Committee of the IAF (International Astronautical Federation), the annual allocation of the Luigi Gerardo Napolitano Award to a young scientist under the age of 30 who has contributed substantially to the progress of knowledge in the field of aerospace and microgravity.
- 2) promote managerial ability in small and medium businesses in the aeronautical and space sectors, starting with the south of Italy.
- 3) revisit the ideas and teaching activities of Professor Napolitano, with a study grant for a graduate student of classical studies.

strumentali, di supporto alla progettazione di propulsori spaziali futuri.

Nell'ambito del progetto, un grosso impegno viene rivolto alle tecnologie per la propulsione a razzo a ossigeno e metano liquidi (LOX/LCH₄). Oltre questa linea prioritaria di sviluppo tecnologico, gli indirizzi strategici delineati dall'ASI traggono un altro campo, di più recente attenzione nel panorama mondiale, in riferimento alle tecnologie per la propulsione ibrida, tipo LOx/Wax, LN₂O/Wax, sulle quali in Italia esiste già un pluri-decennale interesse con una rilevante base di conoscenze e di ricerca, teorica-applicata, nonché sperimentazione.

Il gruppo di A.M. Russo della Federico II è molto attivo in questo settore con diversi progetti di ricerca nazionali ed internazionali.

Lo sviluppo di sistemi propulsivi a idrocarburi, come ad esempio il metano (LOx/CH₄) o ibridi, si sta affermando come un asset tecnologico dei lanciatori e del trasporto spaziale di futura generazione. Il metano, ad oggi, risulta essere una delle scelte più interessanti per quanto riguarda i propellenti per razzi a liquido in quanto, oltre a garantire buone prestazioni del sistema propulsivo, è caratterizzato da facilità di stoccaggio, bassa pericolosità e nessuna tossicità, ed inoltre da costi di estrazione e condizionamento piuttosto contenuti. I motori ibridi, tipo LN₂O/Wax e/o LO₂/Wax, combinano alcuni dei vantaggi dei motori a solido (facilità di stoccaggio) e a liquido (prestazioni). Tuttavia, il funzionamento dei motori ibridi non è ancora stato ottimizzato in modo da poter utilizzare questa tecnologia in volo.

Il gruppo napoletano del Laboratorio di Fisica Cosmica e Planetologia ha guidato la realizzazione dell'esperimento GIADA a bordo della missione ESA Rosetta, ora in volo verso la cometa di Chu-

ryumov-Gerasimenko. Oggi, il gruppo è impegnato nella realizzazione di una telecamera ad altissima risoluzione, parte dell'esperimento SIMBIO-SYS che sarà lanciato nel 2014 a bordo della sonda ESA BepiColombo per l'osservazione di Mercurio. Altri sviluppi tecnologici sono destinati a misuratori di polveri per la superficie di Marte (progetti DREAMS a micro-MEDUSA) e nella stratosfera terrestre (esperimento DUSTER a bordo di palloni stratosferici). Il Laboratorio è tra i pochissimi centri al mondo che ha riprodotto processi di formazione ed evoluzione di polveri cosmiche, ha studiato meteoriti e particelle interplanetarie e che ha avuto accesso ai campioni di materiale cosmico. Un ampio team di scienziati si è cimentato e continua a progredire in questi ambiti, tra di essi Luigi Colangeli, Vito Mennella, Alessandra Rotundi, Pasquale Palumbo e Francesca Esposito.

A conclusione di tale rassegna delle attività in corso, va sottolineata l'attività svolta dalla Luigi Gerardo Napolitano Society, istituita nel 2005 per promuovere un'azione a supporto delle attività di policy making, nel settore industriale, e dell'alta formazione manageriale e scientifica. La LGN Society si pone tre obiettivi fondamentali:

- 1) Assegnazione annuale, in seno all'Education Committee della IAF (International Astronautical Federation), del Luigi Gerardo Napolitano Award ad un giovane scienziato che contribuisca al progresso del sapere nel campo dell'aerospazio e della microgravità
- 2) Promuovere managerialità nelle piccole e medie imprese (PMI) del settore aeronautico e spaziale, a partire dal Meridione d'Italia
- 3) Rivisitare il pensiero e gli insegnamenti del Professor Napolitano con una borsa di studio per dottorandi in studi umanistici.

9. Conclusions

This brief overview makes possible to understand the leading role played by the aerospace school in Campania, at national and international level, in over 50 years of space activity, and to understand how this role has been acquired and maintained to date in some key areas of advanced Space research.

The knowledge, rigor, and personality of Professor Napolitano, to be considered in all respects as the founder of that school, allowed his students and collaborators to continue the path traced since the 60s until the 80s and that, even today, despite the technological evolutions in research, still contains whole areas to explore and investigate.

Unfortunately, the visionary ideas of the seventies, still alive in our imaginations and in our own eyes thanks to movies of success, have not yet turned into reality. We are still far from commercial space travel, extra-planetary outposts are still on paper and space exploration remains a prerogative of small robotic probes.

Space is an environment to explore in which still very expensive technologies are required, still characterized by high levels of risk.

Surely the scientific and technological achieve-

vements of the Neapolitan school are tangible and have significantly contributed to achieve the current level of knowledge and the availability of an experimental platform for space research at disposal of the international scientific community. In Campania, thanks to the experiences illustrated so far, there is today an industrial district dedicated to Space that logically integrates with the recently established Campania Aerospace Technological District, led by Luigi Carrino.

In the past fifty years many activities have been successfully carried out here thanks to the contribution of this very active district; the activities and the related achievements are recognized and appreciated at international level. But much remains to be done especially in the low-cost access to space, effective utilization of the Fourth Environment as a unique tool for research and development of technologies for low-risk return. Over the last two areas we can say that certainly the contribution from the research group of Naples will be important with many significant objectives to be achieved in the coming years, starting from the participation in the International Astronautical Congress that will be held in Naples in October 2012.

9. Conclusioni

Questo breve panorama permette di capire il ruolo trainante avuto dalla scuola aerospaziale in Campania, a livello nazionale ed internazionale, in oltre 50 anni di attività spaziale, e di comprendere come tale ruolo sia stato acquisito e mantenuto fino ad oggi in alcuni settori cardine della ricerca avanzata spaziale. Le conoscenze, il rigore e la personalità del Professor Napolitano, da considerare a tutti gli effetti come il fondatore di tale scuola, hanno permesso ai suoi allievi di continuare il percorso da lui tracciato tra gli anni '60 fino agli '80 e che, ancora oggi, nonostante l'evoluzione tecnologica che si è avuta nel settore della ricerca, contiene interi settori da esplorare ed approfondire.

Purtroppo le idee visionarie degli anni settanta, rimaste vive nella nostra immaginazione e nei nostri occhi grazie anche alle trasposizioni cinematografiche di successo, non si sono ancora trasformate in realtà. Siamo ancora lontani dai viaggi commerciali nello spazio, gli avamposti extra planetari sono rimasti ancora sulla carta e l'esplorazione spaziale è rimasta appannaggio di piccole sonde telecomandate. Lo Spazio rimane un ambiente da esplorare in cui sono richieste tecnologie ancora molto costose, caratterizzate

ancora da livelli di rischio elevati. Sicuramente i risultati scientifici e tecnologici raggiunti dalla scuola napoletana sono tangibili e hanno contribuito in maniera significativa al raggiungimento dell'attuale livello di conoscenze ed alla disponibilità di una piattaforma sperimentale di ricerca spaziale a disposizione delle comunità scientifica internazionale.

In Campania, grazie alle esperienze illustrate, si è creato un comparto scientifico dedicato allo spazio che è logicamente integrato nel Distretto Aerospaziale Tecnologico Campano di recente istituito sotto la presidenza di Luigi Carrino.

Molto è stato fatto anche grazie al contributo del comparto, riconosciuto a livello internazionale. Molto però è ancora da fare soprattutto nel settore dell'accesso allo spazio a basso costo, nell'utilizzazione efficace del Quarto ambiente come strumento unico di ricerca e nello sviluppo di tecnologie di rientro a basso rischio. Negli ultimi due settori si può affermare con certezza che il contributo offerto dal gruppo partenopeo sarà determinante con numerosi obiettivi significativi che saranno raggiunti nei prossimi anni, a partire dalla partecipazione al Congresso Internazionale di Astronautica che si terrà a Napoli nell'ottobre 2012.



Foto notturna del Sud Italia dalla ISS.
Night Picture of South Italy from ISS.



Le aziende del comparto spaziale in Campania. Fonte Campania Aerospace.
Space enterprises in Campania. Source Campania Aerospace.

Biographies of the authors

GENNARO RUSSO graduated in Aeronautical Engineering in 1981 from the University of Naples and in 1987 obtained his PhD at the School of Aerospace Engineering, University "La Sapienza" of Rome with a dissertation in microgravity fluidynamics.

Author of more than 90 papers presented at national and international conferences and/or published in international journals, which several authors worldwide have referred to.

From 1981 to 1987 he worked at the Institute of Aerodynamics "U. Nobile" of University of Naples, working on Experimental Fluid Mechanics with particular emphasis on microgravity aspects. In this context, he was member of the team that proposed, followed up and analyzed some experiments on board the SL-1 (1981) and D-1 (1983) missions of the European space laboratory Spacelab. For these activities he was awarded the "Team Achievement Award" by the European Space Agency (ESA).

He joined CIRA in October 1987, working initially in Experimental Aerodynamics, and then as Program Manager in the field of Hypersonic / Aerothermodynamics (1989-94). In particular, he was responsible for the coordination of Italian Studies in Fluidynamics within the Hermes R&D Preparatory Program, and the design of the Plasma Wind Tunnel (SCIROCCO Project).

He was responsible of Aerothermodynamics (1994-95), Strategic Marketing (1995-97), International Relations and Marketing (1997-2001).

As a manager, he led the Space Programs Division (2002-2009) and the Space Laboratories and Facilities Division (2008-2009). He then directed the Space Systems Division (2009-2010), and the President's Office for Institutional Relations Development (2011-2012).

He was Program Manager of the project Unmanned Space Vehicles (USV) for enabling technologies and flight testing toward the development of new systems for access-to-space and back, with an approach of increasing synergy between aeronautics and space (2000-2010).

He was a national delegate in the Launcher Programme Board of ESA (1999-2012), and is a member of the International Academy of Astronautics, the International Astronautical Federation, the American Institute of Aeronautics and Astronautics, the Aeronautical and Aerospace Engineers Association of Former Students of the Faculty of Engineering, University of Naples "Federico II". He is member of the board of the Italian Association of Aeronautics and Astronautics.

RAFFAELE SAVINO is an associate professor at the Faculty of Engineering, University of Naples "Federico II". He graduated in Aeronautical Engineering in 1988 at the University of Naples, with a thesis dealing with hypersonic flows around the European Hermes re-entry vehicle; in 1993 he obtained his Ph.D. in Aerospace Engineering, he was a researcher, at University of Naples (1995-1999), professor of Fluid Dynamics (2000-2002), of Hypersonic Aerodynamics and of Space Experimentation (2003-2004), professor of Aerodynamics at the Italian Air Force Academy (1998-present). He currently is professor of Aerodynamics and Space Fluidynamics at the University Federico II of Naples.

He has lectured and attended schools and doctoral programs at universities abroad, such as the Université Libre de Bruxelles (Belgium), the International Space University in Strasbourg (France), ETH Zurich (Switzerland), Tokyo University of Science and Utsunomiya University (Japan).

Biografie degli autori

GENNARO RUSSO si è laureato in Ingegneria Aeronautica nel 1981 presso l'Università di Napoli e ha conseguito nel 1987 il Dottorato di Ricerca presso la Scuola di Ingegneria Aerospaziale dell'Università "La Sapienza" di Roma con dissertazioni in Fluidodinamica Microgravitazionale.

Autore di oltre 90 lavori presentati a Congressi nazionali ed internazionali e/o pubblicati su riviste internazionali, cui diversi autori in campo mondiale hanno fatto riferimento.

Dal 1981 al 1987 ha operato presso l'Istituto di Aerodinamica "U. Nobile" dell'Università di Napoli, occupandosi di Fluidodinamica Sperimentale con particolare riguardo agli aspetti Microgravitazionali. In questo contesto è stato membro del team che ha proposto, seguito ed analizzato alcuni esperimenti effettuati a bordo delle missioni SL-1 (1981) e D-1 (1983) del laboratorio spaziale europeo Spacelab. Per tali attività ha ottenuto il "Team Achievement Award" dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA).

Entrato al CIRA nell'ottobre 1987, si è occupato inizialmente di Aerodinamica Sperimentale, passando successivamente in qualità di Program Manager al settore Ipersonica/Aerotermodinamica (1989-94). In particolare, è stato responsabile del coordinamento degli Studi Italiani di Fluidodinamica nell'ambito dell'Hermes R&D Preparatory Program, e della progettazione del Plasma Wind Tunnel (SCIROCCO Project).

È stato responsabile del settore Aerotermodinamica (1994-95), dell'ufficio Marketing Strategico (1995-97), dell'Ufficio Relazioni Internazionali e Marketing (1997-2001).

In qualità di dirigente, ha diretto la Divisione Programmi Spaziali (2002-2009), e ad interim la Divisione dei Laboratori e Mezzi Strumentali Spazio (2008-2009); ha poi diretto la Divisione Sistemi Spaziali (2009-2010), e l'Ufficio di Presidenza per lo Sviluppo delle Relazioni Istituzionali (2011-2012).

È stato Program Manager del progetto Unmanned Space Vehicles (USV) per le tecnologie abilitanti e sperimentazione in volo verso lo sviluppo di nuovi sistemi di accesso allo spazio e rientro, con un approccio di maggiore sinergia tra l'aeronautica e lo spazio (2000-2010).

È stato delegato nazionale nel Launcher Programme Board dell'ESA (1999-2012), ed è membro della International Academy of Astronautics, della International Astronautical Federation, dell'American Institute of Aeronautics and Astronautics, dell'Associazione Ingegneri Aeronautici e Aerospaziali ex Allievi della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Napoli "Federico II". È membro del consiglio direttivo dell'Associazione Italiana di Aeronautica ed Astronautica.

RAFFAELE SAVINO è professore associato presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli «Federico II». Laureatosi in Ingegneria Aeronautica nel 1988 presso l'Università di Napoli con una tesi riguardante la modellistica di flussi ipersonici, nell'ambito dello studio della navicella di rientro europea Hermes, ha conseguito nel 1993 il dottorato di ricerca in Ingegneria Aerospaziale, è stato ricercatore presso l'Università di Napoli, dal 1995 al 1999, docente di Fluidodinamica, dal 2000 al 2002, docente di Aerodinamica presso l'Accademia Aeronautica di Pozzuoli, dal 1998 ad oggi. Ha inoltre tenuto, per supplenza, i Corsi di Aerodinamica Ipersonica e di Sperimentazione Spaziale (2003, 2004). Attualmente è titolare degli insegnamenti di Aerodinamica e di Fluidodinamica Spaziale presso l'Università Federico II di Napoli.

He was the coordinator of national and international research programs, in collaboration with several research centers and various space agencies and aerospace companies.

He was the principal investigator or co-investigator of several scientific experiments of microgravity fluid dynamics on different space platforms.

He was a member of the Scientific and Technical Committee of the Microgravity Advanced Research and Support (MARS) Center, and member of various working groups on "Launch vehicles and Space Transportation" of the Italian Space Agency and of the Italian Aerospace Research Center.

He is a member of the International Academy of Astronautics, of the Microgravity Sciences and Process Committee of the International Astronautical Federation (IAF), of the American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), of the Italian Association of Aeronautics and Astronautics (AIDAA), of the Association of Aeronautical and Aerospace Engineering Alumni of the Faculty of Engineering, University of Naples "Federico II".

He is member of editorial boards of several international scientific journals and author of 3 books and about 200 articles published in international journals and conference proceedings, in the fields of Aerodynamics, Aerothermochemistry, Physics of Fluids, Microgravity fluid dynamics, Space Experimentation. He is holder of international patents related to the topic Heat Transfer Fluids.

RAIMONDO FORTEZZA graduated in Aeronautical engineering in 1984 from the University of Naples "Federico II"; in 1989 he also obtained his PhD in Aerospace Engineering with a thesis on an inflatable re-entry capsule released with a tethered system, called Space Mail . It 's been an adjunct professor from 1999 to 2005, thus beginning the course of Aerospace Experimentation at the University of Naples.

From 1982 to 1989 he worked at the Institute of Aerodynamics "U. Nobile", University of Naples, working on Experimental Fluid dynamics in microgravity. He planned and participated in the development of dozens of experiments on liquid bridges, migration of bubbles and drops, phenomena of sloshing on every space platform, from the Shuttle, the Spacelab, the Russian Foton capsule, to sounding rockets Texus, Maser and Maxus. He also participated in six campaigns with many ESA parabolic flight experiments.

He participated in the feasibility study of the Microgravity Advanced Research Support - MARS Center in 1988 where, at the time of its foundation as a consortium between the University and Alenia, has started working. As a Program Manager participated in the creation of some payload. He worked at the European Space Agency (ESA) from 1991 to 2003 as Science Coordinator for the development of some multi-user payloads for Spacelab, the Bubble Drop and Particle Unit (BDPU) and for the Space Station, the Fluid Science Laboratory (FSL) .

He was responsible for the MARS Strategies (1999-2002), Programs (2002-2005) and relations with ESA and ASI (2003-2006). After MARS was absorbed by Telespazio in 2009, from 2011 he is at the head of the Scientific Systems and Services Unit. From 2005 to now ESA he has been Payload Integration Manager of about 20 experiments on different platforms, up to the Space Station.

He is a member of the International Astronautical Federation, where from 2000 to 2004 he was Chairman of the Symposium on Microgravity Sciences/Processes and of the American Institute of Aeronautics and Astronautics. From 1995 to 2005 he was Managing Editor of Space Technology Journal, published by Elsevier. In the period 1998-1999 he was a member of the Scientific Advisory Committee of the CIRA and from 1998 to 2005 he was a member of the ESA User Support Organization Working Group.

He is the author of over 100 papers presented at national and international conferences and/or published in international journals.

Ha tenuto corsi e partecipato a collegi di scuole di dottorato presso università all'estero, quali l'Université Libre di Bruxelles (Belgio), la International Space University di Strasburgo (Francia), l'ETH di Zurigo (Svizzera), la Tokyo University of Science e la Utsunomiya University (Giappone).

È stato coordinatore di programmi di ricerca, nazionali ed internazionali, in collaborazione con numerosi centri di ricerca ed agenzie spaziali e diverse aziende del settore aerospaziale. È stato investigatore principale o co-investigatore di diversi esperimenti scientifici di fluidodinamica microgravitazionale su piattaforme spaziali.

È stato componente del Comitato Tecnico Scientifico del Microgravity Advanced Research and Support (MARS) Center, e membro di diversi gruppi di lavoro su "Lanciatori e Trasporto Spaziale" dei comitati scientifici dell'Agenzia Spaziale Italiana e del Centro Italiano Ricerche Aerospaziali. È membro della International Academy of Astronautics, del Microgravity Sciences and Process Committee dell'International Astronautical Federation (IAF), dell'American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), dell'Associazione Italiana di Aeronautica ed Astronautica (AIDAA), dell'Associazione Ingegneri Aeronautici e Aerospaziali ex Allievi della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Napoli "Federico II".

È membro di "editorial boards" di diverse riviste scientifiche internazionali ed autore di 3 libri e circa 200 articoli pubblicati su riviste scientifiche internazionali e in atti di congressi, nazionali ed internazionali, nei campi dell'Aerodinamica, Aerotermochimica, Fisica dei Fluidi, Fluidodinamica Microgravitazionale, Sperimentazione Spaziale. È detentore di brevetti internazionali relativi alla tematica Heat Transfer Fluids.

RAIMONDO FORTEZZA si è laureato in Ingegneria Aeronautica nel 1984 presso l'Università di Napoli "Federico II" dove ha anche conseguito nel 1989 il Dottorato di Ricerca di Ingegneria Aerospaziale con una tesi su una capsula di rientro gonfiabile rilasciata con un sistema tethered battezzata Space Mail. È stato professore a contratto dal 1999 al 2005 dando inizio al corso di Sperimentazione Aerospaziale presso l'Università di Napoli.

Dal 1982 al 1989 ha operato presso l'Istituto di Aerodinamica "U. Nobile" dell'Università di Napoli, occupandosi di Fluidodinamica Sperimentale in microgravità. Ha ideato e partecipato alla realizzazione di decine di esperimenti su ponti liquidi, migrazione di bolle e gocce e fenomeni di sloshing su tutte le piattaforme esistenti, dallo Shuttle, allo Spacelab, dalle capsule russe Foton ai razzi sonda Texus, Maxus e Maser. Ha inoltre partecipato a sei campagne di volo parabolici dell'ESA con altrettanti esperimenti.

Ha partecipato allo Studio di fattibilità del Microgravity Advanced Research Support – MARS Center nel 1988 dove, all'atto della sua fondazione come società consortile tra Università ed Alenia, ha iniziato a lavorare. In qualità di Program Manager ha partecipato alla realizzazione di alcuni Payload. Ha lavorato presso l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) dal 1991 al 2003 come Science Coordinator per la realizzazione di alcuni Payload multi-utente per Spacelab, la BubbleDrop and Particle Unit (BDPU) e per Stazione Spaziale, il Fluid Science Laboratory (FSL).

È stato responsabile al MARS delle Strategie (1999-2002), dei Programmi (2002-2005) e dei rapporti con ESA ed ASI (2003-2006). Con la fusione dal 2009 del MARS in Telespazio, è dal 2011 a capo dell'Unità Sistemi e Servizi Scientifici. Dal 2005 ad oggi è ESA Payload Integration Manager di circa 20 esperimenti su diverse piattaforme fino alla Stazione Spaziale.

È membro dell'International Astronautical Federation, dove dal 2000 al 2004 è stato Chairman del Symposium su Microgravity Sciences/Processes e dell'American Institute of Aeronautics and Astronautics. Dal 1995 al 2005 è stato Managing Editor di Space Technology Journal pubblicato da Elsevier. Nel periodo 1998-1999 è stato membro del Comitato Consultivo Scientifico del CIRA e dal 1998 al 2005 è stato membro dello User Support Organization Working Group dell'ESA.

È autore di oltre 100 lavori presentati a congressi nazionali ed internazionali e/o pubblicati su riviste internazionali.

Finito di stampare nel mese di settembre 2012
presso "360°" – Roma