

Elaborato monografico

Burt Rutan ed i suoi velivoli

- NOTE BIOGRAFICHE
- DESCRIZIONE SOMMARIA DI ALCUNI VELIVOLI SCELTI
- CONSIDERAZIONI SULLA STORIA IMPRENDITORIALE DI BURT RUTAN
- INDICAZIONI SITOGRAFICHE E BIBLIOGRAFICHE

Autore
C. MIRABELLA

Matricola
M53/989

Docente
C. DE NICOLA

INDICAZIONI PER LO SVILUPPO DELLE ESERCITAZIONI A CASA.

Il rispetto di queste indicazioni è tassativo. In presenza di difformità non prenderò in considerazione le relazioni. Ogni cosa riportata va letta con molta attenzione prima di essere sottoposta alla mia attenzione: non conviene "usare" un docente come correttore di bozze.

STESURA DEL TESTO (CON O SENZA WORD PROCESSOR). È richiesta un'esposizione strutturata piuttosto che narrativa. Pertanto descrivere sinteticamente ed in sequenza

- lo scopo
- lo sviluppo
- l'applicazione
- le conclusioni

indicando gli strumenti (tecnici, informatici o scientifici) utilizzati per lo sviluppo e la stesura. È vietato riprodurre, anche in parte, la teoria alla base dell'esercizio: limitarsi all'indicazione bibliografica. La lunghezza, in facciate, del corpo del resoconto del lavoro a casa (escludendo quindi titolo, indice e lista dei simboli) va contenuta al massimo.

INDICAZIONI PARTICOLARI. Il fascicolo che contiene gli esercizi deve essere curato, preciso, elegante, e pertanto

- i risultati numerici vanno riportati con la giusta accuratezza: porre **ESTREMA** attenzione all'aspetto delle cifre significative
- ogni rappresentazione grafica deve essere pertinente
- riportare sempre il sommario dei risultati in quadri sinottici od in opportuni grafici
- **FIGURE/DIAGRAMMI.** Figure in bianco, nero e toni di grigio (immagini e foto riprese da sorgenti bibliografiche, compresa la rete, potranno essere a colori). Inserire nel testo oppure alla fine, numerando e spaziando per bene, nel rispetto e con indicazione delle scale, con una legenda esauriente (= con tutte le indicazioni), senza sovrapporre la legenda ai grafici, usare simboli adeguatamente grandi. Il formato deve essere umano e l'assetto verticale. Ogni risultato in figura va commentato (nel testo od anche in didascalia). Il C_d/C_D va misurato in *Drag Count* e parte sempre da zero (lo stesso vale per la resistenza), ingrandire le polari nelle regioni di bassa resistenza
- Il disegno del profilo: **LE SCALE** (!), produrre una figura della larghezza utile della pagina, il tratto deve essere "corretto"
- evitare per quanto possibile termini in lingua diversa dall'italiano (un termine irrinunciabile di altra lingua va scritto in corsivo), evitare *tout court* versioni italianizzate di termini di altre lingue
- nella stesura informatica lasciare un spazio bianco dopo i caratteri „,;?!“; in stampa lasciare 3.5 cm a sinistra, 2 cm a destra
- eventuali formule vanno numerate
- non è necessario (ma può essere utile) riportare la lista dei simboli
- impiegare sempre una terminologia appropriata
- stare attenti ad evitare il costrutto “: (due punti) seguito da una figura o da una tabella”
- **CFD.** Le scale in toni di grigio. Congruità dei confronti con Xfoil: parità di C_l , rispetto dei limiti di validità
- Scrivere sempre “numero di” Mach/Reynolds e non “Mach/Reynolds”.

PRESENTAZIONE. Esercizi ed elaborati vanno presentati in un fascicolo non rilegato, indicando in copertina cognome, nome e matricola, insieme all'elenco di tutti gli esercizi in sviluppo o già convalidati, e riportando in seconda pagina le **INDICAZIONI PER LO SVILUPPO DELLE ESERCITAZIONI A CASA.** La forma è da me valutata in modo paritetico rispetto ai contenuti (e dunque leggere ogni cosa con molta attenzione prima di sottopormela).

CONTROLLO e CORREZIONE. Io controllo e correggo solo testi – parziali o completi – purché già scritti in una forma definitiva (i.e. , non in bozza). Ovviamente il proponente procederà ad una preliminare autoverifica anche (e soprattutto) per gli aspetti formali...

Interromperò il controllo di un esercizio alla prima violazione di una delle regole sopra riportate. È possibile sottopormi via mail il testo da controllare (in formato .pdf, dimensione < 500 kb).



Testing the airplanes is the right thing to do if you want to be an airplane designer. Test them! And see what their faults are!

Burt Rutan

Sommario

In questa breve monografia verrà esaminato il lavoro di uno dei progettisti aeronautici più celebri e popolari al mondo: Burt Rutan. La fama di Burt Rutan non è dovuta unicamente ai suoi progetti, decisamente non convenzionali per quanto riguarda le pratiche normalmente adottate dall'industria aeronautica commerciale, ma anche per via del suo carisma; i numerosissimi modelli da lui realizzati, una produzione vastissima che annovera ben 46 diversi velivoli realizzati nell'arco della sua carriera, superano di gran lunga la produzione dei più prolifici progettisti aeronautici della storia, come il celebre Clarence Kelly Johnson. La popolarità di Rutan è andata aumentando negli anni soprattutto per via della sua particolare predilezione verso i così detti *homebuilders*, coloro i quali si cimentano nella costruzione di un velivolo con mezzi artigianali. L'affetto e la stima che questa grande comunità nutre verso Burt Rutan viene ricambiato, quasi ogni anno, dalla sua partecipazione personale all'*EAA AirVenture Oshkosh*, un festival di enorme importanza per gli appassionati di aviazione che si tiene ad Oshkosh, in Wisconsin; è lì che, il più delle volte, Rutan ha dato spettacolo con i suoi velivoli, progettati seguendo, come vedremo, un *fil rouge* che concilia il sogno del volo, l'azzardo del visionario e le più razionali norme della progettazione e della commercializzazione del velivolo.

1 Note biografiche

Burt Rutan, nato il 17 Giugno del 1943 nella cittadina di Estacada, Oregon, mostra sin da piccolo uno spiccato interesse per l'aeronautica, finendo per diventare un giovanissimo aereo – modellista; si laurea al California Polytechnic University nel 1965 in Ingegneria Aeronautica e nel corso della sua vita ha ricevuto numerose onoreficenze accademiche per i meriti della sua attività. Da neo – laureato, ha lavorato per l'aviazione militare statunitense come *Flight Test Engineer*; l'indole istrionica di Rutan rimane nascosta fino al 1974, quando decide di fondare la Rutan Aircraft Factory, presso il deserto del Mojave, in California. Qui comincia una instancabile attività che negli anni porta alla realizzazione dei modelli *VariViggen*, *VariEze*, *Long – EZ*, *Quickie* e molti altri. In questa fase nasce il progetto del *Voyager*, uno dei suoi velivoli più famosi e celebrati. Nel 1982 nasce la *Scaled Composites*, una nuova azienda con cui Rutan si dedica alla costruzione di velivoli sperimentali; per quasi 15 anni, la *Scaled Composites* è stata uno dei costruttori aeronautici più attivi, sviluppando il progetto concettuale di droni da ricognizione e velivoli non convenzionali come il *Beechcraft Starship 1* per la celebre *Beechcraft Aircraft Corporation*. L'attività della *Scaled Composites* denota la validità industriale della progettazione di Burt Rutan, nonché la profittabilità della sua inventiva che non si fermava solo al *sogno del volo*, ma mirava al concreto miglioramento del prodotto aeronautico; l'attività di progettazione da egli svolta in questi anni si è declinata in chiavi sempre differenti, adattandosi pervicacemente al contesto di lavoro. Nel 1985 la *Scaled Composites* è stata venduta alla *Beechcraft Aircraft Corporation*, per poi essere acquisita dalla *Wyman – Gordon Company*, nel 1989. Negli anni seguenti Burt Rutan si è impegnato nella progettazione di un mezzo capace di effettuare voli sub – orbitali, impegno che è poi sfociato nella realizzazione dei due prototipi *Spaceship One* e *Spaceship Two*, nella convinzione che una simile impresa potesse dare al genere umano degli spunti tecnologici del tutto innovativi. Ormai ampiamente settantenne ed ufficialmente in pensione, continua a partecipare attivamente all'*EAA AirVenture Oshkosh*, dove viene considerato da tutti una leggenda vivente; tiene conferenze a carattere motivazionale, didattico e tecnico nelle quali illustra la sua visione dell'industria aeronautica, con una particolare attenzione verso l'innovazione.

2 I suoi velivoli

In questa sezione descriviamo, brevemente, le caratteristiche salienti di alcuni dei velivoli che riassumono le tipicità del lavoro di Burt Rutan. Una sezione a parte verrà dedicata al *Voyager* ed allo *Spaceship*.



Figura 1: Il velivolo VariViggen in volo.

2.1 Il VariViggen

Questo velivolo è stato progettato nel 1968 e rappresenta l'opera prima dell'ingegnere statunitense, pensata per l'allora nascente mercato degli *homebuilders*; il suo design è considerato fortemente innovativo per l'epoca in cui è stato concepito. Tuttavia, Rutan ha più volte reagito con divertimento ai commenti stupiti degli osservatori affermando che il design concettuale di questo modello si ispirava al primo velivolo della storia, il celeberrimo *Flyer* dei fratelli Wright. Si tratta, infatti di un velivolo con ala fortemente spostata verso la parte posteriore della fusoliera, con superfici aerodinamiche mobili dette *elevons* e dotata, in alcune versioni, di *winglet* alle estremità; nel muso del velivolo troviamo le alette canard. Sospinto da

un motore Lycoming da 150 cavalli accoppiato ad un'elica in configurazione spingente, era capace di una velocità massima di quasi 265 chilometri orari. Questo modello ha visto una produzione limitata (circa venti esemplari) e sono pochi coloro i quali possono vantarsi di possedere un Rutan VariViggen in buono stato e capace di prendere il volo. Le dimensioni contenute (appena 5.79 m di apertura alare ed un peso a secco di 431 kg) lo rendevano perfetto per gli appassionati del volo che desideravano avere un velivolo poco costoso, poco ingombrante e divertente da pilotare. Il nome del velivolo trae le sue origini da un caccia svedese, il *Saab 37 Viggen*. In figura 1 è possibile ammirare un VariViggen in versione biposto, privo di *winglet*.



Figura 2: Il velivolo VariEze. Sono visibili le alette canard, le winglet e l'elica in configurazione spingente.

2.2 Il VariEze

Il *VariEze* è un velivolo ad elevate prestazioni quasi completamente realizzato in materiali compositi. La sua progettazione risale al lontano 1974 ed era rivolta, nuovamente, al mercato degli *homebuilders*; sono stati realizzati centinaia di esemplari di questo modello ed oggi è considerato un oggetto di culto. In figura 2, che ritrae il VariEze in volo, si notano le alette canard, le winglet e l'elica in configurazione spingente, configurazione che questo modello rese molto popolare nell'ambito dei velivoli sperimentali ed *homebuilt*. L'apertura alare di 4.27 metri ed il peso massimo al decollo di soli 476 kg lo rendono un velivolo poco ingombrante, ma dotato di notevoli capacità in volo: il motore *Continental* da 100 cavalli accoppiato all'elica spingente è capace di portare il VariEze a toccare i 300 chilometri orari con un *range* di 1000 chilometri, prestazioni del tutto rispettabili per un aereo di questa categoria. L'abitacolo, oltre ad accogliere il pilota, consente di ospitare anche un passeggero. Non è munito del freno di stazionamento ma utilizza un sistema noto con il nome di *kneeling*: il carrello anteriore si ritrae nella fusoliera, consentendo di porre il muso del velivolo al suolo; questo migliora l'accessibilità del *cockpit* e previene il pericolo che il velivolo si ribalti e ricada sulla parte posteriore della fusoliera quando l'abitacolo è vuoto. Nel 1979 Burt Rutan decise di riprogettare completamente il VariEze; da questa riprogettazione nacque il velivolo *LongEZ*, molto

più complesso del *VariEze* e realizzato in numerose varianti diverse, tutte aventi dimensioni molto maggiori rispetto al velivolo originale.

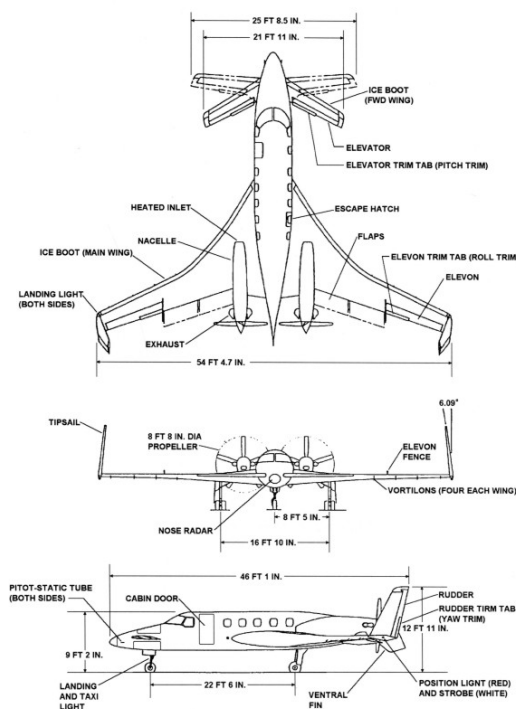


Figura 3: Le tre viste del *Beechcraft Starship*. Sono indicate anche le dimensioni fisiche del velivolo.

2.3 Beechcraft Starship

Il *Beechcraft Starship* non può essere considerato un velivolo progettato e costruito da Burt Rutan come i precedenti, vista la scala industriale ben maggiore del progetto. Tuttavia, alla *Scaled Composites* venne affidato il compito, sotto contratto della *Beechcraft*, di realizzare un prototipo in scala del velivolo al fine di verificare la bontà del design concettuale, denominato *Preliminary Design 330* dagli ingegneri della *Beechcraft*. In figura 3 vengono rappresentate le tre viste dello *Starship*; la *Beechcraft* si proponeva, con questo velivolo, di trovare un successore al celebre modello *King Air*, tutt'ora uno dei modelli più diffusi in questa categoria, che fosse capace di trasportare più passeggeri e con velocità di volo più elevate. La realizzazione del prototipo da parte della *Scaled Composites* fu rapidissima ed il primo volo avvenne esattamente un anno dopo la firma del contratto, nell'Agosto del 1983. Il modello sperimentale realizzato dall'azienda di Rutan venne poi presentato al *National Business Aircraft Association Convention* a Dallas, Texas con il nome ufficiale di *Starship*. Sebbene il prototipo, noto con il nome completo di *Proof-of-Concept Starship*, si presentasse come un normale velivolo da allestire, rifinire e pronto per intraprendere il percorso di certificazione si era ben lontani

da una simile possibilità: il prototipo, infatti, non era munito di un sistema avionico certificabile, non era pressurizzato ed inoltre l'*airframe* si discostava molto dal design finale, sia per gli elementi strutturali utilizzati che per i materiali impiegati. Il prototipo diede comunque un orizzonte credibile al progetto industriale, che rimase quello della certificazione ufficiale nel 1985, da rispettare attraverso un programma di prototipazione che prevedeva la costruzione di tre modelli sperimentali presso altri subfornitori e l'assemblaggio finale in casa madre. Il costo della certificazione, tuttavia, si rivelò molto elevato a causa del fatto che la *Federal Aviation Administration* all'epoca non avesse ancora stabilito con esattezza dei criteri progettuali per la vita operativa degli elementi strutturali in composito; l'esperienza di Burt Rutan nell'uso dei compositi in campo aeronautico fu una preziosa risorsa in questa fase della progettazione. *Beechcraft* riuscì a produrre il primo modello ufficialmente certificato nell'Aprile 1989, dunque con quattro anni di ritardo rispetto alla pianificazione iniziale, riuscendo

in seguito a vendere solo undici esemplari di questo modello in totale, portando ad una prematura interruzione del programma di produzione nel 1995; tra i motivi dell'insuccesso commerciale del progetto, *Beechcraft* ha addotto una situazione macro – economica non favorevole, la difficoltà dei possibili acquirenti nell'accettare le novità introdotte dallo *Starship* e le tasse sui beni di lusso introdotte negli Stati Uniti all'epoca; tuttavia, i costi del programma (stimati in circa 300 milioni di dollari) furono tali da rendere evidente il fatto che il velivolo non avrebbe potuto competere, a livello di prezzo di mercato, con modelli paragonabili con un design più convenzionale. Infatti, il prezzo finale sul mercato fu di circa 4 milioni di dollari, simile ai prezzi del *Cessna Citation V* e del *Lear 31*, entrambe aventi prestazioni migliori; inoltre, il prezzo dello *Starship* era di gran lunga maggiore del prezzo dei turbo – elica comparabili, come il *Piper Cheyenne*, avente una velocità di crociera maggiore ed un prezzo inferiore di circa un milione di dollari.

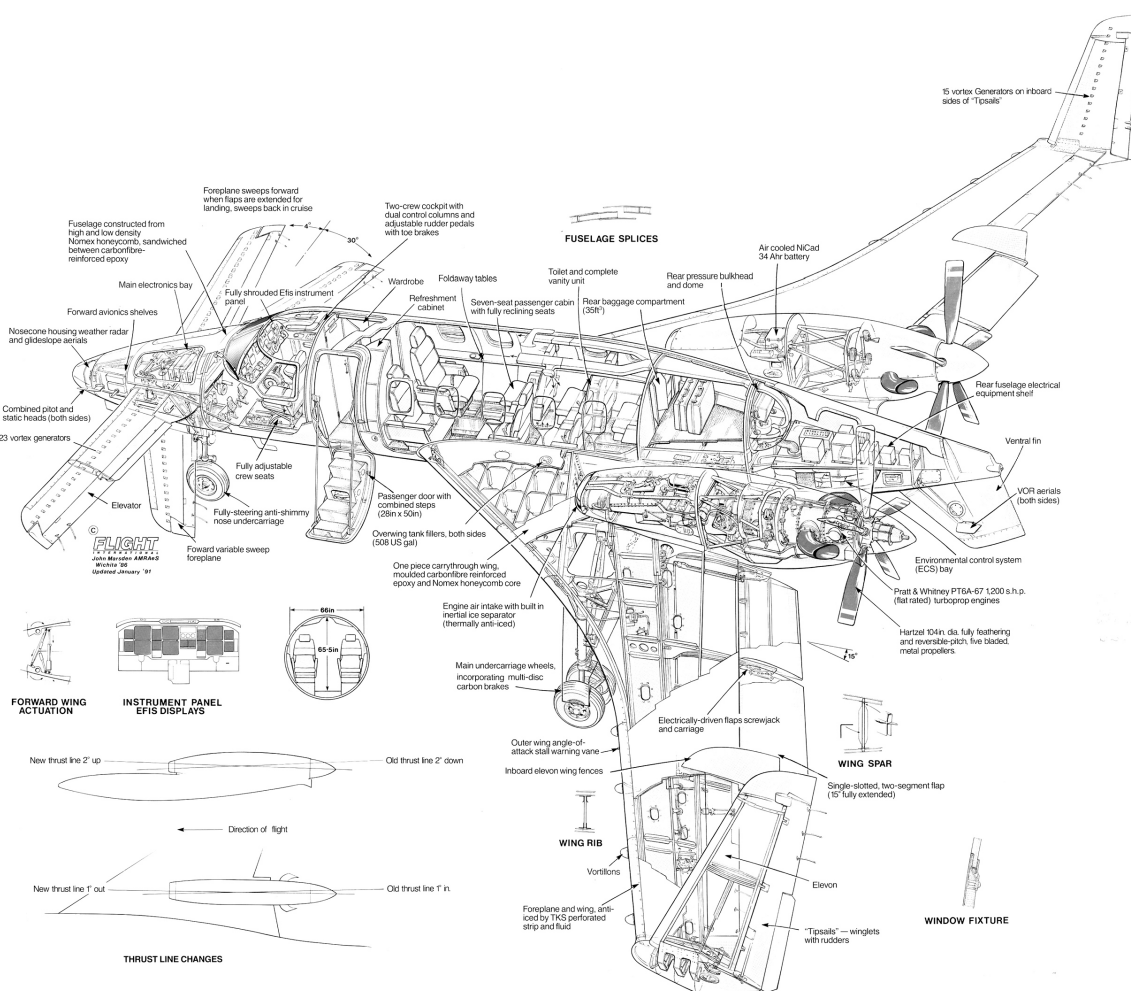


Figura 4: Il velivolo *Beechcraft Starship*; è possibile notare le canard a geometria variabile e le *winglet* dotate di timone verticale, introdotte dalla *Scaled Composites*, componenti che vennero inserite nel design finale.

Se è vero che il progetto *Starship* è stato un insuccesso commerciale, il suo valore tecnologico è universalmente riconosciuto. L'intero *airframe* venne realizzato in materiali compositi; le canard potevano variare l'angolo di freccia per ottimizzare la crociera; i motori *Pratt & Whitney* sono posti in coda al velivolo ed accoppiati con eliche in configurazione spingente; le superfici aerodinamiche mobili, deputate al controllo del velivolo, sono estremamente complesse ed il loro funzionamento armonico pose sfide ingegneristiche di grande difficoltà. Le difficoltà nell'implementare questa configurazione di progetto in un velivolo capace di volare in sicurezza, di soddisfare i requisiti in termini di *performance* finali e di essere competitivo sul mercato vennero, evidentemente, sottostimate: la costruzione di strutture in composito certificabili per il volo presentava sfide tecnologiche notevoli, sia in termini produttivi che in termini di assemblaggio e durabilità del prodotto; la configurazione finale del velivolo presentava problemi di stabilità al beccheggio e molte risorse vennero investite nello sviluppo di un adeguato *stall - warning system*. Alla fine, il velivolo giunse ad avere un peso massimo consentito al decollo di circa 6700 chilogrammi, con prestazioni non soddisfacenti se paragonate ai dati di progetto. Tuttavia, si percepisce, osservando questa macchina, la ricerca di un *breakthrough* tecnologico da parte di *Beechcraft*, che certamente ha tratto giovamento dalla collaborazione con *Scaled Composites*, che non a caso entrò in seguito a far parte del gruppo industriale *Textron Aviation*.



Figura 5: Il *Voyager* in volo durante una sessione di test.

3 L'impresa del *Voyager*

La più controversa delle imprese di Burt Rutan nasce, certamente, dalla progettazione del *Voyager*. Il *Voyager* è stato il primo velivolo della storia ad effettuare una circumnavigazione del globo terrestre senza effettuare fermate intermedie e senza effettuare rifornimenti in volo. Si tratta di un'impresa decisamente arduissima, piena di insidie e dunque non poteva che suscitare l'attenzione di Burt Rutan. Il progetto è nato quasi per scherzo, sotto l'impulso del fratello di Burt, Dick Rutan, e di Jeana Yeager, entrambe piloti, durante un pranzo; infatti, il primo disegno del *Voyager* è uno schizzo eseguito a mano libera su di un fazzoletto. La configurazione finale, come si può ben vedere dalla figura 5, è davvero inusuale: alla fusoliera centrale, che ospita l'abitacolo, i due motori e le due eliche poste a prua ed a poppa, si accoppiano altri due corpi affusolati, destinati principalmente a raccordare le lunghe ali ed a fungere da serbatoi, alle cui estremità posteriori

troviamo anche i due timoni verticali. Oltre alla superficie portante principale, avente una incredibile apertura alare di 33 metri e munita delle immancabili winglet, è presente una seconda superficie alare, di tipo canard posta appena dietro l'elica anteriore, che si raccorda con la fusoliera ed i due serbatoi. L'*airframe* del velivolo è costruito interamente in materiali compositi come vetroresina, fibra di carbonio e *Kevlar* ed ha un peso a secco di circa 430 chilogrammi; a questo peso va aggiunto quello dei motori, che porta il peso complessivo del velivolo, quando completamente scarico, a circa 1030 chilogrammi. Ma ciò che è davvero incredibile è il peso con cui il velivolo decollò all'atto di tentare l'impresa della circumnavigazione del globo: il peso registrato fu di 4390 chilogrammi, il che significa che il *Voyager* imbarcò circa 3360 chilogrammi di carburante. Tra le caratteristiche da record di questo peculiare velivolo troviamo un *lift - to - drag ratio* (L/D) pari a circa 27, un valore che non si trova, usualmente, nemmeno tra i più efficienti alianti moderni attualmente in commercio; ancora, nella configurazione finale vennero impiegati due motori diversi ed in particolare nell'alloggiamento anteriore fu impiegato un Teledyne Continental 0-240 raffreddato ad aria e nell'alloggiamento posteriore un Teledyne Continental IOL-200 raffreddato a liquido. Entrambe i motori vennero accoppiati ad eliche di legno a passo variabile fornite dal costruttore *MT - propeller*. L'impiego di due motori era dovuto, principalmente, al piano di volo strutturato in modo tale da sfruttare prevalentemente il motore posteriore, mentre il motore anteriore doveva fornire supporto nelle fasi critiche della missione, cioè il decollo e le prime ore di volo a pieno carico. Il 15 Luglio 1986 Dick Rutan e Jeana Yeager completarono un test di volo della durata di 111 ore e 44 minuti con successo, percorrendo 19000 chilometri circa, battendo già i precedenti record relativi ad *endurance* e *range*. Tuttavia, il primo tentativo di circumnavigare il globo vide il velivolo costretto ad effettuare un atterraggio d'emergenza alla base militare di *Vandenberg*. Si susseguirono ulteriori problematiche, che misero in seria discussione la fattibilità dell'impresa e fecero sorgere notevoli critiche da parte della comunità aeronautica; tuttavia, il progetto continuò e la missione che portò il *Voyager* a circumnavigare la Terra prese il decollo il 14 Dicembre 1986, alle ore 8 di mattina locali, sfruttando la lunghissima pista di decollo della base militare *Edwards*, nel Sud della California, con un equipaggio di due persone, composto da Dick Rutan e da Jeana Yeager.

3.1 Il decollo del *Voyager*

Il decollo fu una delle fasi più rischiose dell'intera missione; sotto l'accelerazione che il velivolo subì durante il decollo, le estremità delle ali vennero ad essere soggette a carichi molto intensi a causa della notevole quantità di carburante imbarcata a bordo, portando le *tip* alari a toccare pericolosamente il suolo. Il contatto con il suolo causò, ovviamente, dei danni che vennero attentamente studiati dal gruppo di ingegneri che seguiva la missione e da Burt Rutan stesso; venne deciso che, siccome non erano presenti perdite di carburante, la missione poteva procedere regolarmente dopo la distruzione volontaria di ciò che restava delle *winglet* ponendo il *Voyager* ad un certo angolo di *slip* rispetto alla direzione del vento, assetto che, inducendo carichi laterali sulle *winglet*, ne provocò il completo distacco dalle ali.

3.2 Una missione estenuante

Il piano di volo prevedeva che i piloti si alternassero alla conduzione dell'aeromobile in turni di 3 ore; tuttavia, durante le fasi iniziali del volo fu subito chiaro che non era possibile effettuare i turni in sicurezza visto che era necessario un continuo aggiustamento dei parametri di assetto ed una continua correzione nella distribuzione del carburante all'interno dei serbatoi. L'esito di questa concitata fase della missione fu quello di un elevato carico di lavoro per l'equipaggio, in particolare per Dick Rutan, il quale rimase ai comandi quasi ininterrottamente per i primi tre giorni di volo. Il *Voyager* mostrò, inoltre, di essere particolarmente instabile lungo l'asse di beccheggio e di possedere una innata fragilità strutturale, cosa che costrinse i piloti ad esercitare la massima cautela possibile durante ogni fase manovrata del volo. La manovra più pericolosa durante questo estenuante volo fu, come Dick Rutan rilevò poi più tardi, quella di aggiramento del tifone *Marge*. Alla fine l'impresa venne portata a termine con successo: il *Voyager* atterrò utilizzando la stessa pista che lo aveva visto decollare, dopo nove giorni di volo ininterrotto, alle 8 di mattina del 23 Dicembre 1986. Prima di portare il velivolo all'atterraggio, Dick Rutan compì alcuni passaggi ravvicinati lungo la pista; a velivolo fermo, si rilevò la presenza di circa 48 chilogrammi di carburante a bordo, circa l'1.5 % del carburante inizialmente imbarcato. In seguito, soltanto un altro velivolo è riuscito a ripetere questa straordinaria impresa, ovvero il *Global Flyer* voluto da Steve Fossett. Tra le onoreficenze ricevute in seguito a questo grande risultato, ricordiamo la vittoria del prestigioso *Collier Trophy*, uno dei più celebri trofei tipicamente assegnato a coloro i quali raggiungono risultati ragguardevoli nel campo dell'aviazione.

3.3 Alcune considerazioni conclusive

Moltissime furono le critiche che vennero mosse nei confronti del progetto del *Voyager* e verso lo scopo che questo velivolo si prefiggeva di raggiungere; prima del volo che portò alla realizzazione dell'impresa, alcune delle osservazioni più rilevanti in merito alla questione vennero mosse da altri progettisti aeronautici, i quali espressero notevoli perplessità sulla capacità della struttura portante di resistere per così tanto tempo a carichi così elevati e che, con tutto il carburante imbarcato a bordo, il rischio che i piloti avrebbero corso risultava inaccettabile. Altre critiche giunsero a volo ultimato, ponendo l'attenzione sul fatto che Burt Rutan non avesse esitato a mettere in pericolo la vita del fratello e di Jeana Yeager per poter ottenere visibilità e pubblicità gratuita per la sua attività di imprenditore. Burt Rutan non ha mai negato che l'impresa del *Voyager* fu portata a termine accettando notevoli rischi; tuttavia, ha anche sottolineato il fatto che tutte le persone coinvolte nel progetto erano non solo perfettamente consapevoli di ciò che implicava il loro impegno in una tale missione, ma anche profondamente entusiaste di prendervi parte. Inoltre, va detto che nelle numerose interviste rilasciate da Burt Rutan, egli ha sempre sottolineato l'importanza di correre dei rischi per ottenere dei risultati tecnologici a vantaggio dell'intera umanità, rischi che, a parer suo, nessuno sembra più disposto a sopportare nonostante le ampie possibilità che i moderni strumenti permettono. Risulta dunque palese che l'impresa del *Voyager* può essere vista come una rappresentazione *tout court* dell'approccio al problema ingegneristico, in campo ae-

ronautico, adottato da Burt Rutan: l'audacia nell'uso della tecnologia, l'inventiva e l'innovazione mai lesinata nel progetto concettuale si mescolano ad una sapienza quasi artigiana delle metodologie costruttive da impiegare opportunamente nella costruzione di un velivolo; se è vero che il rischio risulta essere, talvolta, inaccettabile questa strada può condurre, sempre secondo Burt Rutan, ad inaspettati risvolti tecnologici capaci di rivelare gli andamenti futuri dell'industria aeronautica. Questo percorso si presenta come accidentato e non esente da critiche, ma il successo imprenditoriale dell'attività svolta da Rutan nel corso degli anni impone all'industria aeronautica serie riflessioni riguardo l'approccio progettuale tipicamente utilizzato, sempre più mirato alla soddisfazione di un mercato di riferimento e sempre più costretto a concentrarsi su una ossessiva ottimizzazione del prodotto, prodotto che rimane, nella sua configurazione generale, sostanzialmente invariato. Se da un lato risulta poco credibile e persino ingenuo pensare ad una industria aeronautica che si lancia in progetti commercialmente incerti su grande scala, come avvenuto per il progetto fallimentare del *Beechcraft Starship*, uomini come Burt Rutan svolgono un ruolo fondamentale nell'esplorazione delle frontiere tecnologiche del settore aeronautico, permettendo all'industria di trarne inevitabilmente un concreto vantaggio in termini di esperienza, conoscenza e competenza.

4 Il progetto *Spaceship*

Questa sezione è dedicata al primo veicolo costruito da privati capace di raggiungere lo spazio con equipaggio a bordo, cioè alla *Spaceship*. L'avventura di Burt Rutan nello spazio comincia con la *Spaceship One*, nel Giugno del 2004, quando fonda la *Mojave Aerospace Ventures*, una società che vedeva la partecipazione della *Scaled Composites* e di Paul Allen, un celebre imprenditore statunitense. Il successo di questa avventura porterà Rutan a vedere il proprio progetto al centro di un piano più ampio, che nella visione dell'imprenditore Richard Branson, fondatore della celebre *Virgin Galactic*, vuole portare allo sviluppo di una economia turistica spaziale, prima sub-orbitale e poi, successivamente, in orbita terrestre; è in quest'ottica che è stata fondata la *Spaceship Company* nel 2005, con una partecipazione del 30 % della *Scaled Composites* e del 70 % del gruppo industriale *Virgin*, al fine di concretizzare il progetto in un veicolo capace di effettuare il volo sub-orbitale. In questa serie di avventure imprenditoriali l'attività di Burt Rutan sembra quasi declinarsi in chiave romantica, nel tentativo convinto di riaccendere quella scintilla che condusse, non senza rischi e problemi, l'uomo a mettere piede sulla Luna, con l'intenzione di portare ad un nuovo livello l'esplorazione dello spazio e, contemporaneamente, allo sfruttamento di una possibile economia spaziale futura basata in parte sul turismo.

4.1 La *Spaceship One*

La navicella *Spaceship One* è un veicolo sperimentale pensato per il volo sub-orbitale, lanciato servendosi di un velivolo d'appoggio denominato *White Knight One* appositamente adattato per ospitare la navicella. Il motore a razzo ibrido con cui essa è equipaggiata è capace di portare la navicella a velocità che superano i 900 metri al secondo. Secondo quanto affermato da Burt Rutan, il progetto è stato originariamente



Figura 6: La navicella *Spaceship One*, dopo aver effettuato il suo volo nello spazio. 21 Giugno 2004.

concepito nei primi anni novanta ma lo sviluppo concreto è avvenuto nei tre o quattro anni immediatamente precedenti la realizzazione del volo. Notiamo subito che questa versione della navicella è decisamente più piccola rispetto alla *Spaceship Two*; è lunga appena 5 metri e nel punto più largo la fusoliera ha un diametro di appena un metro e mezzo. L'apertura alare non è più grande di quella di un *VariEze*, essendo di appena 5 metri; agganciata alla sua base di lancio, il velivolo di appoggio *White Knight*, ed equipaggiata del carburante pesa poco più di 3500 chilogrammi. Una disamina completa del profilo di volo della *Spaceship One* va oltre gli scopi che questo articolo si prefigge, ma si può sostanzialmente dire che esso prevede che il *White Knight* porti la navicella ad un'altitudine di 14 chilometri; a questo punto la navicella viene sganciata e dopo una brevissima fase di volo non motorizzato il motore viene acceso, secondo una procedura analoga a quella del lancio di un missile in volo da parte di un caccia. Il motore spinge la navicella per poco più di 70 secondi, lungo una traiettoria inclinata di circa 60 gradi nella fase di ascensione principale e ad incidenze maggiori nelle fasi finali della traiettoria, con una accelerazione che può arrivare a più di 4.5 volte l'accelerazione gravitazionale. Durante questa fase il regime di volo è tipicamente supersonico. In seguito allo spegnimento del motore, la navicella procede balisticamente lungo la sua traiettoria; in questa fase, ad una quota di circa 100 chilometri, in abitacolo è possibile sperimentare la *microgravità* per alcuni minuti, prima che la fase discendente della traiettoria cominci. È in questa

fase che la *Spaceship One* mostra una delle sue caratteristiche più importanti, ovvero il suo profilo di rientro negli strati più

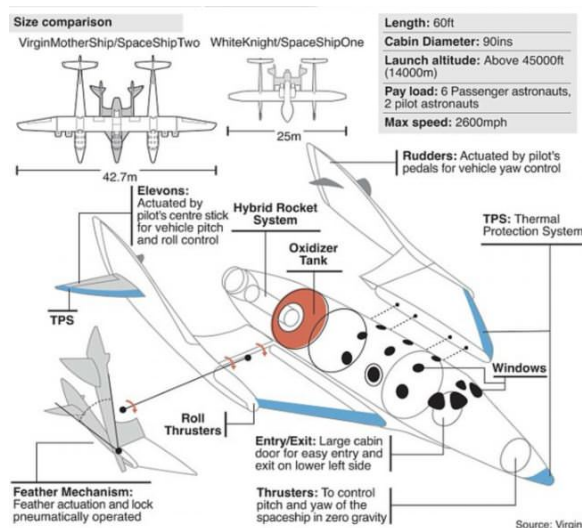


Figura 7: Uno schema della navicella *Spaceship* nelle due versioni dove è riportato anche il *feather mechanism* (in basso a sinistra).

densi dell'atmosfera terrestre; la procedura, teorizzata da Burt Rutan stesso e detta *feathered reentry*, è stata testata e convalidata proprio durante il suo volo sperimentale, dimostrando ancora una volta le grandi capacità poliedriche dell'ingegnere statunitense. Non è facile spiegarla sinteticamente ma, in buona sostanza, si può affermare che essa consiste nella capacità di modificare la configurazione geometrica della navicella in modo da incrementarne la resistenza aerodinamica senza che i carichi termici varino in maniera significativa; l'effetto complessivo sulla traiettoria di volo viene spesso paragonato, in maniera un po' semplicistica, al moto nell'aria del volano (*shuttlecock effect*), l'oggetto che viene utilizzato nel gioco del *badminton*. Per ottenere quanto appena illustrato, la *Spaceship* è capace di ruotare verso l'alto l'intera ala, ponendosi in una configurazione stabile ma caratterizzata da una elevata resistenza aerodinamica. La così detta *high - drag configuration* viene adottata in corrispondenza dell'apogeo della traiettoria sub - orbitale; la navicella mantiene questa configurazione finché non giunge a quote comprese tra i 20 ed i 10 chilometri e sperimenta accelerazioni molto intense (anche superiori a 5 g) a causa delle alte velocità, simili a quelle della fase di ascesa. In questa fase del volo, ormai ben all'interno degli strati più densi dell'atmosfera, essa ritorna nella *low - drag configuration*, riportando alla normalità l'orientazione dell'ala e planando per circa 20 minuti fino alla pista d'atterraggio. La *Spaceship One* dimostrò la validità del progetto proposto da Burt Rutan e tutte le caratteristiche tecnologiche del sistema di lancio, composto dal *White Knight* e dalla navicella stessa, e delle procedure di rientro durante il suo unico volo sperimentale conseguito con successo il 17 Dicembre 2003, divenendo, tra le altre cose, il primo velivolo costruito da privati a volare in regime supersonico. Nonostante fossero previsti altri voli sperimentali, Burt Rutan decise di preservare il veicolo, per ragioni di interesse storico e culturale. La conferma tecnologica del mezzo permise alla *Virgin* di procedere alla realizzazione di un modello con capacità superiori e pensato per il turismo sub - orbitale, la *Spaceship Two*; va notato che questo secondo modello ha comunque richiesto un impegno di circa dieci anni, anche per via della necessità di poter disporre di un velivolo di appoggio con capacità ben superiori, viste le dimensioni accresciute della navicella; va sempre ricordato, infatti, che il sistema di lancio ideato da Burt Rutan è composto da due veicoli e ciò pone numerose difficoltà, sia in termini economici che in termini progettuali.

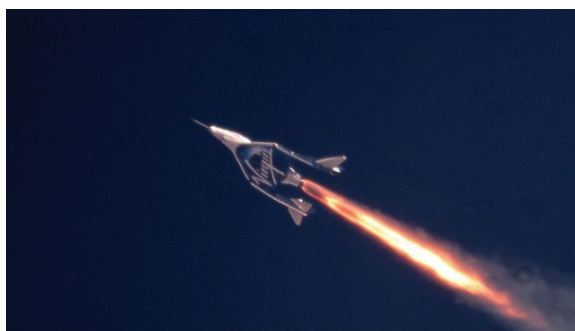


Figura 8: Il motore ibrido con cui è equipaggiata *Spaceship Two* in azione durante il primo volo di test, il 13 Dicembre 2018.



Figura 9: La *Spaceship Two* agganciata al velivolo d'appoggio, il *Knight Two*.

4.2 La Spaceship Two

Se la *Spaceship One* era un veicolo sperimentale pensato per testare e provare il modello concettuale del progetto, la *Spaceship Two* è un vero e proprio spaziplano, capace di trasportare 6 passeggeri oltre all'equipaggio, composto da pilota e copilota. La lunghezza della fusoliera, nel design finale, è di oltre 18 metri, con una apertura alare di oltre 8 metri. Anche il peso a pieno carico è triplicato, raggiungendo un totale di circa 9800 chilogrammi. In precedenza si è accennato alla natura ibrida del sistema propulsivo con cui la navicella è equipaggiata; questa tipologia di sistemi propulsivi appartengono alla categoria degli endoreattori ed utilizzano propellente liquido e solido, al contrario dei convenzionali endoreattori che utilizzano solitamente un propellente monofase. Non è possibile descrivere nel dettaglio questo propulsore in questo breve articolo; basti sapere che non tutti gli aspetti di questa tecnologia sono stati esplorati e la scelta di utilizzare questa tipologia di motore mette ancora una volta in risalto la sistematica volontà di Burt Rutan nell'esplorare nuove frontiere tecnologiche. Il modello finale impiegato a bordo della *Spaceship Two*, frutto delle lezioni apprese dal volo sperimentale della *Spaceship One* e del grande sforzo progettuale durato dieci anni, è capace di generare circa 270000 Newton di spinta. Il profilo di volo è sostanzialmente identico a quello del modello sperimentale, con alcune differenze essenzialmente minime, come la quota di lancio che sale a 15 chilometri. Ad oggi, il programma *Spaceship Two* ha portato a compimento con successo due voli, il primo tenutosi il 13 Dicembre 2018 ed il secondo il 22 Febbraio 2019; va detto che, il 31 Ottobre 2014, il primo modello della *Spaceship Two* precipitò in seguito ad un guasto, causando la morte del pilota ed il ferimento del copilota, nonostante il programma di validazione che aveva visto una sequenza di oltre 50 voli di test, dieci dei quali avevano testato il *feathered mechanism*. Le investigazioni in seguito al disastro hanno individuato, tra le cause dell'incidente, una scelta inadeguata dei margini di sicurezza di progetto ed un addestramento inadeguato dell'equipaggio. L'obiettivo di questo programma, in ultima analisi, è quello di rendere accessibile a persone facoltose lo spazio attraverso un volo sub - orbitale; in questo

senso, la *Virgin Galactic* ha comunicato che il prezzo di un volo nella *Spaceship Two* come passeggero si attesterà intorno ai 250000 dollari inizialmente, per poi diminuire dopo i primi 1000 passeggeri trasportati. Il programma che la *Virgin* si è data è quello di partire con i voli commerciali entro la fine della prima metà degli anni venti del duemila.

5 Conclusioni

Il lavoro di Burt Rutan lo ha portato a confrontarsi praticamente con quasi tutte le possibili difficoltà che è possibile incontrare nella progettazione aerospaziale, dai regimi di volo subsonici a quelli supersonici; i mezzi da lui creati, come si spera questo articolo ha messo in luce almeno in parte, rappresentano quasi sempre una estremizzazione del concetto stesso di velivolo, attraverso l'impiego sistematico di nuove tecnologie, spesso esplorate *hands-on* personalmente da Burt Rutan e spesso non consolidate nell'industria aeronautica commerciale. Se è vero che la maggior parte dei velivoli realizzati in questo percorso difficilmente potrebbero essere prodotti su scala industriale in maniera sostenibile da un punto di vista economico, l'ardimento elegante delle linee dei suoi velivoli ha ricordato ad ogni aspirante progettista aeronautico che è necessario conservare un approccio olistico ed assolutamente

privo di pregiudizi nella scelta delle possibili configurazioni del velivolo, approccio che deve tener conto delle configurazioni adottate in passato in casi simili, dei dati disponibili in relazione al quadro tecnologico di riferimento in cui si colloca il velivolo, dei requisiti in termini di prestazioni richiesti dal committente, ma anche dell'innovazione e del superamento dei limiti tecnologici presenti, considerando sempre con particolare attenzione le restrizioni imposte, in termini di *budget*, per la realizzazione concreta del progetto. La necessità di proiettarsi verso il futuro è fondamentale per Burt Rutan: l'umanità, a suo dire, è l'unica specie che è capace di immaginarsi nel futuro e di progettare le proprie azioni in funzione di un miglioramento delle proprie capacità, della propria condizione materiale e delle proprie possibilità tecnologiche. Forse, a parere di chi scrive, questo rappresenta uno degli aspetti più importanti di questo controverso personaggio, non esente da critiche per le sue considerazioni sul fenomeno del cambiamento climatico, che durante la sua vita ha studiato e messo a punto un grandissimo numero di nuove tecnologie, dai materiali compositi alle strategie di rientro atmosferico controllato, ed ha dato tutto sé stesso allo scopo di perseguire il sogno del volo, affinché esso possa affascinare, nonostante le grandi difficoltà tecniche che presenta, le generazioni future di progettisti, proprio come quelle passate si entusiasmarono alla notizia del primo volo controllato dei fratelli Wright.

Lista dei siti consultati

- [1] Burt Rutan. *Burt Rutan Official Website*. 2019. URL: <https://www.burtrutan.com> (visitato il 11/10/2019).
- [2] Manned Research Project. *Scaled Composites and Rutan Aircraft Factory*. 2019. URL: <http://burtrutan.com/downloads/SCALEDRAFMannedProjects.pdf> (visitato il 11/10/2019).
- [3] Robert Scherer's Starship Pages. *A collection of Beechcraft Starship Material*. 2019. URL: <http://www.bobscherer.com/Pages/Starship.htm> (visitato il 11/10/2019).
- [4] Virgin Galactic. *We open space to change the world for good*. 2019. URL: <https://www.virgingalactic.com> (visitato il 10/10/2019).
- [5] Scaled Composites Spot. *SC Aircrafts*. 2019. URL: <https://vimeo.com/37318941> (visitato il 10/10/2019).
- [6] The Spaceship Company. *Making dreams take flight*. 2019. URL: <http://thespaceshipcompany.com> (visitato il 10/10/2019).

Riferimenti bibliografici

- [7] CG Grey e Leonard Bridgman. *Jane's All the World's Aircraft 1930*. Sampson Low, Marston, 2004.
- [8] RICHARD RUTAN et al. «World flight, the Voyager». In: *1987 report to the aerospace profession* (1987), pp. 289–304.
- [9] Dr Burt Rutan, Clem Hiel e Brandt Goldsworthy. «From Complete Chaos To Clear Concepts-Part I». In: *SAMPE journal* 32.5 (1996), p. 19.

Dati dei velivoli citati

Tabella 1: Dati del velivolo *VariViggen*.

Caratteristiche	
Equipaggio	1
Passeggeri	1
Lunghezza	5.79 m
Apertura alare	5.79 m
$\mathcal{AR}$	3
Peso a secco	431 kg
Peso massimo al decollo	771 kg
Capacità serbatoio	130 L
Prestazioni	
Velocità massima	262 km/h
Velocità in crociera	201 km/h
Range	640 km
Service ceiling	4300 m
Rateo di salita	6.1 m/s

Tabella 2: Dati del velivolo *VariEze*.

Caratteristiche	
Equipaggio	1
Passeggeri	1
Lunghezza	4.27 m
Apertura alare	6.77 m
$\mathcal{AR}$	9.20
Peso a secco	263 kg
Peso massimo al decollo	476 kg
Capacità serbatoio	91 L
Prestazioni	
Velocità massima	314 km/h
Velocità in crociera	266 km/h
Velocità di stallo	89.30 km/h
Range	1300 km
Rateo di salita	8.1 m/s

Tabella 3: Dati del velivolo *Voyager*.

Caratteristiche	
Equipaggio	2
Lunghezza	8.90 m
Apertura alare	33.80 m
$\mathcal{AR}$	33.88
Peso a secco	1020 kg
Peso massimo al decollo	4397 kg
Prestazioni	
Velocità massima	196 km/h
Range	40 212 km
Endurance	216 Ore

Tabella 4: Dati del *Beechcraft Starship*.

Caratteristiche	
Equipaggio	1 o 2
Passeggeri	6
Lunghezza	14.05 m
Apertura alare	16.60 m
$\mathcal{AR}$	10.56
Peso a secco	4574 kg
Peso massimo al decollo	6759 kg
Capacità serbatoio	1716.85 kg
Prestazioni	
Velocità massima	620 km/h
Velocità in crociera	568 km/h
Velocità di stallo	180 km/h
Range	2804 km
Service ceiling	12 500 m
Rateo di salita	13.96 m/s