

Che c'è di nuovo in Aeronautica?

Parte I

Luigi Balis Crema* Antonio Castellani**

Sunto: *In questo lavoro immaginiamo registrate le impressioni di un ipotetico interlocutore che si interroga attraverso il tempo sulle novità nel campo che con disinvolta improprietà definiamo come aeronautica. Per lunghi secoli il nostro interlocutore si deve accontentare di fantasiose mitologie e mirabolanti leggende, successivamente iniziano studi razionali e in un centinaio di anni il sogno iniziale viene superato: l'aeronautica rivoluziona la vita degli uomini. Ma nel futuro? L'obiettivo dell'articolo non è il tentativo di sintetizzare una storia dell'aeronautica, ma con maggiore ambizione si cerca di riflettere su quello che è avvenuto, sul suo significato e sulle prospettive offerte dall'aeronautica. Prospettive particolarmente importanti in questa fase, come sempre incerta e difficile, dello sviluppo umano.*

Parole Chiave: Ricerca aeronautica, storia del volo.

Abstract: *In this work we imagine the impressions of a hypothetical interlocutor who questions through time on novelties in the field that we define by unusual impropriety as aeronautics. For many centuries, our interlocutor has to be content with imaginative mythologies and miraculous legends, after which the rational studies begin, and in a hundred years the initial dream is overcome: aeronautics revolutionize men's lives. But in the future? The objective of this article is not to attempt to synthesize aviation history, but with greater ambition, it tries to reflect on what has happened, its significance and the prospects offered by aeronautics. Perspectives particularly important at this stage, as always uncertain and difficult, of the human development.*

Keyword: Aeronautical research, history of flight.

Citazione: Balis Crema L., Castellani A., *Che c'è di nuovo in Aeronautica? Parte I*, «ArteScienza», Anno IV, N.8, pp. 49-90.

* Già professore ordinario di Strutture Aeronautiche alla "Sapienza" di Roma; luigi.baliscrema@libero.it.

** Docente e ricercatore di Ingegneria Aerospaziale, autore di numerosi saggi di storia aeronautica; a.castellani@iol.it.

1 - La preistoria: mitologia e leggende

L'aspirazione al volo nell'atmosfera terrestre ha origini antiche, quando l'uomo dopo essersi impadronito del suolo e del mare tentò di impossessarsi anche delle vie dell'aria. Ma si accorse subito che questa era un ambiente fuori della sua portata, riservato agli uccelli e, per la sua natura ultraterrena, alle divinità. Gli angeli, secondo la tradizione ebraica, hanno la capacità di volare per spostarsi ovunque



Fig. 1 - *Angelo custode*, Guercino (1591 – 1666).



Fig. 2 - *La Sfinge alata di Naxos* (fine VI sec. a. C., Museo Archeologico di Delfi).

e l'iconografia cristiana conserverà e riprenderà le figure di esseri alati intermediari tra l'uomo e Dio. Nell'antico Egitto Iside è spesso rappresentata come una figura femminile con ali di uccello e così è raffigurata sui sarcofaghi nell'atto di trasportare fra le ali l'anima del defunto. La Sfinge, il mitico animale con testa di donna e corpo di leone che gli egizi ponevano a guardia delle tombe dei Faraoni, fu assimilata nella cultura greca, dove venne dotata di ali di uccello. Una tale raffigurazione è espressa dalla statua ionica della *Sfinge di Naxos*, ritrovata nel santuario di Delfi.

Il cielo era consacrato agli dei e ai loro messaggeri ed era interdetto agli umani: chi, come Icaro, avesse tentato di raggiungerlo sarebbe perito. La colomba volante di Archita, matematico e filosofo greco

vissuto a Taranto nel IV sec. a. C., non costituì un tentativo di violarlo ma un elaborato giocattolo meccanico. Ne dà notizia Aulo Gellio (2° sec. d. C.), lo scrittore latino autore delle *Noctes Atticae*, che attribuisce ad Archita la costruzione di un «...*simulacrum columbae e ligno ab Archyta ratione quadam disciplinaque mechanica factum volasse; ita erat scilicet libramentis suspensum et aura spiritus inclusa atque occulta concitu...*»

Si sarebbe dunque trattato di una colomba di legno azionata da aria compressa o da vapore d'acqua contenuti nel suo interno e fatti fuoriuscire posteriormente a mezzo di una valvola e guidata nella sua traiettoria da un contrappeso avvolto attorno a una puleggia. In altre parole, ammesso che sia esistito, sarebbe stato uno dei primi dispositivi ad impiegare il principio della propulsione a reazione.

Oggetti volanti mitologici sono accuratamente descritti nella letteratura orientale. Una leggenda persiana del XVI secolo a.C. narra del re Kai Kawus che si credeva tanto potente da seguire gli uccelli e salire in cielo. Attaccò quattro aquile ai lati del trono piazzando al di sopra di ognuna di esse un appetitoso tocco di carne di capra, in maniera che queste volassero verso l'alto per cercare di afferrare il prezioso boccone con i loro artigli. Il trono si innalzò, le aquile battevano furiosamente le ali mentre cercavano invano di raggiungere la carne, poi, affamate e stanche, smisero di agitarsi. Trono, re, aquile, tutto ricadde pesantemente sulla terra assieme alle ambizioni del volo di re Kai.

Anche l'imperatore bizantino Manuele I Comneno (1118 - 1180), riconquistatore del Regno di Sicilia e artefice della pace con i Musulmani, non fu immune dall'ammirazione per il volo. Durante i festeggiamenti a Costantinopoli in onore del sultano turco Qilij



Fig. 3 - La caduta di Icaro, Jacob Peter Gowy (1610--1664), da bozzetto di Peter Paul Rubens (Madrid, Museo del Prado).



Fig. 4 - Il trono di Re Kai Kawus è sollevato da quattro aquile. (Manoscritto persiano del Shahnameh, 1587-88 dC, Metropolitan Museum of Art, New York).

Arslan II, questo volle ricambiare le attenzioni ricevute offrendo lo spettacolo di un suo uomo, il "saracino", che avrebbe dato una dimostrazione di volo gettandosi dall'alto di una torre. L'uomo, che indossava un ampio mantello bianco con numerose tasche, che in teoria riempiendosi d'aria l'avrebbero dovuto sostenere, naturalmente si schiantò nella caduta, con disappunto dei bizantini.

Simon Mago, l'eretico vissuto a Roma sotto l'impero di Nerone, che aveva offerto denari a San Pietro per acquistare le facoltà prodigiose che gli Apostoli tramite lo Spirito Santo avevano ricevuto da Gesù,¹ fu protagonista di una misteriosa storia riportata nei Vangeli Apocrifi e raccontata anche da Svetonio nel *De vita Caesarum*, Libro VI Nerone,

brano 12. Sembra che per mostrare le sue qualità soprannaturali Simone si sia esibito davanti a Nerone durante uno spettacolo nel Campo di Marte elevandosi in volo (o lievitando verso l'alto):

Icarus primo statim conatu iuxta cubiculum eius decidit
ipsumque cruore respersit.

Si vuole che la rovinosa caduta di Simon Mago sia stata provocata dalle preghiere di Pietro che avrebbe con l'aiuto di Dio smascherato l'impostore davanti al suo popolo. La leggenda continua indicando in due selci di basolato conservate nella chiesa di Santa Francesca Romana l'appoggio su cui si inginocchiò San Pietro per la sua preghiera. Simon Mago, dopo la caduta, non sarebbe morto subito,

1 Donde il termine simonia per indicare il commercio di cose sacre.

ma sarebbe stato portato ad Ariccia, dove sarebbe deceduto e collocato nel sarcofago, che ancora oggi è visibile nel Parco di Villa Chigi.

Bisogna arrivare al Medioevo per sottrarre al cielo la sua prerogativa di sede ultraterrena, quando viene messo in rilievo che il mondo dello spirito non è un argomento geografico, ma metafisico. In altre parole, l'evoluta teologia medievale, con l'asserzione che i principi non sono circoscritti in un luogo della volta celeste, provvede ad affrancare quest'ultima dalla sua destinazione elitaria di natura unicamente religiosa. In accordo anche con le tendenze sperimentali che si facevano strada in quel periodo si moltiplicarono gli uomini

"volanti" che sulle orme di Icaro si lanciavano alla conquista delle vie dell'aria. Per centinaia di anni aeronauti incoscienti e coraggiosi tenteranno di volare da torri e dirupi con ali di penne d'uccello battendo scompostamente le braccia fino a schiantarsi contro il suolo. Verso metà dell'800 un eclettico scienziato, musicista, poeta di origine berbera Abbas ibn Firnas, con un paio di ali e col corpo ricoperto di piume, si gettò dalla torre di Cordova, in Andalusia, e dopo una breve planata si sfracassò al suolo. Per sua fortuna se la cavò con una serie di fratture e imputò l'insuccesso del tentativo alla mancanza di una coda come quella degli uccelli. Analogo esperimento - e analogo risultato - fu azzardato attorno all'anno 1000 dal monaco benedettino Oliviero dell'abbazia di Malmesbury nello Wiltshire. Dopo avere assicurato le ali a mani e piedi si lanciò dalla torre del monastero, ma un turbine di vento lo scaraventò a terra provocando la rottura di entrambe le gambe e lasciandolo immobilizzato per il resto della vita. Anche il monaco volante incolpò l'atterraggio violento alla dimenticanza di essersi dotato di una coda. Sempre in Inghilterra, duecento anni prima, il leggendario Re Baldud, fondatore della città di Bath e padre dello shakespeariano *Re Lear*, dedito alla negromanzia



Fig. 5 - Re Baldud in volo sul tempio di Apollo.



Fig. 6 - I falsari, Dante, *Divina Commedia - Inferno, Canto XXIX*. Incisione di Gustavo Doré.

avrebbe costruito, grazie a questa arte magica, un paio di ali con le quali avrebbe voluto volare sul tempio di Apollo a Trinovantum, dove oggi sorge Londra. Naturalmente l'impresa non riuscì e il re spirò dopo essere precipitato a terra.

Dante collocò nell'Inferno (Canto XXIX) un tale Griffolino d'Arezzo, alchimista, che scherzando aveva detto ad Albero da Siena, figlio segreto del vescovo della città, di saper volare. Albero gli aveva ordinato di mostrargli se fosse vero, e poiché Griffolino non c'era riuscito, il sempliciotto si rivolse al vescovo, che lo condannò al rogo come eretico. All'Inferno Dante lo punirà però per il suo peccato di alchimia, facendolo destinare da Minosse, cui non è lecito sbagliare, al girone dei fraudolenti, decima bolgia dei falsari, in particolare tra i falsari di metalli:

*«Io fui d'Arezzo, e Albero da Siena»,
rispuose l'un, «mi fé mettere al foco;
ma quel per ch'io mori' qui non mi mena.*

*Vero è ch'i' dissi lui, parlando a gioco:
"I' mi saprei levar per l'aere a volo";
e quei, ch'avea vaghezza e senno poco,
volle ch'i' li mostrassi l'arte; e solo
perch'io nol feci Dedalo, mi fece
ardere a tal che l'avea per figliuolo.*

*Ma nell'ultima bolgia de le diece
me per l'alchìmia che nel mondo usai
dannò Minòs, a cui fallar non lece».*

In Inghilterra nel XIII sec. il monaco francescano Ruggero Bacone, filosofo e scienziato, definito per la sua cultura enciclopedica *Doctor mirabilis*, nella sua opera *Epistola de secretis operibus naturae* enunciò questa profezia:

Si potranno costruire macchine per volare, nelle quali un uomo siede girando un congegno grazie al quale ali artificiali battono l'aria, come in un uccello che vola.

Pur confessando di non averla mai vista né di conoscere chi l'abbia vista, anche se sa di qualcuno che ha progettato una simile macchina volante,² è rimarchevole la considerazione della necessità di un dispositivo, che non siano le sole braccia dell'uomo, per azionare le ali e volare come un uccello. Anche se poi Bacone ipotizzerà un grande globo di rame estremamente sottile riempito con "etere atmosferico" o "fuoco liquido", con l'uomo all'interno, che avrebbe potuto volare nell'aria galleggiando come un vascello sull'acqua.

La curiosità scientifica e lo spirito d'indagine di Ruggero Bacone avevano aperto la via alla conquista dell'aria, ponendo seriamente il problema del volo secondo due linee metodologiche essenziali per arrivare a un risultato: lo studio sistematico del volo degli uccelli e l'ideazione di un meccanismo che ne imitasse i movimenti, dal momento che la forza umana era insufficiente ad azionare il battito delle ali come avevano ripetutamente dimostrato gli esperimenti falliti. Sarà l'ingegno di Leonardo a sviluppare e a risolvere in parte questi problemi e a rispondere positivamente all'interrogativo del nostro immaginario interlocutore: c'è veramente qualcosa di nuovo in aeronautica all'alba del XVI secolo.

Chi infatti volle continuare ad affidarsi alla sola forza umana era

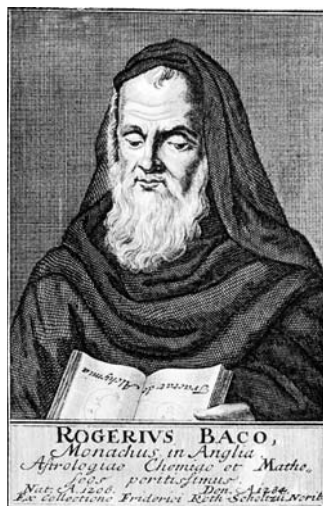


Fig. 7 - Ruggero Bacone
(~1214 - 1294).

² Bacone forse allude al connazionale Oliviero di Malmesbury.

condannato al fallimento. Non ebbe, infatti, sorte migliore dei suoi predecessori il lombardo John Damian vissuto alla corte del re di Scozia Giacomo IV in qualità di esperto in salassi. Nel settembre del 1507 munito di due ali legate alle braccia spiccò il volo dal castello di Sterling, ma, fra l'ilarità generale, finì rovinosamente su un mucchio di letame rompendosi una gamba. Non bastò certo individuare la causa del suo fallimento nel fatto che le ali erano state realizzate con piume di gallina, volatile che notoriamente non vola, mentre avrebbero dovuto essere fatte con penne d'aquila.

2. Leonardo da Vinci: uno spartiacque fra mito e realtà



Fig. 8 - Una pagina del *Codice del Volo degli Uccelli*. Si noti la scrittura da destra a sinistra tipica di Leonardo.

Leonardo da Vinci (1452 – 1519) illustrò i suoi studi sul volo essenzialmente in un quadernetto manoscritto, il *Codice del Volo degli Uccelli*, composto fra il marzo e l'aprile del 1505, che, dopo varie vicissitudini, è conservato dal 1893 presso la Biblioteca Reale di Torino. Basandosi sulla rigorosa osservazione del volo degli uccelli, egli elaborò una vera e propria teoria attraverso la quale passare alla realizzazione del volo umano. Al di là di note alla rinfusa e di appunti disordinati Leonardo non ha lasciato altro sull'argomento, anche se si era proposto di scrivere un trattato sul volo diviso in

quattro capitoli:

Dividi il trattato degli uccelli in quattro libri, de' quali il primo sia del volare per battimento d'alie: il secondo del volo senza battere d'alie, per favor di vento, il terzo del volare in comune, come d'uccelli, pipistrelli, pesci, animali, insetti; l'ultimo del moto strumentale.

La geniale intuizione di Leonardo consistette nel riconoscere che la reazione sulle ali dell'aria pesante, dilatabile, compressibile e resistente era il fondamento del sostentamento degli uccelli nel volo. L'ala, muovendosi in un mezzo comprimibile e dilatabile, trova in essa una resistenza, come aveva anticipato nella pag. 12 del *Codice Trivulziano*:

Quando la forza genera più veloce moto che la fuga della inresistente aria, viensi essa aria a condensarsi a similitudine delle piume premute e calcate dal peso del sonnolente. E quella cosa che cacciava l'aria, trovando in essa resistenza, risalta a similitudine della palla percossa nel muro.



Fig. 9 - Paracadute di Leonardo
(*Codice Atlantico*).

Una intuizione sulle possibilità del volo umano che già troviamo nel *Codice Atlantico*:

Tanta azione si fa colla cosa incontro all'aria quanto l'aria contro la cosa. Vedi l'alie percosse contro l'aria far sostenere la pesante aquila nella suprema e sottile aria. Ancora vedi la mossa aria sopra il mare ripercossa nelle gonfiate vele, far correre carica e pesante la nave; sicché per queste dimostrative e assegnate ragioni potrai conoscere l'uomo colle sue congegnate a grandi alie, facendo forza contro alla resistente aria, di poterla soggiogare e levarsi sopra di lei.

Questa certezza condusse Leonardo a ideare il paracadute, una tenda di lino inamidato a forma piramidale, con la base rigidamente aperta, il cui disegno è conservato in un foglio del citato *Codice Atlantico*:

Se un uomo ha un padiglione di pannolino intasato, che sia di 12 braccia per faccia e alto 12, potrà gittarsi d'ogni grande altezza senza danno di sé.

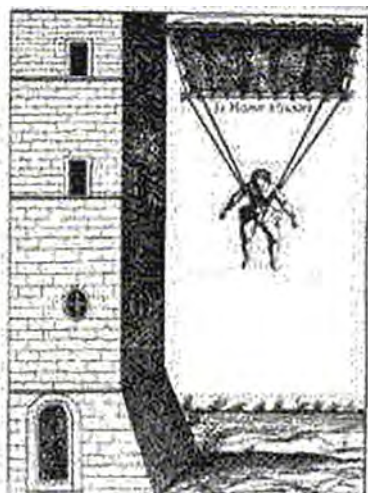


Fig. 10 - Paracadute di Fausto Veranzio.

Il progetto di Leonardo rimase sulla carta, anche perché ci si può domandare quale impiego avrebbe avuto a quei tempi. Forse per fuggire da un edificio in fiamme. Fu adottato come gioco da fiera da alcuni saltimbanchi veneziani del Rinascimento e un secolo dopo venne ripreso, sia pure senza essere realizzato, dal letterato e scienziato dalmata veneziano Fausto Veranzio (1551 - 1617) che nella sua opera *Machinae Novae* riportò un disegno dell'*Homo volans*.

Una seconda applicazione del principio della resistenza dell'aria, anche essa rimasta a livello di intuizione teorica, fu la cosiddetta "vite aerea", in cui si è voluto riconoscere un prototipo dell'elicottero. La macchina era immaginata come una vite senza fine di 5 m di diametro, in legno, corda e tela di lino inamidata, il cui albero era fatto ruotare dall'azione di quattro uomini muscolosi:

Trovo, se questo strumento a vite sarà ben fatto, cioè fatto di tela lina, stoppata i suoi pori con amido, e svoltata con prestezza, che detta vite si fa la femmina nell'aria e monterà in alto.

Il meticoloso studio della dinamica del volo degli uccelli e della loro anatomia condusse Leonardo a proporre nel tempo varie con-

figurazioni di congegni alati, a partire da due ali battenti simili a quelle di un pipistrello attaccate al collo e alla vita dell'uomo ed azionate essenzialmente dai muscoli delle gambe. Macchine del genere costituiscono, peraltro, bellissimi disegni sulla carta, ma non avrebbero mai potuto volare, perché la forza



Fig. 11 - La vite aerea di Leonardo
Codice Atlantico, foglio 83.
Biblioteca Ambrosiana, Milano



Fig. 12 - Uno studio sulle ali effettuato da Leonardo.

muscolare dell'uomo non è sufficiente a farle sollevare. Per vincere la forza di gravità, che ci tiene inesorabilmente avvinti al nostro pianeta, all'uomo è infatti richiesta una quantità di energia molto maggiore di quella occorrente ad un uccello, in quanto il dispendio energetico per volare è tanto più elevato, per unità di peso, quanto più è voluminoso il corpo che vola.³ Per questo motivo vi sono critici che sostengono che, al di là dell'indiscutibile grandezza del Leonardo della Gioconda o del suo

³ Dal punto di vista matematico questo principio risponde alla "legge del cubo - quadrato" per la quale se un corpo viene sottoposto ad un aumento proporzionale di dimensioni, il suo nuovo volume è proporzionale al cubo del moltiplicatore e la sua nuova superficie è proporzionale al quadrato del moltiplicatore.

incalcolabile contributo nel campo della conoscenza, questi progetti aeronautici del genio vinciano vadano collocati nell'ambito della fantascienza assieme agli scritti di Jules Verne e di H. G. Wells.

Lo stesso Leonardo comprese che dal volo senza sforzo degli insetti si passa a quello più faticoso degli uccelli e fra questi il lavoro aumenta col crescere delle dimensioni, passando dal volo «per battimento d'ali» fino ai 3 kg di peso al «volare senza batter ali per favor di vento» degli uccelli di taglia medio – grande come i rapaci predatori

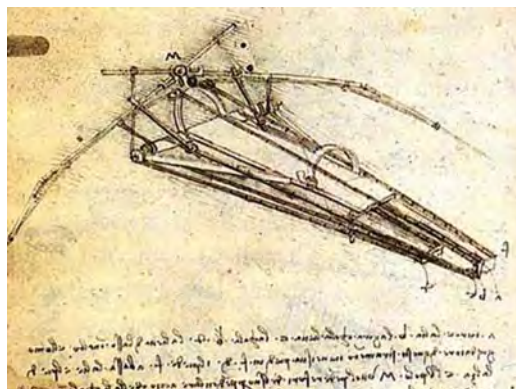


Fig. 13 - Il disegno della struttura portante della macchina volante di Leonardo.

che si librano nell'aria affidandosi alle correnti e fanno ricorso alla battuta solo per correggere o stabilizzare la traiettoria. Finché ai 10 kg di peso si raggiunge il limite prescritto dalla natura per la navigazione aerea degli animali.⁴ Da queste osservazioni Leonardo estese i suoi studi al fine di cercare dispositivi in grado di moltiplicare la debole forza muscolare dell'uomo. Concepì una macchina volante con ali in

seta fine, robusta e leggera, con apertura alare di 10 metri, innestate in un telaio di legno sul quale l'uomo si sarebbe posizionato disteso, a testa in giù. Il battimento delle ali sarebbe stato ottenuto mediante un sistema di trasmissioni collegato ad un motore a molla manovrato dall'uomo. Più che un aeroplano, questo dispositivo sarebbe stato un *ornitottero*, un aeromobile a superficie alare battente che avrà una certa considerazione durante l'infanzia del più pesante dell'aria.

Leonardo avrebbe pensato anche alla sicurezza del pilota, collocando a bordo otri pieni d'acqua, che avrebbero ammortizzato un'eventuale (e probabile) caduta. Ma egli è ormai conscio che la forza muscolare dell'uomo non è sufficiente ad azionare il battito

4 Raffaele Giacomelli, *Gli studi di Leonardo sul volo*, Archivio di Storia della Scienza, Roma, vol. i, n. 2, giugno 1919, pp. 174-176.

delle ali e che, al momento, l'unica possibilità è data dal volo librato. Nel *Codice sul Volo degli Uccelli* Leonardo fa intravedere, in quanto mai rappresentata nel suo insieme, una macchina volante destinata al volo planato, di cui dà le dimensioni dell'apertura alare (18 m) e l'assetto del pilota, seduto su un seggiolino, in posizione verticale. Egli era certo che questa sua invenzione avrebbe avuto successo, tanto che annotò questa affermazione:

Figlierà il primo volo il grande uccello sopra del dosso del suo magno Cicero e empiendo l'universo di stupore, di sua fama tutte le scritture, e gloria eterna al nido dove nacque.

E in effetti da Monte Ceceri, un dosso nei pressi di Fiesole, nel 1506 un certo Tommaso Masini, detto Zoroastro da Peretola, uno dei famigli di Leonardo, si lanciò a bordo della macchina volante, planando per circa 1000 m. Sembra, anche se non è certo, che alla fine del volo il congegno si sia schiantato al suolo, anche se senza conseguenze letali per il collaudatore.



Fig. 14 Una ricostruzione museale dell'aliante di Leonardo.

Abbandonata l'impraticabile soluzione dell'ala battente, Leonardo si concentrò verso l'ala fissa, del tipo di quella dell'aliante e del deltaplano, destinata quindi al volo planato. Più realistica la concezione di un aliante ad estremità manovrabili, le cui ali, cioè, erano rigide nella parte più interna e flessibili in quella esterna. Questa parte può infatti essere piegata attraverso un cavo di comando azionato dall'uomo per mezzo di maniglie in modo da consentire piccoli aggiustamenti direzionali.

Gli insegnamenti leonardeschi vennero acquisiti dal perugino Giovan Battista Danti (1478 - 1517), ingegnere militare, detto Daldalo, in quanto con un paio d'ali di legno e pelli leggerissime, fisse

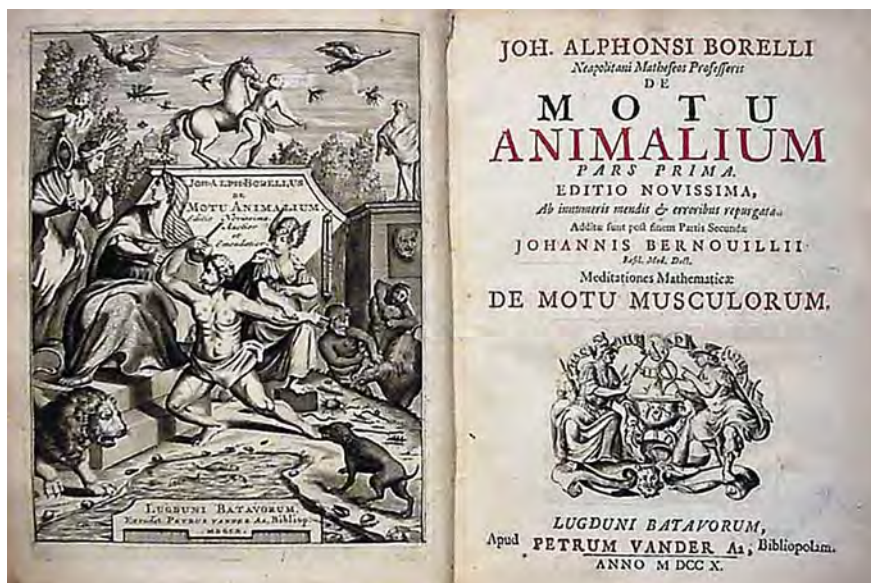
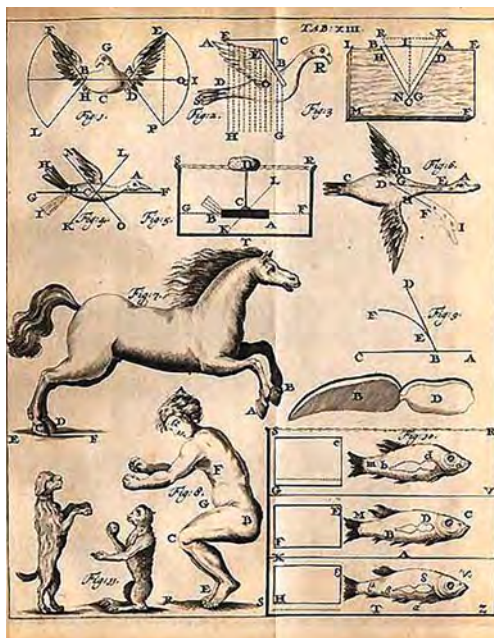


Fig. 15 - Frontespizio del *De motu animalium* di Gian Alfonso Borelli.

e non battenti, si era a lungo addestrato al volo librato lanciandosi da un'altura dell'Isola Maggiore nel Lago Trasimeno, sfruttando il favore del vento e le correnti ascensionali. Male che andava, finiva con un tuffo nell'acqua, dove un suo fedele servitore era pronto a pescarlo. La grande occasione gli fu data nel febbraio 1503 quando, per i festeggiamenti di nozze della giovane Pantasilea Baglioni, discendente del potente casato dei signori della città, con il celebre capitano di ventura Bartolomeo d' Alviano, la Piazza Grande di Perugia era piena come un uovo di una folla che, a naso all'insù, lo avrebbe ammirato. Il Danti, attaccato al suo meccanismo, si lanciò librandosi da una torre vicina, ma per la rottura di un montante che sorreggeva l'ala sinistra, rovinò su un tetto rompendosi una gamba e andando ad allungare la lista degli sfortunati pionieri del volo umano.

Se Leonardo fu il primo a fondare una teoria sul volo degli uccelli, i suoi studi, peraltro, rimasero occultati fino ai tempi recenti, mentre viene registrato come primo creatore di una teoria sul volo animale il napoletano Gian Alfonso Borelli (1608 - 1679), professore nelle università di Messina e di Pisa, col trattato *De motu animalium*.

Questa opera è considerata fondamentale nell'impostazione della fisiologia muscolare, tanto che già subito dopo la sua pubblicazione (1680) si sosteneva che ogni medico avrebbe dovuto conoscerla. A proposito del volo umano per forza muscolare Borelli sosteneva che l'uomo avrebbe potuto volare se la sua forza muscolare fosse diecimila volte il suo peso, ma i suoi muscoli pettorali non hanno questa disponibilità: negli uccelli essi costituiscono un sesto del peso totale, mentre nell'uomo non raggiungono neppure un centesimo. A questo punto, o si aumenta la forza dei muscoli, operazione impossibile,⁵ oppure si diminuisce il peso dell'uomo fino a raggiungere il valore corrispondente alla potenzialità dei suoi muscoli. La strada da battere era la seconda sosteneva Borelli, osservando che un piccolo pezzo di piombo riesce a galleggiare sull'acqua se sostenuto da un grande pezzo di sughero, oppure i pesci si mantengono in equilibrio perché dotati di una grossa vescica piena d'aria. Era un richiamo al principio di Archimede secondo il quale un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del fluido spostato. Dunque, se si attacca all'uomo un grande recipiente leggero vuotato dell'aria, questi potrà galleggiare nell'aria. Ma, concludeva lo scienziato, è impossibile realizzare un simile dispositivo, perché la pressione dell'aria esterna farebbe immediatamente scoppiare l'involucro vuoto. Si dovrebbe fare un recipiente resistente di rame o di altra lega, ma in tal caso



**Fig. 16 - Una tavola illustrata del
De motu animalium
di Gian Alfonso Borelli.**

⁵ Il Borelli non immaginava un motore in grado di sostituire la forza muscolare.

sarebbe troppo pesante per sollevarsi.

Ma un gesuita bresciano contemporaneo del Borelli, Francesco Lana (1631 - 1687) in un saggio intitolato *Prodromo* (1670) propose una nave volante sollevata da quattro sfere di rame di 7,5 m di diametro nelle quali sarebbe fatto il vuoto. Aspirata tutta l'aria dalle sfere, queste sarebbero divenute più leggere dell'aria esterna offren-

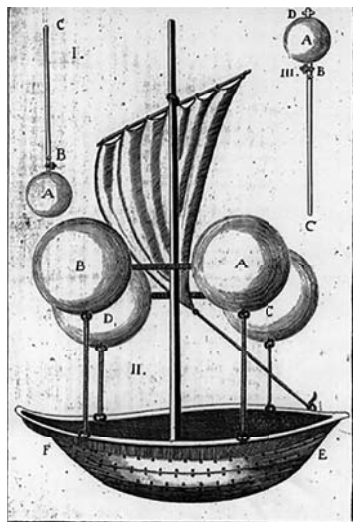


Fig. 17 - La nave aerea di Francesco Lana.

do una spinta ascensionale che avrebbe sollevato la nave e sei passeggeri. Vele e remi avrebbero poi provveduto agli spostamenti. La velocità di salita poteva essere controllata lanciando sacchetti di sabbia, la discesa mediante graduale introduzione di aria nelle sfere.

Come si è detto la realizzazione del progetto era fisicamente impossibile o perché le sfere troppo leggere sarebbero implose per azione della pressione esterna o perché, se pure resistenti, sarebbero troppo pesanti rispetto alla spinta fornita. Peraltro Lana non volle realizzare la sua nave volante per il timore che potesse essere usata per scopi militari

Questa propensione ad impiegare il vuoto era dovuta all'eccitazione che ferveva intorno all'invenzione del momento, la produzione del vuoto da parte di Otto von Guericke con i famosi "emisferi di Magdeburgo".⁶ Borelli e Lana non considerarono un'azione che sarebbe stata risolutiva, ovvero che anziché vuotare il recipiente per alleggerirlo questo vada riempito con una sostanza più leggera dell'aria. E questa sarà la strada che batteranno i prossimi pionieri del volo.

⁶ Sconfessando definitivamente il principio aristotelico per il quale la natura non ammetteva l'esistenza del vuoto, *horror vacui*.

3. Candore e ostinazione degli uomini volanti nella fantasia e nella realtà.

Pur avendo la scienza stabilito alcuni punti fermi sulla meccanica del volo umano, non pochi uomini volanti tentarono ancora di alzarsi in volo, schiantandosi ovviamente al suolo. Tentativi irrazionali dei quali si appropriarono scrittori e filosofi, da Cyrano di Bergerac a John Wilkins, Voltaire... che sfruttarono la narrazione dei più inverosimili congegni per volare su altri mondi come pretesto per intenti satirici e moralistici e dei quali abbiamo esaurientemente parlato in un precedente articolo su questa Rivista.⁷

Né fu dimenticata la colomba - robot di Archita. L'astronomo tedesco Johannes Müller (1436 - 1476) nato a Königsberg (Regiomontum) e perciò detto Regiomontano costruì un'aquila volante che diversi cronisti hanno scritto che avrebbe corso incontro all'imperatore Carlo V al suo ingresso a Norimberga, precedendolo fino alle porte della città. Trascurando però che quando Carlo V andò a Norimberga (1541) il Regiomontano era morto da 65 anni. Egli costruì anche una mosca di ferro che ad un banchetto partì dalle sue mani e ronzando fece il giro dei commensali per rientrare nelle mani del prestigiatore: uno dei primi *drone* della storia del volo.

Anche Atanasio Kircher (1602 - 1680), il dotto gesuita tedesco vissuto lungamente a Roma e già ai suoi tempi considerato un'enciclopedia vivente, si ispirò alla colomba di Archita ideando un dispositivo magnetico in grado di farla volare. Costruì una statuina di carta rappresentante Archita, celando al di sotto di essa un piccolo magnete. Una mano dell'Archita cartaceo sorreggeva un filo di canapa, all'altra estremità del quale era collegata la colomba, anche essa di carta. Due aghi metallici erano disposti rispettivamente nel becco della colomba e su Archita in maniera che il campo magnetico generato dalla calamita li magnetizzasse in modo da mantenere la colomba sospesa nell'aria. Se poi il magnete veniva nascostamente messo in rotazione anche la colomba lo seguiva nel suo moto: il giro veniva percorso su un quadrante, impiegando la colomba a guisa

⁷ Luigi Balis Crema, Antonio Castellani, *Sogno e realtà nella ricerca spaziale*, «ArteScienza» anno IV, n. 7, giugno 2017, pp. 47-120.

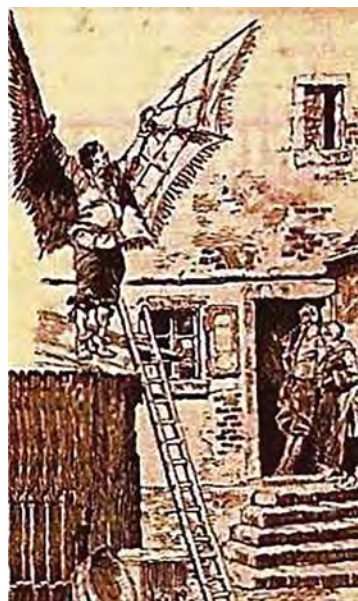


Fig. 18 - Salomon Idler poco prima del suo tentativo di volo fallito.

della lancetta delle ore, precorrendo così i moderni orologi elettrici. La notizia della colomba volante si diffuse in tutta Roma e già si gridava al miracolo. Il pontefice Urbano VIII, che conduceva una battaglia contro la stregoneria arrivando perfino a impiegare l'Inquisizione, volle constatare *de visu* l'esperimento e, pur riconoscendo che non si trattava di magia, proibì al Kircher di continuare per non turbare la pubblica tranquillità.

Negli stessi anni il lucchese Paolo Guidotti (1569 - 1629) pittore caravaggesco, poeta, scultore, matematico, detto il Cavalier Borghese, tentò anche il volo con ali costruite in osso di balena, ma cadde sopra un tetto, sfondandolo e rompendosi una gamba.

Ancora nello stesso periodo ad Augusta in Baviera il "calzolaio volante"

Salomon Idler (1610 - 1669) progettò di lanciarsi da una torre alta 70 metri con un paio d'ali di ferro e piume, ma venne giustamente dissuaso. Decise allora di buttarsi dal tetto di una casa ma andò a schiantarsi su un ponte che crollò sotto l'urto. Quattro polli, che razzolavano sotto il ponte in quel momento, finirono schiacciati e furono le prime vittime, a terra, di un incidente aereo. Dopo il suo tentativo di volo senza successo, Idler bruciò la sua macchina volante in un campo vicino a Augsburg-Oberhausen .

Il 12 dicembre 1678 a Sablé-sur-Sarthe nella Francia nord-occidentale un fabbricante di serrature di nome Le Besnier cercò di volare con due coppie di ali di taffetà assicurate a due bastoni fissati alle spalle. Le ali erano mosse alternativamente, quelle anteriori dalle braccia, le posteriori dai piedi collegati con una corda. Quando con la mano destra veniva abbassata l'ala anteriore destra, il piede sinistro faceva abbassare l'ala posteriore sinistra. Sembra che con questo congegno, che per la prima volta nulla ha a che fare col modo di volare

degli uccelli, Le Besnier sia passato da una torre ai tetti delle case vicine.

Nei primi decenni del secolo XVIII circolarono in Europa voci che il sacerdote brasiliano Bartolomeu Lourenço de Gusmão (1685 – 1724) si fosse sollevato su un dirigibile. Le cose non stavano proprio così, ma in effetti Gusmão aveva convinto il re del Portogallo Giovanni V a finanziare le sue ricerche sul più leggero dell'aria. Dopo alcuni esperimenti falliti, l'8 agosto 1709 egli dette di fronte alla corte portoghese una dimostrazione di ascensione di un modello di pallone ad aria calda, realizzato con un leggero telaio di legno ricoperto di carta, sotto il quale era acceso un fuoco. Più tardi Gusmão perfezionò il suo ambizioso progetto ideando una specie di gondola a forma di uccello denominata "Passarola" destinata a sollevare passeggeri mediante un grande pallone ad aria calda. Un'ascensione dimostrativa fu data nella piazza davanti al



Fig. 19 - Il tentativo del volo di Le Besnier (1683).

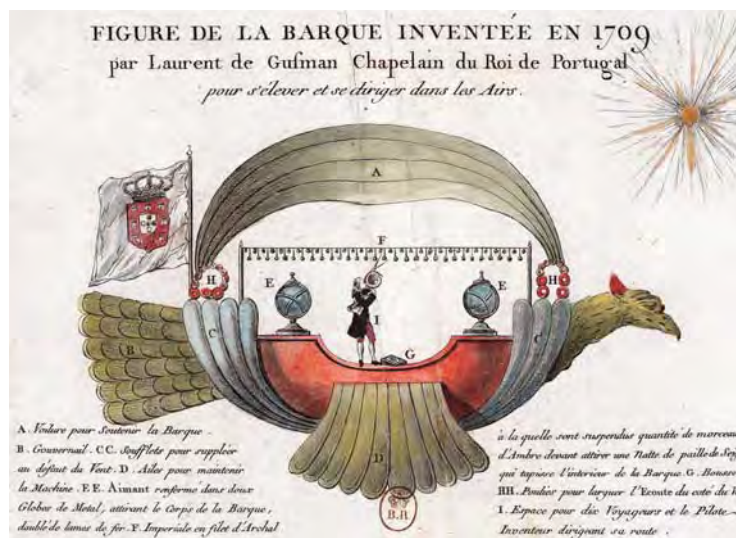


Fig. 20 - La Passarola di Lourenço de Gusmão.

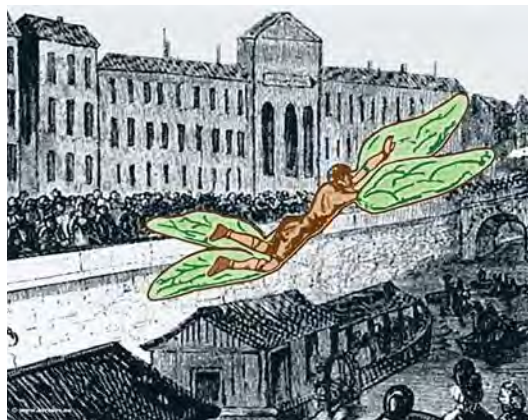


Fig. 21 - Il marchese de Bacqueville in volo sulla Senna (19 marzo 1742).

palazzo reale di Lisbona, ma l'involucro urtando un tetto si lacerò e la macchina volante ridiscese, senza danni per l'aeronauta. Ma alcuni fanatici o invidiosi trascinarono il Gusmão davanti al Sant'Uffizio di Lisbona accusandolo di praticare la magia. Il terrore dell'Inquisizione lo spinse a bruciare i suoi manoscritti, a travestirsi e fuggire in Spagna, dove subito dopo morì in

un ospedale.

L'abate Pierre Desforges (forse 1723 - 1791), canonico della Chiesa Collegiata di Santa Cruz de Étampes e noto per essere stato imprigionato nella Bastiglia nel 1758, dopo aver pubblicato un libro che sosteneva il matrimonio dei sacerdoti, nel 1772 aveva costruito una macchina volante realizzata con una gondola di vimini sormontata da un parasole di piume per proteggerla dalla pioggia, dotata di ali ricoperte di penne per sollevarsi e navigare nell'aria. Con l'aiuto dei passanti, la macchina venne portata in cima a una torre su una collina nei pressi di Étampes, ma per quanto le ali si agitassero, essa rimase tenacemente attaccata al suolo.

Sempre in Francia a Parigi nel 1742 il marchese Jean-François Boyvin de Bonnetot de Bacqueville (1688 - 1760/1786) stanco di camminare come un comune bipede terrestre decise di lanciarsi in volo. Si costruì quattro grandi ali di stoffa e legatele sotto gambe e braccia il 19 marzo si gettò dal tetto di un albergo per volare sulla Senna. Andò a finire su una barca nel mezzo del fiume rompendosi le gambe e divenendo lo zimbello di tutta la città.

I tentativi degli uomini volanti andranno avanti ancora per decenni, perfino con lanci dalla Torre Eiffel, ma dalla metà del XIX secolo le conoscenze scientifiche hanno ormai raggiunto un livello tale da risolvere tutti i problemi del volo.

4. È il momento del più leggero dell'aria

Il 5 giugno 1783 vi fu realmente qualcosa di nuovo nell'aria: un enorme pallone di 11 metri e mezzo di diametro, realizzato con tre strati di carta sottile e tela di sacco e ricoperto da una rete da pesca per rinforzare la struttura, si sollevò dalla piazza di Annonay a sud di Lione nella Francia, fino a 150 m di altezza e volò spinto dal



Fig. 22 I fratelli Joseph Michel e Jacques Étienne Montgolfier.

vento per una decina di minuti, atterrando 2 chilometri più lontano. Era stato costruito dai fratelli Joseph Michel (1740 – 1810) e Jacques Étienne Montgolfier (1745 – 1799) e si sollevava grazie ad una piccola stufa posta sotto il globo, dove bruciavano paglia e dei rametti di vite in maniera da scaldare l'aria sottostante che, salendo, avrebbe trascinato il pallone. La data per la dimostrazione pubblica di questa invenzione – che oggi chiameremmo epocale – fu scelta dai fratelli Montgolfier il 4 giugno perché i notabili degli *États Particuliers* della Provincia si riunivano ad Annonay. Essi redassero un resoconto dell'evento e lo inviarono a Parigi all'Accademia delle Scienze, che invitò gli inventori a ripetere la dimostrazione.

Si dice che a Joseph ed Étienne Montgolfier, fabbricanti di carta, sia venuta l'ispirazione della loro invenzione osservando davanti al focolare dei pezzettini di carta bruciacchiati sospinti in alto con il fumo o le faville sprigionate dai ciocchi ardenti – le “monachine” di Enrico Panzacchi:

*O monachine scintillanti e belle
che il camin nero inghiotte,
volate forse a riveder le stelle?*

O che avessero visto i panni stesi sopra i bracieri, che le lavandaie impiegavano per affrettare l'asciugatura, che si gonfiavano e si

sollevavano sopra al fuoco. Comunque, qualunque sia stato il fenomeno osservato, essi non conoscevano la proprietà dell'aria calda che rarefacendosi sale verso l'alto, ma pensarono che la combustione producesse un misterioso gas in grado di sollevare gli oggetti da terra. Chiudendo del vapore d'acqua o del fumo in un sacco leggero, questo, sollevato da questo gas ascensionale, avrebbe raggiunto le nuvole. In realtà questo gas non aveva nessuna proprietà magica, ma era solamente aria che riscaldandosi diminuiva il suo peso specifico



Fig. 23 - Il 21 novembre 1783, Pilâtre de Rozier e il marchese d'Arlandes compiono il primo volo libero umano della storia.

viventi: un gallo, una pecora ed un'anatra, essendosi il re opposto al volo umano proposto dai Montgolfier, per i rischi che si sarebbero corsi impiegando un mezzo sconosciuto e carico di imprevisti. Otto minuti più tardi, il pallone si arrestò in un bosco dopo un volo di 3,5 km a 500 m di altezza, con i passeggeri sani e salvi.

Ormai i Montgolfier erano pronti al volo umano. Venne costruita una mongolfiera di 2.200 metri cubi in tela di cotone decorata con

ed essendo più leggera di quella normale saliva all'interno dell'involucro trascinandolo in alto con sé.

Avuto il benestare dell'Accademia delle Scienze, il 19 settembre 1783 fu lanciato dalla corte del castello di Versailles alla presenza del re di Francia Luigi XVI e della regina Maria Antonietta un aerostato più voluminoso, di 14 m di diametro, splendidamente decorato in blu e oro – che poi sarà chiamato “mongolfiera”. In un cesto appeso alle corde del pallone volarono i primi aeronauti

i simboli reali. Il re, come si è detto, era contrario al volo umano, poi cambiò idea e propose di utilizzare due condannati a morte che sarebbero stati graziati e alla fine autorizzò il fisico François Pilâtre de Rozier (1754-1785) e François Laurent LeVieux, marchese d'Arlandes (1742 - 1809) a salire a bordo: saranno i primi aeronauti della storia ad effettuare un volo libero. Il 21 novembre 1783 dal parco del castello de la Muette, vicino all'attuale Bois de Boulogne, si sollevò il pallone con i due coraggiosi. Sorvolarono i tetti di Parigi a 1.000 m d'altezza, percorrendo una decina di chilometri in venticinque minuti, e si posarono dolcemente a Butte-aux-Cailles, nei pressi della Place d'Italie.

L'aspirazione dell'uomo alla conquista delle vie dell'aria era divenuta realtà. Da questo momento il volo, sia pure col più leggero dell'aria, diverrà un'attività quotidiana e in tutta Europa e in America si scatenò una vera e propria *ballonmania* che accese l'immaginazione del popolo che accorreva in massa ad assistere alle manifestazioni aerostatiche. Il pallone, in pieno Illuminismo, assurge a simbolo della capacità e della potenza dell'uomo, in linea con le aspettative di progresso e di rinnovamento che identificano l'epoca dei lumi.

Se l'invenzione dei fratelli Montgolfier fu sostanziale, altrettanto essenziali furono le innovazioni fornite dall'avanzata tecnologia del tempo. L'impiego dell'aria calda era legato alla durata dell'alimentazione con paglia e rametti di piante e quando questa si esauriva l'aerostato non poteva che scendere a terra, limitando così la durata del viaggio aereo. C'era sempre il pericolo che la carta con cui era fatto l'involucro prendesse fuoco. Compito del marchese d'Arlandes non fu solo quello di alimentare il fuoco ma di tenere a bada con una spugna imbevuta di acqua le fiamme che minacciavano di incendiare l'involucro. Da poco (1766) lo scienziato inglese Henry Cavendish (1731-1810) aveva isolato l'idrogeno, allora chiamato «aria infiammabile», versando dell'acido solforico (o vetriolo) sul ferro: un gas quattordici volte più leggero dell'aria. Poco dopo Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) determinò che l'acqua è composta da ossigeno e idrogeno. Ne seguì un processo di produzione industriale del gas per decomposizione del vapore acqueo circolante nei tubi di ferro scaldati al color rosso. Negli effervescenti ambienti scientifici del

momento si comprese subito che l'idrogeno sarebbe stato un ideale mezzo di sostentazione di un aerostato. A dispetto della pericolosità legata alla sua estrema infiammabilità questo gas sarà impiegato in maniera dominante negli aerostati dei successivi 200 anni.

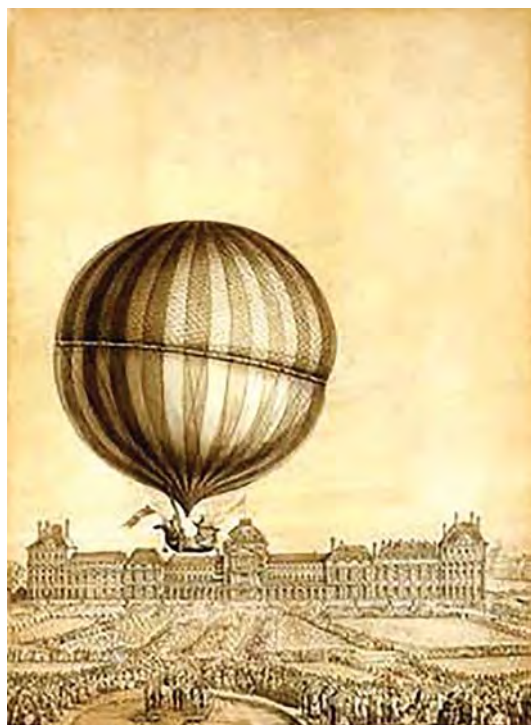


Fig. 24 - Il primo volo del pallone a idrogeno di Charles il 1° dicembre 1783.

dei giardini delle Tuileries, in compagnia del più giovane dei fratelli Robert, Marie-Noël, davanti ad una folla straboccante. Dopo due ore di volo a 1.000 m d'altezza, percorsero 36 km prima di posarsi al suolo. Nella confusione, Charles decise di ripartire da solo e salì fino a 3 000 m.

Come tutti i grandi eventi tecnologici anche l'aerostatica reclama i suoi record ma esige anche le sue vittime. Il 7 gennaio 1785 Jean-Pierre Blanchard (1753 - 1809), francese, e John Jeffries (1746 - 1819),

Il fisico Jacques Alexandre César Charles (1746-1823) entrò in competizione con i Montgolfier con la costruzione di un pallone a idrogeno di 400 metri cubi, in seta impermeabilizzata, a bande gialle e rosse, equipaggiata con una navicella a forma di gondola. Per tale realizzazione il fisico si era associato a due fratelli parigini Anne-Jean Robert (1758-1820) et Nicolas-Louis Robert alias Marie-Noël Robert (1760-1820), che avevano trovato il modo di sciogliere la gomma elastica e di rendere impermeabili i tessuti. Il 1° dicembre 1783, dieci giorni dopo il volo della mongolfiera di Pilâtre de Rozier, Charles si alzò al di sopra

americano compirono la prima traversata aerea della Manica da Dover a Calais con un pallone a idrogeno, ormai chiamato "ciarliera". Invece François Pilâtre de Rozier, il primo aeronauta della storia, sarà anche la prima vittima del volo. Aveva ideato un aerostato che per accrescere la spinta ascensionale era composto da un pallone sferico ad idrogeno (ciarliera) sovrastante una camera cilindrica alimentata ad aria calda (mongolfiera), con il quale, assieme a Pierre Romain, il 15 giugno 1785 tentò la traversata della Manica in direzione dell'Inghilterra. Ma il volo non arrivò nemmeno sul mare, perché il pallone prese la direzione degli scogli e per cause non conosciute, forse per un incendio data la vicinanza della caldaia con l'idrogeno, si schiantò su di essi.

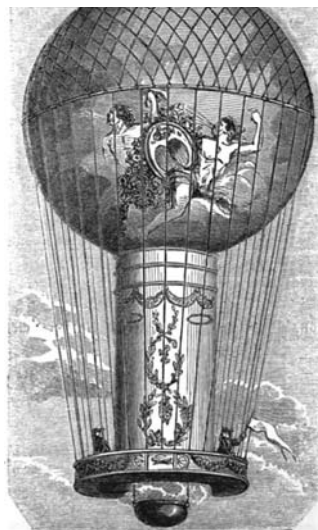


Fig. 25 - Il pallone misto di Pilâtre de Rozier.

Il pallone aerostatico era stato un formidabile passo avanti verso la realizzazione dell'ancestrale sogno dell'uomo di volare libero come gli uccelli e venne apprezzato dagli scienziati e celebrato dai poeti. Vincenzo Monti nel 1784 dedicò una celebre ode Al Signor di Montgolfier:

*Quando Giason dal Pelio
Spinse nel mar gli abeti,
E primo corse a fendere
Co' remi il seno a Teti;*

*Su l'alta poppa intrepido
Col fior del sangue acheo
Vide la Grecia ascendere
Il giovinetto Orfeo.*

Come era naturale il pallone venne ben presto impiegato anche per scopi militari e già nella battaglia di Fleurus (Belgio) del 26



Fig. 26 - Una stampa della battaglia di Fleurus.

giugno 1794 nell'ambito della prima coalizione venne impiegato dai francesi un pallone aerostatico frenato sul quale avevano preso posto osservatori militari per disporre di informazioni immediate sullo schieramento e sugli spostamenti del nemico, che trasmettevano lanciando biglietti sul comando. Non verrà però utilizzato da Napoleone, ritenendolo troppo lento e poco sicuro. Un vero e proprio servizio aereo fu impiegato dai parigini durante l'assedio prussiano della capitale francese nel 1870, dopo la disfatta di Sedan. Per quattro mesi sessantasei palloni ("montati" perché con equipaggio a bordo) lasciarono il centro di Parigi per superare in volo le linee nemiche ed atterrare trasportati dal vento nelle zone libere a un centinaio di chilometri dalla capitale, ma in un caso addirittura sulle coste della Norvegia a più di 1200 km dal decollo. Si stima che siano state trasportate 100 tonnellate di posta, corrispondenti all'incirca a 2 milioni e mezzo di missive, 534 piccioni viaggiatori e 102 passeggeri, fra i quali Léon Gambetta, ministro degli interni del governo di difesa nazionale.⁸ I piccioni servivano per rispedire i messaggi ai parigini, giacché risultarono vani i tentativi di rientro con lo stesso sistema. Uno dei limiti dei palloni era infatti espresso dal fatto che il viaggio

⁸ Reinhart Koselleck (a cura di), *Gli inizi del mondo moderno*, Milano, Vita e Pensiero, 1977, p. 162.

era normalmente di sola andata, una volta atterrato l'aeronauta sgonfiava l'involucro, lo ripiegava in una cesta e ritornava a casa in treno.

Ma il globo sferico era nato con un peccato originale che limitava pesantemente le sue prestazioni. Esso infatti rimaneva ostaggio dell'aleatorietà dei venti e il suo viaggio non poteva avvenire che nella direzione casuale intimata in quel momento dalla bizzarria di Eolo. Per ottenere un aerostato che potesse essere diretto i tecnici studiarono varie forme allungate e aerodinamiche, finché dopo alcuni tentativi, il 24 settembre 1852 l'ingegnere francese Henri Giffard (1825 - 1882) compì il primo volo con un aerostato dalla forma allungata,

quindi *dirigibile*, di 2.500 m³ di cubatura, spinto da un'elica azionata da un motore a vapore di 3 HP. In 3 ore, alla velocità di 10 km/h, il dirigibile volò da Parigi a Trappes, ad ovest della capitale. Era però poco manovrabile e un grande perfezionamento fu ottenuto col dirigibile *La France* di Charles Renard (1847 - 1905) e Arthur Constantin Krebs (1850 - 1935), una

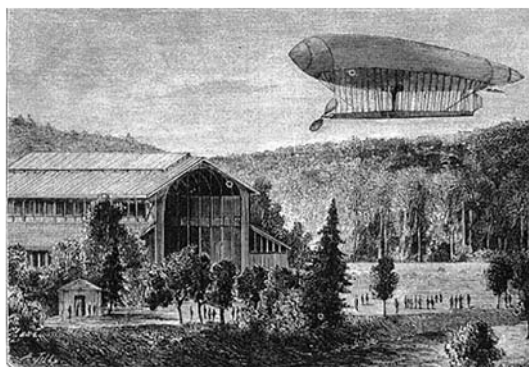


Fig. 28 - Il dirigibile di Henri Giffard (1852).



Fig. 27 - Una foto di Nadal de *Le Neptune* il primo pallone decollato da Montmartre il 23 settembre 1870 durante l'assedio prussiano di Parigi.

macchina completamente controllabile, la prima ad avere effettuato un volo in circuito chiuso atterrando al punto di partenza. Il dirigibile era lungo 52 m, aveva una cubatura di 1.870 m³ ed era propulso da un motore elettrico di 7,5 HP di potenza alimentato da una batteria pesante 435 kg. Il 9 agosto



**Fig. 29 - Il primo volo del dirigibile
La France (1884).**

1884 *La France* volò per 8 km al di sopra della pianura di Villacoublay in 23 minuti, ma in seguito raggiungerà velocità anche superiori a 20 km/h.

L'ultimo passo definitivo per l'affermazione del dirigibile sarebbe stata l'applicazione del motore a combustione interna a quattro tempi, leggero, efficiente ed eco-

nomico, brevettato in Germania nel 1886 da Nikolaus Otto. Si deve all'eccentrico brasiliano Alberto Santos Dumont (1873 - 1932), uno dei più brillanti pionieri del volo, il primo dirigibile con motore a benzina, che volò su Parigi il 20 settembre 1898. Eclatante fu l'impresa che gli aggiudicò il premio di centomila franchi messo in palio dal magnate dell'olio Henry Deutsch de La Meurthe per chi partendo da Saint-Cloud avesse doppiato la torre Eiffel, tornando al punto di partenza in un massimo di mezz'ora. La competizione fu vinta l'8 agosto 1901 dal pilota - costruttore brasiliano, anche se al ritorno a Saint Cloud l'idrogeno dell'involucro si incendiò e il dirigibile rovinò sul tetto di una costruzione, senza danni per l'aeronauta.

L'alba del secolo XX vedrà l'affermazione definitiva del dirigibile come mezzo di locomozione aerea soprattutto grazie ad una nuova concezione costruttiva che rivoluzionerà le reali prestazioni di questa macchina. Quelle attuali, di dimensioni piuttosto modeste e quindi con capacità di carico limitate, erano dei semplici involucri floschi che si gonfiavano all'atto di immissione del gas per mantenere in volo la forma a sigaro. In Germania, sul Lago di Costanza, il conte Ferdinand von Zeppelin (1838 - 1917)



**Fig. 30 - Il conte
Ferdinand
von Zeppelin.**



Fig. 31 - Il dirigibile Zeppelin LZ 11 “Victoria Luise” che fra il 1912 e il 1914 trasportò 9.783 passeggeri in 489 voli, coprendo 54.312 km.

nelle prime linee aeree commerciali, prima di divenire una delle strutture portanti della flotta aerea germanica nella Prima Guerra Mondiale.

Alla domanda che c'è di nuovo si può rispondere: molto, perché ormai si vola e si costruiscono aeronavi in grado di dirigersi e di trasportare carichi grandi su distanze grandi.

5. Nasce ed incanta il più pesante dell'aria

Mentre il dirigibile si affermava in tutta Europa ed aveva anche in Italia i suoi seguaci con Enrico Forlanini (1848 - 1930), Gaetano Arturo Crocco (1877 - 1968), Umberto Nobile (1885 - 1978)..., i sostenitori del più pesante dell'aria proseguivano studi ed esperimenti sul volo alare, accendendo, fin dagli inizi, quella disputa, più ideologica che scientifica, sull'impiego del più pesante - aeroplano - o del più leggero dell'aria - aerostato - che durerà fino a tutti gli anni Venti del secolo passato, quando il primo conquistò la sua definitiva affermazione. In effetti il dirigibile ha parecchie limitazioni legate soprattutto al suo ingombro (si pensi alla necessità di rimesse colossali e di piloni d'ormeggio eccessivamente alti) e alle sue prestazioni

intrinseche: velocità incompatibili con quelle degli aeroplani e quote di volo limitate, che espongono la macchina alle vicissitudini meteorologiche.

Tuttavia i tentativi di volare con una macchina più pesante dell'aria furono frustrati per tutto il XIX secolo dalla mancanza di un motore adeguato. Sotto il suo aspetto aerodinamico l'aeroplano invece nacque proprio ai primi dell'800 e il suo creatore fu l'inglese George Cayley (1773 - 1857), da molti giustamente ritenuto lo scienziato più illustre della storia dell'aviazione. In un piccolo disco d'argento conservato nel Science Museum di Londra



Fig. 32 - Sir George Cayley.



Fig. 33 - Il medaglione di Cayley raffigurante un aliante monoplano.

lo schizzo di un aliante monoplano e sull'altra le due forze, portanza e resistenza, che governano il volo atmosferico. Nel 1804 Cayley costruì il modello di un aliante, lungo 1,5 m, che può essere considerato il primo aeroplano della storia. Consisteva di un'ala montata con un elevato angolo di incidenza su una barra, con impennaggi mobili disposti a croce.

Nel 1810 pubblicò il trattato fondamentale di teoria del volo *On Aerial Navigation* dove è messo in evidenza che portanza, propulsione e



Fig. 34 - Il modello di aliante monoplano di Cayley (1804).

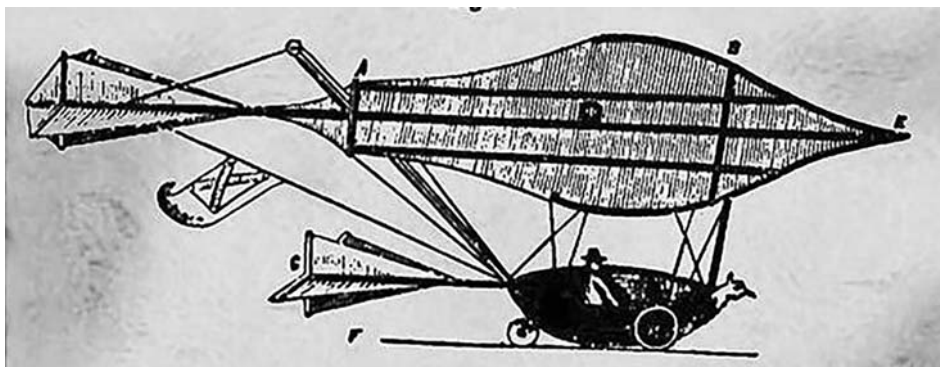


Fig. 35 - Il disegno del grande aliante di Cayley riportato sul *Mechanic's Magazine* del 25 settembre 1852

controllo sono i tre elementi che costituiscono il fondamento del volo. Cayley intervallò i suoi studi sul più pesante dell'aria dedicandosi alla progettazione di dirigibili, fra i quali uno con propulsione a vapore, poi tornò al suo principale interesse e nel 1853, all'età di 80 anni, costruì un grande aliante che fece volare su una valle di sua proprietà pilotato dal suo terrorizzato cocchiere che, sembra, si sia licenziato dopo l'atterraggio.

George Cayley fu dunque l'ideatore della configurazione aerodinamica dell'aeroplano e il promotore del primo volo di un mezzo più pesante dell'aria manovrato dall'uomo. Sui suoi insegnamenti nel 1842 l'inglese William Samuel Henson (1811-1883) associato a John Stringfellow (1799 - 1883) presentò il progetto di un velivolo con apertura alare 45 m, superficie alare 418 m², propulso da due eliche azionate da un motore a vapore di 30 HP di potenza. Denominato *Aerial Steam Carriage* questo aeroplano di moderna concezione avrebbe dovuto costituire il supporto di una compagnia aerea, la *Aerial Transport Company*. Unico ostacolo, l'aereo non



Fig. 36 - L'Aerial Steam Carriage.

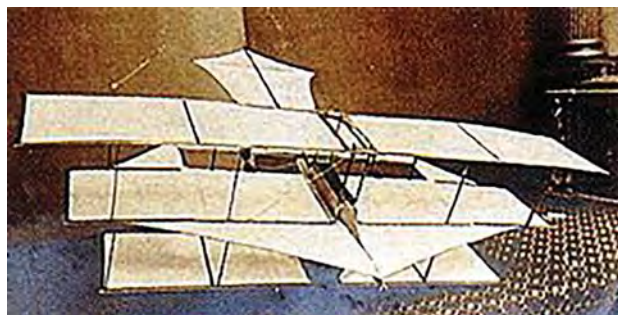


Fig. 37 - Il modello di triplano a vapore di John Stringfellow (1868).

poté mai volare perché non si disponeva a quei tempi di un motore sufficientemente leggero. John Stringfellow proseguì gli esperimenti con un motore a vapore più leggero di sua invenzione e realizzò, al fine di ridurre l'apertura alare, biplani

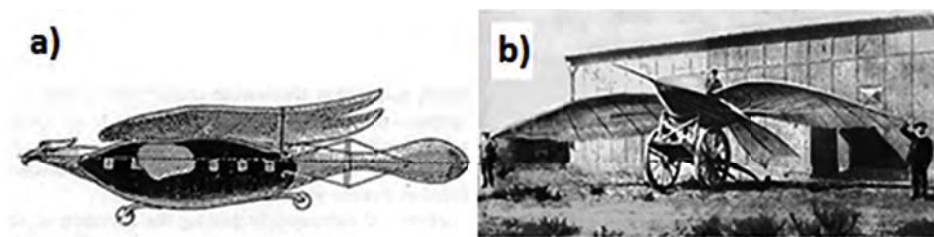
e triplani che espose al Crystal Palace di Londra.

La diffusione degli esperimenti di Cayley e di Henson liberò la fantasia di una gran quantità di inventori che, soprattutto in Francia, svilupperanno le più bizzarre macchine volanti, a partire da Louis-Charles Letur che fra il 1853 e il 1854 compì più voli in Francia e in Inghilterra con due ali appese a un ombrellone, un aliante - paracadute, lasciandoci però la vita in una caduta il 27 giugno 1854. Diverse sono le proposte di configurazioni a forma di uccello, come quella di Marcel Loup (1853) con carrello triciclo e propulsione ad eliche o l'aliante a fisionomia di albatro proposto nello stesso periodo dall'ufficiale di marina Jean-Marie Le Bris.

Un altro ufficiale di marina Félix du Temple (1823 - 1890) costruì un modello con un motore a molla di orologio che in seguito sostituì con un motore a vapore. Nel 1867 passò al prototipo in grandezza naturale, con apertura alare 12 m, peso poco più di 70 kg, carrello triciclo retrattile, azionato da un motore ad aria calda. Con a bordo un marinaio, il velivolo si staccò da terra di qualche metro.

Non è possibile qui passare in rassegna l'infinità di progetti, quasi tutti rimasti sulla carta, fioriti dalla fantasia di appassionati entusiasti, che pagarono sovente con la vita le loro avventate illusioni. Fra l'altro tornò di moda l'ala battente applicata in apparecchi chiamati *ornitotteri*⁹ e vi fu un notevole interesse per l'elicottero, anche se le

⁹ Dal greco ὄνις, uccello, e πτερόν, ala.



**Fig. 38 - a) Monoplano a forma di uccello proposto da Michel Loup
b) L'aliante – albatro di Le Bris fotografato a Brest, in Francia (1868)**

proposte furono del tutto fantasiose o rimasero a livello di modellini. Fra questi vanno ricordati i modelli di elicottero dell'italiano Enrico Forlanini, in particolare l'elicottero a due eliche coassiali controrotanti, di diametro 2,80 m quella inferiore e 1,70 m quella superiore, azionate da un motore a vapore di 0,2 HP di potenza. L'elicottero si alzò fino ad un'altezza di 13 metri, per un volo di una ventina di secondi che terminò con una lenta discesa.

Un contributo fondamentale allo sviluppo del futuro aeroplano fu dato dal francese Alphonse Pénaud (1850 - 1880) con un modello denominato *Planophore* messo in moto dallo svolgersi di una banda elastica in gomma attorcigliata, come si impiega oggi nei giocattoli dei bambini. Era un piccolo monoplano ad ala fissa, lungo 50 cm e apertura alare 45 cm, con un impennaggio di coda cruciforme formato da uno stabilizzatore orizzontale e una deriva verticale che conferivano al velivolo una stabilità intrinseca eccezionale, potenziata dalla piegatura delle estremità delle ali. Il motore a elastico azionava un'elica bipala di 20 centimetri di diametro collocata in posizione spingente in coda. Il "pianoforo" era in grado di volare in linea retta senza sbandamenti, come mostrò il



Fig. 39 - L'elicottero di Forlanini (1877).

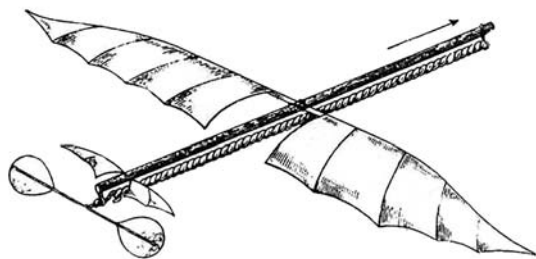


Fig. 40 - Il "planoforo" di Pénauud.

18 agosto 1871 presso il giardino delle Tuileries, quando percorse 40 m in 11 sec. con due ampie virate per rientrare al punto di partenza. Forte del successo ottenuto, Pénauud si dedicò al progetto di un grande aeroplano anfibio propulso da due eliche controrotanti, con superfici di controllo di coda

mobili e una completa dotazione di strumenti di bordo: un vero aeroplano moderno. Ma l'idea non destò alcun interesse da parte della *Société française de navigation aérienne* e Pénauud non fu in grado di raccogliere i fondi necessari per la sua realizzazione. Caduto in depressione, si suicidò a trent'anni d'età.

Acceso sostenitore del volo del più pesante fu un "uomo volante", il tedesco Otto Lilienthal (1848 - 1896). Egli studiò scrupolosamente l'aerodinamica delle ali degli uccelli, riportando nel 1889 i risultati nel libro *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst* (Il volo degli

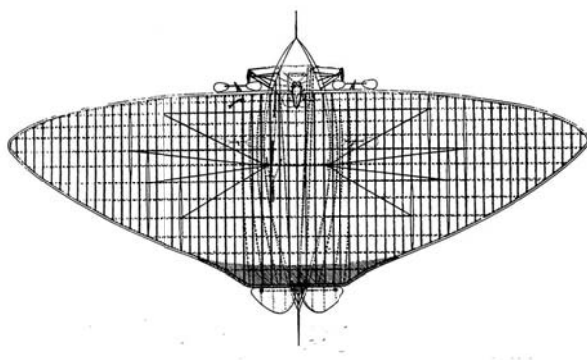


Fig. 41 - L'aereo anfibio di Pénauud.

uccelli come base dell'arte del volo), un contributo fondamentale per la teoria e la tecnica del volo, in particolare per la definizione delle forze, portanza e resistenza, che determinano la sustentazione di un corpo nell'aria.¹⁰ Lilienthal costruì una serie di alianti monoplani,

¹⁰ Un' edizione in italiano del libro è pubblicata da LoGisma, Firenze, 2007.

biplani e triplani, anche dotati di motore, che colaudò in quasi 2.500 lanci e conseguenti voli planati. Durante uno di questi, il 9 agosto 1895 un'ala si spezzò per un colpo di vento, ed egli cadde da un'altezza di circa 20 m, sacrificando la sua vita al progresso aeronautico.



Fig. 42 - Uno dei tanti voli di Otto Lilienthal.

Fra gli ultimi tentavi di volo a motore va ricordato quello dell'ingegnere di Tolosa Clément Ader (1841 - 1925) con l'*Éole*, un fantasioso monoplano sperimentale con ali a cupola a forma di quelle di pipistrello lunghe 15 m e propulso da un motore a vapore. Il 9 ottobre 1890 sembra che l'*Éole* abbia fatto un balzo in avanti di poche decine di metri alzandosi di qualche centimetro. L'assenza di organi efficienti per il controllo del volo rendevano l'aereo sostanzialmente inadatto a rimanere stabilmente in aria per periodi prolungati. Tuttavia Ader fu invitato dal Ministero della Guerra francese a costruire un secondo aeroplano, l'*Avion III* con due eliche traenti e ali di pipistrello più lunghe. Provato nell'ottobre 1897 l'*Avion III* non riuscì a sollevare le ruote da terra, anche se più tardi Ader dichiarerà di aver percorso circa 300 m in aria, cercando

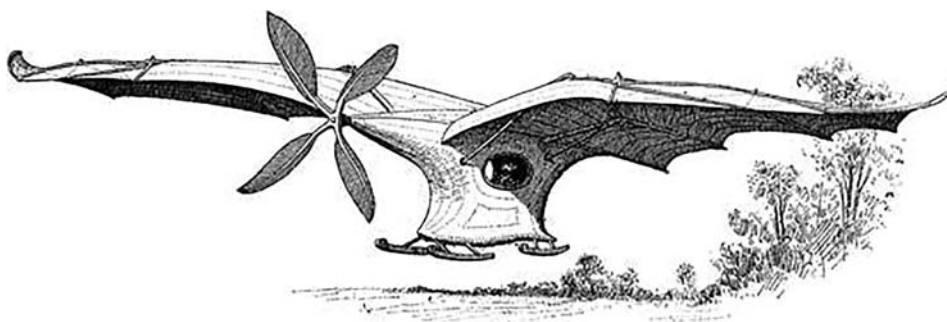


Fig. 43 - L'Éole di Clément Ader.



Fig. 44 - L' aliante biplano di Chanute provvisto di timoni di direzione e di stabilizzatore, che servì da modello a quello dei fratelli Wright.

di accreditare una dice-
ria, alla quale tutt'oggi
qualcuno presta fede, di
essere stato in Europa il
primo uomo a volare.

Un altro francese
trasferitosi a Chicago e
divenuto cittadino ame-
ricano Octave Chanute
(1832 - 1910) fece un esa-
me critico delle ragioni
che avevano portato al
fallimento dei tentativi
di volare, cercando di
mettere in risalto gli ele-

menti positivi con la pubblicazione *Progress in Flying Machines* (1894) che da questo momento diverrà il punto di riferimento di tutti coloro che si dedicheranno al tentativo di volare con una macchina più pesante. Negli ultimi anni del secolo Chanute realizzò e testò sulle orme di Lilienthal alcuni alianti biplani e triplani, mettendo a libera disposizione risultati e progetti delle sue macchine volanti. Wilbur e Orville Wright tennero con Chanute una lunga corrispondenza epistolare che testimonia l'impegno sostenuto dai due fratelli per realizzare il primo volo umano.

Il 7 e l'8 dicembre 1903 Samuel Pierpont Langley (1834 - 1908), segretario dello Smithsonian Institution, il Museo e istituto di ricerca di Washington, proverà sul Potomac l'*Aerodrome*, un apparecchio propulso da un motore a benzina da 55 HP di potenza, con ali in tandem di apertura 14,8 m, lungo 16 m, con una struttura in tubi di acciaio e legno. I decolli del velivolo, pilotato dall'assisten-



Fig. 45 - L' Aerodrome con a bordo Langley.

te Charles Manly, avvennero da un pontone galleggiante munito di catapulta per aiutare la spinta del motore, ma tutte e due le volte esso precipitò nel fiume, per fortuna senza conseguenze per il pilota.

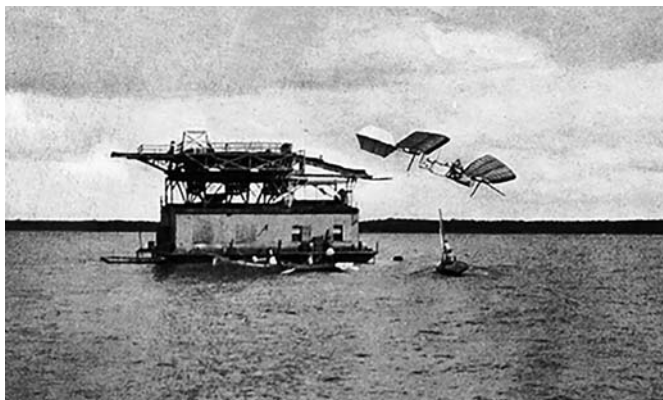


Fig. 46 - L' Aerodrome dopo il decollo mentre precipita nel Potomac.

Eppure tutti questi fallimenti

costituirono altrettanti tasselli che composero il testo base che consentirà all'uomo di volare come gli uccelli. Il mattino del 17 dicembre 1903, esattamente nove giorni dopo il fallito tentativo di Langley, nei pressi di Kitty Hawk nel Nord Carolina nacque l'aviazione moderna. Due fratelli, costruttori di biciclette a Dayton in Ohio, Wilbur (1867 - 1912) e Orville Wright (1871 - 1948), appassionati del volo e influenzati dai lavori e dalle esperienze di Cayley, Pénauud, Wenham, Chanute, Lilienthal... si dedicarono allo studio dell'aerodinamica - costruirono una galleria del vento per testare le ali - e soprattutto si concentrarono sul controllo in volo del velivolo, ottenuto con difficoltà dai piloti di alianti come Lilienthal per mezzo di spostamenti



Fig. 47 - Orville e Wilburn Wright.

del corpo. Basandosi sull'osservazione che gli uccelli per virare a destra o a sinistra sfruttano il movimento delle estremità delle loro ali in modo da far ruotare il loro corpo attorno a un asse longitudinale per inclinarsi dalla parte verso la quale intendono virare, applicarono lo stesso principio alle ali del



Fig. 48 - Il *Flyer* del primo volo a motore, con lo stabilizzatore anteriore danneggiato in prova.

capace di far ruotare il velivolo intorno al suo asse verticale, mentre per picchiare e per cabrare si sarebbero serviti di un impennaggio orizzontale posto anteriormente.¹² Fra il 1900 e il 1903 i due fratelli compirono centinaia di voli con alianti di loro costruzione, quindi costruirono un piccolo e leggero motore a benzina da 12 HP raffreddato ad acqua e una coppia di eliche del diametro di 2,6 m in abete rosso e finalmente il 17 dicembre 1903 provarono il loro aeroplano battezzato *Flyer*, un biplano monomotore con ali in legno rivestite di tela di apertura alare 12 m e due eliche spingenti poste dalla parte della coda. Il pilota stava sdraiato sull'ala inferiore per comandare i tiranti delle ali. Il *Flyer* era dotato di carrello a pattini e il decollo

velivolo provocando tramite l'azione di tiranti azionati dalla barra del pilota la torsione delle estremità alari (svergolamento) in maniera da inclinare l'aereo dalla parte voluta.¹¹ Per quanto riguardava il controllo direzionale essi pensarono a una pinna verticale mobile in coda, in tutto simile al timone delle navi,

11 Il risultato di tale deformazione era l'aumento dell'angolo di attacco di un'estremità con conseguente aumento della portanza dell'ala, e la corrispondente diminuzione dell'angolo di attacco di quella opposta, con diminuzione della portanza. Così, se il pilota, voleva virare a destra, spostava a destra la barra, l'angolo d'attacco dell'estremità alare sinistra aumentava, e con esso la portanza della semiala sinistra e questa si alzava; contemporaneamente l'angolo d'attacco dell'estremità alare destra diminuiva facendo diminuire la portanza della semiala destra, ed essa si abbassava. L'aereo pertanto si inclinava a destra e virava in quella direzione. Già negli anni Dieci il sistema dello svergolamento alare per il controllo direzionale venne progressivamente rimpiazzato dagli alettoni, che oggi sono la regola.

12 La disposizione degli impennaggi orizzontali davanti alle ali anziché in coda fu denominata configurazione *canard*, dal francese anatra, per l'aspetto che queste superfici di controllo conferivano ai primi velivoli sperimentali.

veniva effettuato su una sorta di rotaia, sulla quale il velivolo veniva tenuto aganciato da un cavo; portato il motore su di giri, il cavo veniva rilasciato e l'aereo era catapultato in avanti per involarsi (sperando che non cadesse a muso in giù).

Il primo a spicare il volo fu Orville, alle 10,35 del mattino. Fece un salto per poco più di 12 secondi alla velocità relativa di 48,5 km/h (effettiva di 12 km/h perché in quel momento il vento contrario era di oltre 36 chilometri all'ora) percorrendo circa 36 metri a un'altezza media di tre metri dal suolo. Quello stesso giorno i fratelli Wright si alzarono in volo altre tre volte: 12 secondi con ai comandi Wilbur, 15 sec. con Orville e infine a mezzogiorno con Wilbur che volò per quasi due chilometri. C'erano solo cinque persone a testimoniare l'impresa, la realizzazione del più ambizioso sogno dell'uomo era passata quasi inosservata. Anche le successive esibizioni degli apparecchi più perfezionati, che raggiunsero una permanenza di 40 minuti in aria e una velocità di 60 km/h, non ebbero alcun riscontro sulla stampa nazionale e un'attenzione molto limitata su quella locale. Gli americani erano rimasti scottati dai fallimenti dell'*Aerodrome* di Langley, nella cui operazione il Governo statunitense aveva investito 50.000 dollari, ed erano scettici sulle possibilità del volo.

In Europa invece, sia pure dopo una battuta d'arresto seguita alla scomparsa di Lilienthal, si continuava a provare. Il francese Ferdinand Ferber (1862 – 1909), basandosi sugli alianti dei Wright, costruì a sua volta un veleggiatore biplano (1904) col quale volò con un passeggero a bordo. Anche Ferber rimarrà vittima di un incidente di

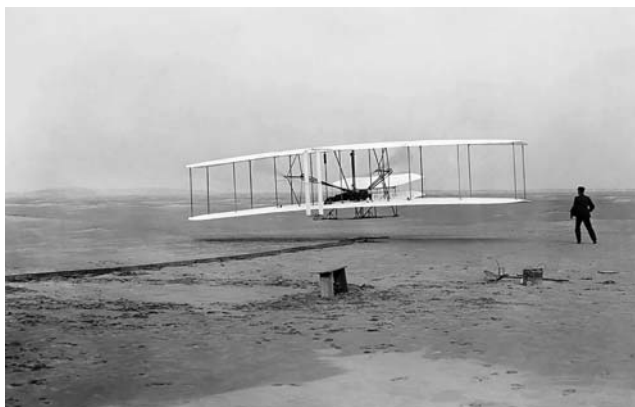


Fig. 49 - Il Flyer si solleva nel suo primo volo il 17 dicembre 1903. Ai comandi Orville Wright, a terra Wilbur. (Foto di John Daniels).

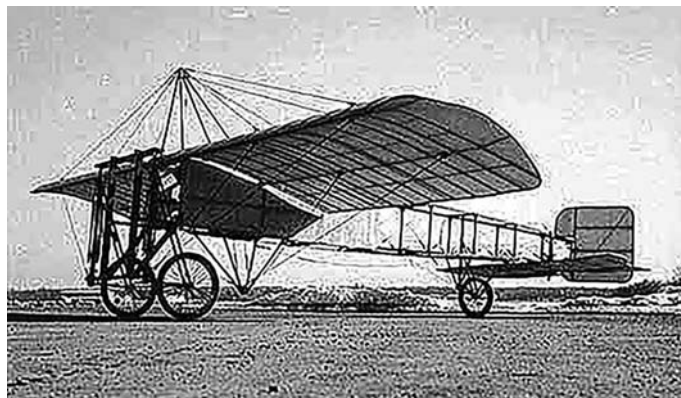


Fig. 50 - L'apparecchio col quale Blériot compì il primo attraversamento della Manica.

volò a Boulogne il 19 settembre 1909.

Il primo apparecchio a motore a volare in Europa fu il *14bis* con il quale il 23 ottobre 1906 – con un ritardo di tre anni rispetto ai fratelli Wright – il brillante brasiliano Alberto

Santos-Dumont che abbiamo visto costruttore di dirigibili, percorse in volo 60 m, aggiudicandosi il premio Ernest Archedeacon di 3000 franchi per il primo aereo in Europa che avesse superato i 25 m di volo. Il 12 novembre percorse 220 m, aggiudicandosi i 1500 franchi messi in palio dall' Aéro-Club di Francia per il primo aereo che avesse volato per più di 100 m. Il *14bis* era un apparecchio sgraziato, di prestazioni modeste, ma ebbe il merito di galvanizzare l'opinione pubblica e ad avviare in Europa l'era del più pesante dell'aria.

Nella seconda metà del 1908 Wilburn Wright venne in Europa per la presentazione del suo *Flyer* e per dare dimostrazioni di una eccezionale qualità di pilotaggio. Si formarono i primi piloti, che erano spesso i costruttori dei propri velivoli, e con essi i primi record. Il 13 gennaio 1908 Henry Farman vinse il premio di 50.000 franchi per avere compiuto il primo volo di andata e ritorno di oltre 1 km, il 4 luglio successivo l'americano Glenn Curtiss si aggiudicò il trofeo messo in palio dalla rivista *Scientific American* per aver volato quasi un miglio. Poi, il salto del fossato. Il 25 luglio 1909 con un monoplano di sua costruzione, il *Blériot XI*, il francese Louis Blériot (1872 - 1936) attraversò il Canale della Manica da Calais a Dover in 32 minuti ad un'altezza sul mare di un centinaio di metri, vincendo il premio di mille sterline messo in palio dal quotidiano londinese *Daily Mail*.

Si può dire che il volo di Blériot segnò il passaggio del più pesante



Fig. 51 - La Stampa del 2 novembre 1911 riporta a tutta pagina la notizia del primo bombardamento aereo.

dell'aria alla maturità. Per un po' coesisterà accanto ad esso il dirigibile, ma ben presto dovrà cedere il passo alle superiori prestazioni del primo. Negli anni immediatamente precedente il primo conflitto mondiale si assiste ad uno sviluppo incontrollato dell'aviazione, nasce l'industria aeronautica, anche se l'impiego dell'aeroplano era limitato a compiti pacifici, quasi esclusivamente sportivi. Sarà l'Italia a trovare un impiego bellico della macchina volante nella guerra italo-turca (settembre 1911 - ottobre 1912) con le prime bombe lanciate da un aeroplano su un accampamento nemico. Da questa prima utilizzazione ad una destinazione massiccia dell'aeroplano nella Prima Guerra Mondiale il passo fu breve. Così come rapidamente gli aviatori passarono dal saluto col battito d'ali, come i cavalieri antichi, quando si incontravano nei cieli, ai duelli all'ultimo sangue che accendevano la fantasia dell'opinione popolare. Da qui in avanti la guerra aerea diverrà decisiva per le sorti di un conflitto.

Alla domanda che c'è di nuovo si può rispondere: molto, perché si è dimostrata la possibilità del volo del più pesante dell'aria, perché si può attraversare in volo la Manica in aereo, perché si può usare l'aereo come strumento di guerra.



Fig. 52 - La copertina di Achille Beltrame de «La Domenica del Corriere» dell'8 settembre 1918 illustrante un combattimento aereo.

ArteScienza

Rivista telematica semestrale

<http://www.assculturale-arte-scienza.it>

Direttore Responsabile: Luca Nicotra

Direttori onorari: Giordano Bruno, Pietro Nastasi

Registrazione n.194/2014 del 23 luglio 2014 Tribunale di Roma

ISSN on-line 2385-1961

Proprietà dell'Associazione Culturale "Arte e Scienza"