

---

# Atti della Società DEGLI INGENERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

---

M. PANETTI

## Indirizzo e caratteri nella costruzione dei dirigibili moderni

Un aerostato allungato con motore e propulsore sulla navicella costituisce, si suol dire, un dirigibile. La forza ascensionale del gas idrogeno, poco più di un kg. per mc. lo sorregge, la spinta dell'elica lo fa avanzare, i timoni di altezza e di direzione ne regolano le evoluzioni. Tutto ciò sembra estremamente semplice, tanto semplice che pare debba essere concessa a chi lo progetta la più grande libertà di scelta fra gli elementi fondamentali. Invece un dirigibile è un complesso che può soddisfare al suo fine soltanto grazie alla perfetta armonia delle sue molteplici parti, al loro preciso coordinamento allo scopo supremo della sicurezza e della agilità dei suoi movimenti; è una magnifica unità meccanica che risulta dai dati di progetto come conseguenza della logica inflessibile dei numeri. Una deroga alle esigenze di questa logica, un errore di proporzionamento possono riuscir fatali, o almeno possono rendere la nave aerea inadeguata al suo scopo.

Procediamo per gradi.

Anzitutto un dirigibile è un aerostato. Esso dev'essere in condizione di navigare con sicurezza a quote diverse, da poche decine di metri a due o tremila metri di altezza, per varcare le alture, evitare correnti d'aria avverse, sottrarsi in guerra alle insidie del nemico.

Cambiando di livello, la grande sua massa di gas idrogeno risente le differenze di pressione che regnano ad altezze diverse: si espande salendo, si contrae discendendo.

Fra il livello del mare e la quota di 2000 metri cresce di 1/4 il suo volume. Se tutto l'involucro fosse pieno di gas l'eccesso dovrebbe disperdersi salendo. Nella discesa l'aerostato rimarrebbe quindi floscio; le forme esterne del suo mantello che debbono essere lisce, solide, tondeggianti per opporre una piccola resistenza all'avanzamento si altererebbero. L'involucro sbatterebbe al vento della corsa, la velocità sarebbe ridotta, l'equilibrio stesso impossibile.

Una parte dell'involucro deve quindi costituire una riserva di spazio occupabile dal gas ad alte quote: è il palloncino, o sacco d'aria, ideato dal generale

Meunier nel 1786. Esso trovasi generalmente nell'addome del gran corpo, che un diaframma di tela divide dalla camera dell'idrogeno, come è visibile nella Fig. 1, indicante le operazioni grafiche per la determinazione del palloncino e del centro di carena.

Il palloncino si gonfia d'aria nella navigazione a bassa quota e si vuota permettendo la dilatazione del gas leggero alle quote più alte, proprio come la vescica natatoria di un pesce, ma con vece invertita.

Nella navigazione aerea le altezze della atmosfera corrispondono alle profondità delle acque: il livello del mare è il confine comune alle due navigazioni: i fenomeni si presentano simmetricamente a questo confine, attraverso al quale, come attraverso ad uno specchio, si riproducono capovolte parecchie leggi.

Di fatto la vescica natatoria dell'animale acquatico si contrae discendendo, e il sacco d'aria dell'aerostato si contrae salendo.

La pressione idrostatica cresce con la profondità e l'eccesso di pressione del gas idrogeno sull'aria circostante crescerebbe con l'altezza, se non gli fosse consentito dilatarsi, mantenendo a livello costante, insieme con l'aerostato che sale, il livello della equipressione, al di sopra del quale la soprapressione aerostatica aumenta linearmente, in ragione di un mm. di colonna d'acqua per ogni metro di altezza.

Ma la presenza del palloncino porta con sé difficoltà nuove: la vasta camera d'aria sotto la vastissima di gas idrogeno costituisce un lago fluttuante ad ogni cambiamento di assetto della nave aerea. Se la sua prora si solleva deve accor-

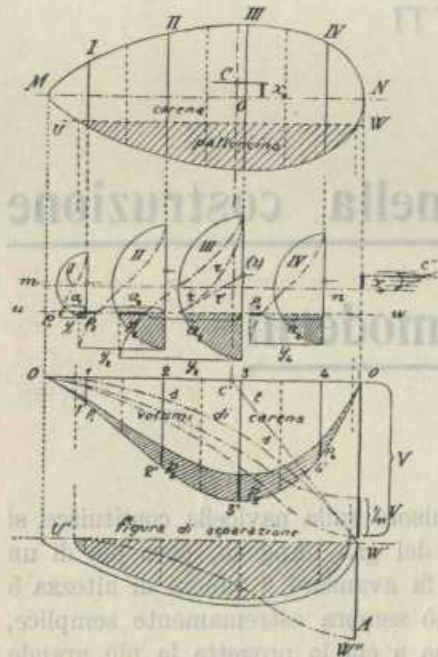


Fig. 1. — Diagrammi per la determinazione del piano di separazione risecante un palloncino di dato volume

rervi il gas leggero e discendere a poppa l'aria più pesante, per quanto il diaframma di tela lo permette. Lo spostamento delle masse opera quindi nel senso di favorire la perturbazione iniziata, perchè si alleggerisce la parte che si è sollevata, e tende perciò a sollevarsi di più.

Ancora una volta i fenomeni della navigazione per via d'acqua sono invertiti: nei bastimenti la parte che emerge si appesantisce perchè manca la spinta, quindi la perturbazione si corregge automaticamente: nei dirigibili succede l'opposto. Bisogna ostacolare questa azione perturbatrice, bisogna diaframmare sia la camera dell'idrogeno sia quella dell'aria. Così nasce la suddivisione in compartimenti, la quale del resto è imposta da altre più gravi considerazioni: quelle della sicurezza: invero, diaframmando il sacco di gas, si tende a guarentire alla navigazione aerea lo stesso grado di sicurezza che i compartimenti stagni danno a quella per via d'acqua.

Se in un bastimento uno solo di essi è allagato, la spinta assicurata dagli altri può bastare ad assicurarne la galleggiabilità e ad impedire perturbazioni di assetto troppo gravi. Così se in una aeronave un compartimento è lacerato, la spinta degli altri è sufficiente almeno ad impedirne la discesa precipitosa. Il militare Francese *République* del tipo Lóbaudy, il cui involucro fu lacerato il 28 settembre 1909 presso Chalais-Meudon da una pala d'elica staccatasi dal mozzo, ha segnato con la tragica sua fine l'obbligatorietà della compartimentazione.

Finalmente la compartimentazione del palloncino in più sacchi d'aria, serve anche come mezzo di governo statico del dirigibile, ottenuto riempiendo piuttosto quelli di prora o quelli di poppa. E' questo il mezzo adottato sui dirigibili *Parseval* (Fig. 2), nei quali la manica d'aria, che dal ventilatore sale al palloncino, si biforca in due condotture dirette verso il sacco anteriore e verso il sacco posteriore, e, grazie ad un giuoco di valvole comandate dalla navicella, può immettere aria piuttosto nell'uno che nell'altro.

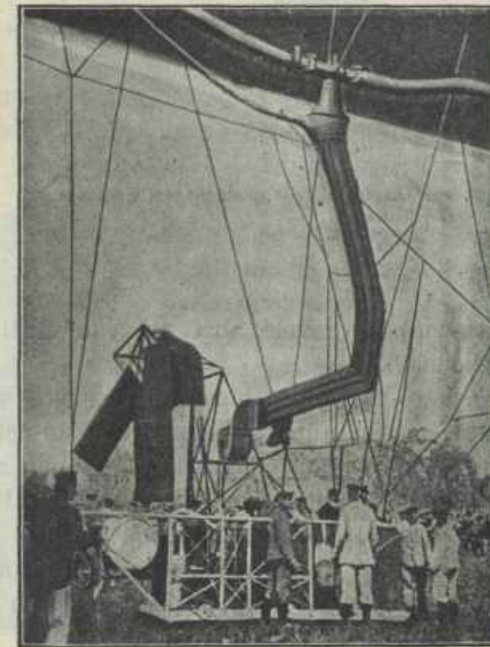


Fig. 2. — Navicella e alimentazione dell'aria ai palloncini di un Parseval.

Il dirigibile non è dunque un semplice aerostato allungato. Pur essendoci limitati sin ora a considerare le sole esigenze del cambiamento di quota e della sicurezza di sostentamento, abbiamo riconosciuto che deve essere munito di camere

d'aria, suddiviso in compartimenti stagni, dotato di ventilatore e di valvole. Continuando a considerarlo per un momento ancora da un punto di vista semplicemente statico, troveremo una serie di relazioni strettissime fra le sue parti, che stabiliscono l'economia interna della sua struttura portante.

Il suo corpo allungato è infatti una gigantesca trave soggetta a spinta verso l'alto per tutta la sua lunghezza, soggetta a carichi ripartiti e concentrati pure per tutta la sua lunghezza. L'uguaglianza fra la somma delle spinte e la somma dei pesi esprime l'equilibrio statico del complesso, ma soltanto l'analisi delle leggi di ripartizione delle une e degli altri può dirci se sia possibile la conservazione della forma e se sia sufficientemente accertata la resistenza dell'involucro e dei suoi mezzi di consolidamento.

Consideriamo il tipo tradizionale di nave aerea (Fig. 3), con navicella  $N$  unica, aerostato  $A$  a fuso, di forme sottili nella regione poppiera e più grosse in quelle di prora.

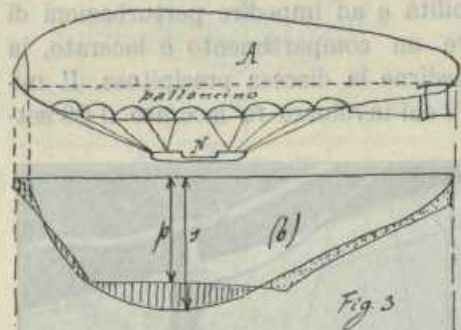


Fig. 3. — Diagrammi delle spinte dei pesi e dei momenti flettenti.

Il diagramma delle spinte  $s$  ha ordinate proporzionali all'area della sezione retta della camera del gas: quindi ha i suoi massimi nella regione centrale e poppiera. Il diagramma dei pesi  $p$  dipende soprattutto dalla ripartizione dei cavi portanti la navicella (\*). Perciò il progettista ha modo di far quasi coincidere le due figure (Fig. 3-b), e, per conseguenza, di sopprimere presso che perfettamente le sollecitazioni a flessione longitudinale dello scafo dovute ad azioni statiche. Ci troviamo dunque in una condizione partico-

larmente favorevole, anzi unica in tutti i sistemi portanti, non esclusi gli scafi delle navi.

Però tale stato ideale di cose non va inteso in modo assoluto. Quand'anche fosse possibile una soluzione perfetta del problema, essa si verificherebbe per una condizione soltanto del carico. Gettando zavorra e consumando combustibile il diagramma di carico si modifica, ed è praticamente impossibile che si modifichi nello stesso modo il diagramma delle spinte.

Da caso a caso possono passare grandi differenze. Ma nei dirigibili a navicella unica di regola c'è un pò di prevalenza di spinta nella regione centrale, a prora

(\*) Per quanto fu accennato questi due diagrammi debbono avere uguale area se l'aerostato è in condizioni di equilibrio statico. Dovrebbero pure coincidere le ordinate baricentriche, nel qual caso soltanto il fuso conserverebbe a riposo l'assetto orizzontale, ma ciò si verifica raramente. Nel caso della Fig. 3, essendo evidentemente il centro delle spinte (centro di carena) più a prora del baricentro, il fuso si inclinerebbe con la prora in alto.

ed a poppa, mentre nei tratti intermedi prevale il peso, sicchè al centro l'aerostato tende ad inarcarsi e costringe l'involucro a comportarsi nella regione dorsale come corrente teso di una grande trave, nella regione addominale, in parte almeno, come corrente compresso.

Ora il primo ufficio non contraddice alla funzione di una tela flessibile. Basta verificare che la somma delle tensioni eccitate in essa dai momenti flettenti e di quelle dovute alla sopra-pressione aerostatica, non oltrepassi i limiti di sicurezza della stoffa. Il secondo ufficio non è invece conciliabile col modo di resistere di un involucro, a meno che la tensione aerostatica non superi la compressione prodotta dal comportamento del pallone come trave.

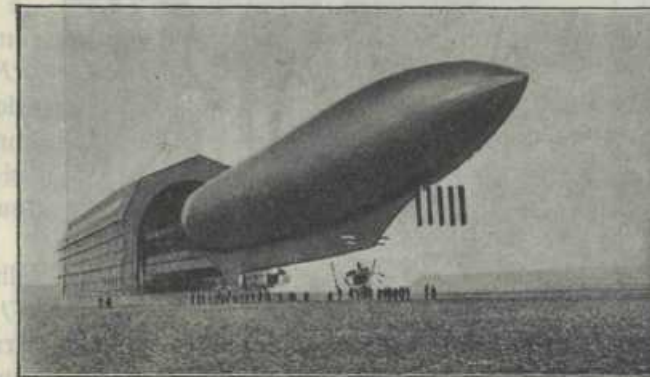


Fig. 4. — Il dirigibile Siemens Schuckert.

Quando questa condizione è soddisfatta con larghezza sufficiente l'aeronave si può fabbricare secondo il tipo flessibile, come sono difatti le Siemens Schuckert (Fig. 4), malgrado le grandiose loro proporzioni. Quando tale condizione sia impossibile è indispensabile l'irrigidimento.

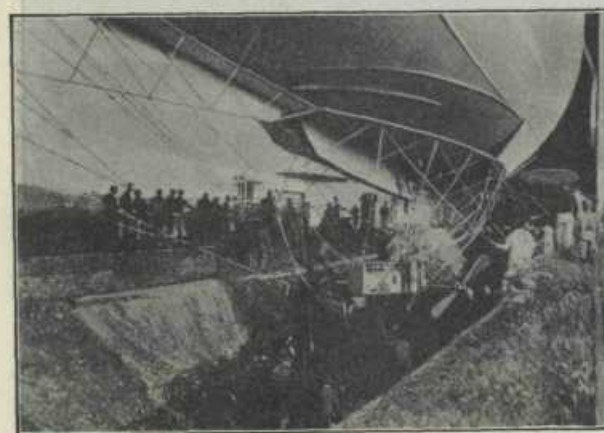


Fig. 5. — Timone e trave di irrigidimento di un Lebaudy.

Tale è l'unico criterio razionale a cui si può ispirare il progetto di una ossatura totale o parziale di irrigidimento di una nave aerea. Il fatto che esso non ha dato sempre i risultati che si dovevano raggiungere va imputato alla non chiara intelligenza del suo ufficio.

Si è detto spesso che la trave di irrigidimento ha l'ufficio di ripartire sull'aerostato il carico della navicella, e in questo senso la concepì l'In-

gegnere Juilliot, creando nel 1902 il tipo Lebaudy, che rappresenta il semirigido Francese più diffuso. La sua trave (Fig. 5 e 5<sup>1</sup>), è difatto assai più corta dell'aerostato: 1/3 circa; ha pianta ellittica ed è sospesa lungo il contorno alla gualdrappa; porta una nervatura ver-

ticale e dei puntelli che dal corrente inferiore di questa salgono ai nodi del contorno della prima, costituendo un sistema rigido. Essa è la sede in cui trovano il loro equilibrio la forza ascensionale del pallone ed il peso della navicella, così

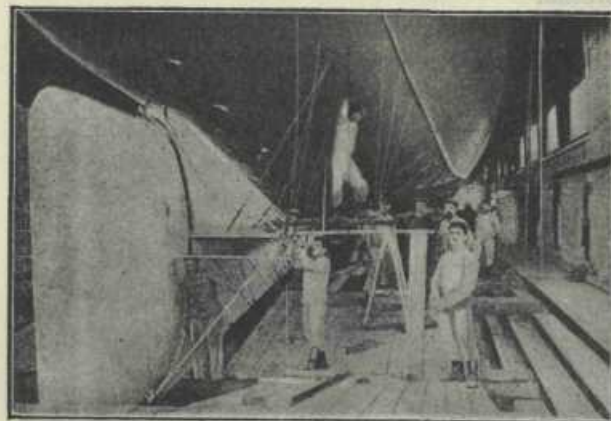


Fig. 5. — Parte inferiore posteriore di un dirigibile Lebaudy col timone di direzione.

che le parti di sbalzo del primo si comportano come mensole incastrate sul corpo centrale e soggette a spinta verso l'alto, e rivelano tale carattere con una insellatura del pallone (Fig. 6), e talvolta con pieghe dorsali, conseguenza della compressione non equilibrata che si sviluppa lungo la loro linea superiore.

Assai più razionale è il dirigibile militare italiano (Fig. 7): esso presenta una trave di irrigidimento che si stende per tutta la lunghezza dell'aerostato, ed è snodata in modo da sposarne la forma, potendo deformarsi in piano verticale, mentre è perfettamente rigida rispetto alle azioni orizzontali. Tale trave costituisce il corrente inferiore della aeronave, e lo rende capace di resistere alla compressione e quindi all'inarcamento. La condizione della conservazione della forma si riduce a quella che la linea dorsale sia sempre tesa. Perciò, anche nel caso di eventuale deficiente riempimento del palloncino, la figura dell'aerostato conserva le sue caratteristiche, poichè l'affloscimento della regione inferiore è dissimulato dalla gualdrappa, che si chiude sotto la trave di irrigidimento, e fa della carena piatta un potente mezzo di governo dinamico. Le gomme di sospensione della

navicella, attaccandosi ai capi della nave aerea, ed essendo registrabili coi tenditori di cui tutte sono munite, permettono di escludere il pericolo della insellatura. La compressione longitudinale che esse provocano con le componenti longitudinali dei loro sforzi di trazione è sopportata anch'essa dalla trave di irrigidimento. Il sistema è davvero una geniale combinazione di mezzi idonei a risolvere il problema statico

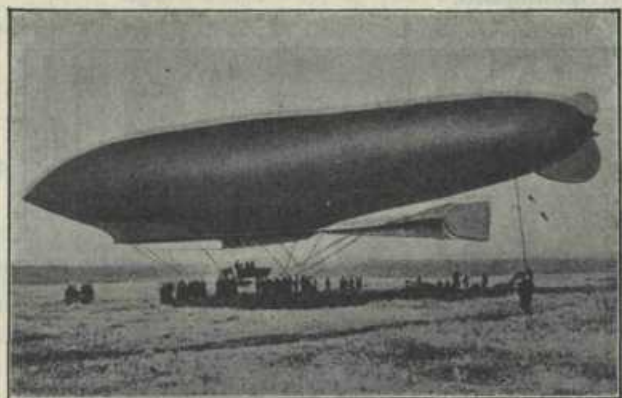


Fig. 6. — Dirigibile Patrie.

dei dirigibili col minimo peso, pur dando la voluta garanzia di indeformabilità per gli inevitabili cambiamenti nella distribuzione dei carichi.

Gli stessi brevetti dell'Ingegnere Spagnuolo Torres, acquistati dalla "Société des Constructions Aéronautiques Astra di Billancourt", che li esercita, mettendo in commercio ottimi e rapidi dirigibili, non sono, per quanto riguarda la trave di irrigidimento, che variazioni sul tema qui esposto.

Abbiamo così tentato di dare una visione generale del problema costruttivo-statico delle navi aeree. Ma la perfetta intelligenza della loro struttura non si può conseguire che pensandole nel movimento, pel quale esse sono costruite, e a cui debbono i caratteri distintivi: l'apparecchio motopropulsore, la forma allungata, il pennaggio, i timoni, la protezione del sartame, l'uso più largo dei mezzi di irrigidimento.

L'esperimento ha dimostrato che la resistenza all'avanzamento di un corpo in seno ad un fluido cresce con la sezione maestra, ma, a parità di essa, può essere ridotta in una misura ragguardevolissima colla scelta di forme convenienti per costituire un'ottima carena.

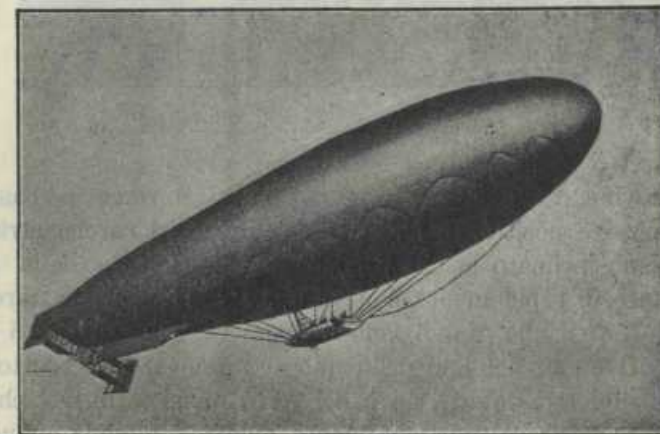


Fig. 7. — Il militare italiano P. 4.

Preso come termine di confronto la resistenza contro uno schermo piano sottile di area e contorno uguale a quello della sezione maestra dell'aerostato, la misura della bontà delle sue forme sta nel rapporto in cui quella resistenza è ridotta. Sperimentando su modelli foggianti come siluri, si è riconosciuto che tale rapporto può discendere fino ad  $1/18$ . Ma le misure dirette eseguite su navi aeree in marcia, ed il confronto istituito per esse fra la potenza del motore, la velocità raggiunta e le dimensioni dell'aerostato fanno vedere che le resistenze supplementari e le azioni secondarie innalzano gravemente il coefficiente di carena, riferito alla sezione maestra del solo involucro.

Supposto uguale a 0,5 il rendimento complessivo del gruppo propulsore, ritenuto cioè che il lavoro utilmente svolto nell'unità di tempo, risultante come prodotto della resistenza per la velocità di avanzamento, sia la metà circa della potenza dichiarata per il motore, il coefficiente di carena può considerarsi uguale ad  $1/6$  sia per dirigibili di lunghezza compresa fra 5 o 6 diametri con sartame

libero, poco ingombrante, sia per dirigibili lunghi 10 diametri con sartame ri-dottissimo.

Lo stesso coefficiente discende a quanto sembra ad 1/10 per dirigibili di allungamento non esagerato e navicella aderente al corpo. Si può dire pertanto che

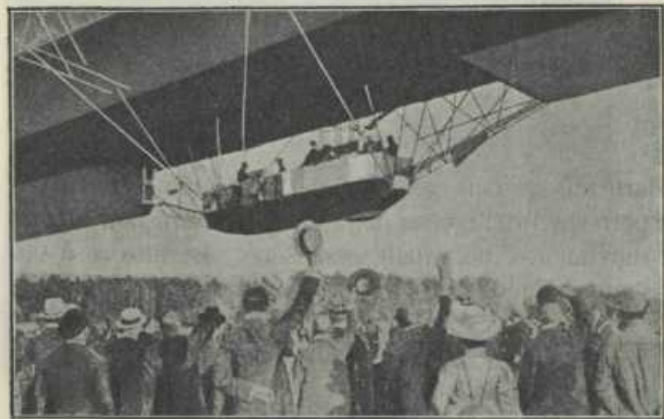


Fig. 8. — Struttura di chiglia e navicella del Zeppelin L II.

la determinazione delle forme migliori dal punto di vista della buona penetrazione sembra oggi un problema ormai superato.

E' pure diventata regola generale della navigazione aerea quella di valersi di mezzi dinamici per governare il dirigibile in altezza. Di fatto la nave aerea, appena inclinata, acquista la capacità di comportarsi come un aeroplano, generando nel

movimento una spinta verso l'alto o verso il basso, secondochè la sua incidenza è positiva o negativa. L'ampia sua carena striscia sull'aria come su di un piano inclinato la cui pendenza è determinata dalla pendenza del fuso dell'aerostato, e rapidamente si eleva o si abbassa senza gettare zavorra nè disperdere gas.

Anzi alle grandi velocità oggi raggiunte i mezzi statici adoperati sugli aerostati per il dominio della quota sarebbero del tutto insufficienti per i dirigibili. Si dimostra infatti, ed è del resto quasi intuitivo, che la forza necessaria a spostare l'aria salendo lentamente, mentre è minima quando la nave aerea non avanza, cresce in ragione della sua velocità di avanzamento. Per esempio, per un dirigibile Italiano del tipo M, se fermo, basta un eccesso di 70 Kg. della spinta sul peso per ottenere una salita verticale con la velocità di 1 m. al secondo; ma se la nave aerea procede a 36 Km. all'ora occorrono 350 Kg. di spinta, se procede a 72 Km. ne occorrono 700 perchè effettivamente si sollevi con la stessa velocità di un metro al secondo.

Spinte così rilevanti non si potrebbero produrre con mezzi statici senza grave pericolo, perchè cessata o ridotta la velocità di avanzamento, essi manifesterebbero tutta la loro efficienza, provocando una salita o una discesa precipitosa, e, per contrastarle, occorrerebbe liberarsi di una grande quantità di gas o di zavorra, riducendo in forte misura le riserve, indispensabili al prolungamento della navigazione.

Il governo in altezza si fa quindi senza eccezioni con mezzi dinamici: però le inclinazioni dell'asse, grazie alle quali il dirigibile acquista la capacità di elevarsi o di abbassarsi, sono in molti sistemi ancora provocate con ripieghi statici,

quali: il riempimento già accennato dei sacchi d'aria di prora e di poppa in misura diversa (Parseval), ovvero lo spostamento longitudinale della navicella rispetto all'aerostato come nei Torres.

Gli stessi effetti si possono ottenere coi timoni di altezza manovrati in modo di inclinare la nave aerea sollevandone od abbassandone la prora. Vedremo però che questo mezzo presenta fenomeni inattesi, i quali conducono a stabilire nuovi caratteri della navigazione aerea.

Intanto dai fattori già discussi sorge come sintesi riassuntiva la formola del grande dirigibile moderno: corpo aerostatico siluriforme, coi mezzi di irrigidimento e col sartame di sospensione dissimulato nella gualdrappa; con una o più navicelle aderenti alla carena per diminuire la resistenza all'avanzamento, e sospese in modo di ridurre al minimo i momenti flettenti della struttura longitudinale.

A tale formola si può prima di tutto opporre una obbiezione grave assai: quella della sicurezza. E' infatti terribile la minaccia che procede dalla vicinanza del motore all'involucro e più ancora alle valvole di scarico dell'idrogeno, quindi

alla miscela tonante che si forma in prossimità di esse, segnatamente se il dirigibile si arresta. Si direbbe anzi che il 2° Zeppelin della Marina Germanica, la più grande aeronave sino ad oggi costruita, di 27000 mc. di dislocamento, 158 di lunghezza e 16 di diametro, abbia segnato la condanna di tale audace avvicinamento con la sua esplosione avvenuta durante la ascensione di collaudo a Johannisthal il 17 ottobre 1913, che costò la vita ai 27 uomini del suo equipaggio. La Fig. 8 ne fa vedere una delle navicelle vicinissima al fuso.

Ma d'altra parte rinfrancano le prove favorevoli del *Città di Milano* (Fig. 9), col quale il Forlanini e il Dal Fabbro spiegarono tanta genialità inventiva (\*): il

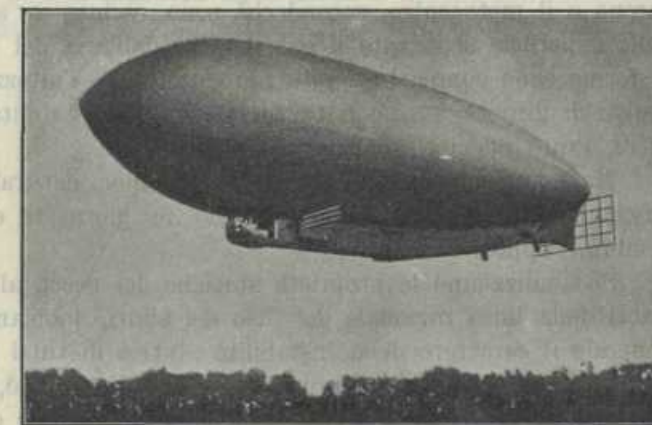


Fig. 9. — Il dirigibile « Città di Milano ».

(\*) La disgraziata fine del « Città di Milano » nella campagna Lombarda fra Vighinzola e Cantù, avvenuta il 9 Aprile 1914, non è, come è ben noto, da imputarsi menomamente ai pericoli qui discussi, ma fu semplicemente conseguenza di falle negli involucri dell'aria e del gas, per quanto riguarda la brusca discesa, e di sfortunati incidenti, dovuti al vento ed all'incendio, per la sua completa distruzione.

primo, sostituendo al palloncino una camicia d'aria fasciata la camera del gas per proteggerla dai cambiamenti di temperatura e per tutelare l'involucro impermeabile dagli agenti atmosferici e dalla azione dissolvente della luce: il secondo, creando una cabina, che costituisce un vero esemplare di coordinamento dei mezzi di manovra e di sicurezza, sui quali l'ideatore ha particolarmente insistito per assicurare l'isolamento dell'involucro dallo scarico del motore.

Un'altra limitazione a questa tendenza alle forme compatte che la buona penetrazione suggerisce, può sembrare imposta dal pericolo di una deficiente stabilità statica. In vero l'aeronave in riposo si comporta come un grave avente in comune con essa il baricentro, a cui è applicata la risultante dei pesi, ed il punto di sospensione in cui opera la risultante delle spinte. Quest'ultimo è il centro di carena o il metacentro, secondochè sono escluse o sono possibili le fluttuazioni della superficie separante il gas leggero dall'aria del palloncino. Ora, quanto più le forme sono compatte, tanto più piccola è l'altezza del centro di carena sul centro di gravità, e quindi tanto minore è la stabilità statica, e, si potrebbe temere, tanto peggiori sono le qualità nautiche.

Ma i fatti che l'osservazione dei fenomeni naturali, la teoria e l'esercizio della navigazione aerea mettono di giorno in giorno in evidenza, provano, a quanto sembra, l'opposto.

Se analizziamo le proprietà statiche dei pesci, alle cui forme siamo già debitori della linea razionale del fuso dei siluri, dobbiamo riconoscere come regola generale il carattere della instabilità statica di tutti gli abitatori delle acque.

Essi hanno il dorso zavorrato, o, per dir meglio, il ventre alleggerito dalla presenza della vescica natatoria. La prova sta in ciò che tutti si capovolgono appena morti (\*). Se si reggono nella posizione diritta, anche dormendo, ciò è dovuto ai moti quasi impercettibili delle loro agilissime pinne, fluide come l'elemento in cui vivono, moti non più ampi nè più faticosi del respiro che noi continuiamo nel sonno, ma, a differenza di esso, moti necessariamente riflessi alle perturbazioni dell'assetto normale del corpo.

Ma alla loro instabilità statica i pesci vanno debitori della straordinaria loro agilità, della facilità estrema con la quale il loro corpo obbedisce alla manovra delle loro pinne.

Ebbene, ritornando alle navi aeree, l'esperienza dei piloti e la teoria hanno di fatto messo in evidenza che l'efficienza dei timoni di altezza per il dominio della quota è tanto maggiore quanto più piccola è la stabilità statica, ossia quanto più corto è il pendolo, al quale il comportamento dell'aeronave immobile va confrontato.

(\*) Per escludere il dubbio che ciò si dovesse allo sviluppo di gas nella regione addominale dell'animale ucciso, si recisero le pinne a pesci viventi, o si troncarono i relativi nervi motori, e si constatò tuttavia il fenomeno del capovolgimento.

Si verifica anzi un fenomeno anche più singolare, ed è questo: che per sollevarsi, o per produrre semplicemente una spinta dinamica verso l'alto che equilibri un eccesso di peso, occorre, nei dirigibili di grande stabilità statica, mettere i timoni in posizione di discesa finchè la velocità è piccola, in posizione di salita quando essa supera un limite che dicesi velocità di inversione. Nelle vicinanze di questa velocità l'azione dei timoni è pressochè nulla.

Nè riesce difficile rendersi ragione in modo elementare del fatto: Per inclinare la aeronave con la prora in alto bisogna innalzare il timone posteriore di altezza, in modo che il vento della corsa lo investa sulla faccia dorsale e generi rispetto al baricentro del dirigibile il momento che lo drizza.

A questo momento fa equilibrio la coppia di stabilità: e se essa è grande, deve pure essere grande il momento e quindi l'azione sul timone, qualunque sia la velocità.

Notiamo intanto che in questa manovra nave aerea e timone sono inclinate in sensi opposti. Sul complesso operano quindi due azioni verticali discordanti: la spinta verso l'alto sulla carena e quella verso il basso sul timone. La prima cresce con la velocità: l'altra, per quanto si è detto, ha valore fisso dipendente dalla coppia statica, poichè l'angolo di barra del timone deve essere regolato in modo da farle equilibrio e nulla più. Quindi a grande velocità prevale la spinta sulla carena e la manovra produce i suoi effetti normali, a piccola velocità prevale l'azione sul timone, ossia mettendo l'aeronave in posizione di salire si discende.

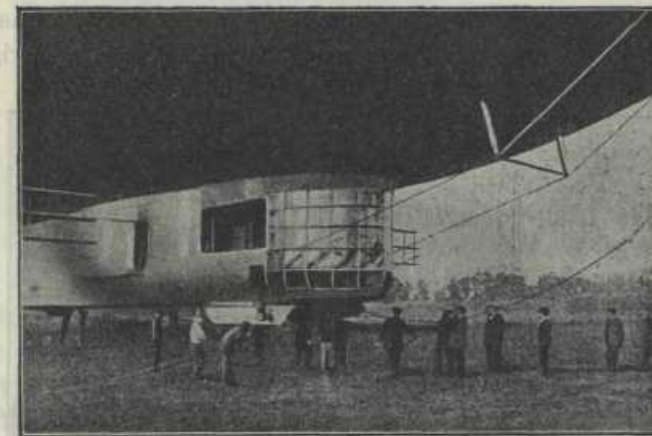


Fig. 9<sup>1</sup>. — La navicella del « Città di Milano » coi piani anteriori di altezza.

Per la velocità di inversione ogni governo è impossibile. Possono supplire a questa deficienza i timoni sistemati verso il centro della nave aerea i quali operano senza inclinare la carena. Le Fig. 9 e 9<sup>1</sup> ne indicano la sistemazione sul « Città di Milano ».

Ma la teoria dei timoni si complica con la questione gravissima della stabilità dinamica, legata al nome di un tecnico Italiano di merito insigne: il Capitano Crocco. La conservazione dell'assetto di un corpo procedente in seno ad un fluido richiederebbe che il centro di spinta si trovi a poppavia del centro di gravità.

Ora le forme del siluro sono lontane dal soddisfare a questa condizione. Ne segue che una piccola deviazione del suo asse provocherebbe una azione rovesciante capace di aggravare, non di correggere, la perturbazione avvenuta.

Questo difetto di stabilità si combatte col pennaggio, ossia con piani guarnenti la coda di un'aeronave, come la cocca di una freccia era guarnita dalle penne (Fig. 10).

L'efficienza di questi mezzi stabilizzatori si calcola col momento statico della loro superficie rispetto al baricentro del dirigibile, anzi col rapporto di tale momento al suo volume.

Si dice quindi pennato ad  $1/4$  un dirigibile di 12000 mc., se il prodotto dell'area del suo pennaggio per la distanza del centro di esso dal baricentro della nave aerea è 3000 mc.

La teoria elementare del Colonnello Rénard aveva indicato come indispensabile un pennaggio di proporzioni enormi: circa  $1/2$ , e conduceva a ritenere la velocità sempre sfavorevole alla stabilità. Quella del Crocco, analizzando il fenomeno dinamico, ha riconosciuto invece che la velocità può essere un fattore di stabilità, ed ha ridotto ad  $1/4$  la proporzione richiesta per dirigibili di tipo normale.

Interrogando anche qui le forme dei pesci, i quali, dopo essersi serviti delle pinne e della coda come mezzi di propulsione, si irrigidiscono, appena acquistata

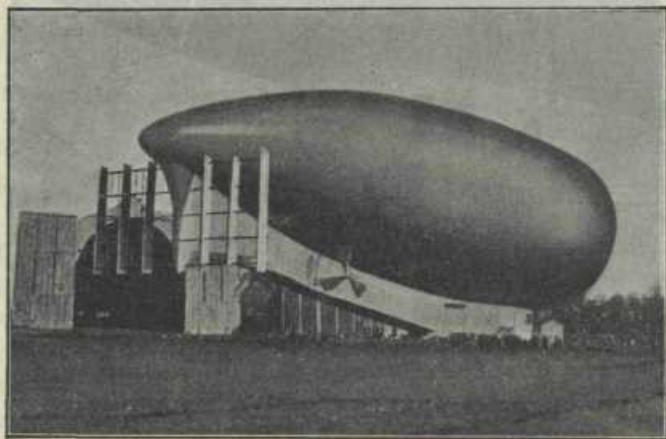


Fig. 10. — Il dirigibile « Città di Milano » col passaggio di poppa.

la velocità, per filare nell'acqua senza fatica, appariva ancora un eccesso fra i numeri ai quali conduce la teoria e gli esemplari che la natura ci pone sott'occhio. Ma, anche trattate dai muscoli dell'animale, pinne e coda non sono corpi rigidi. Esse vibrano sotto l'urto dei filetti fluidi che, lambito il corpo, se ne allontanano.

Parve opportuno seguire questo insegnamento della natura, e sorse nella mente geniale del Crocco

l'idea dei timoni elastici, consistente nell'imperniare i piani del pennaggio di coda un pò indietro al loro centro di spinta, trattenendoli con molle antagoniste alla azione deviatrice del vento. La teoria del pennaggio elastico indica la possibilità di raggiungere con esso una efficienza quasi tripla di quella che un pennaggio fisso di eguale area offrirebbe. Quantunque tale teoria sia tuttora imperfetta, perchè fondata su considerazioni di pura statica, e ci rimanga probabilmente molto a modificare per conseguire gli stessi risultati che la natura ci addita, si deve riconoscere in questo carattere un altro punto degno del più attento studio.

Di interesse più vivo ed immediato e quindi più ardentemente dibattuta è la questione della opportunità dei grandi dislocamenti, i quali oggi costituiscono un indirizzo generalmente accetto sia nella navigazione per via d'acqua, sia in quella per via d'aria. Ogni unità nuova impostata per sostituirla una perduta, o per accrescere il numero di quelle in esercizio ha dimensioni maggiori delle precedenti. Ogni tipo nuovo ideato porta di regola l'ordine di grandezza del dislocamento ad un valore multiplo di quello adottato per il tipo precedente.

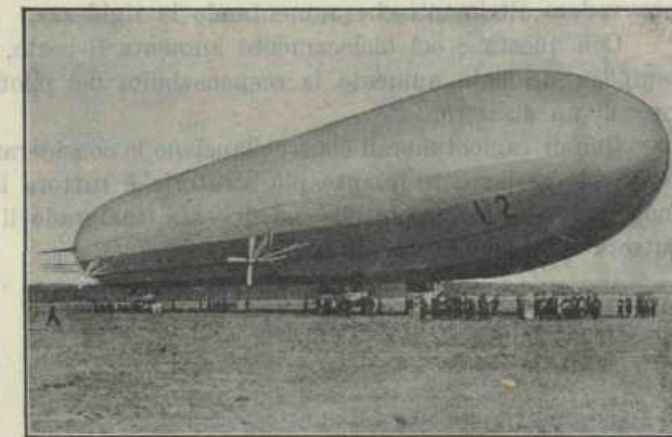


Fig. 11. — Il dirigibile Zeppelin L II di 27.000 mc.

Nella numerosa serie degli Zeppelin dai volumi di 11000 mc. dei primi esemplari si passò per gradi successivi ai 27000 del II L già citato (Fig. 11), e la flotta militare Italiana, iniziata coi P di 4200 mc,

continuata cogli M di 12000 mc. e col V di 14600 mc, attende ora che dal cantiere del Battaglione specialisti di Roma esca il suo primo Gigante di 40000 mc.

Tutto ciò è conseguenza necessaria della logica dei dati di progetto coi quali si dimostra che fra due navi aeree simili e calcolate cogli stessi coefficienti, la più grande è quella che ha maggiore disponibilità di carico utile.

Ne segue che su di essa si possono collocare motori relativamente più potenti aumentandone la velocità, si può portare maggior peso di combustibile accrescendone il raggio di azione, si possono provvedere con maggior larghezza i mezzi di protezione migliorandone la sicurezza, si può trasportare un bagaglio più pesante ed un equipaggio più numeroso, accrescendone il valore commerciale e militare.

Ragionando in modo più preciso diremo che il peso proprio complessivo dello scafo di una nave aerea si ritiene proporzionale al suo dislocamento, supposto che i criteri di ripartizione del carico atti a ridurre al minimo il cemento della struttura longitudinale siano stati scrupolosamente osservati soprattutto per le grandi unità: Gli altri pesi fondamentali, quello dell'apparecchio moto-propulsore e quello del combustibile e del lubrificante, per quanto riguarda le dimensioni dell'aeronave, crescono in ragione meno rapida del volume, poichè il primo a pari velocità ed il secondo a pari raggio di azione sono proporzionati all'area della sezione maestra,

se la finezza delle forme e l'ingombro del sartiame conservano gli stessi valori. Ogni nuovo problema che imponga esigenze nautiche più gravi si risolve quindi aumentando il dislocamento.

A questo carattere ed a quello della maggior velocità va però necessariamente unito l'altro della rigidità maggiore; poichè alle azioni più energiche che i timoni dei dirigibili rapidi sono chiamati a sviluppare ed alle più gravi difficoltà di eliminare gli sforzi di compressione sulla linea dorsale dei lunghi fusi aerostatici per tutti i possibili assetti e tutte le condizioni possibili di carico non si può provvedere altrimenti che aumentando la rigidità.

Con questa e col dislocamento aumenta il costo, aumenta la gravità di un semplice incidente, aumenta la responsabilità del pilota e cresce a dismisura l'orrore di un disastro.

Quindi ragioni morali controbilanciano le considerazioni tecniche ed economiche tanto più seriamente quanto più aleatoria è tuttora la navigazione aerea, quanto maggiori sono le ragioni che su di essa, malgrado il progresso tecnico, vantano tuttora le accidentalità imprevedibili.

Ma i timori non arrestano il progresso umano. Oggi l'aeronautica si accinge al suo più grande cimento: la traversata dell'Atlantico: e il più leggero ed il più pesante dell'aria tentano, preparandosi a questa prova suprema, di affermare la propria superiorità.

I dati di progetto sui quali l'arduo quesito si imposta sono naturalmente per entrambi dati di massimo tonnellaggio. Forse l'areoplano di 4000 kg. e il dirigibile di 150000 mc. potranno ripetere in alto la via di Cristoforo Colombo, l'uno in 24, l'altro in 48 ore, profittando anche delle correnti atmosferiche di costante direzione fra i due continenti.

Le difficoltà delle due soluzioni sono diverse, ma ugualmente gravi.

Sono essenzialmente tecniche e di esercizio per l'areoplano, pel quale la legge del carico utile crescente col carico totale va addirittura invertita, e quindi il trasporto del combustibile necessario minaccia di essere un quesito senza soluzione se con strutture di eccezionale resistenza e leggerezza e con motori di alto rendimento e di elevata potenza specifica non si può compensare, sempre lasciando scarsissimo margine al conforto dei piloti che devono reggere a tale immane fatica. Sono essenzialmente economiche e morali per il dirigibile, la cui mole rappresenta un enorme sacrificio finanziario e il numeroso equipaggio occorrente alle manovre un troppo prezioso carico di vite votate a tanto rischio.

Ma ad affermare l'alto grado di perfezione di questo ramo della Ingegneria è già significativo il fatto che di tali progetti si possa fondatamente discutere.

La bella macchina dell'aria che ci trasporta nel mezzo vietato alla nostra co-

stituzione fisica è diventata una forte lottatrice dello spazio. La forma infantile dello sferico ha ceduto il posto ad una armonica unità meccanica, di cui tutte le parti cooperano al fine supremo del movimento con mirabile armonia.

Di questa unità ha scoperto i numeri la scienza nostra e corona la bellezza la serenità dei cieli. In essi senza sforzo apparente, le navi aeree appaiono e si dileguano. Ammiriamole.

M. PANETTI.