

II. — COMUNICAZIONI E RELAZIONI

LA SPEDIZIONE ANDRÉE E LA NAUTICA NELL'ARIA.

Nota di G. RONCAGLI.

Da quando l'ingegnere svedese Salomone Augusto Andrée spiccò il celebre suo volo verso l'ignoto settentrione, nulla, o quasi, più si è saputo di lui, che valga a dare qualche nozione, verosimile almeno, dello svolgimento di quell'audacissima impresa. Una gara d'ipotesi s'accese tosto dopo la sua partenza, ma durò relativamente poco; poi il silenzio, com'era facile prevedere, avvolse la sorte dell'« Cernen », non interrotto che da qualche falso allarme, e dagl'inevitabili commenti che seguivano, sempre a base d'induzione, se non di fantasia.

Qualche tempo fa corse pei giornali politici la notizia d'un gavitello raccolto in mare presso la Terra del Re Carlo, e le supposizioni ricominciarono più fervide che mai; fu detto esser quello, forse, il segnale che Andrée aveva convenuto di lasciar cadere quando fosse passato sopra il polo; nè mancò chi su questa ipotesi credette trovar base per qualche scritto.

Non riuscirà pertanto fuori di luogo il fare oggi questa riflessione: come poteva Andrée, dalla sua navicella, elevato sulla superficie dello sferoide terrestre per una quantità ch'egli non poteva conoscere se non in modo assai imperfetto, trascinato con una velocità che non aveva mezzo di misurare nemmeno grossolanamente, accorgersi, anche solo con qualche approssimazione, del suo passaggio sul polo?

Prima di rispondere categoricamente, converrà premettere qualche considerazione di carattere generico, sulle condizioni presumibili della nautica nell'aria, allo stato presente della scienza e della pratica della navigazione aerea.

Il problema fondamentale della navigazione comunemente chiamato *fare il punto*, nella navigazione marina è completamente risoluto colla determinazione di due elementi: latitudine e longitudine geografiche.

Nell'aeronautica invece, astrattamente considerata, un terzo elemento è indispensabile: l'altitudine; non conoscendo la quale rimane indeterminata la posizione dell'aeronave sulla verticale. Nel campo analitico, dunque, tra i due problemi corre la stessa differenza che tra l'analisi a due e quella a tre coordinate.

In conseguenza di ciò, mentre per l'orientamento sulla superficie del globo sono sufficienti i quattro punti cardinali dell'orizzonte, nello spazio invece, quando si volesse considerare il problema completo, ne occorrerebbero sei, e i punti cardinali della rosa aeronautica dovrebbero necessariamente essere: Nord, Sud, Est, Ovest, Zenit, Nadir.

Inoltre, laddove la navigazione marina si svolge soltanto secondo una delle due curve, lossodromia o circolo massimo, entrambe analiticamente notissime, la navigazione aerea invece, secondo verosimiglianza, si svolgerà secondo infinite curve diverse, le quali tutte certamente sfuggono, per ora, a qualsivoglia analisi; nè potranno mai esservi assoggettate se lo studio della fisica terrestre in generale, e quello della meteorologia in particolare, non ci avranno prima condotti alla scoperta di leggi matematiche determinanti il regime delle correnti atmosferiche.

Ora, mentre la navigazione marina possiede mezzi sufficienti per la determinazione delle due coordinate che le bastano, quella nell'aria, anche quando potesse appropriarsi i metodi della prima, rimarrebbe sempre deficiente, perchè, allo stato presente della scienza, non vi è mezzo di determinare la terza coordinata che le abbisogna, almeno con quello stesso rapporto di approssimazione che in mare si consegue nei calcoli ordinarî per fare il punto.

La nave che percorre la propria rotta, senza scostarsi mai dalla superficie terrestre, cioè senza mai mutar posizione sulla verticale, trasporta seco con somma facilità, e può procurarsi mediante la misurazione diretta, gli elementi necessari per la risoluzione dei varî problemi della navigazione. Così la bussola ed il solcometro le permettono di determinare, quando che sia, l'allontanamento e la differenza di latitudine per un dato cammino percorso secondo una certa rotta; il sestante od il circolo a riflessione le forniscono le misure d'altezza degli astri; il cronometro le consente di trasportare seco invariato il tempo del primo meridiano.

Condizioni simili non si verificano affatto, o si verificano soltanto imperfettamente, a bordo della nave aerea.

È infatti assai dubbio se le condizioni particolari dell'ambiente atmosferico possano consentire una sufficiente stabilità dell'ago magnetico. Non abbiamo, è vero, dati d'esperienza in proposito; tuttavia sembra

logico ammettere che la stabilità di direzione, caratteristica della nave in mare che corre sopra una data rotta, padrona di sè stessa grazie al timone, debba assai facilmente venir meno nella nave aerea, soggetta forse a movimenti vorticosi, anche indipendentemente dal vento che la trascina.

Questa condizione di fatto, che sembra debba essere peculiare dell'aeronave, induce a credere che la bussola, molto probabilmente, diventi inservibile, cioè, come si dice dai marinai, *folle*.

Ma, indipendentemente da ciò, la bussola, dato pur che servisse, non potrebbe mai fornire altra misura che quella dell'angolo che fa, col piano del meridiano, l'*elemento* della rotta proiettato orizzontalmente. Questa, come ognuno comprende, sarebbe nozione soltanto *incompleta* della direzione; per di più poi questa nozione rimarrebbe affetta da una incertezza dovuta alle possibili, verosimili ed indeterminate, per ora, vicende della declinazione magnetica, per effetto delle variazioni nell'altitudine.

Veniamo ora al solcometro. Mentre la nave in mare corre sopra un elemento che è immobile; mentre cioè fra la nave e il mare v'ha movimento *relativo*, questo, astrazione fatta dal movimento ascensionale, manca del tutto tra la nave aerea abbandonata a sè stessa e l'atmosfera: l'una e l'altra si muovono insieme, e la navicella libera, supposto il pallone *librato* nell'aria, si trova, rispetto all'ambiente che la comprende, in uno stato di equilibrio statico.

Data questa condizione, nessuna misurazione di velocità è possibile, nessuno strumento può immaginarsi che sulla nave aerea sostituisca il solcometro della nave marina, perchè, allo stato presente della scienza, e sino a tanto che il progresso non abbia condotto alla scoperta dell'aeronave *autonoma*, nessun principio fisico si conosce, il quale possa servire di base alla costruzione d'uno strumento consimile da usarsi nell'aria.

È noto che i problemi della navigazione stimata si riducono sempre ad una determinazione di *differenza di coordinate*, la quale è appunto possibile soltanto col soccorso della bussola e del solcometro. Ora, anche a prescindere dalla instabilità della rotta (che sembra debba essere caratteristica della navigazione aerea) e dalla impossibilità presente di sottoporre ad analisi le infinite curve che possono rappresentarla; data la inservibilità, o quanto meno la insufficienza dell'ago magnetico, e la impossibilità di fornire l'aeronave di strumento che faccia l'ufficio del solcometro, ne consegue doversi ritenere che i metodi della navigazione stimata, quali si adoperano sul mare, siano assolutamente impraticabili nell'aria, nè possano esservi rappresentati da metodi corrispondenti.

Posto tuttavia, a mo' d'ipotesi, che così non fosse e che direzione e velocità potessero essere conosciute a piacimento, il *problema del punto nello spazio* rimarrebbe sempre indeterminato, non conoscendosi l'altitudine.

Per rimanere, per ora, nei limiti della stima, si potrebbe bensì immaginare l'aeronave munita, per esempio, d'un barometro registratore (barometrografo) il quale fornisse una nozione elementare del movimento lungo la verticale; ma anche a prescindere dal fatto che un simile strumento risentirebbe sempre, ed in modo che è difficile valutare *a priori*, delle variazioni termometriche, perchè la compensazione termica sarebbe nel caso pratico difficilissima, convien ricordare che le indicazioni che se ne otterrebbero sarebbero sempre di *variazione di altitudine*, cioè di movimento *relativo* nel senso della verticale; ma non potrebbero mai dare una misura sufficientemente approssimata dell'altitudine assoluta per un dato istante, mancando affatto la conoscenza del valore barometrico corrispondente all'altitudine *zero* nel medesimo istante fisico.

Quanto si è detto sinora sembra sufficiente per concludere che nessuna stima sia, allo stato presente della scienza, praticabile nella navigazione nell'aria.

Passando ora da questo campo in quello della navigazione astronomica, osserveremo subito che la necessità della terza coordinata per la determinazione del *punto nello spazio*, basta a far dichiarare *a priori* insufficienti i metodi ordinari dell'astronomia nautica. Infatti, questi metodi si devono sempre ritenere indipendenti dalla distanza lineare dell'astro dalla terra, essendo sufficiente, per i bisogni della navigazione, conoscere la posizione della visuale ad un punto celeste rispetto al piano dell'orizzonte astronomico e del meridiano vero, ossia conoscere altezza ed azimut dell'astro. Per il riferimento della visuale al centro della terra, quando questo sia necessario, basta la conoscenza grossolana della distanza lineare dell'astro dalla terra.

Perchè si potesse anche determinare astronomicamente quale punto l'aeronave occupa sulla verticale, per dedurne l'altitudine *con omogeneità di approssimazione* rispetto agli altri elementi, bisognerebbe che l'astronomia potesse fornirci, con la stessa precisione con la quale, per esempio, ci fornisce anticipatamente le coordinate uranografiche dell'astro, anche il valore lineare della distanza. Allora soltanto il problema sarebbe geometricamente possibile.

Questa osservazione sembra sufficiente da sola a dimostrare come il problema nautico nell'aria sia, per ora, astronomicamente insolubile in modo completo.

Lasciando ora il campo della speculazione astratta per raccoglierci entro i limiti più modesti della pratica, si potrebbe forse pensare ad un procedimento misto, il quale si valesse dell'astronomia per la determinazione della longitudine e della latitudine soltanto, procurandosi con altri mezzi la terza coordinata. Se non che, a parte le considerazioni già svolte a proposito di quest'ultima ricerca mediante il barometro, a parte la poca fiducia che meriterebbe, anche quando fosse possibile, la misura diretta (a guisa di scandaglio o per mezzo dei cavi di guida ideati dall'aeromane inglese Quen e sperimentati da Andrée e dal suo compagno Strindberg) (1), rimane sempre a vedere se sia da ritenersi possibile la determinazione della longitudine e della latitudine nell'aeronautica con metodi e strumenti simili a quelli in uso nella navigazione marina.

È noto che, a meno di non ricorrere a procedimenti la cui applicazione richiede cure particolari non consentite dall'ambiente della navicella di un pallone alla mercè del vento, la navigazione di stima è ausiliaria indispensabile di quella d'altura, alla quale sovente somministra criteri di scelta tra risultati multipli, che altrimenti le mancherebbero, mentre le fornisce sempre valori approssimati delle coordinate o i mezzi per il riferimento ad un determinato istante fisico, dei risultati di osservazioni eseguite in istanti diversi.

Tutto questo venendo, come s'è visto, a mancare nella navigazione aerea, sembra si possa concludere che, *allo stato presente della scienza*, tanto il problema nautico della determinazione completa del punto nello spazio, quanto quello più semplice della ricerca d'una sola delle coordinate che concorrono a fissarlo, rimanga insolubile.

Non sarà tuttavia inutile considerare il problema anche nella ipotesi che una stima sufficientemente approssimata sia o diventi un giorno possibile.

Tanto la determinazione della longitudine quanto quella della latitudine, con metodi astronomici facili e speditivi quali si potrebbero presumere

(1) L'uso di questi cavi sul quale Andrée contava, sia per garantire al suo aerostato un certo grado di dirigibilità, sia per potersi mantenere entro limiti prestabiliti di altitudine, sembra abbia in pratica completamente fallito. Se si deve credere alle poche notizie avute, pare che, poco dopo la partenza, l'« *Ærnen* » si elevasse ad altezze assai maggiori del limite massimo al quale era possibile l'uso dei cavi di guida. Da qualche testimonianza dei presenti (non controllabile però) risulterebbe che l'altezza, all'istante della scomparsa dall'orizzonte, giungesse a circa 2000 metri; ma il primo dispaccio lanciato da Andrée stesso, e raccolto a Collafjord (Islanda), reca distintamente l'indicazione dell'altitudine che era di 600 metri, cioè poco meno del doppio del più lungo dei cavi di guida il quale misurava solo 370 m..

praticabili sulla navicella aerea, esigono la conoscenza dell'altezza geocentrica d'un astro; e poichè l'astro più facilmente osservabile è il sole, ci limiteremo a considerare l'osservazione di questo.

Gli elementi che concorrono sempre a ridurre geocentrica l'altezza osservata con uno strumento a riflessione (1), qualunque sia l'astro, sono, come è noto, oltre la correzione dipendente dal principio di numerazione, la depressione apparente dell'orizzonte e la refrazione astronomica.

Entrambi questi elementi risentono, sebbene in modo diverso, della elevazione dell'occhio dell'osservatore sul livello del mare.

Se supponiamo che l'aeronave sia munita di strumenti o mezzi di misura tali che l'osservatore possa conoscere, con l'approssimazione del decametro, la propria altitudine all'istante in cui egli osserva l'altezza del sole, l'incertezza che ne deriverà nel valore della depressione, sarà di circa un primo d'arco a 100 m. d'altezza, di mezzo primo intorno ai 300 m. e andrà, così di seguito, diminuendo sino a diventare insensibile ad altezze molto grandi.

L'ipotesi dell'approssimazione al decametro nel valore dell'altitudine, finchè questa rimanga entro limiti ristretti, non è forse lontana dalla verosimiglianza, perchè tale approssimazione equivarrebbe all'incirca alla precisione del millimetro di mercurio nelle indicazioni della colonna barometrica; ma non è possibile prevedere quale grado di fiducia le spetti quando si tratti di altezze considerevoli per le quali il coefficiente della temperatura deve necessariamente assumere un'importanza notevole.

Mantenendosi l'altitudine tra 100 e 500 m., l'incertezza media sul valore della depressione può ritenersi oscillare intorno ai 40" cioè a quattro volte l'ordinaria approssimazione di un buon sestante marino, astrazione fatta dalla eccentricità.

Quanto alla refrazione astronomica, a meno che non si presentassero anomalie imprevedibili, non vi è ragione per dubitare ch'essa non obbedirebbe sempre alla legge espressa dalla nota formola di Laplace, qualunque fosse l'altitudine del punto.

Il calcolo d'angolo orario per la longitudine e quello della latitudine con l'altezza meridiana del sole, siccome i più semplici, possono ritenersi i più adatti all'aeronautica. Ora, sappiamo che, chiamando ε l'errore derivante nell'angolo orario per un errore e commesso nell'altezza abbiamo:

$$\varepsilon = \frac{e}{\sin \alpha \cos \varphi}$$

(1) Non sembra che alcun altro strumento possa ritenersi adatto alle esigenze pratiche dell'aeronautica, che ha per caratteristica principale una estrema instabilità del luogo d'osservazione.

essendo φ la latitudine ed α l'azimut dell'astro osservato all'istante dell'osservazione. Questa formola ci mostra che ε è sempre maggiore di e , (eccettuato il solo caso particolare in cui si avesse simultaneamente $\alpha = 90^\circ$, $\varphi = 0^\circ$), e che, per uno stesso valore di α , ε cresce rapidamente col crescere della latitudine, sino a diventare infinito per $\varphi = 90^\circ$, ossia sul polo. Ciò mostra che in latitudini molto vicine ai poli un errore relativamente piccolo nell'altezza si traduce in un errore enorme sulla longitudine (1).

Supponendo $\alpha = 30^\circ$, l'incertezza di $40''$ nell'altezza si tradurrebbe in un errore di $\pm 2'$ nella longitudine per $\varphi = 50^\circ$; di $\pm 7.7'$, per $\varphi = 80^\circ$ e di $\pm 17'$ per $\varphi = 85^\circ$. Bastano questi pochi esempi per dimostrare la rapidità con la quale, crescendo la latitudine, cresce l'errore nella longitudine, dovuto ad uno stesso errore nell'altezza.

Tutto questo però suppone che si conosca il tempo del primo meridiano.

Esclusa *a priori* la possibilità di procurarsi questo elemento mediante le osservazioni degli eclissi dei satelliti di Giove o per mezzo delle distanze lunari, non rimane altra risorsa che il cronometro.

Non abbiamo dati di esperienza per valutare, anche soltanto all'ingrosso, l'influenza che possono esercitare sull'andamento del cronometro marino, le particolari condizioni dell'aeronave, esposta certamente ad oscillazioni e vibrazioni che è forse facile immaginare, ma che è certo impossibile apprezzare. La sola esperienza che possediamo, è quella che riguarda l'andamento del cronometro sulle torpediniere e sui moderni velocissimi *destroyers*: questa ha dimostrato la impossibilità di servirsi di quel delicatissimo strumento a bordo di quelle piccole navi: alla continua vibrazione cui è assoggettato l'esile scafo per il vertiginoso movimento dell'apparato motore; alle scosse violente dovute a movimenti repentini irregolari in mare agitato, nessun cronometro può resistere.

Non si può certo ammettere che vi sia una grande analogia tra l'ambiente d'una torpediniera, anche in mare tranquillo, e quello della navicella d'un pallone viaggiante nell'atmosfera; le vibrazioni brevi ma continue prodotte dalla macchina nella prima, mancano affatto nella seconda, mentre potrà darsi che questa ne risenta d'altro genere, forse

(1) Il chiarissimo prof. Elia Millosevich, in una sua pregevole nota pubblicata nell'Annuario dell'Istituto Cartografico Italiano per il 1889, sulla difficoltà di determinare esattamente una differenza di longitudine in estrema prossimità ai poli, conchiude che « per gli ultimi gradi è giocoforza abbandonare i metodi astro-nomici ».

comunicatele dalle funi che la sospendono al corpo dell'aerostata, senza contare i movimenti vorticosi cui abbiamo già accennato parlando della bussola. Tutto però induce a credere alla grande difficoltà se non alla impossibilità di servirsi del cronometro marino nell'aeronautica, mentre non è improbabile che lo si possa utilmente sostituire con un buon orologio da tasca di grande precisione, come appunto, di solito, viene praticato sulle torpediniere.

L'influenza dell'errore ϵ sulla latitudine è molto diversa, perchè tutto intero l'errore viene a trasportarsi su questa in grandezza ed in segno.

Riassumendo dunque, si vede che, mentre la determinazione della latitudine sarebbe da ritenersi praticabile; e l'approssimazione inerente, dati gli scopi presumibili dell'aeronautica, potrebb'essere sufficiente; per la longitude invece, posto che s'abbia mezzo di conservare inalterato il tempo del primo meridiano, la possibilità sarebbe circoscritta entro limiti diversi della latitudine a seconda del grado di approssimazione richiesto.

Per avvicinare sempre di più la presente analisi al campo della pratica faremo ancora una considerazione.

È certo che la determinazione del punto nella navigazione aerea non avrebbe interesse scientifico se non in quanto ne fosse possibile il riferimento alla superficie della terra. Quando anche il viaggio nell'aria avesse scopo unicamente fisico, l'importanza della posizione dell'osservatore nello spazio non sarebbe maggiore di quella della sua proiezione verticale sulla terra; mentre quando lo scopo fosse unicamente geografico, questa assumerebbe importanza assai maggiore della prima.

Per limitarci dunque al campo geografico potremmo concludere la determinazione della terza coordinata non essere necessaria se non come mezzo per concorrere alla ricerca delle altre due.

Perchè questa analisi elementare delle presumibili condizioni presenti della nautica nell'aria fosse alquanto più completa, rimarrebbe a farsi qualche considerazione sul caso particolare della navigazione aerea a sì breve distanza dalla superficie su regioni geograficamente e cartograficamente note, che fosse possibile praticare dalla navicella metodi analoghi a quelli che si usano nella navigazione costiera. Ma oltrechè questa parte dell'analisi ci condurrebbe allo studio di *problemi speciali* dell'aeronautica, essa non servirebbe punto alla dimostrazione che è scopo precipuo di questo scritto.

È giunto ora il momento di ritornare ad Andrée.

Accorgersi del passaggio sul polo, per quindi lasciar cadere il segnale convenuto, voleva dire per lui essere in grado di conoscere facilmente

e con bastevole approssimazione, la propria latitudine; inutile, in questo caso particolare, occuparsi della longitudine,

Andrée certamente non ignorava quanto siamo venuti esponendo a proposito della nautica nell'aria in generale; egli dunque sapeva bene che una volta spiccato il volo, nessuna relazione matematica sicura legava la sua rotta al punto di partenza, così da potere questa tracciare con una serie di punti che rispondessero con buona approssimazione alla realtà. Lo scopo suo era, se non unicamente, certo in linea principale, geografico; per conseguenza la misura dell'altitudine aveva per lui soltanto l'importanza che or ora abbiamo detto.

È dunque naturale che il temerario ingegnere facesse assegnamento, oltrechè sui mezzi proprî per dare all'« Cernen » una certa dirigibilità (cavi di guida e vele) (1) anche sopra una relativa stabilità del vento per direzione e per intensità durante il tragitto dall'isola dei Danesi al Polo. Se questa condizione atmosferica si fosse verificata, Andrée avrebbe posseduto i necessari elementi di stima per conoscere approssimativamente la propria posizione. Ma non sarebbe stata cosa seria il fidare unicamente in questa ipotesi, riducendo il calcolo della latitudine ad un elementarissimo computo aritmetico. E Andrée, infatti, partì munito di strumenti che si dissero specialmente studiati per verificare almeno la propria posizione.

La conoscenza della latitudine aveva dunque, come abbiamo detto, la massima importanza per Andrée; e dobbiamo ritenere che il solo mezzo a sua disposizione per determinarla fosse ancora l'osservazione del passaggio d'un astro al meridiano; questo astro, per ragione di semplicità, come altrove si disse, non poteva essere che il sole (2). Era perciò ne-

(1) Si sa che Andrée contava sui cavi di guida per ottenere che il pallone camminasse meno del vento. Si sarebbe così determinato un moto relativo tra l'aeronave e l'atmosfera, del quale Andrée avrebbe profittato per navigare, al caso, con direzione alquanto inclinata rispetto a quella del vento (per mezzo di vele e trasportando dal lato opportuno, sul cerchio di sospensione della navicella, il *dormiente* [punto d'attacco] dei cavi di guida), e per dare una certa stabilità a tutto il sistema aerostatico.

Dalle esperienze fatte dallo stesso Andrée e da altri, come già fu detto, pare confermato nella pratica l'effetto che il principio teorico lascia intravedere. Ma se con tale mezzo (che del resto, come abbiamo altrove notato, sembra aver fallito lo scopo a cagione dell'eccessivo innalzarsi del pallone) Andrée poteva entro certi limiti, *governare* la sua nave, egli era però sempre nella impossibilità di verificare la propria velocità di traslazione, almeno senza supporre nota quella del vento.

(2) Si potrebbe credere che Andrée potesse giovare dell'osservazione di qualche stella circumpolare sul meridiano o fuori di quello, osservazione che può fornire assai facilmente la latitudine; ma questa non era possibile per lui perchè evidentemente il globo aerostatico toglie all'osservatore che sta sulla navicella la vista del cielo vicino allo zenit, che in latitudini altissime cade assai prossimo al polo.

cessario ch'egli potesse osservare il sole al suo passaggio sul meridiano del luogo; di qui la necessità di individuare il meridiano. Anche potendo contare sulla bussola o su qualche altro mezzo per un grossolano orientamento, questa osservazione era sempre per Andrée assai difficile. Sappiamo infatti che durante l'estate polare il sole non discende mai sotto l'orizzonte, o si nasconde per brevissimo tratto sul finire della stagione o si mostra soltanto per brevissimo tempo al principio di questa. Nei giorni della partenza di Andrée non aveva luogo tramonto, e il sole, durante le 24^h del giorno percorreva apparentemente tutto intero l'orizzonte, giungendo alla sua massima altezza nell'istante del passaggio al meridiano superiore, ed alla minima in quello del passaggio al meridiano inferiore. Però tanto la massima quanto la minima altezza dell'astro sull'orizzonte hanno sempre, in que' luoghi, valori assai piccoli; il sole nel suo apparente cammino diurno sembra muoversi sopra una curva assai poco inclinata all'orizzonte, il piano della quale risulta quindi quasi perpendicolare alla verticale. Ne consegue che l'istante del passaggio non è più, come nelle nostre latitudini per esempio, *sensibile fisicamente*; che cioè l'osservatore non ha più mezzo di *vedere* nel cannocchiale del suo sestante l'effettiva culminazione, ossia di *vedere il mezzogiorno*, come dicono i marinai. Tolta dunque codesta circostanza, che appunto rende tanto facile e comoda nella nautica l'osservazione dell'altezza meridiana, ne viene di necessità che, anche potendo grossolanamente individuare il meridiano, l'osservatore sarà sempre costretto a fare una serie non breve di osservazioni d'altezza per ciascun passaggio, onde poi ricavarne il valore massimo corrispondente al passaggio superiore ed il minimo per quello inferiore. Ora, pur prescindendo dalla difficoltà di osservare una lunga serie d'altezze dalla navicella, per poterle paragonare tra loro onde dedurne un massimo od un minimo, queste dovrebbero esser ridotte ad un medesimo orizzonte, e ciò non si può fare senza la nozione *esatta e completa* del cammino percorso negli intervalli tra l'una e l'altra, nozione che l'aeronauta non può, come abbiamo visto, avere.

Oltre questa difficoltà, che basta da sola a far dubitare della possibilità di determinare la latitudine in vicinanza dei poli navigando nell'aria, altre ve ne sono d'altra natura che conviene esaminare.

È assai dubbio che l'osservatore dalla navicella possa scorgere nettamente l'orizzonte del ghiaccio, e quindi ottenere un buon contatto dell'immagine riflessa; nè si può credere alla possibilità di fare uso d'un orizzonte artificiale applicato allo strumento a riflessione. Da quando Borda, per il primo, propose una simile applicazione, questa non è mai entrata nell'uso pratico del mare perchè riconosciuta assolutamente inservibile.

Inoltre, ammesso che l'altitudine sia nota, come abbiamo detto, a meno di un decametro, se la depressione vera dell'orizzonte rimarrebbe affetta da un'incertezza perfettamente valutabile perchè dipendente dalla soluzione d'un semplicissimo problema geometrico, altrettanto non può dirsi della depressione apparente che è quella che interessa; nessun dato di esperienza ci può illuminare per sapere, con qualche approssimazione, quali valori assuma il coefficiente della refrazione terrestre. Anzi le notizie che si hanno sui fenomeni ottici più conosciuti nelle regioni polari inducono a temere che abbiano ad essere frequenti e notevoli le anomalie. Il fenomeno del disco del sole, trasfigurato sino a mostrarsi a strisce luminose parallele all'orizzonte, dice abbastanza bene quali strane anomalie accompagnino tal volta il fenomeno della refrazione in quelle regioni. Questo fenomeno, che non è raro, basta a mostrare quanto poco si possa fare assegnamento sulle conoscenze che si posseggono sinora in argomento. Quando poi si ponga mente alla grande obliquità secondo la quale i raggi luminosi incontrano i diversi strati dell'atmosfera prima di giungere all'occhio dell'osservatore, se ne conchiuderà facilmente che la curvatura di questi debba esercitare una influenza notevole sul valore totale della refrazione. È vero che di questa curvatura si tiene conto nel calcolo della refrazione; ma se nelle condizioni normali, che si verificano in latitudini non molto elevate, questo calcolo può offrirci una garanzia sufficiente, non così sembra si possa dire per le latitudini assai prossime ai poli, e per altezze estremamente piccole dell'astro.

Fu detto e scritto che la spedizione partiva provvoluta di strumenti speciali che avrebbero permesso di determinare con tutta facilità la latitudine e la longitudine. Noi non possediamo sinora notizie sufficienti intorno ai medesimi; ma queste notizie non potrebbero servirci ad altro che a farci apprezzare, con una certa precisione, la difficoltà inerente alle diverse osservazioni eseguite per loro mezzo, e la maggiore o minore approssimazione che potrebbero conseguire i risultati dei calcoli fatti sulla base di quelle. Ma bisogna riflettere che se lo strumento può facilitare e talvolta anche rendere possibile l'osservazione d'un dato fenomeno (come è il caso, per esempio, dell'orizzonte artificiale che permette la misurazione d'altezza, con istrumenti a riflessione, anche quando non si vede l'orizzonte), la possibilità dell'osservazione dipende, prima che dalle particolarità dello strumento adoperato, dalle condizioni fisiche sotto le quali il fenomeno si presenta. Queste, se anche fossero sempre percettibili ai nostri sensi, non sempre sono apprezzabili e tanto meno assoggettabili a misura. Nessuno strumento potrà mai correggere, per esempio, le anomalie possibili nella direzione d'un raggio luminoso traverso l'atmosfera,

nessuno strumento potrà mai, dunque, eliminare le incertezze che da queste anomalie conseguono sulle misurazioni ottiche aventi per base quella direzione. Nessun congegno ottico potrà mai far apparire nel campo d'un cannocchiale il disco del sole sotto la sua vera forma, o sotto altra che consenta l'osservazione d'altezza, quando questo disco si presenti sotto forme anomale che sfuggono all'analisi; perchè ciò fosse possibile, lo strumento dovrebbe poter neutralizzare la refrazione atmosferica o modificarne gli effetti *in un determinato modo voluto*, ciò che è impossibile.

Bisogna dunque convenire che, se è lecito ritenere possibile la determinazione della latitudine in vicinanza dei poli per un osservatore che si trovi fermo sulla superficie del globo e possa attendere le circostanze favorevoli per osservare, dobbiamo invece ritenere, *per ora*, estremamente difficile, se pur non impossibile, di fare altrettanto navigando nell'aria. L'ingegnerè Andrée, come si vede, non aveva a sua disposizione, per determinare la propria latitudine dalla navicella in moto, nessun mezzo scientifico degno di fiducia; egli pertanto non poteva assolutamente accorgersi del proprio passaggio sul polo, senza procurarsi durante il tragitto qualche latitudine abbastanza sicura, discendendo sulla superficie del ghiaccio. Soltanto così, coi mezzi d'orientamento praticabili in quelle regioni, egli avrebbe potuto verificare la direzione e l'intensità del vento, cui si sarebbe nuovamente affidato dopo *fatto il punto*, e valutare il suo progresso verso il polo, che altrimenti rimaneva un' indeterminata per lui.
