Meteorologia applicata al volo delta

di Plinio Rovesti



LE NUBI A SVILUPPO VERTICALE

Cumulus humilis - Cumulus Congestus - Cumulonimbus



Lo studio approfondito delle nubi a sviluppo verticale ha un'importanza grandissima, poiché è appunto sotto e dentro queste nubi che si sviluppano le più intense e persistenti correnti termiche. Per questo ci proponiamo di raccogliere in questo articolo tutte le nozioni che ci parranno utili per una buona conoscenza soprattutto sotto l'aspetto pratico di queste potenti amiche del volo veleggiato.

.

I cumuli sono assai frequenti, specialmente nelle giorante calde. Su basi piuttosto appiattite, si elevano a guisa di cupole tondeggianti, che spesso raggiungono proporzioni spettacolose. La loro tinta nella parte inferiore, è grigio scura, nella parte media e superiore è invece di un bianco splendente. Manca in essi del tutto quella struttura fibrosa, che si nota spesso in altri tipi di nubi. Compaiono nel cielo ora a gruppi, ora isolati ad altezze che variano dai 500 ai 3.000 metri. Anche quando sono fortemente sviluppati non riescono a dare che delle precipitazioni molto deboli. Il cumulo si forma, di solito, nelle giornate di bel tempo, quando il sole ha modo di far sentire più vivacemente l'azione del suo calore sul suolo, generandovi forti correnti termiche; ma può aversi anche in giornate alquanto coperte, purché vi siano nell'atmosfera buone condizioni di instabilità, perché anche in tali giornate è possibile lo sviluppo di correnti ascendenti. Ora, il cumulo rappresenta proprio il punto di arrivo di tali correnti, vale a dire il punto a cui la colonna ascendente, che si è andata di mano in mano raffreddando secondo una legge a noi già nota, raggiunge la saturazione ed ha inizio il processo di condensazione. Il cumulo dunque, dice al pilota che sotto la propria base (o poco discosta da essa, se accade che il vento faccia deviare la corrente dalla verticale del luogo) egli potrà trovare una di quelle correnti, che possono portare la sua ala verso l'alto.

Ciò, però, non è tutto. Sappiamo infatti che il fenomeno della condensazione avviene con forte emissione di calore. Per effetto di tale fenomeno, la corrente generata dall'insolazione, giunta alla base del cumulo, riceverà un notevole incremento alla propria velocità di salita: potrà così continuare il suo cammino ascendente nell'interno della stessa nube fino a toccare quote che, ove non si presentino strati di inversione, possono giungere anche a 8-9.000 metri. Ognuno vede quindi quale possibilità offra al pilota questo prezioso tipo di nube che, mentre per un verso segna il punto di arrivo della termica, per un alto verso segna il punto di partenza di un nuovo cammino verso l'alto nell'interno della nube stessa.

Il vero cumulo è nettamente delineato, sia in alto che in basso, e la sua superficie appare come scolpita in una materia dura, capace di mantenere, per un certo periodo almeno il suo aspetto e i suoi contorni (fig. 1).



Fig. 1 - Cumuli nettamente delineati, sia in alto che in basso: la loro superficie appare come scolpita in una materia dura.

Quando invece si presenta come lacerato, mutevole di forma, instabile, allora prende più propriamente il nome di "fractocumulo" (fig. 2).

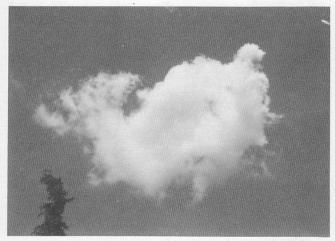


Fig. 2 - Cumulo lacerato e mutevole di forma che prende più propriamente il nome di "fractocumulo".

Assume questa forma quando nell'atmosfera si hanno insieme turbolenze e convezione termica, ossia quando un vento forte e sufficientemente umido scorre sopra un suolo molto caldo ed il margine superiore dello strato turbolento sorpassa il livello di condensazione. I "fractocumuli" (ed anche i cumuli) che si formano nelle condizioni sopra descritte, o anche per il sollevamento forzato di aria

umida lungo i pendii montani, prendono lo speciale appellativo di "fracto-cumuli" o "cumuli dinalmici". Sia gli uni che gli altri non presentano mai la base con quel profilo rettilineo, che è proprio dei cumuli termici (fig. 3).

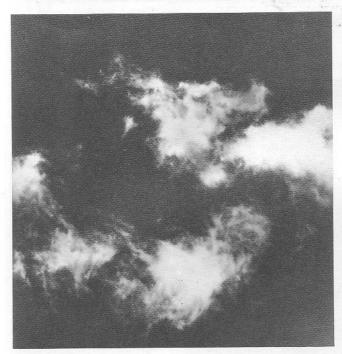


Fig. 3 - "Cumuli dinamici" che si formano per il sollevamento forzato di aria umida lungo i pendii montani. (Sierra de Cordoba-Argentina)

Tra le specie di cumuli che hanno maggiore rilievo annoveriamo:

CUMULUS HUMILIS

a) il "Cumulus humilis"; che è il tipico cumulo di bel tempo. Ha scarso sviluppo in altezza e vita breve. Spesso capita infatti che il cumulo si dissolva poco dpo la sua formazione, per ricomporsi più tardi ed in seguito disperdersi definitivamente. Com'è facile capire, la vita di questo tipo di nube convettiva, a scarso sviluppo verticale, oltre che delle correnti termiche da cui trae origine, dipende anche dalla turbolenza e dallo stato igrometrico dell'atmosfera in cui si forma. Un'aria ambiente molto secca ed agitata, accelera infatti l'evaporazione delle goccioline che costituiscono la nube provocandone la rapida dissoluzione.

Secondo recenti teorie, infatti, lo sviluppoo di una nube cumuliforme fino alle imponenti proporzioni di un cumulonembo, non si può concepire se non ammettendo l'apporto di vapore acqueo da parte dell'aria ambientale nella quale la nube si sviluppa. Come vedremo in seguito, questo trascinamento di aria umida nell'interno delle nubi convettive, è ormai considerato un indispensabile meccanismo, per lo sviluppo dei cumuli; meccanismo al quale è stato dato il nome di "entrainment".

Talora i cumuli di bel tempo appaiono disseminati per il cielo, ben distanziati l'uno dall'altro, con la bsae piatta e i contorni nettissimi (fig. 4). Pur presentando la stessa caratteristica di una modesta altezza, dovuta al fatto che poco più del livello di condensazione esiste una forte inversione termica, possono assumere aspetti variabili. Infatti, anche se non arrivano ad assumere l'aspetto tipico del cavolfiore, tuttavia all'inizio si presentano con la cima bene arrotondata; in seguito, la cima si appiattisce, il corpo si sgonfia gratamente, talora fino a scomparire del tutto.



Fig. 4 - Distesa di "cumulus humilis" o cumuli di bel tempo, disseminati per il cielo, con base piatta e con contorni nettissimi (Valle de La Cruz - Cordoba - Argentina).

Questa mutevolezza di aspetti, che testimonia l'intima evoluzione della nube, denota che allora si avvicina una perturbazione e comincia proprio quando il cielo viene invaso dal velo di cirrostrati che costituiscono l'orlo anteriorore dell'aperturbazione propriamente detta. Ecco perché questi cumuli si dicono con buona ragione "di bel tempo"; essi non possono, infatti, nè formarsi nè durare se non fuori dalle perturbazioni atmosferiche: quando queste si appressano, quelli di dissolvono e scompaiono.

CUMULUS CONGESTUS



Fig. 5 - "Cumulus congestus" di ingenti proporzioni, molto gonfio e con forti protuberanze, dal caratteristico aspetto di uno smisurato cavolfiore. (Valle de La Cruz-Còrdoba-Argentina).

b) Il "Cumulus Congestus": è un cumulo di proporzioni ingenti, molto gonfio, con forti protuberanze, terminante con una o più cupole dal caratteristico aspetto del cavolfiore. Può presentarsi sotto diversi aspetti per le diverse condizioni in cui può prodursi:

1) Con aria calma, soprattutto durante le giornate calde con tendenza temporalesca, il cumulo si presenta con grandi dimensioni, saldamente costruito su una larga base orizzontale, sviluppato fortemente in senso verticale, talora somigliante ad una ciclopica torre, tal altra ad uno smisurato cavolfiore (fig. 5). Frequentemente si nota sopra questo tipo di cumulo un berretto o cappuccio, dovuto al sollevamento di uno strato umido sottostante ad una debole inversione termica: donde il nome di "pileus" (fig. 6).



Fig. 6-"Pileus" dovuto al sollevamento da parte di un cumulus congestus di uno strato umido sottostante ad una debole inversione termica (Valle de La Cruz - Còrdoba - Argentina).

Quando il sollevamento è forte e l'umidità sufficiente, la testa del cumulo riesce ad attraversare il cappuccio, il quale diviene perciò un collare, che si incorpora nella nube.

2) Con vento forte nella parte posteriore delle perturbazioni il cumulus congestus presenta un aspetto irregolare, tormentato, a contorni molto frastagliati (fig. 7). Lo si trova

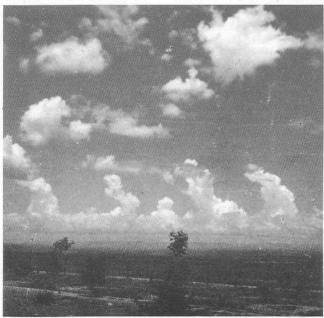


Fig. 7 - Nella parte posteriore delle perturbazioni i cumulus congestus presentano un aspetto irregolare, tormentato, a contorni molto frastagliati. (Valle de La Cruz - Còrdoba Argentina).

frequentemente associato a cirri densi e a stratocumuli o altocumuli derivanti dall'appiattirsi e distendersi della parte superiore dei cumuli.

Quando accade che la cima di un cumulus congestus raggiunga uno strato di forte inversione termica, si osserva che, per evaporazione, la cima stessa si riduce ed assume un aspetto piano. Se poi la cima del cumulo riesce a vincere l'inversione e a penetrare entro la strato d'aria che la costituisce, si vede la sommità dell'ammasso nuvoloso prendere la forma di un enorme incudine che ha tutto l'aspetto del cirro denso, sebbene non ne abbia la natura: si parla in tal casi di "falso cirro" (fig. 8). Ma poiché l'incudine, che si è venuta così formando, risulta costituita da parti ghiacciate, è evidente che il cumulus congestus ha cessato di essere tale per mutarsi in cumulonembo. Ta i due corre, tra le altre, anche questa differenza, che il primo non dà luogo a precipitazioni, mentre il secondo è costituito al contrario come apportatore di acquazzoni e temporali.

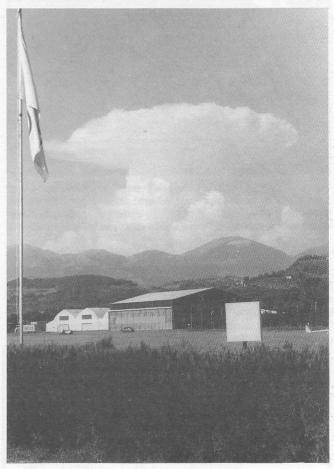


Fig. 8 - Quando la cima di un cumulus congestus riesce a vincere un'inversione termica ed a penetrare entro lo strato d'aria che la costituisce, la sommità dell'ammasso nuvoloso prende la forma di una enorme incudine. In questa foto il fenomeno si è prodotto dietro i monti di Poggio Bustone e Cantalice (Rieti).

La massa nuvolosa che costituisce i cumuli- sia si tratti del cumulus humilis che del cumulus congestus - non è sconvolta da moti turbolenti nè da fenomeni elettrici pericolosi: essa pertanto deve essere considerata come una potente amica del volo veleggiato, e può essere tranquillamente affrontata da quei piloti che, essendo bene addestrati al volo cieco (o volo strumentale), vogliono servirsene per guadagnare quote più alte, dalle quali puntare, con maggiore speranza di vittoria, verso lontane mete

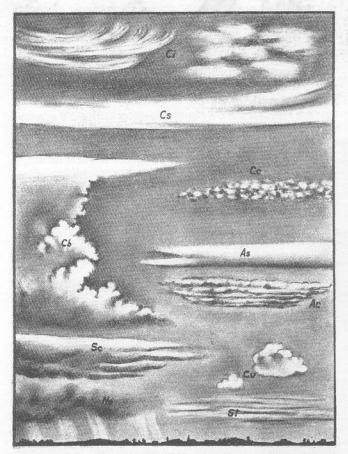


Fig. 9 - Rappresentazione riepilogativa delle varie specie di nubi, indicate con la denominazione abbreviata dei loro nomi secondo la nomenclatura adottata dalla Commissione Internazionale per lo studio delle nubi dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale.



FAMIGLIA	SPECIE	Abbre- viazione	Altezza della base sopra il suolo (metri)	
			Massima	Minima
Nubi superiori	Cirrus Cirrocumulus	Ci Cc	12.000	7.000
	Cirrostratus	Св	10.000 *	6.000 *
Nubi medie	Altocumulus Altostratus	Ac As	7.000 6.000 *	2.500 2.000 *
Nubi basse	Stratocumulus Stratus Nimbostratus	Sc St Ns	2.500	Pochi metri dal suolo
Nubi a sviluppo verticale	Cumulus humilis Cumulus conge- stus . Cumulonimbus	Cu Cu Cb	2.500 2.000 * 3.000 2.000 *	500

NOTA: Le altezze contrassegnate dal segno * si riferiscono a latitudini maggiori di 45°, le altre, a latitudini basse e medic.

Poiché nel corso del nostro studio non abbiamo ancora parlato dei vari tipi di nubi, riportiamo nella **figura 9** uno specchio riepilogativo che ne rappresenta le varie specie, con l'indicazione abbreviata dei loro nomi. Riportiamo inoltre la classificazione delle formazioni nuvolose secondo la nomenclatura adottata dalla Commissione Internazionale per lo studio delle nubi.

Infatti, finché il cumulo è attivo, cioé dal momento in cui comincia a formarsi e fino al momento in cui comincia la sua dissoluzione o la sua degenerazione, la massa nuvolosa che lo costituisce è animata da correnti ascendenti abbastanza ordinate e tranquille, che sono una sicura risorsa per il volo; non è più così quando il cumulo sia degenerato in cumulonembo: le condizioni interne della massa nuvolosa, come vedremo più innanzi, sono allora radicalmente mutate e possono costituire un serio pericolo per il pilota inesperto, che si trovi a doverle affrontare.

Nei voli di distanza con la presenza di cumuli organizzati in strade con base di condensazione alta, il volo in nube è praticamente inutile, poiché, navigando sotto queste formazioni in buone condizioni di visibilità, si può mantenere un'elevata velocità di crociera praticamente sempre alla stessa quota. L'esperienza insegna inoltre, che nei voli di distanza, non conviene entrare in nube se lo sviluppo verticale dei cumuli è inferiore a 1.000 metri. Anche la formazione di ghiaccio impone spesso un limite allo sfruttamento delle correnti ascendenti nell'interno dei cumuli. Pertanto, quando si raggiunge la quota dello zero termico, conviene uscire dalla nube.

Durante lo sviluppo di un ciclone si osserva che i cumuli assumono grandi proporzioni e raggiungono ragguardevoli altezze. Ciò dipende dalla diversa natura dei movimenti verticali che si formano al centro della zona occupata dalla meteora per effetto della convergenza orizzontale delle masse aeree. Nell'aticiclone, invece, in quota si forma un movimento discendente che riscalda le masse d'aria per compressione adiabatica: in tali condizioni, ad una certa altezza, si produce una inversione della temperatura (inversione termica di subsidenza anticiclonica), che blocca i moti termici ascendenti e limita lo sviluppo verticale dei cumuli; i quali pertanto non avranno possibilità di raggiungere grandi proporzioni (Cumulus humilis). In regime ciclonico, invece, si ha un'estesa massa di aria ascendente, la cui temperatura va gradatamente diminuendo per espansione adiabatica. Nell'ambito di questa massa, la convergenza orizzontale verso la zona centrale del ciclone, produce un aumento della velocità dell'aria diretta verso l'alto, ed i cumuli che si generano in tali casi raggungono grandi altezze ed assumono proporzioni cospicue con torri e protuberanze grandiose.

Quando verso sera cessano le correnti ascendenti, i cumuli perdono a poco a poco di altezza fino ad assumere l'aspetto di stratocumuli o di altocumuli, prima di dissolversi completamente ("stratocumulus vesperalis" e "altocumulus cumulogenitus").

Quando i cumuli di bel tempo sono investiti da un forte vento (se non sussistono le condizioni necessarie per la formazione di quei vortici d'aria ad asse orizzontale, ai quali abbiamo accennato in un precedente articolo) si sfaldano, si lacerano e, se il vento continua a soffiare molto forte, finiscono col dissolversi completametne.

È stato chiesto se i cumuli, quando soffia forte il vento, abbiano o non abbiano la stessa velocità degli strati d'aria entro cui si trovano. Si può rispondere affermativamente a tale quesito, benchè, a causa delle evoluzioni interne delle nubi cumuliformi, il loro moviemnto possa essere differente da quello dei filetti d'aria circostanti e della velocità del vento alla stessa altezza.

Riesce interessante notare gli aspetti diversi che i cumuli assumono di fronte al sole. Quando infatti sono illuminati dalla stessa parte da cui li guarda l'osservatore, le superfici delle protuberanze che li costituiscono appaiono più brillanti che non i loro bordi. Quando sono, invece, illumi-

nati lateralmente, presentano contrasti molto forti di luci e d'ombre e si nota che le zone oscure sono segnate da bordi chiari. Quando un cumulo isolato, dopo aver raggiunto un notevole sviluppo verticale, si avvicina al livello di equilibrio termico ed è investito direttamente dai raggi solari, presenta talvolta questo fenomeno, che la parte rivolta al sole cessa di salire e comincia ad incurvarsi, mentre continua a salire la parte in ombra, che forma una nuova cima. Un cumulo in via di decisa dissoluzione è facilmente riconoscibile per il fatto che cessa di poggiare - ci sia consentito di dire così - su una base piana, orizzontalmente disposta, e lo si vede invece abbassarsi da un parte e dall'altra, sotto il livello di condensazione, rivelando così che là è cominciata l'evaporazione della nube e che, con essa, son cominciati anche i primi movimenti discendenti. In questa fase della vita del cumulo si vanno creando pertanto delle condizioni sfavorevoli al veleggiamento, particolarmente nella zona che sta sotto quella parte della nube che si viene abbassando. Per conseguenza si impone al pilota la necessità di evitare per lo meno quella zona, sebbene sia consigliabile, quando se ne abbia la possibilità di scartare del tutto i cumuli che siano entrati nel processo di dissoluzione. La ragione di questo consiglio sta nel fatto che il dissolvimento di un cumulo, a qualunque specie esso appartenga, è sempre accompagnato da fenomeni opposti a quelli che avvengono nella sua formazione, e cioé da raffreddamento dell'aria, dal prodursi di correnti discendenti, spesso anche molto forti, e talora da rovesci di pioggia: condizioni, queste, evidentemente avverse al volo veleggiato. La posizione della corrente ascendente sotto i cumuli dipende dalla posizione del sole e dalla direzione di proveneienza del vento, nonché dalla sua intensità. Il pilota, pertanto incontrerà l'ascendenza dalla parte del sole e del vento e tanto più avanti alla nube (sopravvento) quanto minore sarà la quota del deltaplano. poiché il vento inclinerà più o meno la colonna termica. Riportiamo tre norme alle quali di massima debbono attenersi i deltaplanisti durante il veleggiamento sotto formazioni cumuliformi nelle valli ed in pianura (fig. 10):

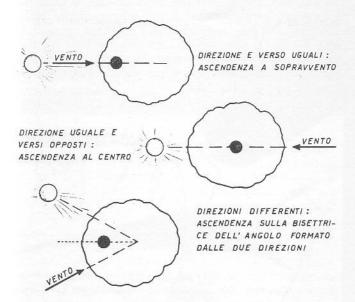


Fig. 10 - Localizzazione dell'ascendenza in relazione ai fattori Sole e Vento.

1) Quando il vento proviene dalla stessa posizione del sole, l'ascendenza va cercata sopravvento alla nube.

- 2) Quando la posizione del sole e la direzione di provenienza del vento sono diverse, l'ascendenza va cercata sopravvento alla nube, lungo la bisettrice dell'angolo formato dalla direzione del vento e della linea che congiunge idealmente la nube e il sole.
- Quando la direzione di provenienza del vento e la posizione del sole sono opposte, l'ascendenza va cercata al centro della nube.

Gli allievi dovranno veleggiare ad una distanza prudenziale dalla base di condensazione (circa 150 m) per non correre il rischio di perdere la visione del suolo e quindi il controllo del deltaplano. A tale scopo essi dovranno volare sui bordi della nube, dove generalmente la velocità ascensionale è minore ed è possibile veleggiare mantenendo il delta sempre alla stessa quota. Volando sotto i cumuli di notevoli proporzioni il calcolo della vicinanza alla base di condensazione è molto ingannevole. Spesso il pilota crede di trovarsi ancora molto lontano. Quando il deltaplano si trova realmente vicino alla base di condensazione, l'orizzonte si copre di una torbida cortina giallognola ed il pilota riesce a distinguere nitidamente il movimento turbolento delle goccioline che costituiscono la nube, dalla quale cadono goccie d'acqua.

Sappiamo come lo sviluppo verticale dei cumuli imprima agli strati d'aria sovrastanti una spinta verso l'alto, che è tanto più forte quanto più rapido è il processo di condensazione nella parte superiore della nube. Questo rapido sollevamento dell'aria che si trova sopra i cumuli, si traduce in vere e proprie correnti ascendenti, la cui intensità va diminuendo di mano in mano che ci si allontana dalla sommità delle nubi.

Com'è facile capire, il carattere di queste correnti ascendenti, è nettamente dinamico ed il loro valore varia da 1 a 2 metri per secondo. La loro utilizzazione è possibile quando il deltaplano, proveniente da quote più alte, giunge sulla sommità di cumuli che si stanno sviluppando nelle valli a quote minori.

Quando manchino i dati precisi del sondaggio termodinamico dell'atmosfera, è possibile determinare la quota a cui, in un dato luogo ed in un certo momento, avranno la loro base i cumuli di convezione, adottando la seguente formula: "l'altezza della base di condensazione è data dal prodotto di 122 per il valore della temperatura dell'aria al suolo, diminuito del valore della temperatura del punto di rugiada". Con questa formuletta si ha che se - per fare un esempio - una bolla termica umida, la quale abbia a terra una temperatura di 30°C, e una temperatura del punto di rugiada di 22°C, ascendendo adiabaticamente, troverà la sua base di condensazione a:

$$122 \times (30-8) = 122 \times 22 = m 976$$

È di grande interesse per il deltaplanista pronosticare, fin dalle prime ore del mattino, l'altezza della base di condensazione che potranno eventalmente formarsi qualche ora più tardi. Cercheremo di risolvere questo problema seguendo l'esempio pratico illustrato nella figura 11 che rappresenta il sondaggio termodinamico effettuato nelle prime ore del mattino. Poiché in superficie regna una inversione termica seguita da uno strato isotermico e da un altro strato stabile, è facile comprendere come sia necessario che l'irradiazione del suolo ed il rimescolamento verticale dell'aria producano la labilizzazione termica di questi strati, prima che in essi possano svilupparsi movienti convettivi organizzati. In altre parole l'irradiazione dovrà distruggere l'inversione notturna. Interessa pertanto conoscere la temperatura che dovrà raggiungere l'aria al

suolo perché gli strati superficiali diventino instabili. A tale scopo tracceremo un'adiabatica secca a partire dal livello più alto dello strato stabile. Il punto rappresentato dall'intersezione di questa adiabatica con la linea che indica la pressione atmosferica regnante al suolo (1.000 mb), ci rivela la temperatura che desideriamo conoscere, vale a dire 30°C.

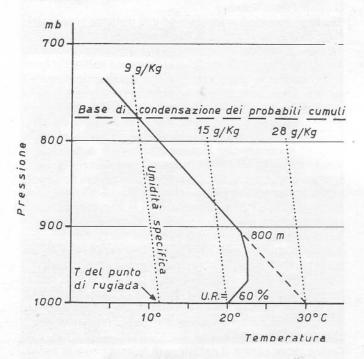


Fig. 11 - Calcolo della base di condensazione dei probabili cumuli.

Orbene, poco dopo che la temperatura al suolo avrà raggiunto questo valore, la stabilità regnante dal suolo fino a 800 metri d'altezza sarà completamente distrutta e le correnti verticali si svilupperanno regolarmente. Ora dobbiamo trovare a che altezza l'aria ascendente raggiungerà la temperatura del punto di rugiada e comincerà a prodursi la condensazione.

Sappiamo già che nel diagramma termodinamico per trovare questa altezza è sufficiente partire dalla temperatura del punto di rugiada in superficie e seguire verso la linea indicante l'umidità specifica fino alla sua intersezione con la curva di stato. Concludendo, i cumuli si formeranno al livello del punto in cui la linea punteggiata dell'umidità specifica si interseca con la curva di stato, poco dopo che la temperatura al suolo avrà raggiunto i 30°C.

Quando il livello teorico delle nubi di convezione si trova più in alto di quello a cui arriva l'aria surriscaldata in partenza dal suolo, avviene che le correnti ascendenti si arrestano prima di raggiungere tale livello, e pertanto non riesce possibile, in una simile condizione aerologica, il formarsi di nubi cumuliformi. In tali casi avremo le cosiddette "termiche secche".

Lo sviluppo verticale delle nubi cumulifromi dipende dalla natura e dalle condizioni della stratificazione esistente sopra quel livello. Tali condizioni sono essenzialmente: 1) Condizioni di instabilità, cioè rapido decremento della temperatura con l'altezza in seno alla massa atmosferica sovrastante la base di condensazione dei cumuli.

2) Sufficiente umidità dell'aria alla quota nella quale i cumuli si formano. Spesso il contenuto di vapore acqueo nell'ambiente esterno alle nubi convettive ha maggiore influenza nel loro sviluppo che non lo stesso gradiente termico verticale. In pratica si è infatti riscontrato che l'umidità relativa media inferiore al 30%, i cumuli non arrivano alla degenerazione temporalesca nemmeno quando l'instabilità è notevole, mentre con umidità media superiore al 75% i temporali sono quasi certi.

Nel caso delle possibilità di formazione di cumuli temporaleschi, è condizione importante anche una forte variazione della velocità e spesso della direzione del vento con l'altezza fino alla quota di 10-12.000 metri.

È chiaro che lo sviluppo di un cumulo verso l'alto si arresta quando la sua cima raggiunge uno strato d'aria assolutamente stabile costituito da una inversione termica. Se questa fosse molto forte, come ad esempio nei casi di subsidenza anticiclonica, l'inversione termica impedirebbe l'ulteriore sviluppo del cumulo, che si appiattirebbe (cumulus humilis) e potrebbe dissolversi del tutto, se i motivi convettivi fossero molto forti, o l'atmosfera in quota molto secca.

Quando questi invece siano di moderata intensità, lo strato d'aria costituente l'inversione potrà anche sollevarsi e dar luogo alla condensazione del vapore acqueo, se lo strato è molto umido. Il cumulo risulterà allora sormontato da un leggero e diffuso velo bianco, di struttura delicatamente striata o sfogliata ai bordi: quel particolare, insomma, che già conosciamo col nome "pileus".

Ad ogni modo, in una giornata con sufficiente umidità in quota, per poter conoscere, in vista dei bisogni pratici del volo veleggiato, quale potrà essere, almeno in misura approssimativa, lo sviluppo verticale che potranno raggiungere i cumuli, sarà sufficiente determinare sul diagramma termodinamico, dopo avervi tracciato la curva della temperatura reale risultante dal sondaggio aereo, il punto d'intersezione della curva adiabatica satura con quella della temperatura regnante nell'inversione termica (fig. 12 - A), potendosi supporre, quando l'inversione è forte e netta, che lo sviluppo verticale delle nubi convettive si arresti là dove termina l'instabilità. Infatti solo quando la massa instabile esistente sopra il livello di condensazione ha una estensione verticale molto grande, la cima dei cumuli raggiunge altezze notevoli e forma quelle torri e protuberanze che caratterizzano il "cumulus congestus" (fig. 12-B). Se poi quella massa umida e instabile sarà tanto grande da superare di molto l'isoterrma i 0°C, ossia il punto di congelazione, le nubi convettive saranno del tipo "cumulonimbus" (fig. 12-C).

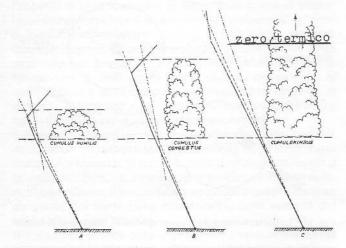


Fig. 12 - Per conoscere lo sviliuppo verticale che potranno raggiungere i cumuli è sufficiente determinare il punto d'intersezione dell'adiabatica satura con quella della temperatura regnante nell'inversione termica.

La bassa temperatura esistente a quel livello determinerà il congelamento delle goccioline di acqua che si trovano in sospensione nella parte superiore della nube e le particelle di ghiaccio che si formeranno, aumentando sempre più di volume e di peso, per il continuo accumularsi su di esse di altre goccioline di acqua, non potendo più essere mantenute in sospensione dalle correnti ascendenti, cominceranno a precipitare.

Nei primi due casi illustrati dalla figura 12 i cumuli sono limitati superiormente da inversioni termiche nette. È facile quindi determinare l'altezza massima che nell'interno di tali nubi potranno raggiungere i deltaplani. Infatti, esistendo la possibilità che in qualche parte delle inversioni che sovrastano tali cumuli (e soprattutto quella del cumulus congestus) possono prodursi perforazioni dello strato d'inversione, ciò potrà succedere in pochissimi punti e, comunque sia, i "soffioni", prodotti da tali perforazioni saranno molto stretti. Pertanto, in tali casi, l'altezza massima raggiungibile in deltaplano nell'interno di questi cumuli è senz'altro quella indicata dall'intersezione della curva adiabatica satura con quella della temperatura reale che rappresenta l'inversione termica. Lo stesso si può dire anche nel caso del cumulonimbus, poiché, come vedremo più innanzi, anche se l'incudine di falsi cirri che sormonta questa potente nube convettiva penetra nell'inversione termica, le correnti ascendenti si fermeranno alla base dell'incudine stessa.

Maggiori difficoltà presenta la previsione della limitazione superiore dei cumuli, quando gli strati di inversione sono deboli, od esistono stratificazioni stabili di un certo spessore, caratterizzate da gradienti isotermici (fig. 13). In tali casi i cumuli hanno le sommità in altezze differenti, dato che la massa d'aria "seglie a sua volontà" fra i numerosi impulsi che agiscono dal basso, solamente un certo numero di essi, selezionando cioè gli impulsi stessi e reagendo instabilmente soltanto alle spinte più potenti, le quali si producono soprattutto lungo i rilievi montani.

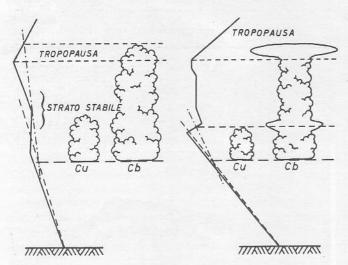


Fig. 13 - Quando gli strati d'inversione sono deboli i cumuli hanno le sommità in altezze differenti, dato che la massa d'aria "sceglie a sua volontà" fra i numerosi impulsi che agiscono dal basso, reagendo instabilmente soltanto alle spinte più potenti.

CUMULONIMBUS

Il Cumulonimbus - Come abbiamo accennato è una potente nube convettiva formata da ingenti ammassi nuvolosi, costituiti da filari di cumuli d'ingente sviluppo



Fig. 14 - Il cumulonimbus è una potente nube convettiva formata da ingenti ammassi nuvolisti costituiti da filari di cumuli di notevole sviluppo verticale (Juarez Celman-Cordoba-Argentina).

verticale, simili a torri o a montagne, i quali assumono talora la forma di una immensa incudine e rivelano in ogni caso una struttura fibrosa (fig. 14). La base presenta spesso delle cortine dense e oscure che li fa assomigliare ai nembostrati, e talora appaiono anche quelle appendici caratteristiche, cui si dà il nome di "virga" e di "mammatus". Quando la base dei cumulonembi è connessa con nubi molto basse, dai bordi frastagliati e dall'aspetto cupo, si scaricano sulla terra rovesci di pioggia o di neve o di gandine: sono le nubi caratteristiche dei temporali, che i deltaplanisti debbono assolutamente evitare. Riteniamo pertanto necessario che i piloti imparino a riconoscere con sicurezza questo tipo di nube, senza confonderlo con altri ad esso simili, per evitare d'incorrere in pericoli.

Ad esempio, talora l'aspetto esteriore del cumulonimbus può farlo confondere con un comune cumulo fortemente sviluppato, ossia con un cumulus congestus. L'errore sarà evitato guardando non solo l'aspetto cumuliforme della nube, ma anche e soprattutto al fatto se presenti, o no, nelle parti cirrose della sua cima quella struttura fibrosa che gli è particolare. Così non sarà possibile la confusione, quando si vedrà la parte superiore della nube distendersi a guisa di incudine, assumendo quel caratteristico aspetto che la terminologia meteorologica indica col nome di "incus". Ovviamente, è meno facile pronunziarsi con sicurezza quando la nube ricopra gran parte del cielo, così che non se ne possa esaminare la parte superiore, e quando sia anche mancata la possibilità di osservarne la formazione e di stabilirne, mediante tale osservazione, la natura vera. Della nube, quand'è molto estesa, non vediamo che la base, la quale può assumere l'aspetto di nembo strato, accompagnato talvolta da fractostrati o da fractocumuli. Ebbene, anche in tali casi è possibile avere criteri sicuri per distinguere il cumulo nembo da altri tipi simili di nube. Tali sono: la presenza di quelle appariscenti appendici, cui si dà il nome di "virga", la struttura a mammelle della superficie inferiore, le precipitazioni con carattere di rovescio. Qualche volta si nota anche nel cumulonembo, quel "pileus" che incorona con più frequenza i cumulus congestus. I meteorologi attribuiscono al cumulonembo il pittoresco appellativo di "fucina delle nubi"; si debbono in gran parte ad esso, infatti, le nubi che si formano nella zona atmosferica che sta dietro le

perturbazioni, banchi di altocumuli o di stratocumuli, originati dalla distensione delle parti cumuliformi, e cirri densi, prodotti dalla distensione delle parti alte della nube e dalla dissoluzione delle parti inferiori.

A volte, il complesso delle nubi temporalesche associate con i cumulonembi ha l'aspetto di un fronte notevolmente esteso, che presenta un rigonfiamento a forma di arco, dal colore oscuro e dai contorni sfrangiati, costituito da fractocumuli e fractostrati. L'arco che circonda una certa zona della massa nuvolosa è quel particolare caratteristico, che in meteorologia si indica col temrine di "arcus". Tra le specie degne di menzione del cumulonenmbus si ha: a) il "cumulonimbus calvus", così denominato perché la sua cima, per il ghiacciarsi delle stille che lo compongono, va gradatamente perdendo la sua rotondità colma e ben definita, appiattendosi come la testa di un calvo. Non vi si notano tuttavia parti cirrose. Presenta "virga" appariscenti ed è accompagnato da precipitazioni col carattere di rovescio. Le compatte protuberanze del cumulo classico, col loro caratteristico aspetto di cavolfiore, si sfaldano, svaniscono, si confondono e non lasciano apparire sulla massa bianca che delle strie or più or meno verticali. b) il "cumulonimbus capillatus", così denominato perché presenta parti cirriformi ben distinte, che possono far pensare a chiomate appendici. Talvolta assume anche la forma di incudine.

Molto ci resta ancora da dire intorno al cumulonembo: come abbiamo promesso, ci riserviamo di farlo più innanzi quando verremo a trattare dei fenomeni temporaleschi.

PLINIO ROVESTI

Fotografie dell'autore.