

La missione Cassini-Huygens

di Stefano Rosoni (2005)

Se si volge lo sguardo al cielo, si può notare in determinati giorni dell'anno il pianeta Saturno; ci appare come una "stella" luminosa che non mostra lo scintillio tipico delle stelle vere e proprie, ma una luce molto più "ferma" e costante, di colore arancione. Visto con un telescopio amatoriale anche piccolo, mostra i suoi inconfondibili ed affascinanti anelli, e facendo un po' di attenzione anche un puntino luminoso nelle immediate vicinanze: è **Titano**, la più grande delle lune di Saturno, in veloce moto intorno al pianeta, che appare di sera in sera in posizioni sempre diverse. E proprio su quel "puntino" il 14 gennaio scorso è approdato un temerario prodotto dell'ingegno, della curiosità e della perseveranza dell'uomo, frutto della collaborazione fra ESA, ASI e NASA (le agenzie spaziali europea, italiana e americana): la sonda **Huygens** (dal nome dell'astronomo che nel 1655 scoprì il satellite) che, assieme alla sua "nave madre" **Cassini**, ha coperto in sette anni la distanza di oltre 1 miliardo e 200 milioni di km per raggiungere Saturno e i suoi satelliti. Nella mitologia greca i Titani erano una famiglia di giganti, figli di Urano e Gaia, che regnavano sui cieli, ma furono detronizzati e soppiantati dalla famiglia di Zeus.

Titano è il maggiore satellite di Saturno, il quindicesimo di quelli fino ad ora scoperti, ed anche il più grande, ed il sesto corpo del Sistema Solare studiato in situ, dopo la Luna, Venere, Marte, Giove ed Eros. Percorre un'orbita quasi circolare e complanare al piano degli anelli ad una velocità media di 5,58 km/s e ad una distanza media da Saturno di 1.221.830 km, con un periodo orbitale di 15,94542 giorni terrestri, coincidente con quello di rotazione intorno all'asse; ha un diametro di 5.150 km ed una massa di $1,35 \times 10^{23}$ kg (2.2590×10^{-2} masse terrestri). Si è a lungo creduto che Titano fosse il più grande satellite del sistema solare, ma recenti osservazioni mostrano che la sua superficie solida è di poco più piccola di quella di Ganimede, anche se possiede comunque un diametro superiore a quello di Mercurio e risulta essere più grande e pesante di Plutone.

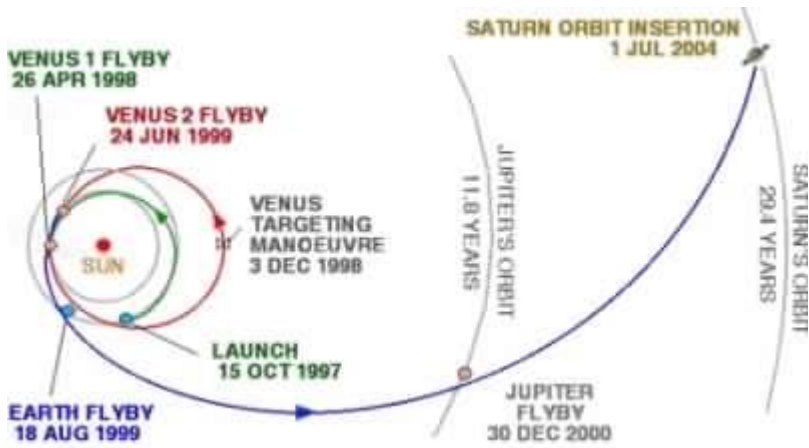
La missione Cassini-Huygens era partita il 15 ottobre 1997 dalla base di Cape Canaveral, negli Stati Uniti, a bordo di un missile Titan IV-B/Centaur. Doveva portare vicino a Saturno due sonde del peso complessivo di 5800 chili: la Cassini, destinata a studiare il pianeta, i suoi anelli e molti dei suoi satelliti, e la Huygens, del peso di 350 chili, progettata per atterrare su Titano. Scopo della missione era contribuire a risolvere alcuni problemi che riguardano Saturno, ed i pianeti giganti del Sistema Solare, come:

- Qual è la sorgente del calore, quasi paragonabile a quello ricevuto dal Sole, che questi pianeti generano?
- Qual è la natura e l'origine del materiale che costituisce i loro anelli, e perché essi mostrano colori differenti nelle loro varie parti?
- Quali fenomeni hanno eliminato dalla superficie di Enceladus i crateri così diffusi su tutte le superfici solide del Sistema Solare? (incognita non risolta presentatasi alle missioni Pioneer e Voyager sui satelliti di Saturno)
- A quali materiali si deve il fatto che Iapetus, cosa già nota a Gian Domenico Cassini, abbia una faccia chiara e una scura?

Era stato Titano, però, ad attirare maggiormente l'interesse e la curiosità degli scienziati planetari, dei chimici e dei biologi. Intorno al satellite era stata scoperta una delle atmosfere più importanti del Sistema Solare, composta in prevalenza di azoto e contenente inoltre idrocarburi (composti di idrogeno e carbonio, tra i quali metano), ed un'atmosfera che esercita al suolo due volte la pressione della nostra. Qual è l'origine del metano, che sulla Terra rappresenta un prodotto associato all'attività delle forme viventi, e perché è così abbondante su Titano? Di che materiale è fatto e com'è strutturato il suolo di Titano? Alle basse temperature che vi regnano (circa -170°C), il metano può svolgere il ruolo che l'acqua ha sulla Terra? Esistono quindi su Titano nubi, fiumi, laghi, mari e ghiacciai di metano? In particolare si era molto dibattuto su quali reazioni chimiche potessero avvenire in un'atmosfera così complessa. Esperimenti condotti in laboratorio dal compianto Sagan e da altri ricercatori, avevano suggerito che nell'atmosfera di Titano si potrebbero generare le cosiddette "molecole pre-biotiche", i mattoni fondamentali attraverso i quali si suppone che la vita sia apparsa sulla Terra. L'atmosfera di Titano potrebbe essere un modello della primordiale atmosfera della Terra?

Il Volo

Dopo la partenza, due spinte gravitazionali da parte di Venere (aprile 1998 e giugno 1999), una della Terra (agosto 1999) e un'ultima da parte di Giove (dicembre 2000) hanno fatto risparmiare all'astronave quasi 7 tonnellate di propellente durante un viaggio durato quasi sette anni e conclusosi l'1 luglio del 2004 con l'entrata in orbita attorno a Saturno.

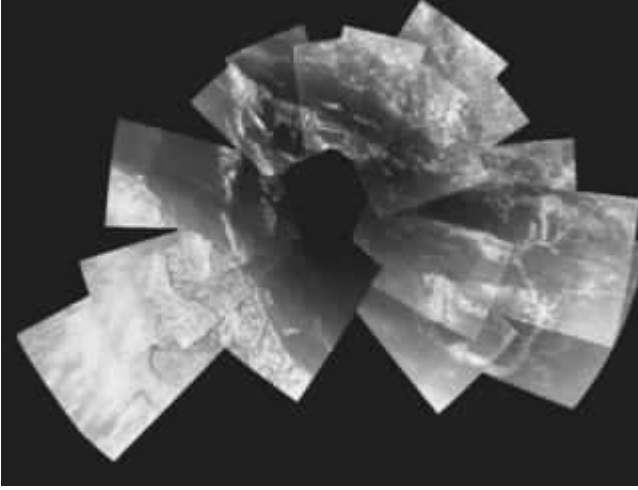


Il 25 dicembre 2004 la sonda Huygens si è staccata dall'astronave madre, Cassini, e tre settimane dopo si è posata sul suolo di Titano. La densa atmosfera di Titano (ricca di composti molecolari anche complessi) è particolarmente impenetrabile alla radiazione luminosa visibile ai nostri occhi, ai quali offre immagini piuttosto uniformi e povere di particolari, nascondendo del tutto la superficie del satellite. Qualche dettaglio può essere visto soltanto ricorrendo a speciali filtri, come fatto dalla Cassini, oppure osservando ad altre lunghezze d'onda o infine ... entrandoci dentro come ha fatto la Huygens!

Le immagini

Le immagini acquisite dal sistema DISR (Descent Imager/ Spectral Radiometer) di Huygens, durante la discesa (come quella qui riprodotta) e una volta posata sul suolo di Titano, hanno fatto il giro del mondo e lasciato tutti a bocca aperta, esperti e curiosi. Gran parte dei particolari superficiali descritti sono stati inizialmente ripresi solo dal teleobiettivo con prospettiva quasi verticale, e comunque non prima dei 25 km dal suolo. A ostacolare il funzionamento delle altre due camere fotografiche è stata la presenza di importanti sistemi nuvolosi disseminati ovunque, fuorché immediatamente intorno al corridoio di discesa, che si è presentato quindi, sotto la sonda, come uno squarcio di cielo sereno.

Il paesaggio accessibile all'obiettivo normale, puntato a circa 30° dal nadir, cioè a 60° dall'equatore della sonda, è stato spesso obliterato da banchi di nuvole e foschie, ma è diventato ben presto decifrabile anche grazie alla minore scala, cioè a un campo inquadrato doppio di quello del teleobiettivo. Allargandosi la prospettiva, col diminuire della quota e con l'operatività dell'obiettivo normale, è stato possibile mettere insieme elementi di paesaggio che, quando erano stati inquadrati solo dal teleobiettivo, non erano risultati facilmente collegabili uno dall'altro.



Con le immagini dei due obiettivi più inclinati è stato possibile tracciare questa mappa corredata dai dettagli di singoli particolari. Frequenti banchi di nuvole hanno comunque continuato, per quasi tutto il volo, a nascondere parti importanti del paesaggio. La foschia ha interessato l'atmosfera di Titano fino a bassa quota, ostacolando il funzionamento dell'obiettivo grandangolare, che è riuscito a fornire immagini nitide solo negli ultimi chilometri di volo sopra il luogo dell'atterraggio. Le immagini del grandangolo sono però apparse immediatamente le più emozionanti dell'intero repertorio. Prima perché hanno riproposto le formazioni già familiari, e quindi facilmente riconoscibili, ma

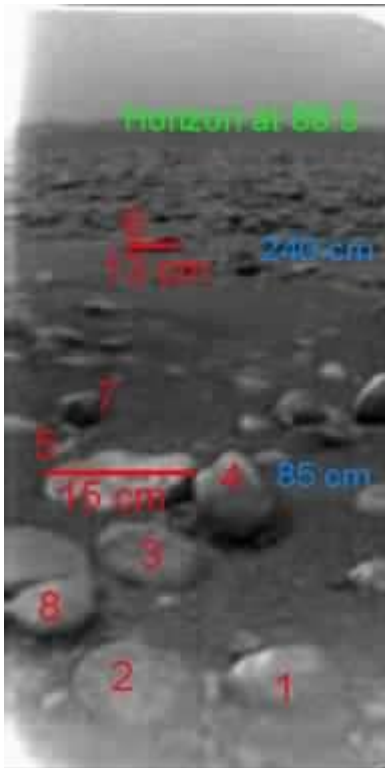
stavolta inquadrando in una visione realistica da "passeggero che scruta dal finestrino". Poi perché l'osservatore si è potuto rendere conto della limitazione dell'orizzonte, sostanzialmente invisibile perché immerso nelle brume lontane, e presenti fino al livello del suolo. Le ultime immagini di volo riprese del grandangolo hanno lasciato gli spettatori a bocca aperta, consentendo di apprezzare l'altezza reale della Costa quando questa precipita sul Mare, sia in vicinanza delle Isole, sia nei pressi della Penisola, rivelando le tipiche fattezze delle classiche scogliere terrestri.

La superficie è simile a quella della terra 5 miliardi di anni fa, montagne, e fiumi con i loro affluenti. *"E' l'immagine di un pianeta vivo. Al momento Titano è l'unico luogo nell'universo che conosciamo, dopo la Terra, ad avere una geologia attiva"*, ha detto commentando la prima immagine di Titano il responsabile per l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per l'esplorazione del Sistema Solare, Marcello Coradini. Le immagini, riprese dagli strumenti di Huygens da un'altezza di 16 chilometri, ricordano quelle di un ghiacciaio che si scioglie in primavera. La sonda ha iniziato la trasmissione dei dati all'orbiter Cassini quattro minuti dopo l'inizio della discesa e ha continuato a trasmettere almeno finché Cassini è rimasto al di sopra dell'orizzonte di Titano. La certezza che la sonda Huygens fosse attiva è arrivata già in mattinata alle 11:25 CET, quando il radiotelescopio di Green Bank in West Virginia, USA, ha ricevuto un debole ma inequivocabile segnale radio proveniente da Huygens.

La discesa della sonda è stata seguita con comprensibile apprensione dai tecnici e dagli scienziati riuniti al centro di controllo di Darmstadt (Germania). Molte cose potevano andare storte sin dal giorno di Natale 2004 quando la sonda si è staccata dalla **Cassini**, in orbita attorno a Saturno, per coprire in 20 giorni i 4 milioni di km che la separavano dall'incontro con Titano. In soli 3 minuti e da una quota di 1270 km dal suolo del satellite, la sonda doveva decelerare, senza danno, dalla velocità di 18000 km/h a quella di 1400 km/h sfruttando il forte attrito con l'atmosfera! Successivamente, diversi paracaduti aperti in serie e in perfetto sincronismo dovevano rallentarla ulteriormente fino alla velocità di 300 km/h. A quel punto, a 120 km di altezza, iniziava la discesa finale in cui la sorte della sonda era affidata ad un ultimo piccolo paracadute che doveva farla posare dolcemente al suolo, e così avvenne alle ore 13:34 del 14 gennaio 2005.

Il suolo di Titano

L'immagine finale trasmessa da Huygens, finalmente giunto alla meta, ha rivelato una superficie relativamente scura, liscia, che si distende a perdita d'occhio davanti alla sonda ed è disseminata di sassi. Questa visione del suolo di Titano e i dati del decelerometro e degli spettrometri ci dicono dell'altro.

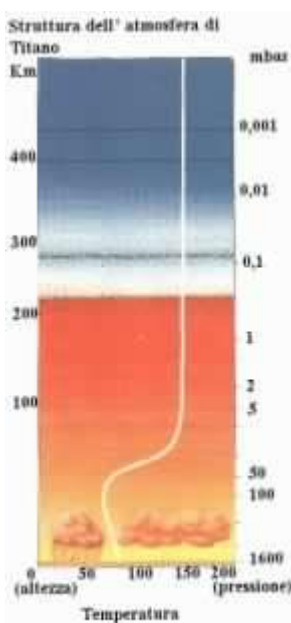


I sassi sono rotondeggianti, come i ciottoli dei torrenti terrestri (ma a differenza dei sassi degli altri corpi del Sistema Solare, appena citati) e fanno pensare al rotolamento negli alvei dei Fiumi e alla levigazione da parte degli urti e degli sfregamenti contro altri sassi simili e contro il materiale della superficie intorno alla sonda, sulla quale i ciottoli devono aver corso per arrivare dagli altipiani fino a dove li vediamo. Da una prima analisi spettroscopica, il loro colore - arancione chiaro - è compatibile con una costituzione a base di ghiaccio d'acqua, sporcato superficialmente dal materiale che forma lo smog arancione dell'atmosfera di Titano. I sassi non sono distribuiti ovunque, ma fra quelli in primo piano e quelli nello sfondo sembra esserci uno spazio vuoto, come se fosse stato ripulito dal flusso impetuoso di qualche liquido che avesse percorso la pianura. I sassi, inoltre, non sono posati sul suolo, ma vi sono immersi almeno in parte, con due possibili spiegazioni (alternative o cumulative): il parziale ricoprimento da parte di una sabbia presente sul suolo e sollevata dai venti; lo sprofondamento in un suolo morbido, dalla consistenza fangosa. Questa seconda ipotesi è avvalorata dalla misura della decelerazione, all'atterraggio, di appena 15 g in 40 millisecondi: una debole decelerazione in un tempo relativamente lungo. Nel dettaglio l'evento ha mostrato un primo stadio molto rapido, seguito da un secondo stadio più graduale. I dati sono incompatibili sia con l'urto su una superficie rocciosa, sia con il

temuto "splash" in una distesa liquida, e sembrerebbero suggerire che la caduta è avvenuta su un terreno fangoso sovrastato da una sottile crosta solida. Immediatamente dopo l'impatto, il GCMS ha registrato un aumento sensibile del metano misurato fino a quel momento, come se il calore della sonda avesse fatto evaporare dal terreno questo idrocarburo. Il fango di Titano potrebbe quindi essere formato da metano liquido intriso in una sabbia (un regolite, in termini geologici) di ghiaccio d'acqua, di colore arancione perché sporca di tutti quei composti presenti nell'atmosfera, che la pioggia di metano trascina al suolo.

L'interesse scientifico che ha spinto all'esplorazione di Titano è motivato soprattutto dal fatto che le condizioni attuali di questa luna riproducono in buona parte quelle che dovevano trovarsi sulla Terra qualche miliardo di anni fa, all'alba della comparsa della vita sul nostro pianeta.

L'atmosfera di Titano



Anche se la temperatura sulla superficie del satellite è molto bassa, meno di 170 gradi sotto lo zero (a causa della lontananza dal Sole, dal quale dista circa 10 volte più della Terra), per cui se c'è acqua è certamente ghiacciata, purtuttavia esso possiede un'atmosfera molto densa (come confermò la sonda Voyager nel 1984), costituita prevalentemente da azoto (largamente presente anche nella nostra) e idrocarburi vari (soprattutto metano ed etano), che si pensa possano fornire gli ingredienti necessari alla formazione degli aminoacidi, i "mattoni" della vita.

Titano è l'unico tra i satelliti del Sistema Solare ad avere una atmosfera composta principalmente di azoto con non più del 6 % di argon e piccole percentuali di metano. Avendo una velocità di fuga di 2.5 km/sec è in grado, date le basse temperature, di trattenere gli elementi volatili della sua atmosfera. Si notano pure tracce di almeno una dozzina di composti organici (etano, acetilene, propano) che, alla luce del Sole, vengono distrutti e vanno a formare uno strato di nebbia analogo a quello che sovrasta le nostre grandi città nelle giornate di smog. Nel complesso la sua è l'atmosfera più simile a quella terrestre.

Le risposte di Huygens

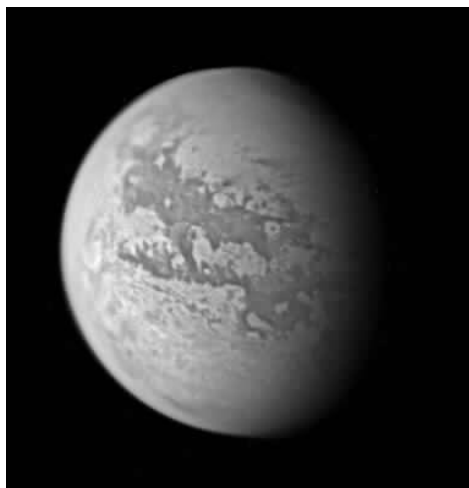
La prima risposta di Huygens alle domande poste all'inizio è relativa alla pioggia di metano: come alcuni teorici avevano immaginato, la pioggia batte effettivamente la superficie di Titano,

piuttosto di frequente e in maniera violenta, a giudicare dalle numerose strutture scure e ramificate che abbiamo chiamato Fiumi e Affluenti. Ma qui c'è una idea nuova espressa dal Prof. **Giancarlo Favero**, ordinario di Chimica presso l'Università degli Studi di Padova, il quale osserva che il processo di erosione del ghiaccio d'acqua che forma il suolo di Titano da parte della pioggia di metano non era stato previsto.

Si era ipotizzata al più la presenza di polle di idrocarburi liquidi negli avvallamenti lasciati da lastre di ghiaccio messe in movimento e spostate dal calore sviluppato dall'effetto mareale di Saturno. Ci si era dimenticati che Linus Pauling, premio Nobel per la Chimica, aveva sempre sostenuto che fra gli atomi di idrogeno del metano (che ne possiede quattro legati a un atomo di carbonio) e gli atomi di ossigeno delle molecole d'acqua si può instaurare un'interazione, anche se debole, chiamata "legame a ponte d'idrogeno". La più bella dimostrazione dell'efficacia di questa interazione è che il metano delle piogge è riuscito a erodere, sgretolare, il ghiaccio dell'Altopiano, creandovi i solchi dei Fiumi e degli Affluenti.

La pioggia di metano dilava dall'atmosfera lo smog di colore arancione che caratterizza le nubi di Titano, quelle osservate da terra e dalle sonde, trasportandolo sulla superficie insieme ai frammenti di suolo solido e accumulandolo sul fondo del Mare. Da queste ampie distese il metano liquido evapora, grazie al calore del Sole (e quello mareale di Saturno) andando a formare le nubi che sono state osservate sopra varie parti del paesaggio e, attraversando le quali, le finestre protettive delle camere da ripresa di Huygens si sono bagnate di minuscole goccioline. Tutto indica che su Titano si completi un ciclo evaporazione-condensazione-pioggia che coinvolge il metano e assomiglia strettamente al ciclo dell'acqua sulla Terra. La seconda rivelazione è quella di una dinamica crostale che apre fratture superficiali e che potrebbe far uscire dal mantello di Titano liquidi relativamente caldi. Nell'atmosfera è stato osservato argo-40, un isotopo del gas argo, l'unico trovato di questo elemento, che ne presenterebbe altri se fosse stato estratto dalla materia interstellare. Nessun'altra quantità apprezzabile di altri gas nobili è stata rilevata. L'unicità dell'isotopo argo-40 indica che esso proviene verosimilmente dal decadimento radioattivo del potassio-40, esattamente come è avvenuto sulla Terra, suggerendo che l'origine e l'evoluzione dei due corpi (e probabilmente dell'intero Sistema Solare) abbiano avuto caratteristiche comuni. La liberazione dell'argo dall'interno di Titano non è stata accompagnata dalla fuoriuscita di magmi, come è avvenuto sui pianeti Venere e Marte, e come avviene attualmente sulla Terra e sul satellite di Giove, Io. A uscire come liquidi e vapori, dalle tiepide viscere di Titano, sono state probabilmente soluzioni saline a base d'acqua, d'ammoniaca e miscele di idrocarburi. Le caratteristiche del luogo di atterraggio, in termini di decelerazione e di penetrazione della sonda nel suolo, suggeriscono che il materiale incontrato sia una sottile crosta solida sotto la quale ci sia del materiale meno coerente, che potrebbe essere fango. A bagnare la sabbia di ghiaccio che forma il fango sul suolo di Titano sarebbe il metano liquido il quale, evaporando, si raffredderebbe e solidificherebbe in parte, formando sopra il fango una sottile crosta di metano solido.

Intanto la Cassini continua le orbite



Quest'immagine di Titano nel recente flyby del 31 Marzo 2005 ad una distanza di 2.400 km mostra nuovi territori non visti in precedenza a questa risoluzione dalle telecamere della Cassini. L'obiettivo della ripresa nell'ultravioletto è stato lo studio del velo atmosferico: con la sua mappatura gli scienziati sperano di indagare la dimensione e le proprietà delle sue particelle. Durante il flyby sono state studiate anche le transienti nuvole nell'atmosfera di Titano. "Ora abbiamo la chiave per capire i processi che modellano il paesaggio di Titano" dice Martin Tomasko, responsabile del DISR. "Le evidenze geologiche relative a precipitazioni, fenomeni di erosione e di abrasione meccanica e altre attività fluviali, rivelano che questi processi fisici sono molto simili a quelli che sono responsabili della morfologia superficiale della Terra". La globalità dei fenomeni geofisici osservati da Huygens su Titano ricorda infatti gli analoghi

terrestri, con alcune importanti differenze: invece del ciclo dell'acqua, il satellite di Saturno presenta il ciclo del metano; invece che di rocce silicatiche, la sua crosta è costituita di ghiaccio d'acqua; invece della chiara polvere terrestre (o della rossa polvere marziana), piove dall'atmosfera un aerosol arancione di composti del carbonio; invece della lava di Terra, Luna,

Marte e Venere, dal mantello di Titano potrebbero uscire tiepide soluzioni a base di acqua e di ammoniaca e, separatamente perché non miscibili con quelle, soluzioni di idrocarburi. "Siamo molto eccitati da questi risultati" dice Jean-Pierre Lebreton, capo missione dell'ESA, "ma siamo solo all'inizio. Tutti i dati pervenuti terranno occupati gli scienziati ancora per molti anni".