



PLUTONE, ovvero, la rivincita dei nani

La missione New Horizons della NASA su Plutone

Emanuele Schembri

20 gennaio 2017

Ultima tappa nell'esplorazione di Sistema Solare (per ora...)

- Mercurio Mariner 10 (1973)
- Venere Mariner 2 (1962)
- Marte Mariner 4 (1965)
- Giove Pioneer 10 (1973)
- Saturno Pioneer 10 (1979)
- Urano Voyager 2 (1985)
- Nettuno Voyager 2 (1989)
- Plutone New Horizons (2015)



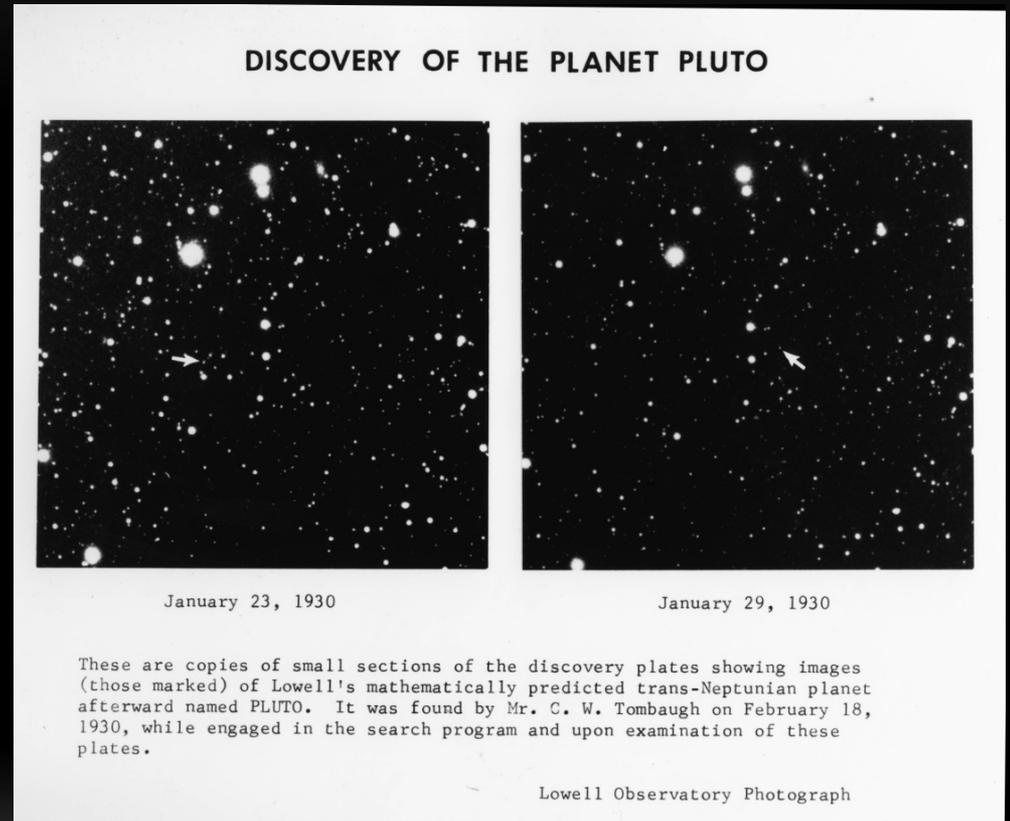
Un po' di storia...

- La storia della scoperta di Plutone ha aspetti paradossali, in cui scienza e caso sembrano giocare a rimpiazzino.
- L'esistenza di Plutone fu postulata, all'inizio del '900, dall'astronomo Percival Lowell, sulla base dell'analisi delle anomalie dell'orbita di Urano e Nettuno (come precedentemente accaduto per questi ultimi), che allo scopo d'identificarlo fece costruire l'osservatorio che porta il suo stesso nome a Flagstaff, Arizona.



La scoperta... casuale

- La palma della scoperta spettò però al giovane Clyde Tombaugh, il 18 febbraio 1930, confrontando delle lastre scattate a distanza di alcuni giorni, dallo stesso osservatorio, nella stessa area del cielo in cui Lowell aveva calcolato, 15 anni prima, la presenza del nono pianeta.



Qualcosa non torna

- Presto si capì che il nuovo pianeta aveva qualcosa di sospetto.
- Percival Lowell aveva calcolato che, per provocare le perturbazioni sulle orbite di Urano e Nettuno, il nuovo pianeta avrebbe dovuto avere una massa di sette volte quella della Terra. Da subito, invece, si vide che le dimensioni del nono pianeta erano inferiori. Inoltre, man mano che le misure si facevano più precise, la massa del pianeta continuò a diminuire fino a rivelarsi addirittura quasi sei volte minore rispetto a quella della Luna, troppo poco per esercitare un'influenza gravitazionale su Urano e Nettuno.
- Parallelamente, miglioravano anche le misure sugli altri pianeti e, in particolare, su Nettuno. Col tempo ci si rese anche conto che le discrepanze sull'orbita di Nettuno, su cui Lowell aveva effettuato i suoi calcoli, erano in realtà dovute a stime erranee.
- La scoperta di Plutone, in sostanza, fu frutto solo del caso e dalla perseveranza di Tombough nel cercare un riscontro ai calcoli di Lowell. In realtà, aveva scoperto, in maniera del tutto fortuita, uno degli oggetti trans-nettuniani, appartenenti a quella che, alcuni decenni dopo, sarebbe stata chiamata *Fascia di Kuiper*, e che per pura combinazione in quel periodo transitava nella zona di cielo calcolata.



Le tappe della conoscenza prima della missione

- 1930: scoperta del pianeta.
- 1965: scoperta della risonanza 3:2 tra le orbite di Nettuno e quella di Plutone.
- 1976: scoperta la presenza di ghiaccio di metano su Plutone.
- 1978: James Christy scopre il satellite Caronte, anch'egli osservando delle anomalie sulle lastre fotografiche.
- 1980: viene calcolato il diametro di Caronte, pari a 1.200 km circa.
- 1987: scoperta la presenza di ghiaccio d'acqua sulla superficie di Caronte.
- 1988: evidenza della presenza di un'atmosfera su Plutone; individuazione telescopica delle calotte polari.
- 1992: individuato azoto e monossido di carbonio (CO) nell'atmosfera di Plutone.
- 1994: Plutone e Caronte vengono fotografati dal telescopio Spaziale Hubble.
- 2005: scoperta dei satelliti Nix e Hydra, ad opera di Hubble.
- 2006: Partenza della sonda New Horizons. In seguito alla scoperta dell'oggetto trans-nettuniano Eris, Plutone viene declassato a pianeta nano.
- 2011 / 2012: Sempre tramite Hubble, scoperta di altri due minuscoli satelliti, Cerbero e Stige.



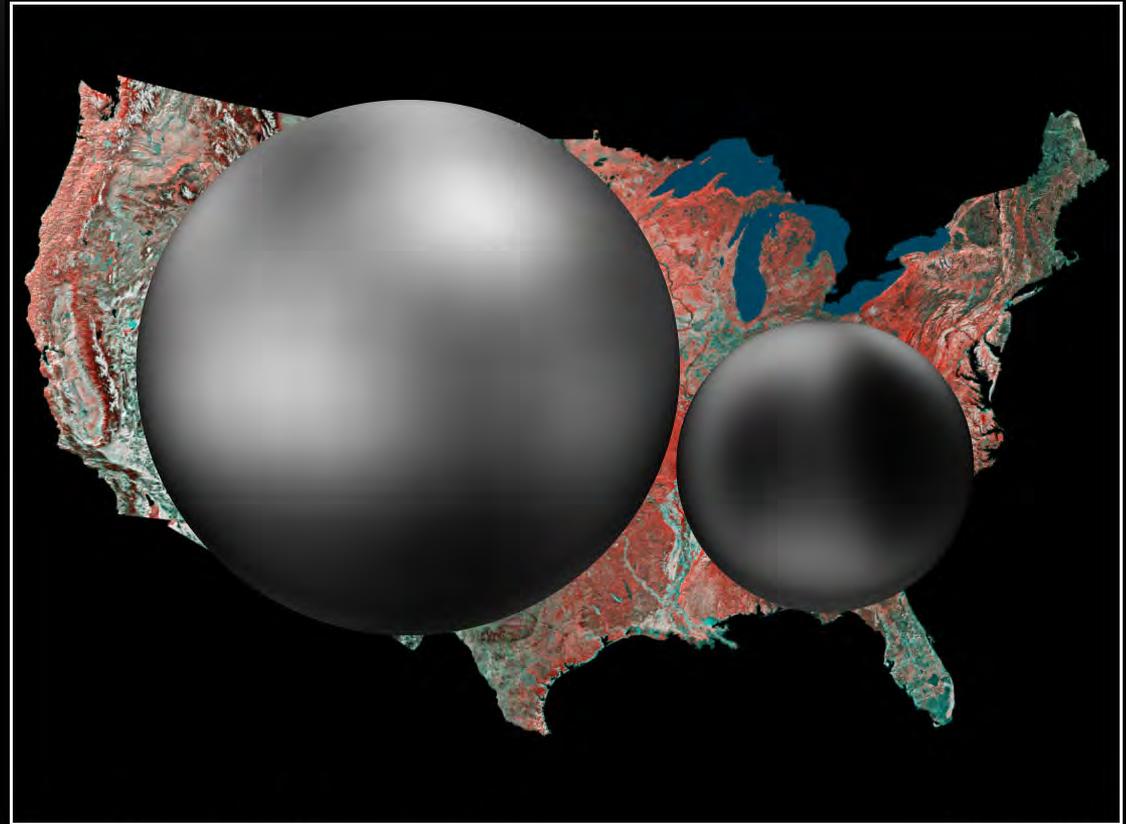
Il declassamento

- Nel luglio 2005, l'americano Mike Brown scoprì Eris, il primo oggetto trans-nettuniano più grande di Plutone. Era la conferma dell'esistenza della fascia di Kuiper, situata oltre Nettuno e popolata da una miriade di oggetti che non erano riusciti ad aggregarsi in un pianeta maggiore.
- Fu la goccia che fece declassare Plutone a *pianeta nano*, analogamente ad Eris ed agli altri pianetini trans-nettuniani scoperti successivamente. La decisione, mal digerita dagli Americani, fu presa durante la 26° Assemblea Generale dell'Unione Astronomica internazionale, tenutasi a Praga nell'agosto 2006.
- In quell'occasione, fu data una definizione univoca del concetto di pianeta, che può essere definito tale solo se, grazie alla sua massa, è stato in grado di "ripulire" la zona in cui orbita intorno al Sole dalla presenza di altri oggetti e detriti, aggregandoli nella sua massa.
- Quello che manca a Plutone, Eris ed a tutti gli altri pianeti nani della fascia di Kuiper è di non essere stati in grado, a causa della loro massa insufficiente, di espletare questo compito, come avevano fatto i pianeti più interni, lasciando incompiuto il processo di formazione planetaria.



Cosa sapevamo prima della missione

- Le misure da Terra indicavano per Plutone ha un diametro di circa 2360 km, con una densità di circa $2,0 \text{ g/cm}^3$, che fa sì che la sua massa sia solo lo 0,22% di quella della Terra.
- Per Caronte diametro di circa 1200 km, densità come Plutone ed una massa pari a $1/9$ rispetto a quella di Plutone. Ruota intorno ad esso con orbita circolare e quasi perpendicolare al piano orbitale di Plutone.



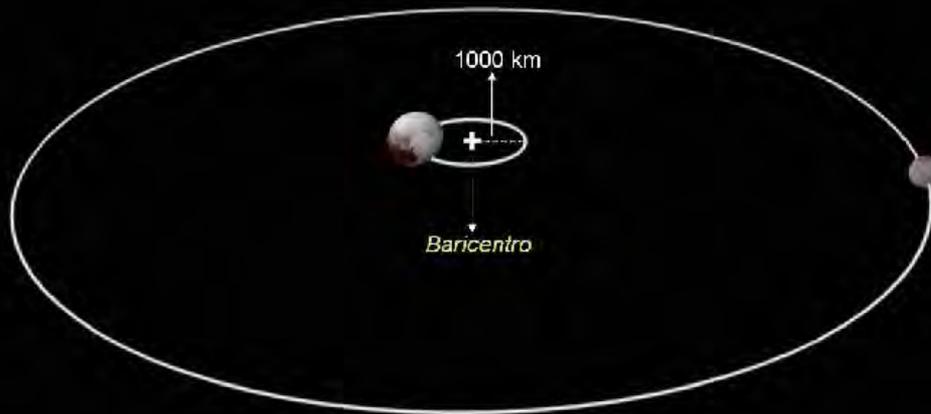
Pluto, Charon, & USA Comparison

© Copyright 1998 by
Calvin J. Hamilton



Un pianeta doppio

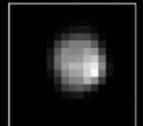
- Per quanto piccolo, tra tutti i satelliti del Sistema Solare Caronte è quello che ha la massa maggiore in proporzione al corpo principale (12%). Questo fa sì che, caso unico tra i pianeti, il centro di massa del sistema sia circa 1.000 km all'esterno di Plutone.
- Il periodo orbitale di Plutone è di 247,68 anni terrestri, mentre il periodo di rotazione è di 6,38 giorni terrestri, sincronizzato col periodo di rotazione e di rivoluzione di Caronte. Questo fa sì che i due corpi celesti si rivolgano sempre la stessa faccia.



NH LORRI OPTICAL NAVIGATION CAMPAIGN 3
PROPER MOTION - IMAGE DECONVOLVED

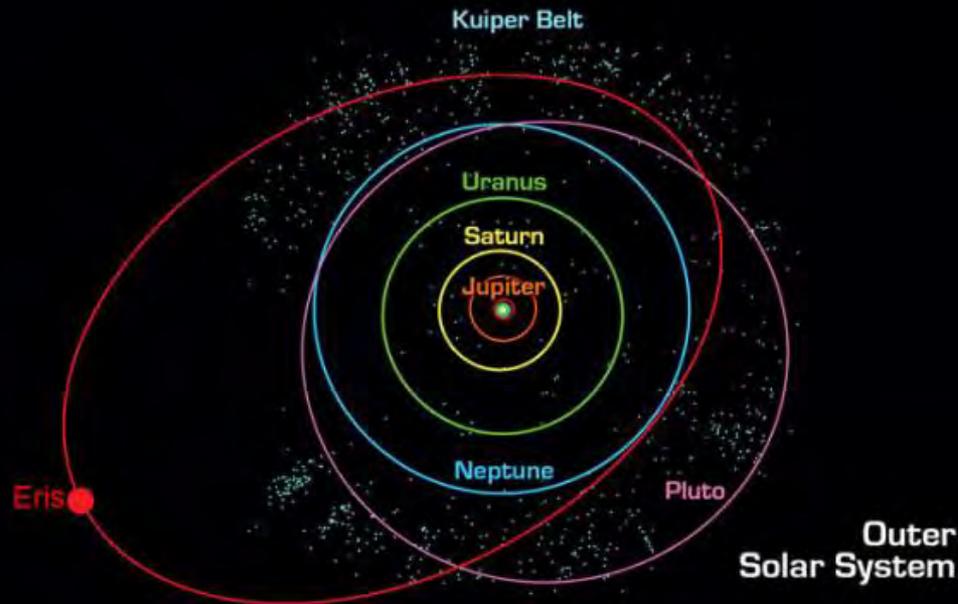
2015-04-12 03:27:00 UTC
DISTANCE: 111,179,688 KM
CLOSEST APPROACH: 93.35 days

Pluto Zoom x3



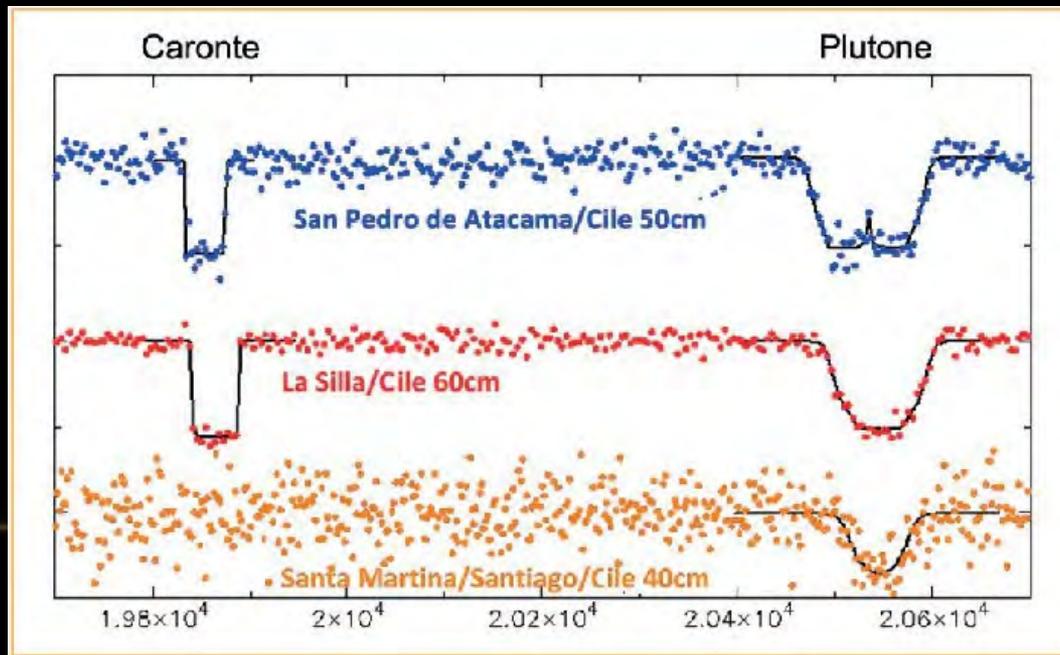
Cosa sapevamo

- Distanza media dal Sole 5,9 miliardi di km. La forte eccentricità delle sua orbita (0,25, con perielio 29,6 UA e afelio 49,3 UA) fa sì che, per periodi relativamente lunghi, esso orbiti all'interno dell'orbita di Nettuno.
- I due pianeti non possono entrare mai in collisione a causa della risonanza 3:2 dei loro periodi orbitali.



Cosa sapevamo

- La forte eccentricità dell'orbita di Plutone, unita alla notevole inclinazione dell'asse di rotazione rispetto al piano dell'eclittica (attualmente 120°), determina variazioni stagionali estreme: durante i solstizi, un quarto della sua superficie è sempre esposta al Sole, e un altro quarto è sempre in ombra.
- Era quindi ipotizzabile che, almeno in prossimità del perielio, l'ultimo dei quali fu nel 1989, ci fossero le condizioni per lo sviluppo di un'atmosfera. La cosa fu confermata con una serie di misure spettrali prima e poi con l'analisi di una serie di occultazioni stellari da parte del sistema: Plutone possiede un'atmosfera di azoto, metano e CO, mentre Caronte ne è privo.



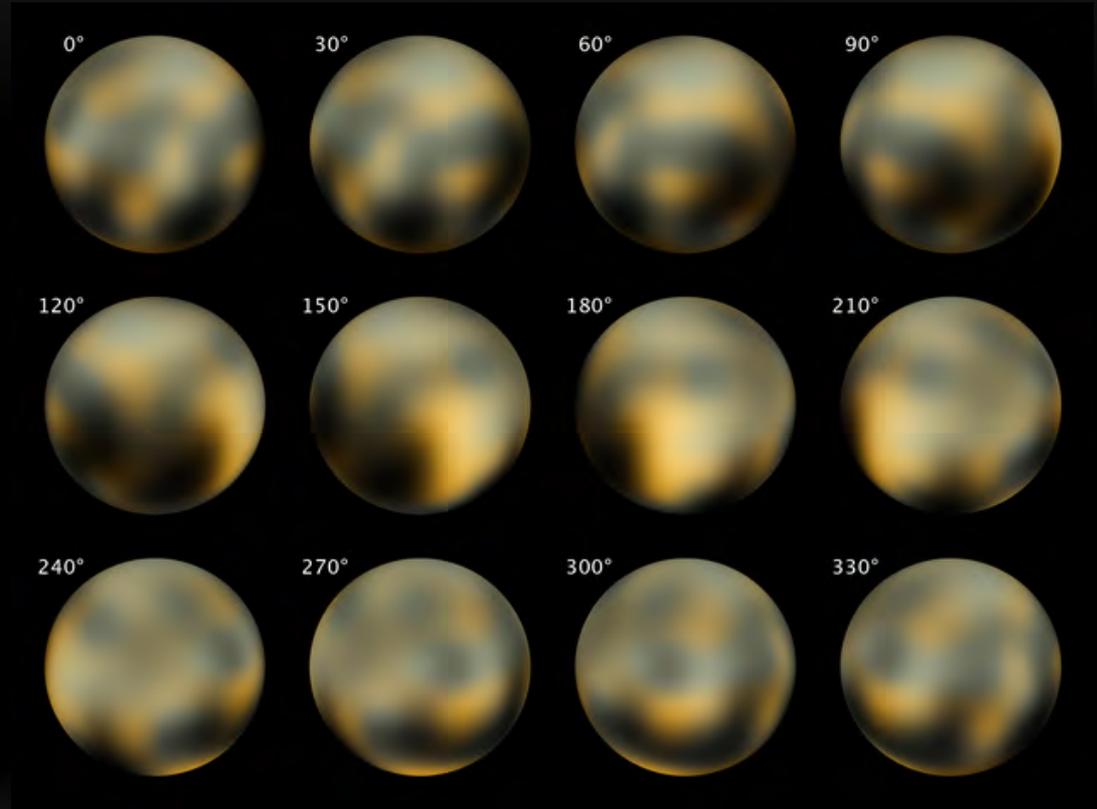
Cosa sapevamo

- Le osservazioni da Terra hanno permesso di misurare la pressione atmosferica di Plutone, circa 100.000 volte minore di quella terrestre e 600 meno di quella marziana.
- La forza di gravità di Plutone è circa il 6% di quella terrestre.
- La temperatura superficiale di Plutone è dell'ordine dei $-230\text{ }^{\circ}\text{C}$, soggetta a variazioni dovute alla mutevole distanza dal Sole ed alla forte inclinazione dell'asse di rotazione.
- La densità di circa 2 g/cm^3 di entrambi i corpi fa ipotizzare che essi siano composti da una miscela di ghiaccio e materiale roccioso.



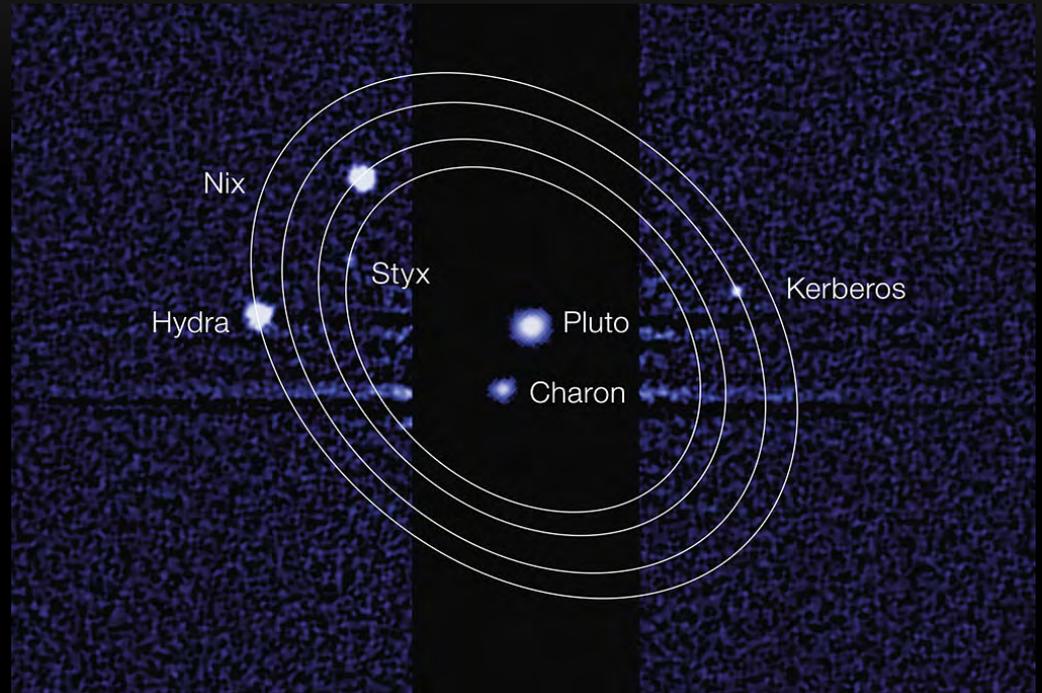
Cosa sapevamo

- Le prime indagini sulle caratteristiche superficiali dei due oggetti furono realizzate grazie all'analisi delle curve di luce misurate durante le occultazioni reciproche nel periodo 1985÷90. Su Plutone fu dedotta la presenza di calotte polari ed una zona equatoriale più scura, mentre Caronte risultava più scuro ed omogeneo.
- Tra il 2002 ed il 2003, il telescopio spaziale Hubble ha confermato tali deduzioni, offrendoci le immagini migliori in nostro possesso fino alla missione della sonda.



I nuovi satelliti

- Nuove campagne osservative di HST svelarono che la famigliola di Plutone era, nel suo piccolo, molto più affollata di quanto si potesse immaginare.
- Nel 2005 furono scoperte le due piccole lune Hydra (Idra) e Nix (Notte), rispettivamente 32 e 113 km, orbitanti a 48.600 e 64.800 km dal pianeta.
- Un'ulteriore campagna osservativa portò alla scoperta nel 2011 di Styx (Stige), < 30 km.
- Nel 2012, infine, veniva scoperto Kérberos (Cérbero), < 24 km.
- I satelliti sono in perfetta risonanza orbitale tra loro, avendo periodi orbitali esattamente 3, 4, 5 e 6 volte maggiori di quello di Caronte.



La missione – Gli obiettivi scientifici

- La missione fu ideata nella prima metà degli anni '90. Il progetto, prima accantonato per motivi di bilancio, su poi finanziato nel 2001 per approfittare del periodo favorevole (Plutone da poco oltre il perielio) e della favorevole finestra di lancio del 2005.
- Nelle intenzioni della NASA, la missione ha uno scopo di ampio respiro: non solo lo studio del sistema Plutone - Caronte ma anche quello della fascia di Kuiper, che si estende oltre l'orbita di Nettuno, e degli oggetti trans-nettuniani, come le comete, che si intuiva avessero alcune caratteristiche comuni.
- Altro obiettivo della missione è di studiare i meccanismi con cui l'atmosfera di Plutone, sotto l'azione del vento solare, sfugge probabilmente all'attrazione gravitazionale del pianeta (*hydrodynamic escape*). Questo potrebbe far luce sul meccanismo con cui, un tempo, la nostra atmosfera perse l'idrogeno primordiale, favorendo lo sviluppo della vita.
- Infine, indagare l'abbondanza di acqua e metano che caratterizza Plutone e gli oggetti della fascia di Kuiper, che fa pensare che un tempo essi fossero abbondanti anche nelle zone interne del sistema Solare, costituendo la probabile fonte di tali composti sulla Terra.



Obiettivi della missione *New Horizons*:

OBIETTIVI PRIMARI:

- Caratterizzare la geologia globale e la morfologia di Plutone e Caronte
- Mappare le composizioni chimiche delle superfici di Plutone e Caronte
- Caratterizzare l'atmosfera non ionizzata di Plutone

OBIETTIVI SECONDARI:

- Caratterizzare la variabilità dell'atmosfera e della superficie di Plutone
- Riprendere aree selezionate in stereoscopia
- Mappare il terminatore in alta risoluzione
- Mappare le composizioni chimiche di aree selezionate in alta risoluzione
- Caratterizzare la ionosfera di Plutone e la sua interazione con il vento solare
- Ricercare alcuni composti neutri come l'idrogeno (H₂), l'acido cianidrico (HCN), idrocarburi e altro
- Ricercare una eventuale atmosfera di Caronte
- Mappare le temperature superficiali dei due oggetti

OBIETTIVI TERZIARI:

- Caratterizzare le particelle energetiche attorno a Plutone e Caronte
- Raffinare le misurazioni dei parametri e delle orbite
- Cercare ulteriori satelliti naturali e anelli
- Continuare la missione effettuando il fly-by di uno o più oggetti transnettuniani



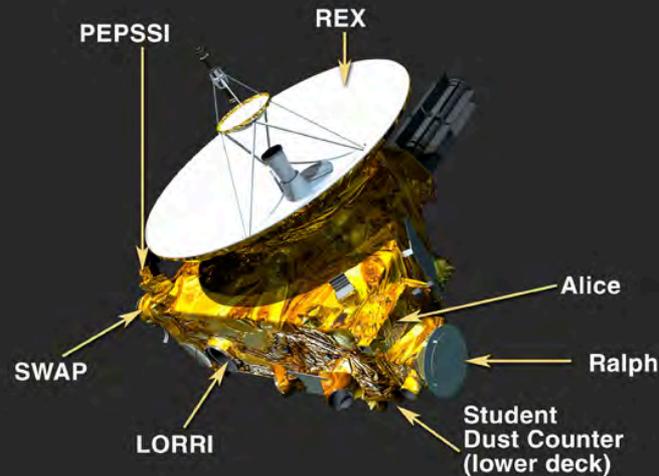
Il team della missione

- Sotto il coordinamento generale della NASA agiscono i seguenti soggetti:
 - ✓ Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (APL) in Laurel, Maryland, progettazione e costruzione della sonda, gestione della missione con la supervisione della NASA.
 - ✓ Southwest Research Institute, responsabile del programma scientifico e della gestione della strumentazione di bordo. Il Dr. **Alan Stern** è il responsabile scientifico di tutta la missione.
 - ✓ KinetX, Inc. (navigation team), Ball Aerospace Corporation, the Boeing Company, NASA Goddard Space Flight Center, NASA Jet Propulsion Laboratory, Stanford University, Lockheed Martin Corporation, University of Colorado, the U.S. Department of Energy e varie altre aziende, centri della NASA e partner universitari.
- Costo totale della missione: 650 milioni di dollari (inclusa la gestione a terra).



La sonda e la sua strumentazione

- La sonda ha una forma pressappoco triangolare, dimensioni 0,7 x 2,1 x 2,7 metri. Peso alla partenza 478 kg.
- Al suo interno sono collocati 77 kg di propellente e 7 strumenti scientifici.
- L'alimentazione è fornita da un generatore termoelettrico a isotopi, alimentato da Plutonio 238, in grado di fornire 225 W, a fronte di un fabbisogno max di 190 W.
- Comunica con la Terra tramite un'antenna di 2,1 metri.





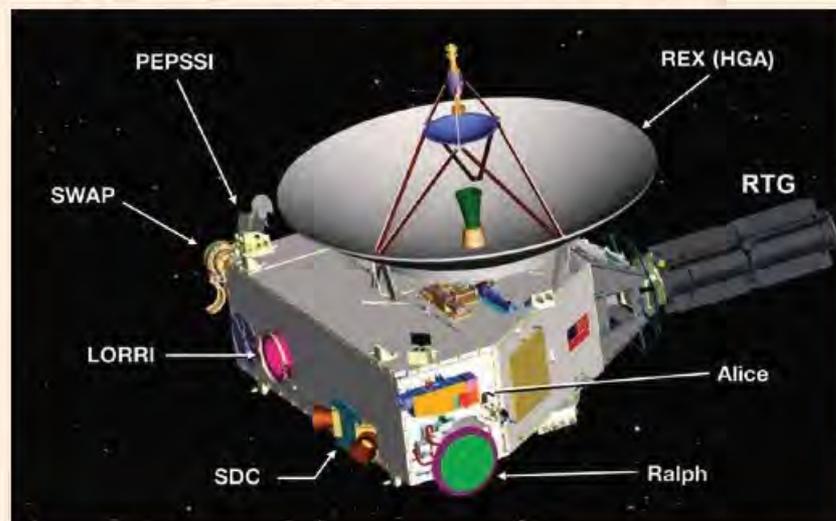
GLI STRUMENTI DI NEW HORIZONS

New Horizons è una specie di triangolo (0,7x2,1x2,7 m) pesante alla partenza 478 kg. Ha a bordo un generatore termoelettrico al plutonio 238 che fornisce una potenza di 240 W (il Sole è inutilizzabile dalle parti di Plutone) e comunica con la Terra mediante un'antenna di 2,1 m. A bordo sono stati collocati 77 kg di propellente (idrazina) e sette strumenti scientifici (**Figura**) del peso complessivo di 30,4 kg.

- **Alice** (4,4 kg, *Southwest Research Institute*) è uno spettrometro ultravioletto sensibile da 46,5 a 188 nm che verrà utilizzato soprattutto per lo studio dei componenti maggiori e secondari dell'atmosfera di Plutone (una copia identica è a bordo della sonda *Rosetta*).
- **Ralph** (10,3 kg, *Goddard Space Flight Center*) è uno spettrometro per immagini costituito da due sotto sistemi: MVIC (*Multispectral Visible Imaging Camera*), sensibile nel visibile su cinque canali tra 400 e 975 nm, e LEISA (*Linear Etalon Imaging Spectral Array*), sensibile in infrarosso da 1,25 a 2,5 micron, quindi in grado di fare analisi compositive (azoto, metano, CO, vapore acqueo e organici) e di eseguire misure termiche.
- **Lorri** (*Long Range Reconnaissance Imager*, 8,8 kg, *Applied Physics Laboratory*) è l'occhio principale della sonda. Si tratta di un telescopio di 20 cm capace di riprendere immagini monocromatiche tra 0,35 e 0,85 micron. A metà maggio 2015, la sua risoluzione ha superato quelle delle immagini di *Hubble* e raggiungerà i 50 m/pixel alla minima distanza da Plutone.
- **Swap** (*Solar Wind Around Pluto*, 3,3 kg, *Southwest Research Institute*) è un analizzatore di particelle di vento solare con energia

da 25 eV a 7,5 keV. Dall'interazione di queste particelle con le molecole atmosferiche perse da Plutone, sarà possibile stabilire con quale velocità si perde nello spazio l'atmosfera plutoniana.

- **Pepssi** (*Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation*, 1,5 kg, *Applied Physics Laboratory*) è un analizzatore su 5 canali da 1 a 1000 keV, di molecole ionizzate rilasciate da Plutone.
- **SDS** (*Student Dust Counter*, 1,9 kg, studenti dell'Università del Colorado) misura numero e massa di particelle cosmiche lungo tutto la missione, compresi i dintorni di Plutone.
- **REX** (*Radio Science Experiment*, 0,1 kg, *Stanford University*) è un'antenna che scruterà l'atmosfera di Plutone dalla modificazione di segnali radio inviati attraverso di essa da radiotelescopi terrestri.



La gestione della rotta

- Il controllo della rotta avviene tramite giroscopi interni, la continua verifica della posizione di stelle di riferimento ed un sensore solare.
- Un eventuale scostamento dalla rotta prevista viene corretto tramite brevi accensioni dei propulsori ad idrazina collocati intorno alla sonda.

Una curiosità

- Sotto il telaio della sonda è stato applicato un piccolo contenitore cilindrico contenente una parte delle ceneri dello scopritore Clyde Tombaugh che, poco prima di morire nel 1997, aveva espresso il desiderio di raggiungere in qualche modo l'oggetto che gli aveva cambiato la vita.

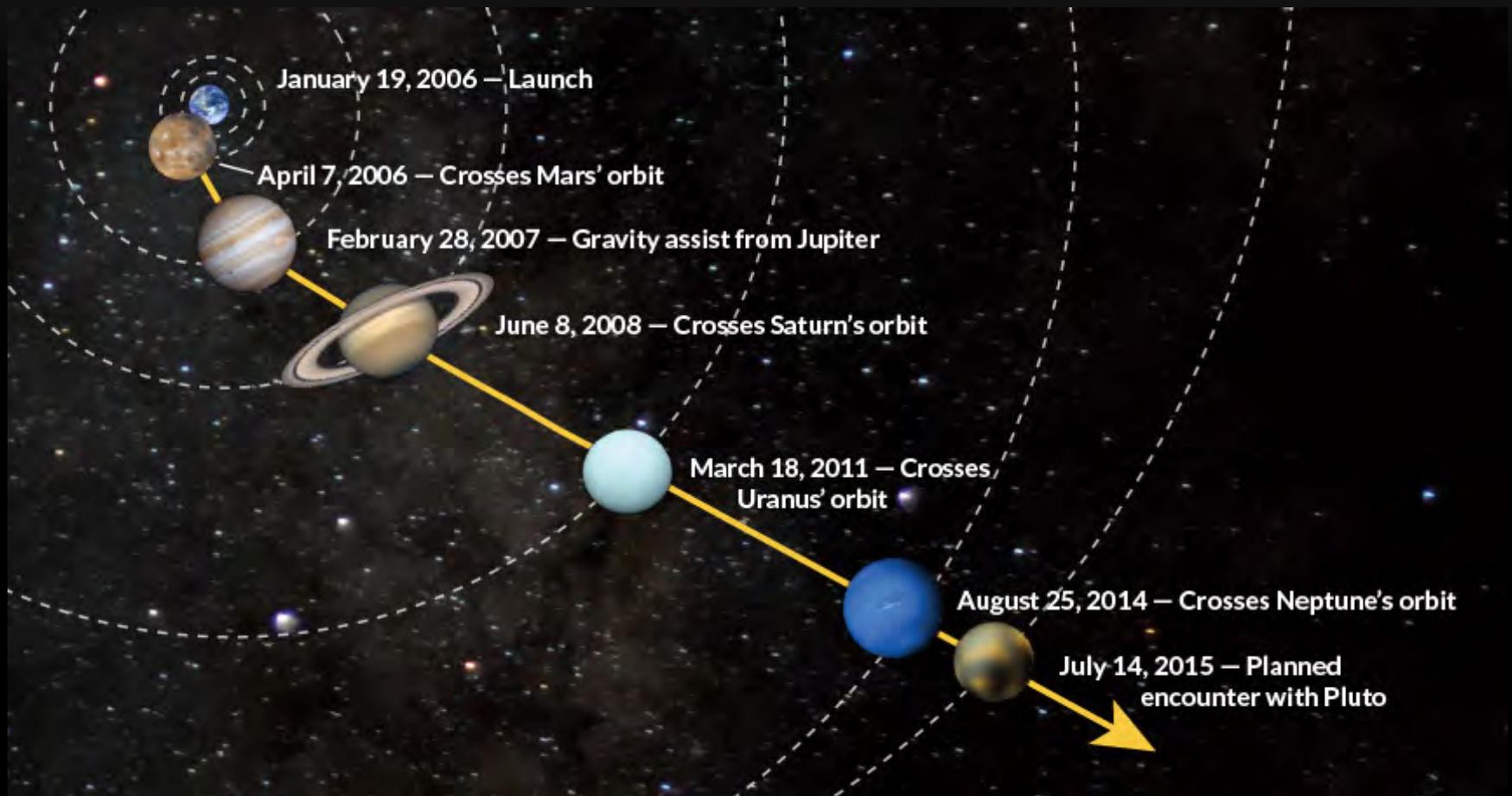


Il lancio

- New Horizons è stato lanciato il 19 gennaio 2006 dalla storica base di Cape Canaveral, Florida, tramite un vettore Lockheed Martin Atlas V.
- Si è trattato del propulsore più potente mai utilizzato per il lancio di un satellite, allo scopo d'imprimere alla sonda la velocità necessaria, ca 16 km/sec, per presentarsi in tempo utile all'appuntamento con Plutone. New Horizons è stata la sonda più veloce che abbia mai lasciato la Terra.



La traiettoria



Il fly-by di Giove

- Il piano di volo prevedeva l'incontro con Giove 13 mesi dopo il lancio. Ciò ha avuto il duplice scopo di sfruttare la fionda gravitazionale del pianeta gigante, che avrebbe incrementato la velocità della sonda a 23 km/sec (83.000 km/h), e testare, al contempo, la strumentazione di bordo su alcune delle lune del pianeta.
- La campagna osservativa su Giove è durata 4 mesi, con un ricco programma scientifico che ha interessato sia il pianeta gigante che alcuni dei suoi satelliti. E' stata studiata la magnetosfera e l'atmosfera del pianeta, nonché la c.d. *piccola Macchia Rossa*, una tempesta che viene seguita da anni ma che precedentemente si presentava di colore chiaro ed ha cambiato colore dopo il sorvolo del 2000 da parte della sonda Cassini-Huygens.
- Le misure effettuate da New Horizons hanno permesso di migliorare i parametri orbitali di alcuni satelliti, principalmente Amalthea.
- Sono state effettuate osservazioni anche sull'attività vulcanica dei satelliti galileiani, nonché delle lune minori Himalia ed Elara.



Verso Plutone

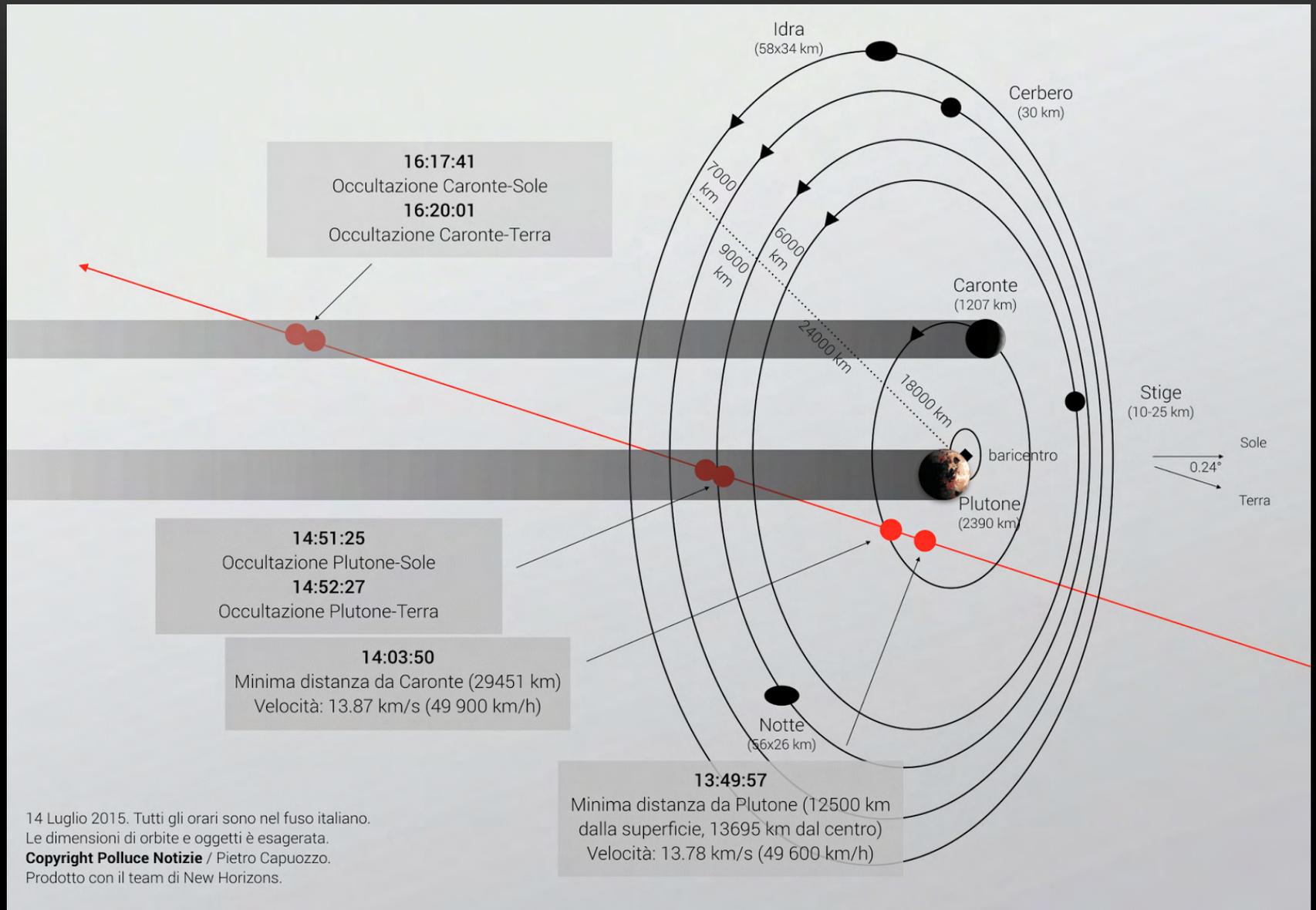
- Dopo il fly-by con Giove, la sonda New Horizons è stata messa in “ibernazione” per gran parte del viaggio, allo scopo di limitare al massimo l’usura degli strumenti e liberare, al contempo, le risorse del controllo a Terra. Tutta la strumentazione elettronica di bordo è stata spenta, con l’eccezione del computer principale e dei sistemi di controllo della navigazione.
- La sonda ha viaggiato ruotando intorno al proprio asse 5 volte al minuto.
- Settimanalmente, essa inviava un segnale di controllo verso la Terra.
- Una volta l’anno, dietro input dal centro di controllo, gli apparati di bordo venivano riaccesi per un controllo generale, la verifica della rotta e le sue eventuali correzioni.
- Complessivamente, la sonda è stata spenta e riaccesa per ben 18 volte, prima dell’incontro con Plutone. Per due terzi del percorso (complessivamente 1873 giorni) essa ha viaggiato in ibernazione.



Il risveglio

- Il 6 dicembre 2014 New Horizons usciva dalla sua ultima ibernazione, quando mancavano ancora 260 milioni di km all'incontro con Plutone.
- Nei sei mesi che la separavano dal fly-by, la sonda ha avviato il suo programma scientifico di osservazioni e misure, raccogliendo informazioni che sarebbero state inaccessibili durante il fly-by del 14 luglio 2015, ad es. sulla faccia del pianeta e della sua luna che non visibili durante l'incontro ravvicinato.
- In prossimità dell'incontro, la sonda viaggiava a 14 km/sec (49.600 km/h).
- Al fly-by, New Horizons è passata a 13.700 km da Plutone e 29.000 km da Caronte. I satelliti Nix e Hydra stavano a 22.000 e 77.600 km, rispettivamente.
- Subito dopo il fly-by, sono seguite le occultazioni Plutone-Sole e Caronte-Sole.
- In questa fase, è stato misurato esattamente il diametro dei due corpi: 2.374 km per Plutone (maggiore del previsto e quindi di poco più grande di Eris) e 1.241 km per Caronte, cui corrispondono, rispettivamente, densità di 1,86 e 1,70 g/cc.





14 Luglio 2015. Tutti gli orari sono nel fuso italiano.
Le dimensioni di orbite e oggetti è esagerata.
Copyright Polluce Notizie / Pietro Capuozzo.
Prodotto con il team di New Horizons.



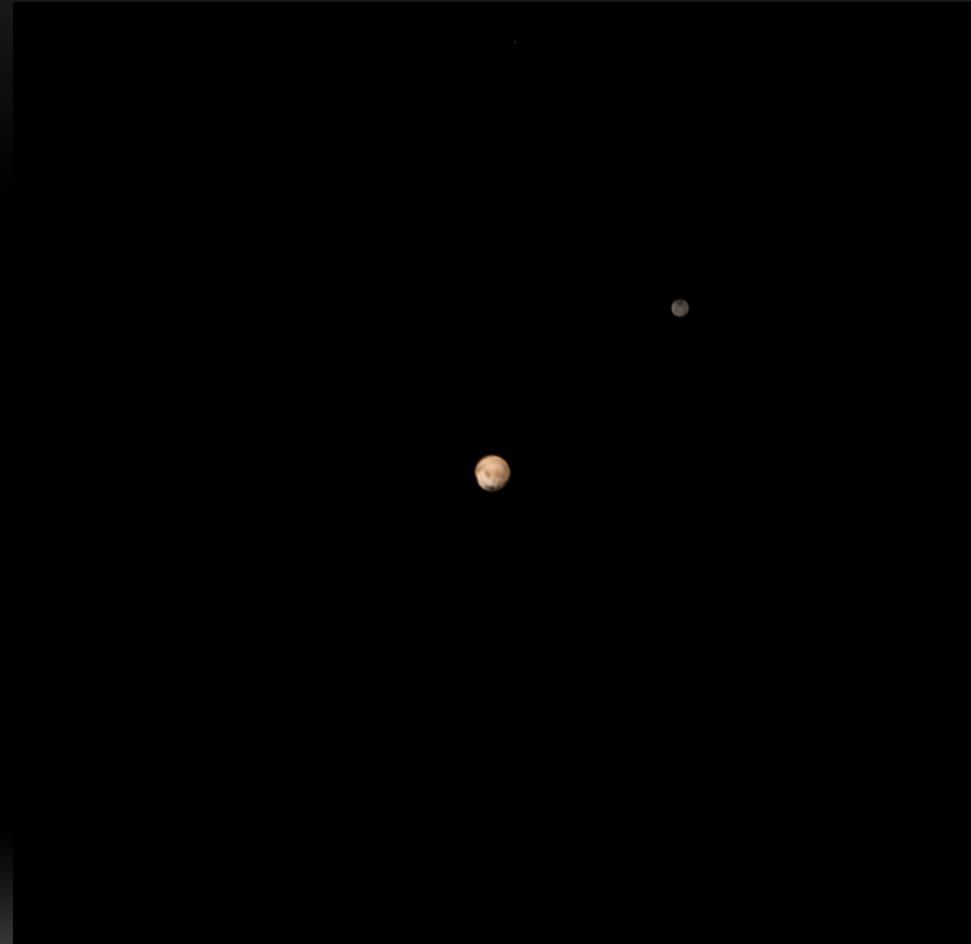
Il fly-by

- Durante tutta la durata del fly-by e per le otto ore successive, la sonda ha osservato un rigoroso silenzio radio, essendo completamente impegnata a svolgere l'intensissimo programma di misure, foto e rilevazioni previsto dal proprio programma scientifico. Infatti, essendo stato deciso, per ragioni di costo, che l'antenna parabolica della sonda fosse fissa e non orientabile, NH non poteva puntare simultaneamente la Terra mentre i suoi strumenti puntavano Plutone e i suoi satelliti.
- Il silenzio radio che ha tenuto tutti col fiato sospeso è durato quasi quasi 22 ore (tenendo conto anche delle 4,5 ore necessarie affinché il segnale radio della sonda raggiungesse la Terra).
- I dati raccolti in questa fase sono stati perciò immagazzinati in un doppio disco da 64 Giga per essere ritrasmessi a Terra nei 16 mesi successivi a non più di 1,2 kbit/sec, massima velocità di trasmissione possibile a quella distanza. La trasmissione dei dati raccolti è stata completata nell'ottobre 2016.



Il «pianeta doppio» Plutone - Caronte

- Il moto di rivoluzione di Plutone e Caronte attorno al comune baricentro e quello di rotazione intorno ai rispettivi assi è completamente sincronizzato, in maniera che i due corpi celesti si rivolgono reciprocamente sempre la stessa faccia.
- E' l'effetto delle notevoli forze di marea esercitate reciprocamente a causa della breve distanza (19.600 km) che hanno fatto da freno ai rispettivi moti di rotazione e rivoluzione, fino al raggiungimento di una configurazione di equilibrio delle forze con un comune periodo di rotazione/revoluzione di 6,38 giorni.



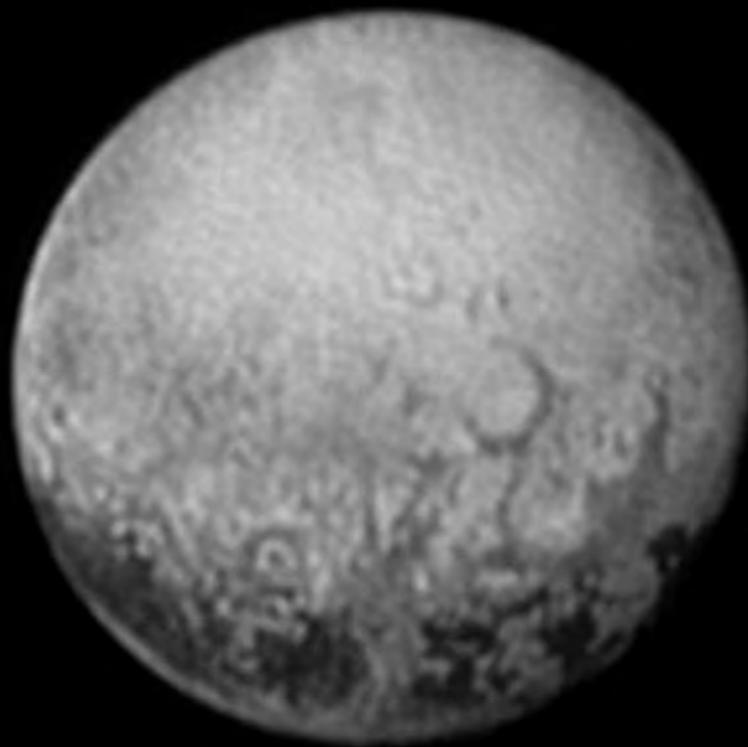
La morfologia superficiale

- Già durante le fasi di avvicinamento della sonda, entrambi i corpi celesti mostravano una superficie molto più varia e «vissuta» di quanto ci si sarebbe aspettato da corpi gelidi e ghiacciati, con evidenti segni di attività geologiche tutt'ora in corso.
- Plutone mostra una colorazione prevalentemente rosso-bruna, con un'ampia zona bianca a forma di cuore e due evidenti calotte polari chiare, visibili già dalle immagini di Hubble.
- Caronte, viceversa, appare uniformemente grigio, ancorché anch'esso ricco di rilievi superficiali.



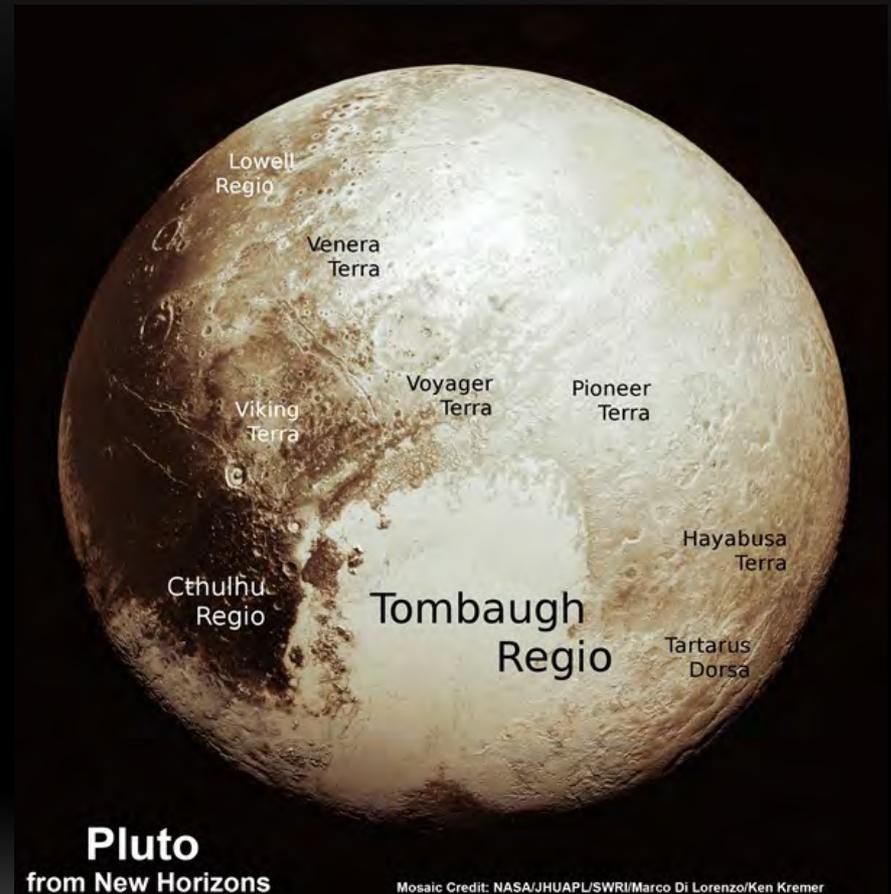


L'altra faccia di Plutone

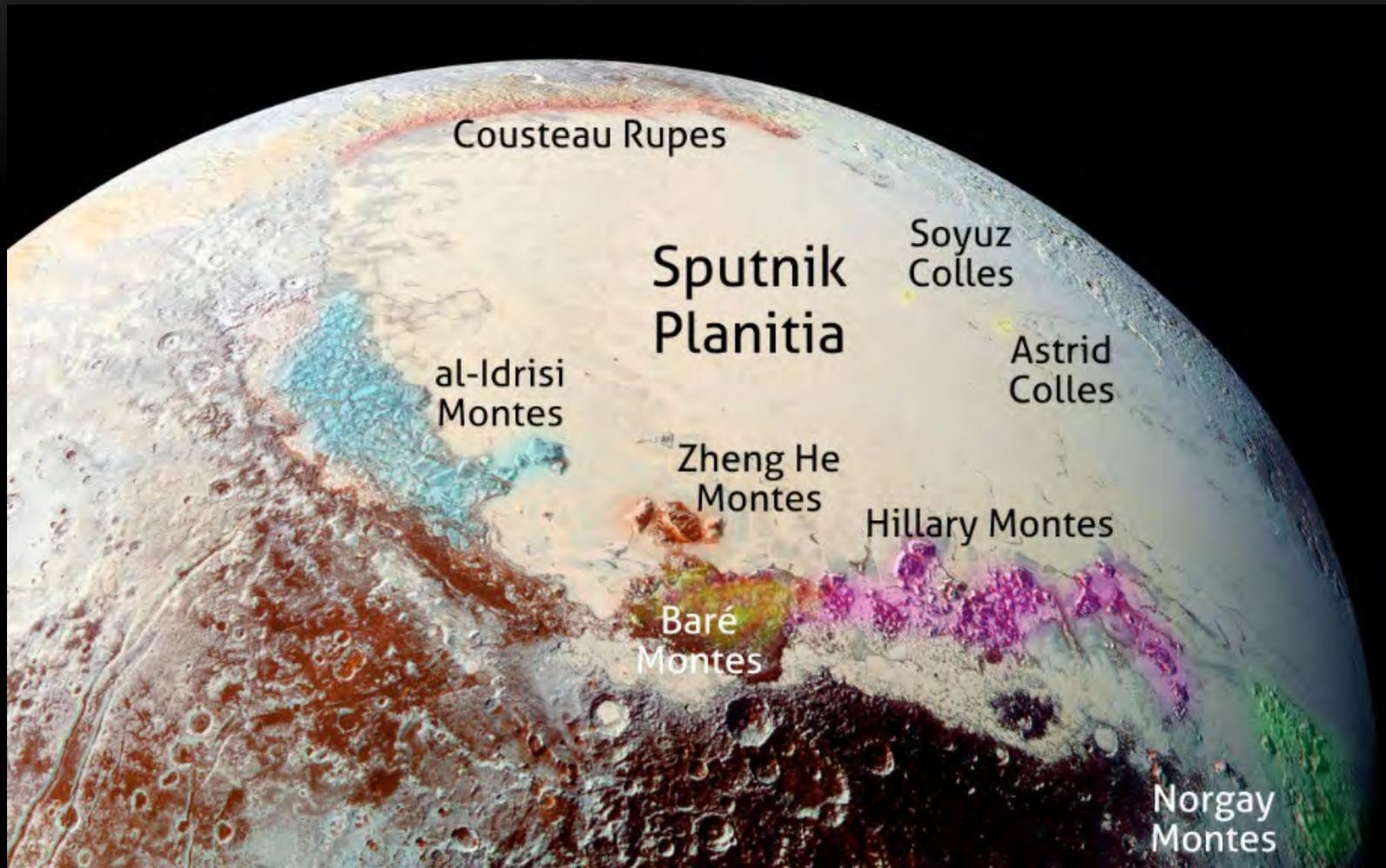


La toponomastica plutoniana

- Sebbene per molti nomi non ci sia ancora stata un'ufficializzazione da parte dell'UAI, gli scienziati non hanno resistito alla tentazione di assegnare dei nomi alle varie strutture superficiali, secondo i seguenti criteri:
 - ✓ Missioni spaziali (pianure)
 - ✓ Scienziati (crateri)
 - ✓ Esploratori (montagne)
 - ✓ Esseri d'oltretomba (terreni scuri)
 - ✓ Mondi d'oltretomba (canyons)
 - ✓ Viaggiatori nell'oltretomba (depressioni)



La «Tombaugh Regio»



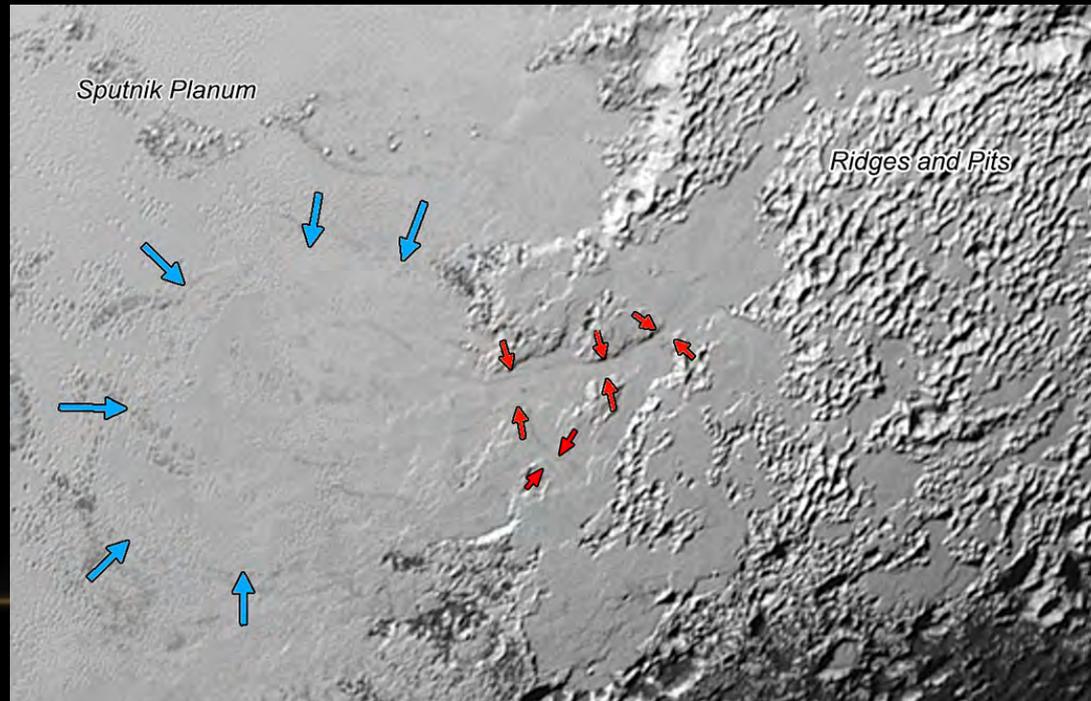
Lo Sputnik Planum

- La superficie di *Sputnik Planum* (o *Planitia*) è costituita da una miscela di azoto (per lo più), metano e ossido di carbonio CO ghiacciati. Essa è circondata da catene montuose che si pensa essere entrambe formate da ghiaccio d'acqua, che, a quelle temperature, è duro come la roccia ed è l'unico in grado di sorreggere il peso di strutture così elevate.
- Dalla pianura emergono diversi rilievi isolati, simili ad iceberg, che sembrano costituiti da enormi frammenti di ghiaccio d'acqua, staccatisi probabilmente dai rilievi circostanti.



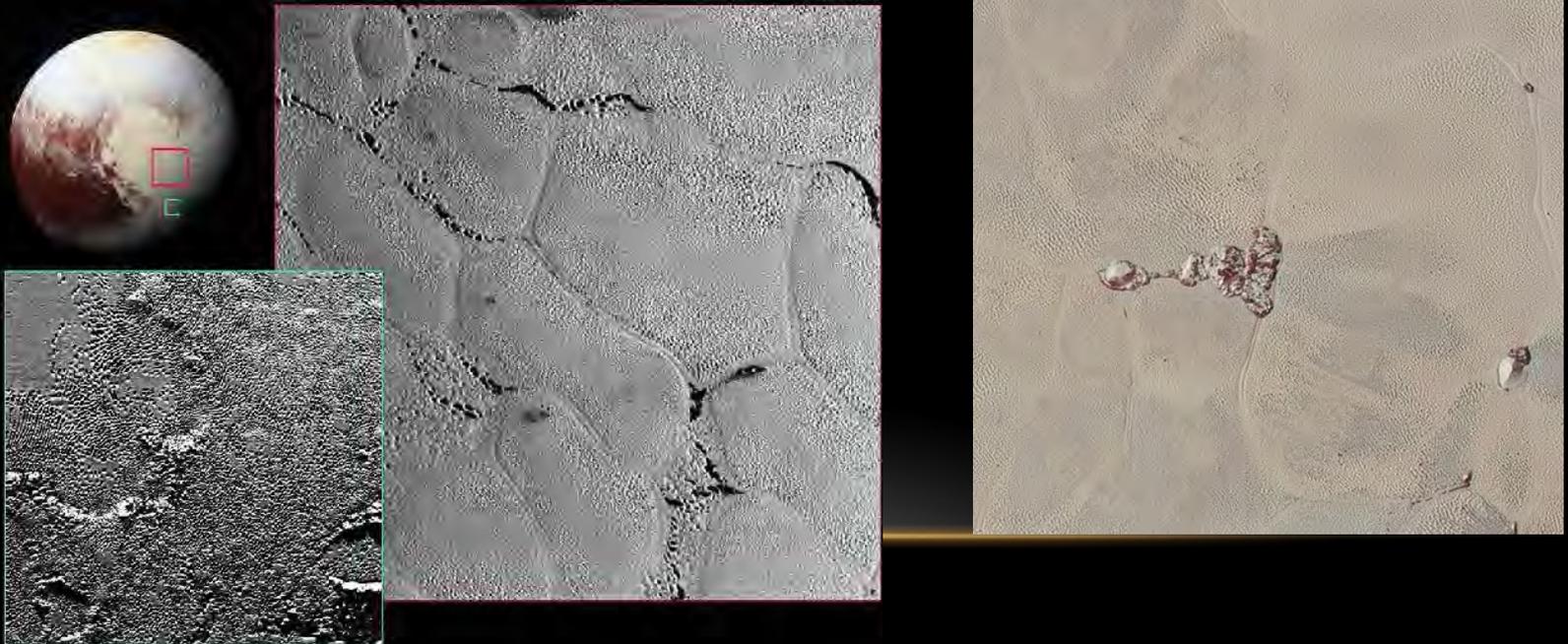
Lo Sputnik Planum

- Le immagini scattate dalla sonda fanno pensare che nelle aree superficiali chiare, quali la Tombaugh Regio, possa essere in atto un ciclo dell'azoto analogo a quello dei ghiacciai sulla Terra.
- Alimentato dalla debole luce solare, soprattutto al perielio, l'azoto ghiacciato sublima per poi ricadere nelle aree più fredde, che sono quelle più chiare a causa del loro elevato albedo, che le porta ad assorbire meno radiazione.



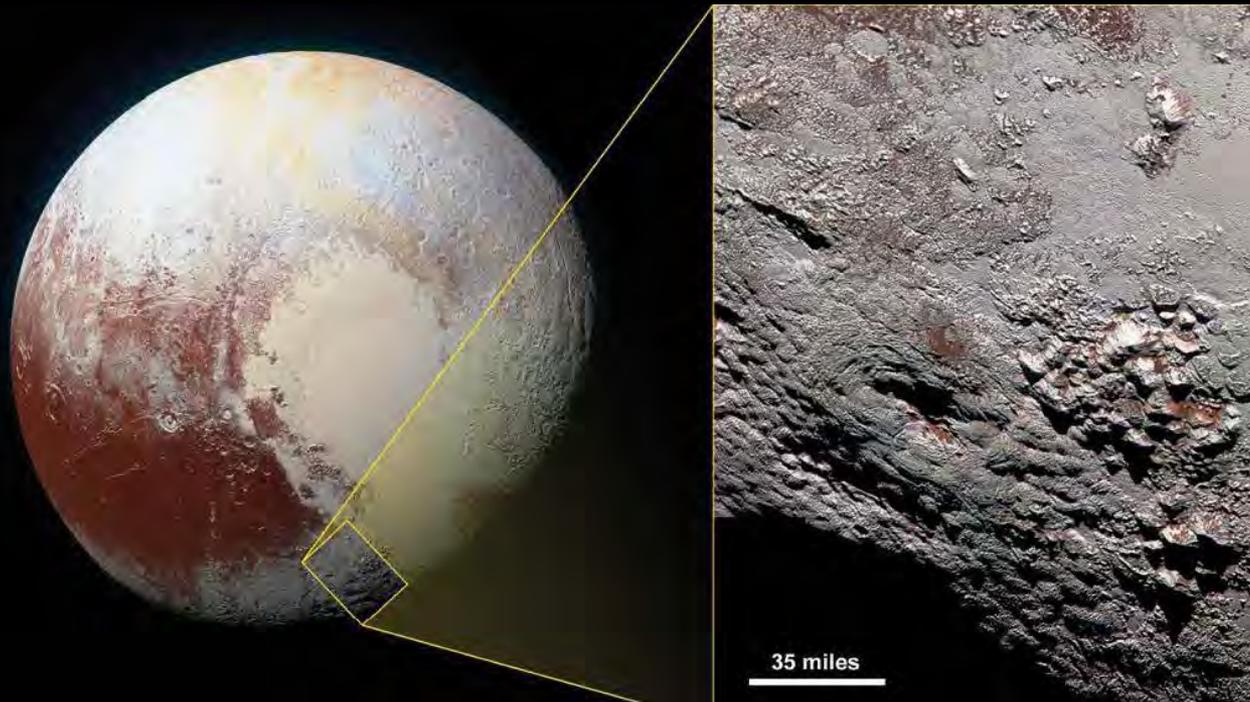
Lo Sputnik Planum

- Una formazione caratteristica di Sputnik Planum è data da zolle poligonali delle dimensioni di 10-20 km, separate da fessure scure. Entro tali zolle sono spesso visibili degli enormi iceberg d'apparenza rocciosa, che si pensa essere costituiti da ghiaccio d'acqua.
- Le analisi spettrali hanno rivelato che tali "zolle" sono costituite prevalentemente da azoto solido, mentre i solchi sono riempiti di metano ghiacciato.
- La loro forma ed il fatto che siano di recente formazione, fanno pensare ad un meccanismo di lentissima risalita dell'azoto più caldo dall'interno del pianeta sotto forma di bolle convettive.
- Lentamente, l'azoto ghiacciato migrerebbe verso le "fughe" della bolla per sprofondare nuovamente sotto la superficie, trascinandosi anche gli iceberg di ghiaccio d'acqua.



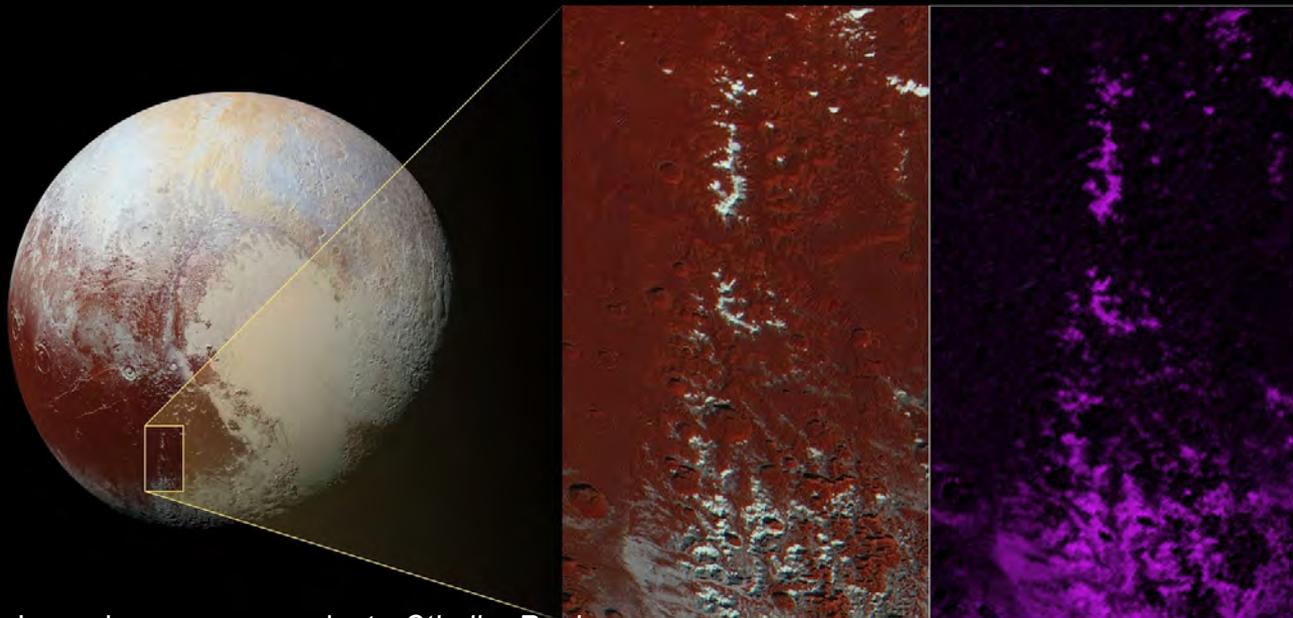
I crio vulcani

- A confermare quest'ipotesi è stata la scoperta di quelli che si pensa possano essere crio-vulcani, ossia giganteschi edifici vulcanici che potrebbero immettere in superficie ghiaccio d'acqua e d'azoto proveniente dal mantello interno del pianeta.
- Con questo meccanismo verrebbe assicurato l'apporto di azoto e metano necessario a compensare quello perso dall'atmosfera a causa del vento solare, che la bassa gravità del pianeta non riesce a trattenere.



Le aree scure

- Nelle aree scure, rossastre, scompaiono le righe spettrali dell'azoto e del metano.
- Il colore scuro è dovuto alla formazione di *toline*, composti polimerici già noti dall'esplorazione dei satelliti di Saturno Tritone e Titano, nonché riscontrati sulla superficie di alcune comete.
- Il metano è presente, sotto forma di neve, solo sulla cima delle montagne.
- Data l'elevata concentrazione di crateri, si tratta di superfici di formazione antichissima.

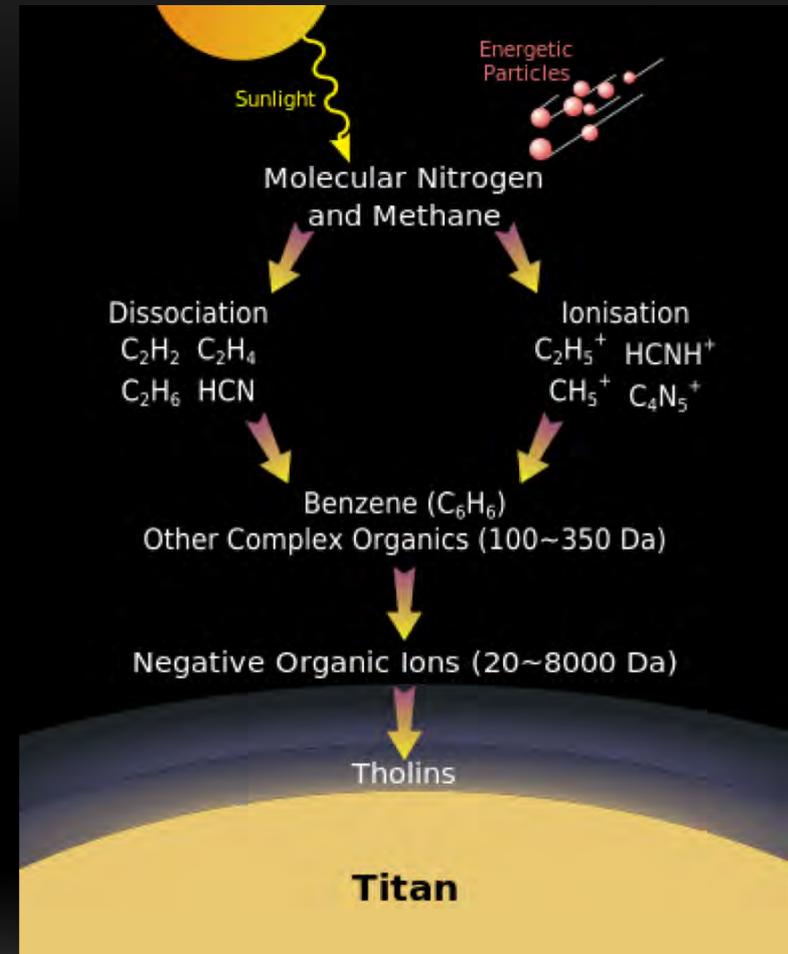


La regione soprannominata *Cthulhu Regio*



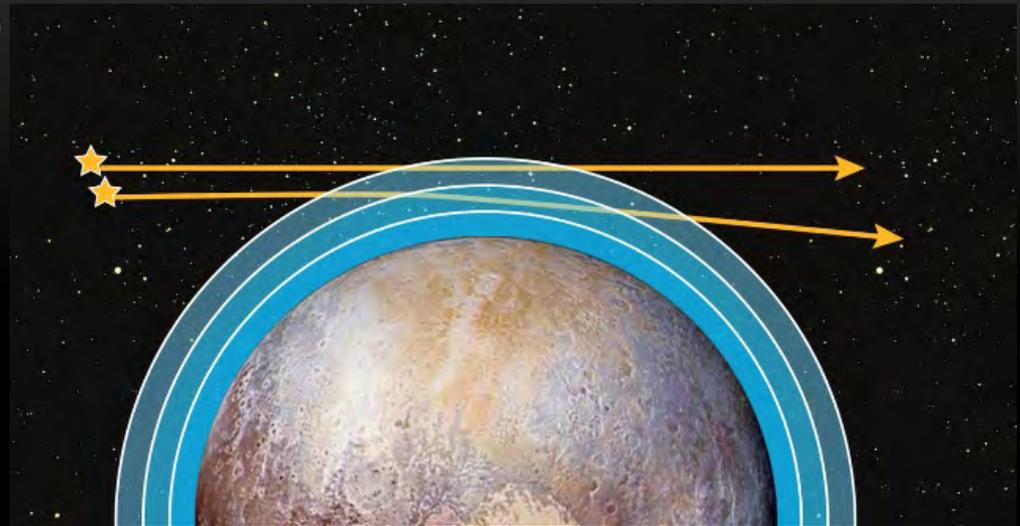
Le aree scure

- Tenuto conto dell'inclinazione dell'asse di Plutone, le aree più scure si trovano nella zona mediamente più esposta all'esposizione solare. Questo fatto spiegherebbe l'abbondante presenza di toline sulla superficie, che ne danno la caratteristica colorazione mattone.
- Le toline sono composti polimerici fortemente insaturi, cioè ricchi di doppi legami C=C, che si formano per l'interazione tra la sia pur debole radiazione UV dal Sole e le molecole di azoto e metano presenti nelle atmosfere di corpi celesti come Plutone, Tritone e Titano.
- Non sono presenti in natura sulla Terra ma sono state prodotte artificialmente riproducendo in laboratorio le condizioni presenti su questi oggetti.



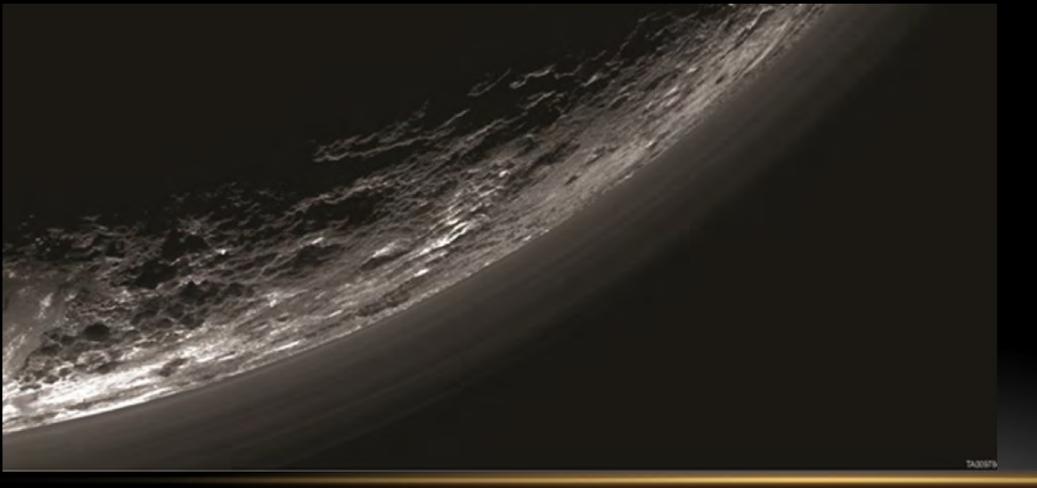
L'atmosfera di Plutone

- La sonda New Horizons ha confermato la presenza di una tenue atmosfera intorno al pianeta nano, composta da N_2 , CH_4 e CO , sia fotograficamente che attraverso la misura della caduta di luminosità di due stelle durante il fly-by.
- La pressione, in prossimità della superficie, è di 10-11 microbar (0,001% di quella terrestre).
- La dispersione nello spazio risulta inferiore a quanto ipotizzato, a causa della sua compattezza che permette anche alla debole gravità di Plutone di trattenerla meglio.

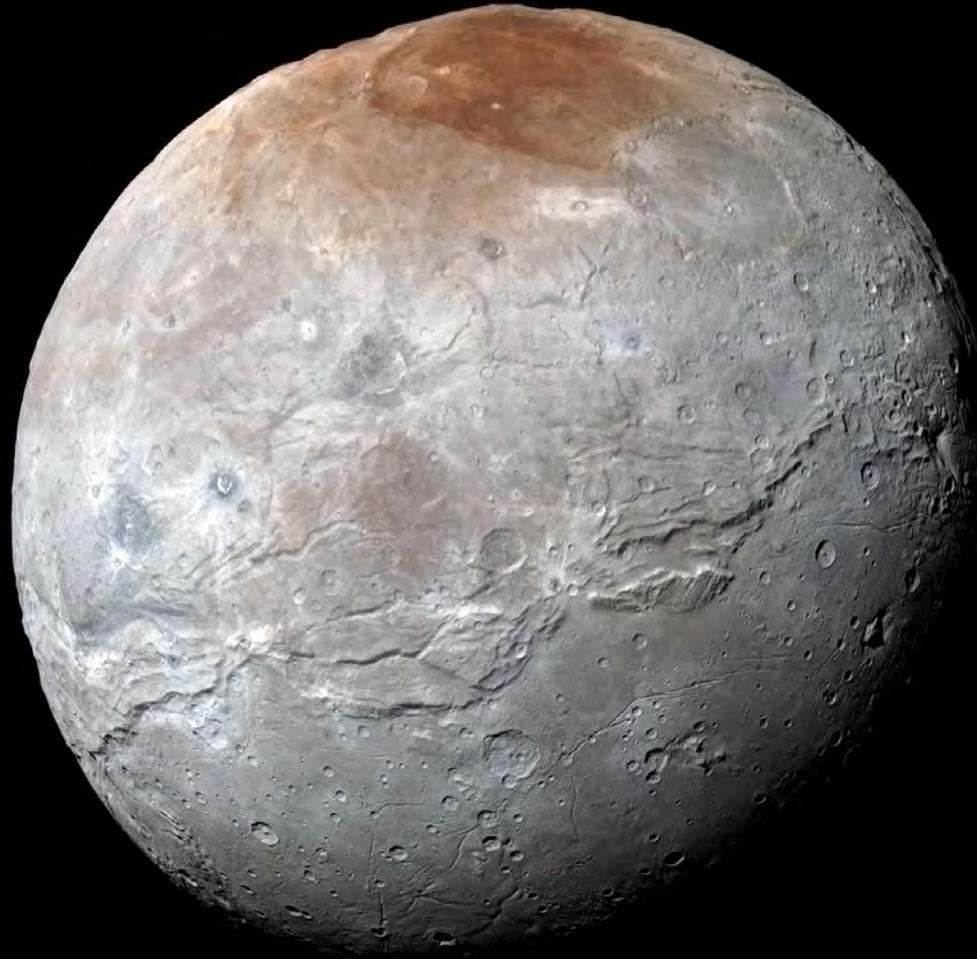


L'atmosfera di Plutone

- Essa appare stratificata, per effetto della condensazione delle molecole complesse, precursori delle toline, frutto dell'interazione coi raggi UV del Sole.
- Tali particelle sono probabilmente la causa della sorprendente colorazione blu dell'atmosfera, analogamente a quanto avviene sulla Terra.
- Si pensa che l'atmosfera plutoniana sia un fenomeno stagionale, in quanto essa si formerebbe nei passaggi al perielio, per sparire progressivamente man mano che il pianeta si avvicina all'afelio.

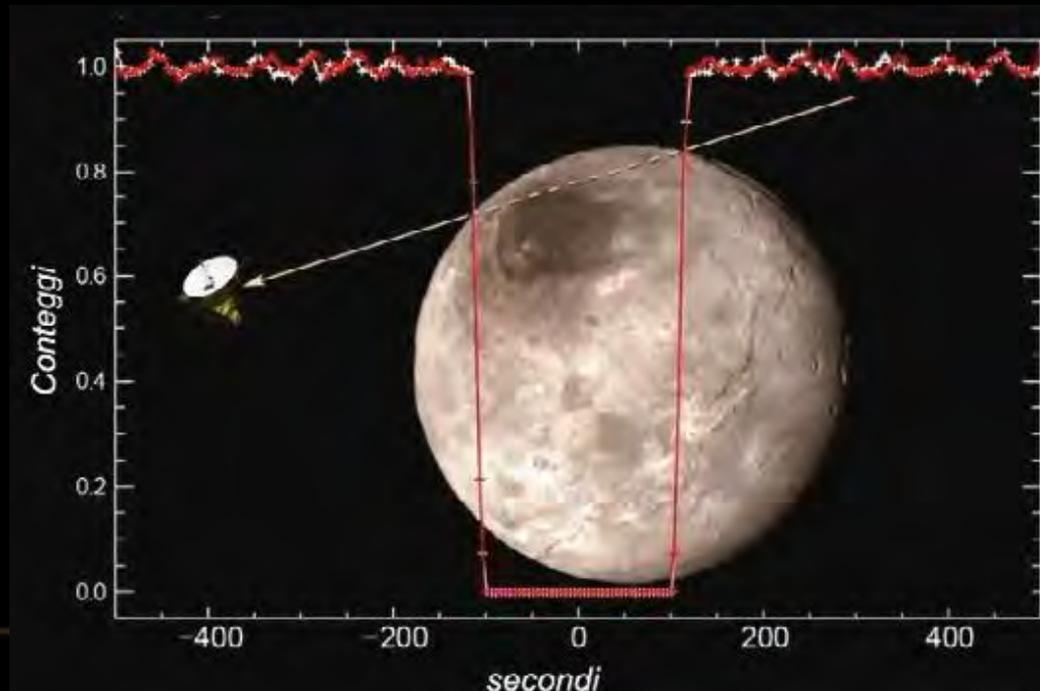


Caronte



Caronte

- A differenza di Plutone, l'analisi spettroscopica di Caronte ha rivelato ovunque la presenza di ghiaccio d'acqua nelle sue varie forme cristalline, misto a tracce di ammoniaca.
- Caronte, inoltre, nell'occultazione del Sole seguita al fly-by, non ha rivelato alcuna traccia di atmosfera, confermando quanto già riscontrato da Terra.



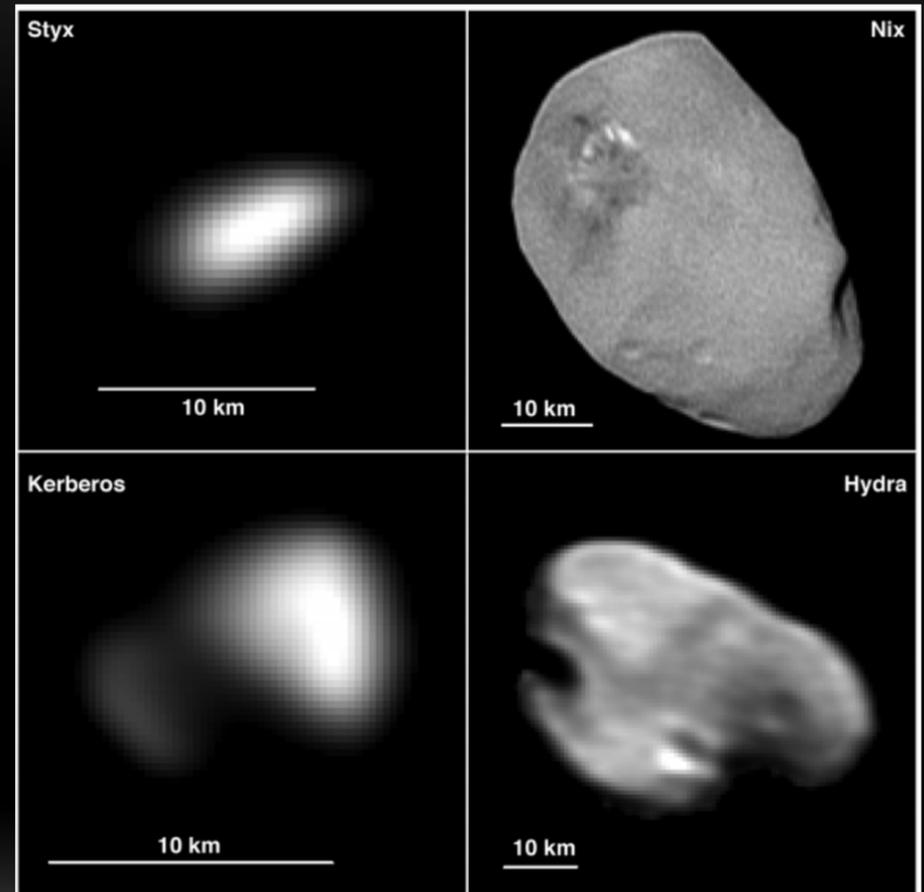
Caronte

- L'assenza di atmosfera potrebbe essere la spiegazione delle differenze superficiali tra il pianeta ed il suo satellite.
- Sia Plutone che Caronte hanno la stessa crosta fatta di ghiaccio d'acqua. Mentre il primo, però, è riuscito a trattenere la propria atmosfera, Caronte, a causa della sua massa ridotta, ha probabilmente perso la sua nel giro di poche centinaia di milioni di anni. In tal modo, la sua crosta di ghiaccio d'acqua è rimasta libera, a differenza di Plutone dove essa è stata quasi totalmente coperta da strati di azoto, metano e CO ghiacciati di provenienza interna o atmosferica, e dalle toline che da essi derivano.
- La presenza di uno strato rosso-bruno di toline sulle calotte polari (*Mordor Macula*) potrebbe essere dovuta ad un trasferimento di materia dall'atmosfera di Plutone a quella di Caronte, dove si depositerebbe in corrispondenza dei poli.
- Quanto ai canyon, si fa l'ipotesi che essi siano legati alla presenza, in origine, di un oceano sotterraneo di acqua liquida, quando Caronte era più caldo. Con il progressivo congelamento, il ghiaccio dilatandosi, potrebbe essere stata la causa delle fratture sulla superficie. Tali processi potrebbero essere ancora attivi, cioè Caronte potrebbe non essere un corpo celeste morto.



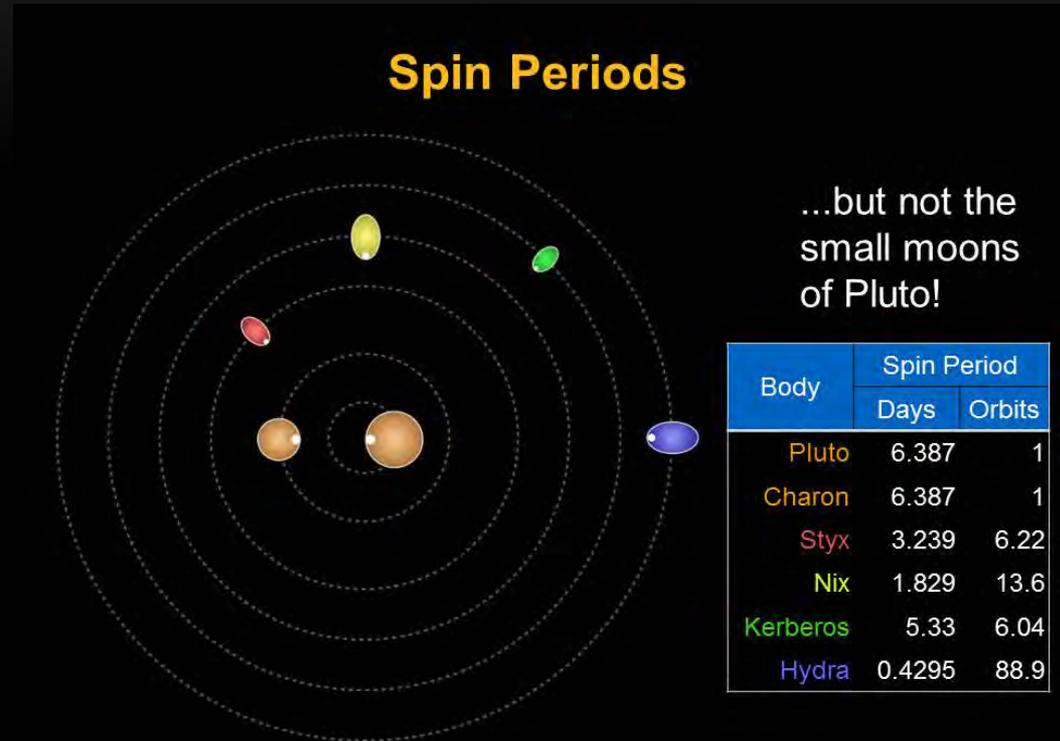
Le lune minori

- Hanno tutte forma irregolare.
- La più grande è Idra (65 x 45 x 25 km), la più piccola Stige (16 x 9 x 8 km).
- Hanno tutte albedo molto elevato, segno di abbondante presenza di ghiaccio d'acqua in superficie.
- La complanarità delle loro orbite con quella di Caronte e la presenza d'acqua confrontabile con Plutone e Caronte fanno pensare che esse si siano formato alla probabile collisione che ha dato origine a Plutone e Caronte.



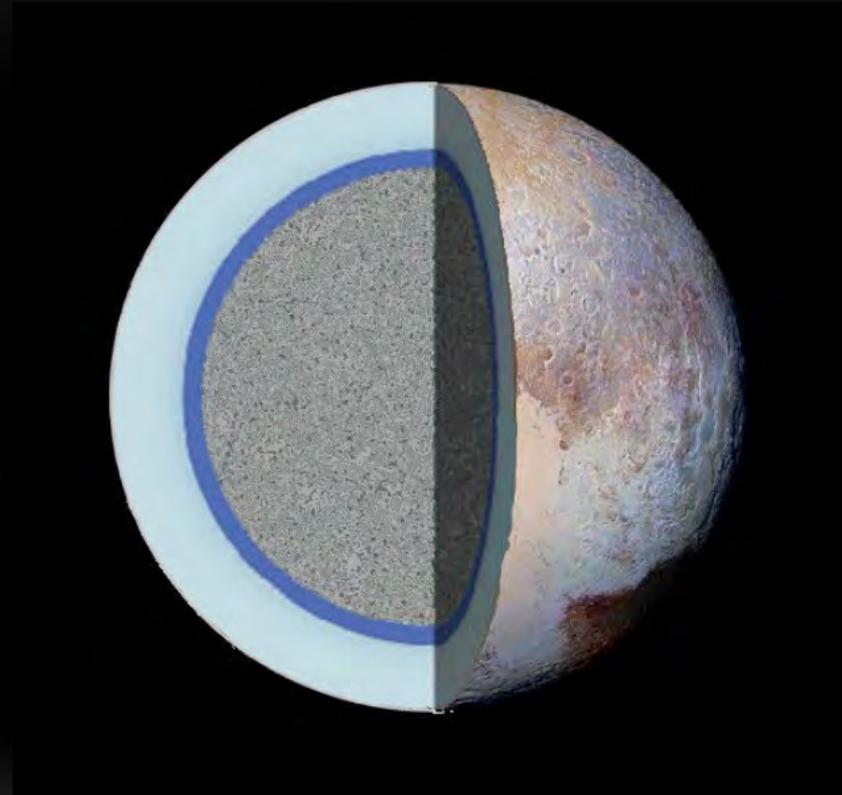
Le lune minori

- Le 4 lune minori orbitano in perfetta risonanza tra loro, avendo periodi orbitali esattamente 3, 4, 5 e 6 volte maggiori di quello di Caronte.
- Al contrario, il loro moto di rotazione intorno al proprio asse appare caotico, probabilmente a causa dell'influenza gravitazionale dei due corpi maggiori.



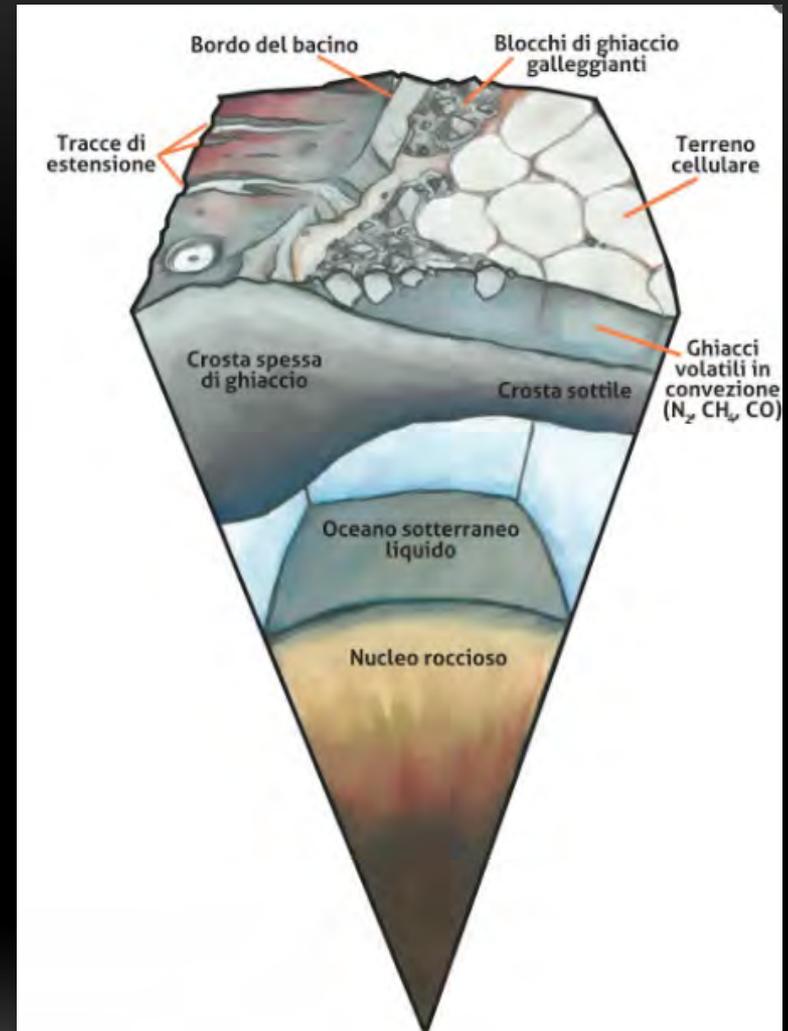
All'interno di Plutone

- In base alla sua densità di 1,86 g/cc, la composizione di Plutone è, pressappoco, per due terzi di roccia e per un terzo di ghiaccio, principalmente di acqua, ma anche di azoto, metano e monossido di carbonio.
- La varietà dei fenomeni superficiali di Plutone, che dimostrano delle attività geologiche ancora in corso, potrebbe trovare una spiegazione nel fatto che, per effetto del calore ancora generato dal nucleo, una parte del ghiaccio al di sotto della crosta sia in forma liquida, un vero oceano sotterraneo.
- E' una situazione analoga a quella riscontrata su altri corpi celesti del Sistema solare, principalmente i satelliti di Giove Europa, Callisto e Ganimede, e quelli di Saturno Titano ed Encelado.



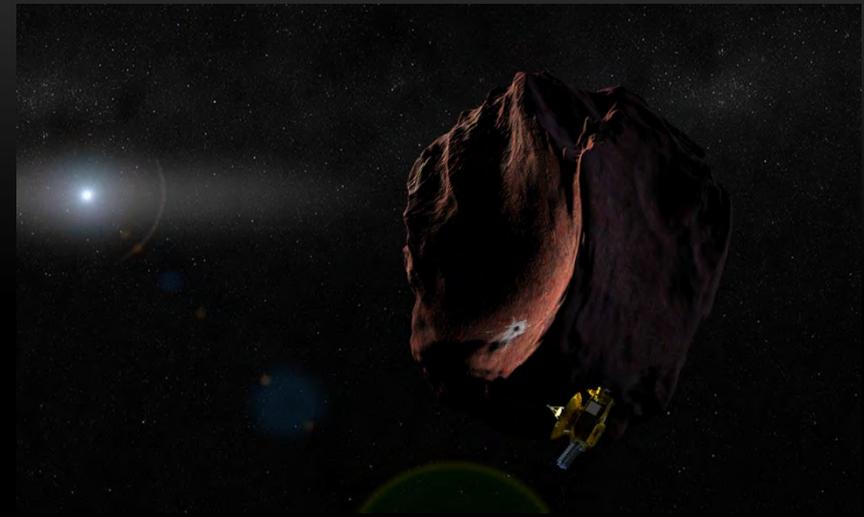
All'interno di Plutone

- Ad esempio, l'ampio ventaglio di fenomeni superficiali osservati nel "cuore" di Plutone, la Tombaugh Regio, potrebbe trovare giustificazione nell'assottigliamento della crosta in quella zona e del conseguente maggior flusso di calore dall'oceano sotterraneo ai ghiacci volatili che, come abbiamo visto, potrebbero essere responsabili della continua formazione delle zolle osservate.
- La peculiarità della Tombaugh Regio, peraltro, potrebbe essere indice del fatto che essa sia la cicatrice residua dell'ipotetica collisione planetaria che ha originato tutto il sistema.



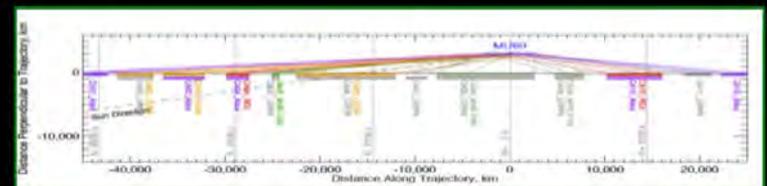
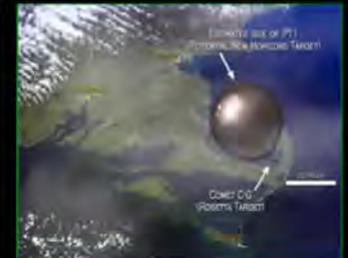
Prossima fermata

- Dopo il successo dell'esplorazione di Plutone ed in considerazione dell'ottima salute della sonda e di tutti i suoi sistemi di bordo, la NASA ha deciso d'estendere la missione ad un altro oggetto della fascia di Kuiper, in coerenza con le finalità generali del progetto.
- Il prossimo appuntamento di New Horizons sarà 2014 MU69, un oggetto distante un miliardo e mezzo di km oltre Plutone.
- L'incontro è previsto il 1° gennaio 2019, a meno di 3000 km dall'oggetto. Il programma di ricerca sarà analogo a quello di Plutone, sostanzialmente.



KBO 2014 MU69 CLOSE (3,000 KM) FLYBY

	PT1
MPC Designator	2014 MU69
Diameter Range	21-40 km
Orbital Semi-major Axis	44.2 AU
Orbital Eccentricity	0.036
Orbital Inclination	1.9 deg
KBO Type	Cold Classical
Encounter Date	1 Jan 2019



FINE

