

# EUROPA CLIPPER JUICE

*Un viaggio verso mari lontani*

**Le sonde Europa Clipper e Juice**

---

**Nexus: breve storia delle reti d'informazione**

---

**L'Alba di tutto: una nuova storia dell'umanità**

64

2025

**PROPRIETÀ:**

A.P.S. "Il C.O.S.Mo" (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena)

C.F.:94144450361

**RESPONSABILE:**

Davide Borghi

**REDAZIONE:**

a cura del Consiglio Direttivo

**SITO INTERNET:**

[www.ilcosmo.net](http://www.ilcosmo.net)

**CONTATTI:**

[info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net)

**COSTO:**

Gratuito sul WEB

**CONSIGLIO DIRETTIVO:**

Leonardo Avella

Davide Borghi

Luigi Borghi

Roberto Castagnetti

Ciro Sacchetti

*Questa rivista, le copie arretrate, i suoi articoli e le sue rubriche, non possono essere duplicati e commercializzati.*

*È vietata ogni forma di riproduzione, anche parziale, senza l'autorizzazione scritta del circolo "Il C.O.S.Mo".*

*La diffusione all'esterno del circolo è vietata.*

*Può essere utilizzata solo dai soci per scopi didattici.*

**SOMMARIO****IN QUESTO NUMERO:****ESPLORAZIONE INTERPLANETARIA****Alla scoperta della vita su Europa e i satelliti ghiacciati di Giove**

Le sonde Europa Clipper della NASA e Juice dell'ESA

di Luigi Borghi ..... pag. [5](#)

**LE NOSTRE RECENSIONI****Nexus**

Recensione dell'ultimo libro di Noah Harari

di Davide Borghi ..... pag. [32](#)

**L'Alba di tutto - Una nuova storia dell'umanità**

Riflessioni sul libro di David Graeber e David Wengrow

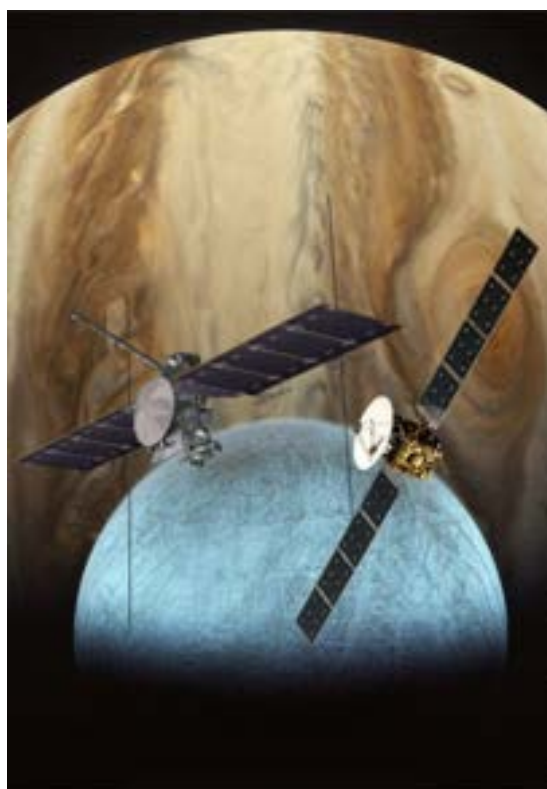
di Davide Borghi ..... pag. [39](#)

**GLI EVENTI DEL C.O.S.Mo**

**L'elenco dei prossimi eventi** ..... pag. [48](#)

**IN COPERTINA**

*Le sonde Europa Clipper e JUICE in vista di Europa e Giove (ricostruzione artistica da fonti: NASA ed ESA)*





## NEXUS!

Dall'ultimo numero ne abbiamo fatte di iniziative!

Le conferenze a **Soliera** sulla carne coltivata, sull'AI, sull'esplorazione futura di Marte, il corso di Intelligenza Artificiale in 8 lezioni (16h totali) all'**Università della Terza Età**, la conferenza-dibattito al palazzo Europa con l'associazione **Alfa-Omega** su AI e Intelligenza Emotiva con **Monsignor Gianfranco Basti**, la conferenza all'**Università di Parma**, su invito di Sinistra Studentesca Universitaria, su Idrogeno ed Energia Elettrica per la decarbonizzazione, la conferenza (tutto esaurito da subito) del prof. **Mario Rasetti**: in pratica una lectio magistralis sull'AI.

Le dirette per i lanci di Starship fatte con **Latitude 44.5**, quelle a **TeleReggio** in cui abbiamo parlato di Enrico Fermi, del *"perché il cielo è blu"*, e nientedimeno che del *"Futuro dell'Umanità"*; abbiamo, poi, continuato con le sessioni nelle scuole, stavolta alla scuola secondaria di I grado **Galileo Ferraris** di Modena sui *"superpoteri delle energie rinnovabili"*.

E nelle prossime settimane inizieremo con *"Un altro equinozio con Il COSMo"* al **Planetario di Modena**, ogni martedì di Marzo. Questa volta vi proporremo serate con *"Euclid e James Webb"*, *"Europa Clipper alla scoperta della vita su Europa, satellite di Giove"*, *"Werner Heisenberg"*, *"Wernher von Braun"*. Questa volta avremo anche un ospite d'eccezione: **Federico Tosi di INAF** che, Sabato 22 Marzo alle 16:00, ci viene a parlare delle lune ghiacciate dei pianeti giganti e della sonda JUICE, di cui è stato propositore e parte del team di sviluppo.

Avremo poi la **fiera PLAY**, stavolta alla più capiente Fiera di Bologna: il nostro stand sarà molto più grande che gli anni passati e porteremo board games a tema spaziale, scientifico e tecnologico, tra cui lo strepitoso **High Frontier** di **Phil Eklund** (che fra l'altro sarà presente in fiera come ospite speciale quest'anno). Play sarà anche una splendida occasione per giocare ad altri giochi (come **Quirky Quarks**, **Elementary**, **[Hop>**, e **Tutti Quantum**) e per confrontarci con i visitatori sui temi che ci appassionano.

In questo numero della nostra rivista trattiamo delle sonde spaziali verso Giove, Europa Clipper e Juice (argomento che sarà oggetto anche in una conferenza a Marzo), e vi riportiamo la recensione di due libri molto interessanti: **L'Alba di Tutto - Una nuova storia dell'umanità**, di David Graeber e David Wengrow, e **Nexus** (da qui il titolo dell'editoriale), l'ultimo libro di Noah Harari, la cui lettura mi ha appassionato durante le vacanze natalizie. Harari ci racconta delle **reti di informazione**, che governano le nostre società fin dalla preistoria e che, recentemente, hanno avuto un incredibile accelerazione grazie all'informatica e, ultimamente, all'AI. Per inquadrare bene il problema, Harari descrive la nota piramide **D-I-K-W (Data-Information-Knowledge-Wisdom)** che mette in evidenza il fatto che dai **Dati** estraiamo Informazioni da cui deriviamo **Conoscenza** e da cui distilliamo **Saggezza** con cui prendere le decisioni e, eventualmente, cambiare di nuovo la realtà oggettiva. Ma Harari va oltre, mettendo bene in chiaro che la Conoscenza (o perlomeno una parte di essa) dovrebbe o potrebbe ambire a conoscere la **Verità**, ma lo può fare solo attraverso le **Misure** che abbiamo a disposizione (ovvero la parte osservabile del sistema – qua viene fuori la mia origine *"controllista"* come background accademico ingegneristico). La Verità, a sua volta, non è la **Realtà**, che può essere intrinsecamente **complessa** e di conseguenza non completamente osservabile. Quest'ultima stratificazione (Misure-Verità-Realtà) è la **Realtà Oggettiva**, che ho voluto rappresentare come piramide capovolta nella figura sotto, siccome la Conoscenza punta a rappresentare il meglio possibile la Verità e le Misure forniscono i Dati. Ma, dice Harari, i Dati non sono tutti utili per descrivere la Realtà: alcuni sono falsi e altri, molti altri, sono semplicemente inutili per descrivere la realtà fisica, ma potrebbero essere usati comunque per altri fini nelle nostre società. Infatti, dalla Conoscenza noi creiamo **Reti di correlazioni fra dati e persone**, ma anche **finzioni e storie** volte a tenere l'**ordine sociale** per perseguire i nostri scopi a seconda della nostra cultura o politica: siano essi in termini di benessere, giustizia, libertà, progresso, scienza o altro. Queste "finzioni" (*fictions*) in-

cludono ad esempio i governi nazionali o locali, le aziende, il denaro, ecc... Le Reti, almeno la parte che è nativamente digitale o che lo è diventata, sono sempre più basate su **Internet** e sul **Metaverso**, e questa terza piramide (Internet-Reti-Storie) rappresenta la **Realtà Soggettiva** e **Inter-Soggettiva** siccome è inventata da noi, anche se per scopi non sempre nobili. Queste Storie e Reti a loro volta possono creare altri Dati che vanno a creare altra Conoscenza e così via. Tutto questo mi sono divertito a palesarlo in un diagramma che riporto qua sotto, se potesse essere utile a chi di voi si diletterà nella lettura di Nexus di Noah Harari. Che non voglio spoilerare oltre... 😊

Come di consueto vi invitiamo a consultare la nostra pagina **EVENTI** nel sito, [ilcosmo.net](http://ilcosmo.net), che teniamo continuamente aggiornata (link: <https://ilcosmo.net/index.php/eventi/>)

Il Presidente

**Davide Borghi**

[davide.borghi@ilcosmo.net](mailto:davide.borghi@ilcosmo.net)

REALTA' OGGETTIVA

REALTA' SOGGETTIVA E INTER-SOGGETTIVA



Davide Borghi - liberamente tratto da "Nexus" di Yuval Noah Harari

## ALLA SCOPERTA DELLA VITA SU EUROPA E I SATELLITI GHIACCIATI DI GIOVE

*Le sonde Europa Clipper della NASA e Juice dell'ESA*

di Luigi Borghi



*Un viaggio verso oceani nascosti con le sonde robotiche Europa Clipper della NASA e Juice dell'ESA*

### INTRODUZIONE

Di nuovo bentrovati!

In questo articolo esamineremo due delle missioni spaziali esplorative più ambiziose degli ultimi anni:

#### **Europa Clipper della NASA**

#### **Juice di ESA**

In questa analisi ci concentreremo in particolare sulla Europa Clipper, perché nonostante sia dedicata all'esplorazione della sola luna Europa, ha obiettivi molto ambiziosi e dovrà affrontare sfide notevoli.

**Durante questo esame faremo comunque dei confronti tra le due missioni e le caratteristi-**



Figura 1.1 Immagine artistica della sonda Europa Clipper in volo su Europa (Credit: NASA)

**che delle sonde**, che non sono in competizione tra loro ma concorreranno ad arricchire notevolmente la conoscenza sulla natura di questi mondi e forse anche capire meglio il nostro sistema solare.

Preparatevi a un viaggio affascinante alla scoperta di uno dei mondi più intriganti del nostro Sistema Solare e a delle tecnologie all'avanguardia!

Entrambe le missioni, Europa Clipper e JUICE (**Jupiter Icy Moons Explorer**), rappresentano un passo avanti fondamentale nell'esplorazione del sistema gioviano e in particolare delle sue lune ghiacciate. Sebbene condividano l'obiettivo di studiare questo affascinante sistema, presentano alcune differenze significative: Vedi **Tabella 1**.

Entrambe le missioni contribuiranno in modo significativo alla nostra comprensione del sistema solare esterno e delle possibilità di trovare vita al di fuori della Terra. L'oceano sotto la superficie di Europa è

considerato uno dei luoghi più promettenti per la ricerca di vita extraterrestre e JUICE ci fornirà un contesto più ampio per comprendere l'abitabilità delle lune ghiacciate in generale.

**Le due missioni sono state studiate al fine di garantire un salto di qualità nella conoscenza del sistema gioviano anche in caso del fallimento di una di esse.**

## 1) PARTIAMO DALLA LUNA PIÙ PROMETTENTE: EUROPA. PERCHÉ?

Europa ci affascina perché potrebbe essere uno dei pochi luoghi nel Sistema Solare dove trovare le condizioni necessarie per lo sviluppo della vita. L'oceano sotto la sua crosta ghiacciata potrebbe essere simile agli oceani primordiali della Terra, offrendo un ambiente ideale per lo studio dell'origine della vita.



Figura 1.2 Confronto dei volumi di acqua (Credit: ???)

| CARATTERISTICA               | EUROPA CLIPPER<br>(NASA)                                                                                                                                                                                                                          | JUICE<br>(ESA)                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Obiettivo primario</b>    | Studiare in dettaglio la luna Europa, concentrandosi sulla ricerca di un oceano sotterraneo e potenziali segni di vita                                                                                                                            | Studiare il sistema gioviano nel suo complesso, con un focus sulle tre lune galileiane ghiacciate (Ganimede, Callisto ed Europa)                                                                                                                     |
| <b>Orbita</b>                | Orbiterà attorno a Giove con <b>passaggi ravvicinati ripetuti di Europa</b>                                                                                                                                                                       | <b>Entrerà in orbita attorno a Ganimede</b> , la più grande luna del Sistema Solare                                                                                                                                                                  |
| <b>Strumenti</b>             | Dotata di una vasta gamma di strumenti scientifici, tra cui <b>un radar penetrante nel ghiaccio per mappare l'oceano</b> sotto la superficie, spettrometri per analizzare la composizione della superficie e dell'atmosfera, e telecamere ad alta | Equipaggiata con una <b>suite di strumenti complementari a quelli di Europa Clipper</b> , inclusi un radar per lo studio della struttura interna delle lune, magnetometri per studiare il campo magnetico e plasma, e spettrometri per analizzare la |
| <b>Durata della missione</b> | Previsto un numero significativo di sorvoli ravvicinati di Europa per raccogliere dati dettagliati                                                                                                                                                | Avrà una durata più lunga e prevede una fase di orbita attorno a Ganimede per studi approfonditi                                                                                                                                                     |
| <b>Partnership</b>           | Forte collaborazione tra <b>NASA</b> e diverse istituzioni scientifiche internazionali                                                                                                                                                            | Progetto guidato dall' <b>ESA</b> con il contributo di <b>NASA, JAXA e Israel Space Agency</b>                                                                                                                                                       |

Tabella 1 - Missioni Europa Clipper e JUICE: un confronto

Europa, Ganimede e Callisto, tre dei quattro satelliti medicei di Giove, hanno superfici fredde che sono centinaia di gradi sottozero. A queste temperature, **il ghiaccio si comporta come roccia solida**.

Ma proprio come la Terra, più ci si addentra nel sottosuolo di queste lune, più diventa caldo. Scendendo abbastanza in profondità, alla fine si raggiunge la temperatura in cui il ghiaccio si scioglie in acqua.

Quanto in profondità avvenga questa transizione su ciascuna delle lune è un argomento di dibattito che gli scienziati sperano di risolvere con **JUICE** ed **Europa Clipper**. Mentre le profondità esatte sono ancora incerte, gli scienziati sono convinti che questi

oceani esistano

La prova migliore di questi oceani proviene dal campo magnetico di Giove. **L'acqua salata è elettricamente conduttiva**. Quindi, mentre queste lune attraversano il campo magnetico di Giove, **generano un campo magnetico secondario**, più piccolo, che segnala ai ricercatori la presenza di un oceano sotterraneo. Utilizzando questa tecnica, gli scienziati planetari sono stati in grado di dimostrare che le tre lune contengono oceani sotterranei.

**Quello di Europa da solo potrebbe avere più del doppio dell'acqua di tutti gli oceani della Terra messi insieme.**

Tantissima! **Nella figura 1.2.** si evidenzia la enorme quantità di acqua sia in percentuale rispetto al volume della Luna di Giove sia in assoluto confrontata con la quantità disponibile sulla Terra.

La domanda successiva ovvia e allettante è se questi oceani possano supportare la vita extraterrestre.

L'acqua liquida è un elemento importante di ciò che rende un mondo abitabile, ma è ben lungi dall'essere l'unico requisito per la vita. La vita ha anche bisogno di energia e di alcuni composti chimici oltre all'acqua per prosperare.

Poiché questi oceani sono nascosti sotto chilometri di ghiaccio solido, la luce solare e la fotosintesi sono fuori. Ma è possibile che altre fonti possano fornire gli ingredienti necessari. Su Europa, ad esempio, l'oceano di acqua liquida ricopre un interno roccioso.

Quel fondale marino roccioso potrebbe fornire energia e sostanze chimiche attraverso vulcani sottomarini che potrebbero rendere abitabile l'oceano di Europa (**Fig.1.3**). Ma è anche possibile che l'oceano di Europa sia un luogo sterile e inospitale: gli scienziati hanno bisogno di più dati per rispondere a queste domande.

Due precedenti missioni della NASA hanno inviato sonde spaziali in orbita attorno al sistema di Giove e hanno raccolto dati su queste lune.

**La missione Galileo** ha orbitato attorno a Giove dal **1995 al 2003** e ha portato a scoperte geologiche su tutte e quattro le grandi lune.

**La missione Juno** è ancora in orbita attorno a Giove oggi e ha fornito agli scienziati una visione senza precedenti della composizione, della struttura e dell'ambiente spaziale di Giove.

Queste missioni e altre osservazioni hanno rivelato che **Io**, il più vicino dei quattro satelliti medicei al suo pianeta ospite, è pieno di attività geologica, tra cui laghi di lava, eruzioni vulcaniche e montagne formate tettonicamente. Ma non ospita grandi quantità di acqua.

Torniamo alle due missioni ancora in corso: **JUICE** e **Europa Clipper** che rappresentano due dei progetti spaziali più ambiziosi degli ultimi anni.



*Figura 1.3 Una sezione di Europa*

**JUICE è una missione dell'ESA** (Agenzia Spaziale Europea) lanciata con l'obiettivo di studiare in profondità Giove e le sue tre lune ghiacciate principali: **Ganimede, Europa e Callisto**. La sonda è stata lanciata il **14 aprile 2023** dalla Guyana Francese a bordo di un **razzo Ariane 5**, e raggiungerà il sistema gioviano nel **2031**. **Un viaggio di 8 anni!**

## OBIETTIVI PRINCIPALI DI JUICE

- **Caratterizzare le lune ghiacciate:** studiare la composizione, la struttura interna e l'evoluzione di Ganimede, Europa e Callisto, con particolare attenzione alla presenza di oceani sotto le superfici ghiacciate.
- **Comprendere l'abitabilità:** valutare le condizioni ambientali e la presenza di potenziali habitat per la vita microbica all'interno di questi mondi oceanici.
- **Studiare il sistema gioviano:** analizzare l'atmosfera di Giove, la sua magnetosfera e le interazioni con le lune ghiacciate.

Attualmente **la sonda JUICE è in viaggio verso Giove**, sfruttando assistenze gravitazionali per guadagnare velocità. La missione è nella fase di crocie-

ra e gli strumenti scientifici sono in fase di calibrazione e test.

**Europa Clipper è invece una missione della NASA** lanciata con l'obiettivo specifico di studiare **Europa**, la luna gioviana più promettente per la ricerca di vita extraterrestre. La sonda è stata lanciata il **14 ottobre 2024** a bordo di un razzo **SpaceX Falcon Heavy**, dalla rampa **Launch Complex 39A** del centro spaziale Kennedy Space Center.

Raggiungerà il **sistema gioviano nel 2030. Un viaggio di 6 anni! 2 anni in meno di Juice!**

Sebbene sia naturale pensare che due missioni con obiettivi simili verso lo stesso sistema planetario impieghino un tempo simile per arrivarci, **ci sono diversi fattori che possono influenzare la durata di un viaggio spaziale**. Nel caso di Europa Clipper e JUICE, ci sono alcune ragioni chiave per cui la prima impiegherà meno tempo a raggiungere Giove:

- **Traiettoria:** Europa Clipper ha sfruttato una traiettoria che prevedeva assist gravitazionali da Marte e dalla Terra. Questi "*fionde gravitazionali*" hanno permesso alla sonda di accelerare e di modificare la propria traiettoria senza dover consumare grandi quantità di propellente, accorciando così i tempi di percorrenza. JUICE, invece, ha seguito una traiettoria leggermente diversa, che ha richiesto un maggior numero di manovre e un tempo di percorrenza più lungo.
- **Vettore di lancio:** Il razzo utilizzato per il lancio può influenzare la velocità iniziale della sonda e quindi il tempo necessario per raggiungere la destinazione. Europa Clipper è stata lanciata con un Falcon Heavy di SpaceX, **uno dei razzi più potenti attualmente disponibili, che ha permesso di imprimere alla sonda una velocità iniziale maggiore** rispetto a quella di JUICE.
- **Obiettivi scientifici:** Gli obiettivi scientifici di una missione possono influenzare la traiettoria e la durata del viaggio. Europa Clipper è progettata per studiare in dettaglio Europa, e

quindi la sua traiettoria è stata ottimizzata per effettuare numerosi sorvoli ravvicinati di questa luna. JUICE, invece, ha obiettivi più ampi, che includono lo studio di tutte e tre le lune galileiane ghiacciate (Ganimede, Callisto ed Europa), e questo ha comportato una traiettoria più complessa e un tempo di percorrenza più lungo.

## OBIETTIVI PRINCIPALI DI EUROPA CLIPPER

Gli obiettivi della missione Europa Clipper sono ambiziosi e multidisciplinari. La sonda utilizzerà una suite di strumenti all'avanguardia, che analizzeremo nel dettaglio in questo articolo, per studiare la composizione della superficie e dell'oceano di Europa, cercando indizi sulla sua storia geologica e sul suo potenziale di ospitare la vita.

Ecco alcuni dei metodi principali che verranno utilizzati:

- **Rilevamento della composizione chimica:** Gli strumenti a bordo di Europa Clipper analizzeranno la composizione della superficie e dell'atmosfera di Europa, cercando tracce di molecole organiche complesse, composti dello zolfo e altri elementi essenziali per la vita come la conosciamo.
- **Studio della geologia:** La sonda mapperà la superficie di Europa per identificare caratteristiche geologiche che potrebbero indicare l'attività idrotermale sotto la crosta ghiacciata. Questi processi potrebbero fornire l'energia necessaria per sostenere la vita microbica.
- **Misurazione dello spessore del ghiaccio:** Europa Clipper utilizzerà un radar penetrante nel ghiaccio per misurare lo spessore della crosta ghiacciata e identificare eventuali zone più sottili dove l'oceano sottostante potrebbe essere più vicino alla superficie.
- **Analisi delle particelle:** La sonda raccoglierà e analizzerà le particelle di ghiaccio e polvere emesse dai geyser di Europa, cercando tracce di molecole organiche e altri composti che potrebbero provenire dall'oceano sottostante.

- **Misurazione del campo magnetico:** Europa Clipper studierà il campo magnetico di Europa per comprendere meglio la struttura interna della luna e l'interazione con il campo magnetico di Giove. Ciò potrebbe fornire informazioni sulla **salinità dell'oceano e sulla presenza di un fondo oceanico roccioso**.

È importante sottolineare che **Europa Clipper non è progettata per trovare direttamente la vita**, ma piuttosto per cercare le condizioni necessarie per la sua esistenza.

Gli scienziati sperano che i dati raccolti dalla sonda forniscano indizi significativi sulla potenziale abitabilità di Europa e guidino future missioni che potrebbero cercare in modo più diretto forme di vita extra-terrestre.

Anche Europa Clipper, come Juice, è in fase di crociera verso Giove. La sonda sta effettuando una serie di manovre per correggere la traiettoria e prepararsi ai primi incontri ravvicinati con Europa. (Fig. 2.1.)

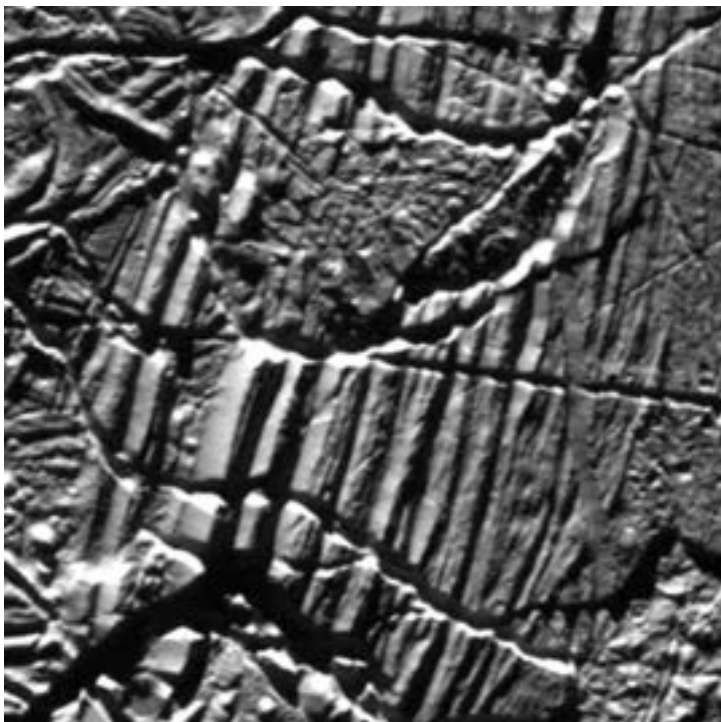


Figura 1.4 Immagine ravvicinata della superficie di Europa ripresa dalla sonda Juno dove si possono vedere le fessure sulla superficie ghiacciata e la conseguente chiusura per congelamento

## 2) IL VIAGGIO DI EUROPA CLIPPER

Il viaggio di Europa Clipper verso Giove è lungo e complesso. La sonda effettuerà diverse manovre gravitazionali per guadagnare velocità e correggere la traiettoria:

- **Assistenza gravitazionale:** Europa Clipper sfrutterà l'attrazione gravitazionale ed effettuerà un sorvolo di Marte il 28 febbraio 2025 a una quota di 1.040 km dalla superficie marziana e un sorvolo ravvicinato della Terra il 2 dicembre 2026, a 3.138 km di quota.

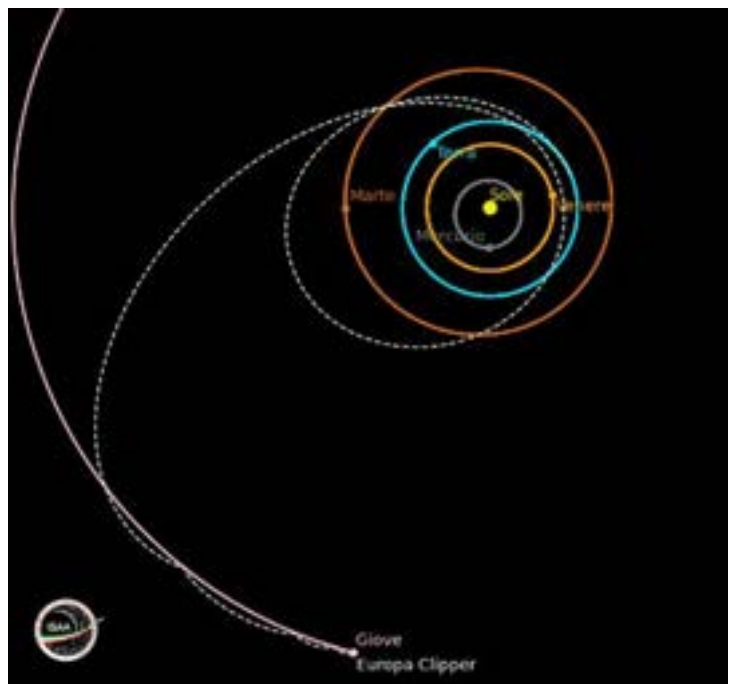


Figura 2.1 Traiettoria di Europa Clipper per arrivare in orbita

- **Correzioni di rotta:** Durante il viaggio, la sonda effettuerà regolarmente piccole correzioni di rotta per assicurarsi di raggiungere la sua destinazione con precisione.
- **Inserimento in orbita:** Una volta raggiunta la vicinanza di Giove, Europa Clipper eseguirà una manovra di inserimento in orbita per catturare la gravità del pianeta e iniziare la sua serie di sorvoli di Europa.

### ANIMAZIONE DI EUROPA NEL SISTEMA SOLARE:

<https://europa.nasa.gov/why-europa/overview/>

## 3) IL VIAGGIO DI JUICE

Il viaggio di JUICE verso Giove è più lungo di quello di Europa Clipper perché oltre ad una velocità di lancio più bassa, prevede anche **numerosi flyby di Venere, Terra e Luna** (fig. 3.1 e 3.2) per ottenere l'energia quindi la velocità necessaria per raggiungere la sua destinazione.

La missione si concluderà nel 2035 con un impatto controllato sulla superficie di Ganimede.

**Il viaggio:**

<https://youtu.be/MPQ5omjtCOM>

**Il progetto:**

<https://youtu.be/aRAIsEXOMg>

## 4) L'ORBITA DI EUROPA CLIPPER.

L'orbita finale di Europa Clipper non sarà circolare e



Figura 3.1 Traiettoria di avvicinamento di JUICE

stabile attorno a Europa, ma piuttosto una serie di sorvoli ravvicinati della luna.

**Questa strategia è stata scelta per diverse ragioni:**

- **Sicurezza:** l'intensa radiazione presente nel sistema gioviano rende difficile mantenere un'orbita stabile attorno a Europa per un lun-

go periodo.

- **Scienza:** effettuando numerosi sorvoli a bassa quota, la sonda potrà acquisire una grande quantità di dati su diverse regioni di Europa, aumentando così la probabilità di trovare prove di attività geologica e potenziali segni di vita.



Figura 3.2 Le fasi della traiettoria di JUICE

La missione principale ha una durata di 4 anni e prevede circa 50 sorvoli ravvicinati di Europa (il più vicino dei quali a **25 km dalla superficie**), ciascuno con una diversa angolazione, in modo da **mappare quasi l'intera superficie ad alta risoluzione**.

L'orbita di Europa Clipper sarà molto ellittica e inclinata rispetto al piano equatoriale di Giove. Per due anni, da maggio 2031 a maggio 2033, la sonda sor-

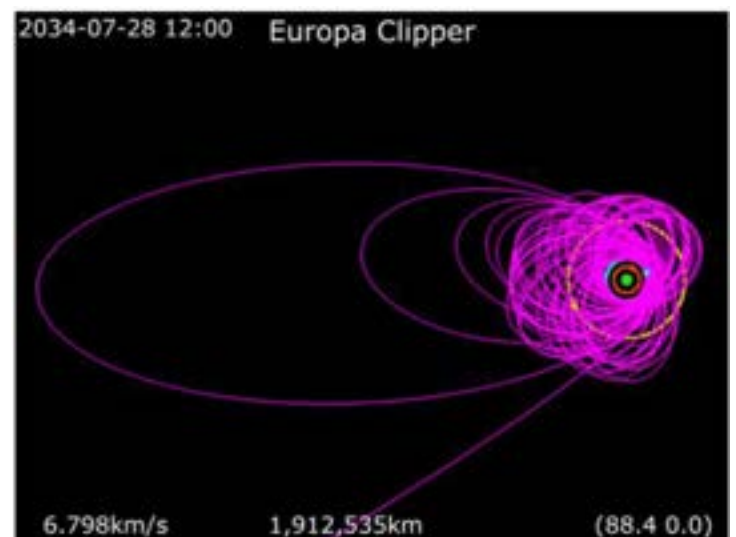


Figura 4.1 approccio all'orbita finale di Europa Clipper .

volerà l'emisfero opposto a Giove, mentre dal maggio 2033 i sorvoli mapperanno l'emisfero rivolto verso il gigante gassoso.

## ALTRI ASPETTI DI QUESTA ORBITA

- **Massimizzazione dei dati:** effettuando sorvoli ravvicinati a diverse latitudini e longitudini, quindi mappando ad alta risoluzione molto alta, **potrà identificare potenziali siti di atterraggio per future missioni** e cercare segni di attività geologica.
- **Mitigazione dei rischi:** evitando di entrare in un'orbita stabile attorno a Europa, la sonda sarà meno esposta alle radiazioni e ad altri pericoli presenti nel sistema gioviano.

Siccome Europa si trova nel forte campo di radiazioni che circonda Giove, una sonda posizionata in un'orbita vicina funzionerebbe per appena un paio di mesi.

Le radiazioni attorno a Europa sono 100 volte maggiori che attorno a Ganimede. **È equivalente ad una dose di circa 5400 mSv (540 rem) al giorno**, una quantità di radiazione sufficiente a causare una **grave malattia o la morte in un essere umano** che rimanga esposto in superficie un solo giorno. Nonostante robuste protezioni di piombo attorno agli strumenti elettronici, esse danneggerebbero ben presto anche i pannelli solari, necessari per ricaricare le batterie.

Un altro fattore chiave limitante per un orbiter di Europa non è il tempo che gli strumenti avrebbero a disposizione per eseguire le osservazioni, **ma il tempo disponibile per trasmettere i dati a Terra**.

**Molti strumenti possono raccogliere dati molto più velocemente di quanto il sistema di comunicazione possa trasmetterli alle antenne sulla Terra.** Esiste anche un numero limitato di antenne per ascoltare i veicoli spaziali planetari. **La rete della Deep Space Network (DSN) ha solo 3 antenne a cui ora si è aggiunta anche la nostra in Sardegna.** Quindi poche missioni ricevono una copertura continua e i veicoli spaziali spesso non possono trasmettere in modo continuo perché devono

girarsi per osservare il pianeta o il pianeta stesso blocca la comunicazione.

Studi da parte degli scienziati del Jet Propulsion Laboratory mostrano che **facendo diversi sorvoli ravvicinati, in ciascuno dei fly-by, la sonda avrebbe dai 7 ai 10 giorni per trasmettere i dati ottenuti. Il risultato sarebbe l'invio di una quantità di dati 3 volte maggiore, riducendo l'esposizione alle radiazioni.**

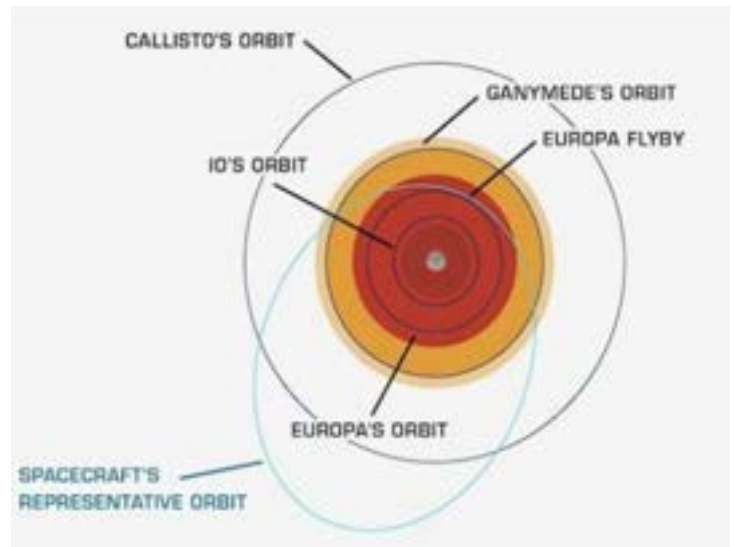


Figura 4.2 Orbita finale di Europa Clipper

Per questi motivi *Europa Clipper* orbiterà attorno a Giove, conducendo 45 fly-by di Europa (Fig. 4.3) ad altitudini comprese tra i 25 e i 2700 km. Ogni sorvolo coprirebbe un diverso settore di Europa per ottenere una mappa topografica globale a media risoluzione della luna gioviana, incluso lo spessore del ghiaccio. *Europa Clipper potrebbe anche sorvolare il satellite a basse altitudini attraverso pennacchi di vapore acqueo che eruttano dai geyser ghiacciati della luna*, analizzando il suo oceano sotterraneo senza dover atterrare sulla superficie per poi doverne romperne il ghiaccio.

Durante ogni sorvolo la sonda dovrà cambiare diverse volte orientamento, sfruttando le ruote **di reazione**, per poter orientare gli strumenti nella giusta direzione. La sonda userebbe le tecnologie testate sugli orbiter Galileo e Juno, con particolare riguardo alla **protezione dalle radiazioni, che sarà costituita da pareti in fogli di lega di alluminio e zinco dello spessore di 9,2 mm.** Per massi-

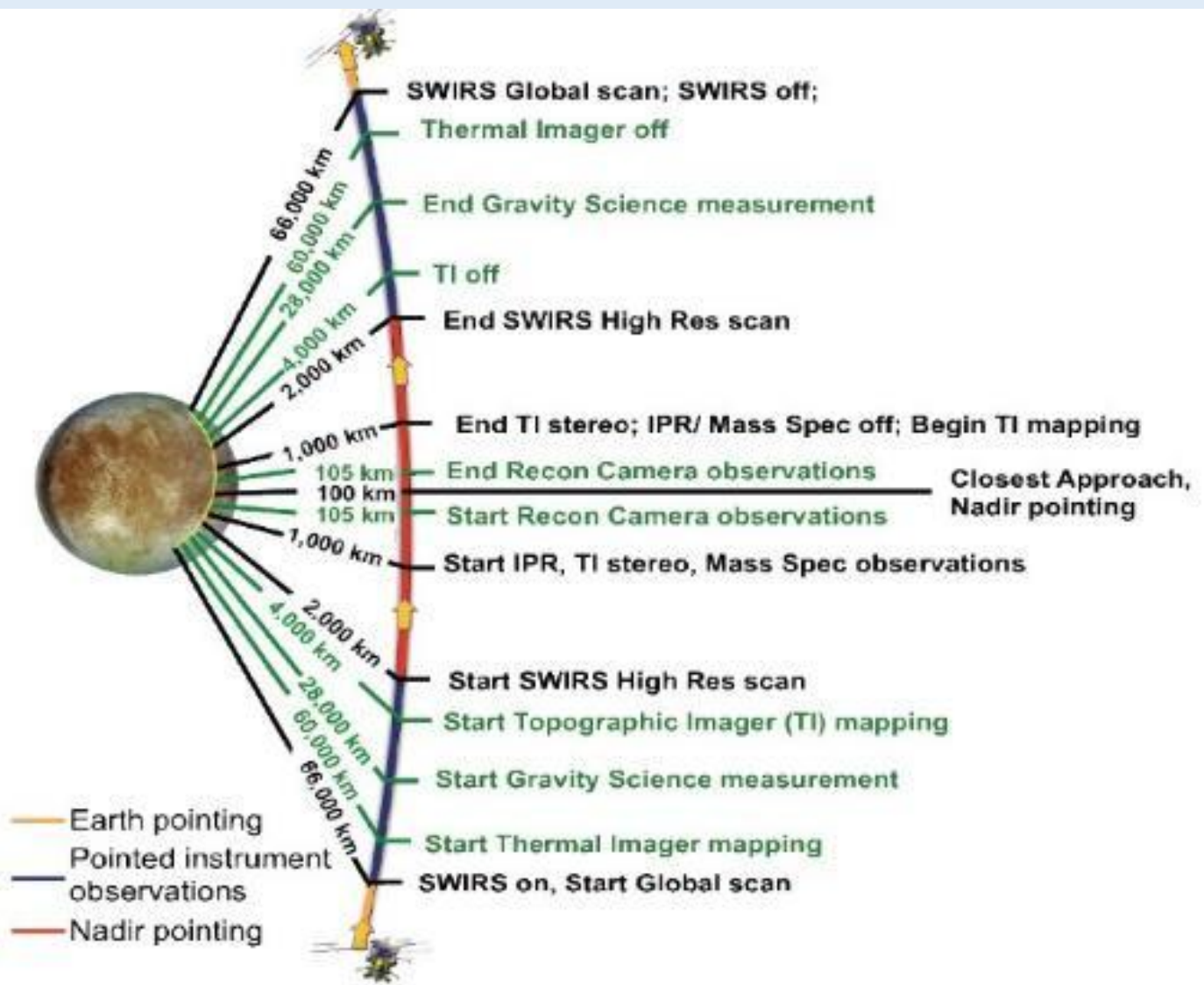


Figura 4.3 Le varie attività svolte durante i flyby

mizzare la sua operatività, l'elettronica verrà innestata nel nucleo della sonda.

Non è ancora stato deciso quale sarà la fine missione anche perché la missione è di lunga durata. Gli scenari possibili sono questi:

- **Impatto controllato su Ganimede:** Una delle opzioni più probabili è che, al termine della sua missione primaria di esplorazione di Europa, la sonda venga indirizzata verso un impatto controllato su Ganimede; **quindi, andrà a far compagnia a Juice.** Questo scenario avrebbe diversi vantaggi scientifici, permettendo di raccogliere dati sulla composizione di Ganimede durante l'impatto e potenzialmente fornendo nuove informazioni sulla struttura interna di questa luna. Questa soluzione previene il rischio di collisioni accidentali

con altre sonde o satelliti in futuro. Evitare di contaminare potenziali ambienti abitabili come Europa è una priorità per le missioni spaziali.

- **Orbita attorno a Giove:** Un'altra possibilità è che la sonda venga messa in un'orbita stabile attorno a Giove, continuando a svolgere osservazioni scientifiche ma su un obiettivo diverso. Questa opzione potrebbe essere presa in considerazione se la sonda si troverà ancora in buone condizioni operative e se ci saranno obiettivi scientifici rilevanti che possano essere raggiunti da questa nuova posizione.

## 5) L'ORBITA DI JUICE

Nel luglio 2031, quando JUICE arriverà nel sistema gioviano, è previsto che esegua prima un sorvolo di Ganimede a una distanza di 400 km, per ridurre la

velocità permettendole di entrare in un'orbita ellittica con un periodo di 272 giorni intorno a Giove. Sarà poi ridotto a 36 giorni rendendo così l'orbita quasi circolare attorno a Giove.

**Gli unici due sorvoli pianificati di Europa** durante la missione avverranno subito dopo il primo sorvolo di Callisto, nel luglio 2032.

**La sonda Europa Clipper sarà già lì a lavorare.**

Juice utilizzerà l'assistenza gravitazionale di Callisto per aumentare l'inclinazione rispetto al piano equatoriale di Giove ad un valore di circa  $26^\circ$ , che permetterà di studiare l'ambiente delle regioni polari del gigante gassoso. Altri passaggi nei pressi di Callisto verranno utilizzati per modificare l'orbita.

La velocità relativa di JUICE rispetto a Ganimede in quella fase è di circa  $3,8 \text{ km/s}$  e la sonda non ha abbastanza propellente per entrare in orbita attorno a Ganimede, quindi, dovrà prima ridurla utilizzando in successione, l'assistenza gravitazionale di Ganimede, poi di Callisto, e ancora di Callisto. La sua velocità relativa a quel punto sarà scesa a  $1,6 \text{ km/s}$  e un'ultima assistenza gravitazionale di Callisto consentirà di regolare l'angolo del piano orbitale attorno a Ganimede rispetto alla direzione del Sole. Queste manovre sono distribuite su un periodo di 11 mesi ma non sarà una perdita di tempo perché con la strumentazione di bordo verrà utilizzato per studiare il plasma e la magnetosfera presenti tra le lune gioviane.

**L'obiettivo principale di JUICE è lo studio approfondito di Ganimede**, al quale entrerà in orbita (Fig. 5.1) nel dicembre 2034, diventando **il primo veicolo spaziale a orbitare attorno a una luna diversa da quella terrestre**.

La sonda inizialmente si inserirà su un'orbita polare altamente ellittica con un periodo di 12 ore, poi l'orbita verrà resa circolare, grazie anche alle perturbazioni di Giove e per i successivi 3 mesi la sonda studierà Ganimede da un'altezza di 5.000 km. Una nuova manovra abbasserà l'orbita a circa 500 km, con altezze comprese tra 470 e 530 km.

**Consumato il propellente, JUICE verrà fatta deorbitare e si dovrebbe schiantare sulla superficie di Ganimede nel settembre del 2035.**

Riguardo alle regole sulla protezione planetaria, salvo nuove scoperte durante la missione, si ritiene che la contaminazione biologica di organismi terrestri su Ganimede da un veicolo in caduta sulla superficie sia remota, per via dello spesso strato di ghiaccio superficiale del satellite che lo separa dall'oceano sottostante. **È indispensabile evitare soprattutto lo schianto su Europa**, obiettivo di protezione planetaria di categoria III (Ganimede è al livello II).

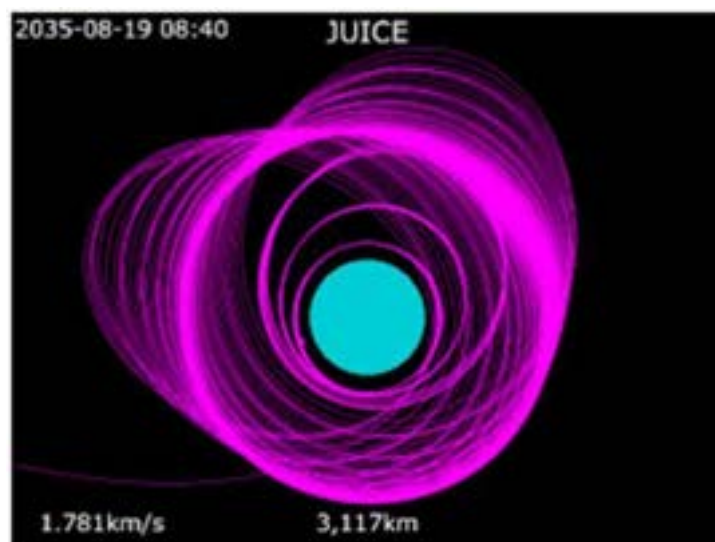


Figura 5.1 L'orbita di Juice attorno a Ganimede

## 6) LIVELLI DI PROTEZIONE PLANETARIA.

**Vale la pena chiarire cosa sono i livelli di protezione planetaria.**

In sintesi:

- **Categoria I:** Rischio di contaminazione molto basso, misure di protezione minime (es. **Luna**)
- **Categoria II:** Rischio di contaminazione moderato, misure di protezione intermedie (es. **Ganimede, Titano**)
- **Categoria III:** Rischio di contaminazione elevato, misure di protezione molto rigorose (es. **Europa**)

**Perché è importante conoscere queste classificazioni?**

Comprendere le diverse categorie di protezione pla-

netaria ci aiuta a:

- **Determinare la complessità della missione:** Ogni missione verso un corpo celeste diverso richiede un approccio personalizzato in termini di protezione planetaria.
- **Valutare il rischio di contaminazione:** ci permette di adottare le misure necessarie per mitigarlo.
- **Proteggere l'integrità scientifica delle missioni:** Evitando la contaminazione, possiamo essere certi che i risultati scientifici ottenuti dalle missioni spaziali siano affidabili e rappresentativi delle condizioni ambientali del corpo celeste studiato.

**Nel caso di Europa è previsto il livello III, che prevede un rischio di contaminazione biologica**, perchè ritenuto potenzialmente abitabile, ovvero potrebbero ospitare forme di vita, anche microscopiche.

Le sonde spaziali destinate a questi corpi celesti **sono sottoposte a procedure di sterilizzazione estremamente rigorose**, al fine di eliminare ogni traccia di microrganismi terrestri. Questo include la pulizia approfondita delle superfici, l'utilizzo di materiali resistenti alla contaminazione e, in alcuni casi, l'applicazione di trattamenti chimici o termici.

Anche **le traiettorie di volo delle sonde sono attentamente pianificate** per minimizzare il rischio di impatto accidentale su corpi celesti di categoria III. In caso di fine missione, si preferisce indirizzare la sonda verso un impatto controllato su un corpo celeste meno sensibile, come Ganimede, per evitare di contaminare Europa.

7) la sonda Europa Clipper.

Europa Clipper è un veicolo spaziale robotico alimentato a energia solare.

Con i suoi pannelli solari dispiegati, Europa Clipper si estende per oltre 30 metri, ovvero la lunghezza della Statua della Libertà (Fig. 7.1.).

Al lancio, Europa Clipper pesava circa 6.000 chilogrammi, come un elefante (Fig. 7.2.). Quasi metà del peso era dato dal carburante, circa 2.750 chilo-

grammi di propellente, oltre ai serbatoi di elio pressurizzato della navicella.

La navicella spaziale è dotata di 24 motori contenuti nel modulo di propulsione costituito da un cilindro di alluminio lungo 3 metri e largo 1,5 metri.

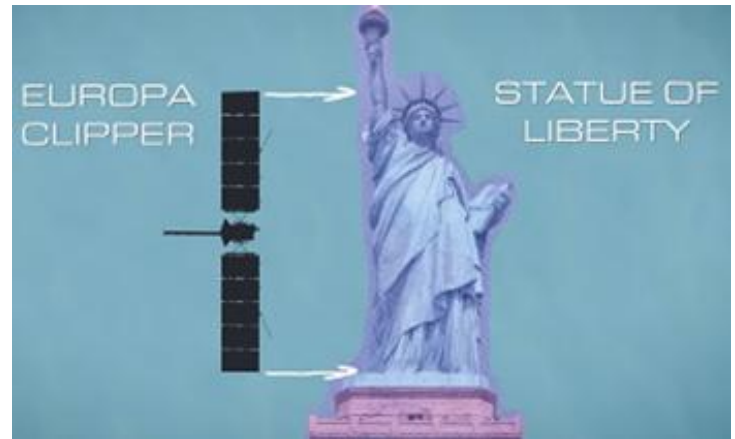


Figura 7.1



Figura 7.2

L'elettronica di Europa Clipper è **racchiusa in una cassaforte con pareti realizzate in fogli di lega di alluminio e zinco spessi 9,2 mm** per proteggerla dalle intense radiazioni di Giove. Questa elettronica include computer, software di volo e altro ancora.

La cassaforte è imbullonata al modulo di propulsione della navicella spaziale ed è collegata con dei fili agli attuatori ed ai sensori di tutta la sonda.

Questa cassaforte ha un "coperchio", una **piastra metallica triangolare** (Fig.7.4) realizzata in **tantalio** spesso circa 1 millimetro e di circa **18 per 28 centimetri**.

L'acqua è l'elemento che collega il nostro pianeta

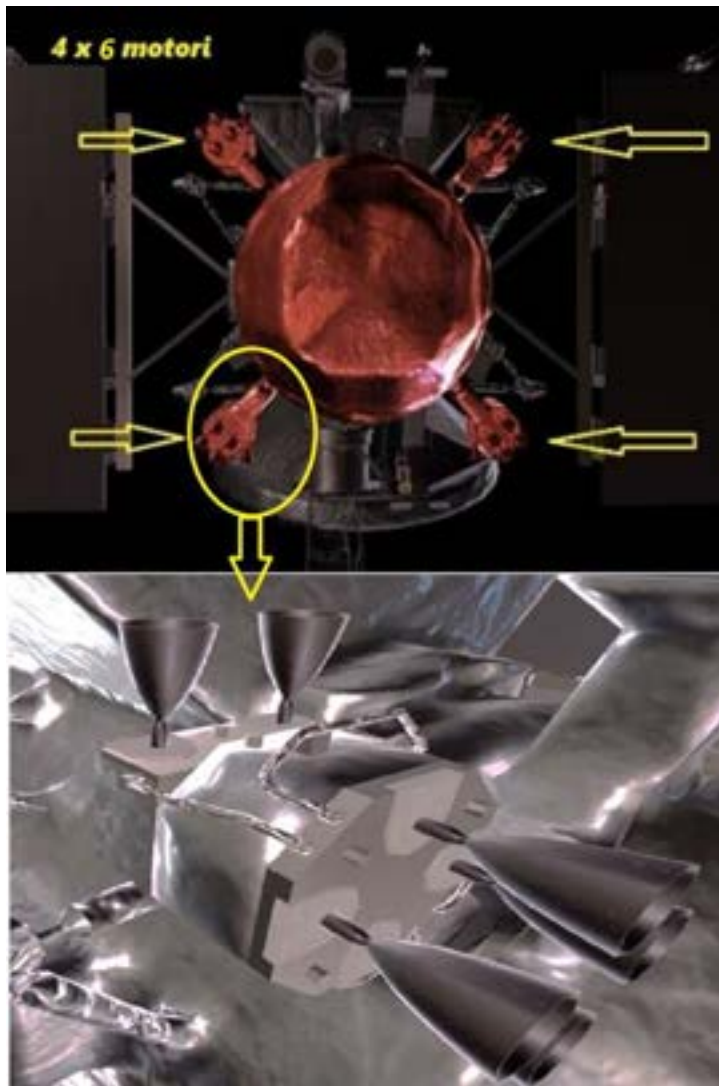


Figura 7.3 Modulo di propulsione dove sono visibili 4 gruppi di 6 motori

Terra con la luna di Giove Europa. Ma collega anche tutta la vita come la conosciamo e tutte le culture umane. Questo elemento condiviso ha ispirato il team di Europa Clipper a **incidere su questa piastra dei disegni che celebrano le connessioni umane e il nostro spirito collettivo di esplorazione.**

Il lato rivolto verso l'esterno della piastra della volta presenta "**Water Words**", una rappresentazione visiva della parola "**acqua**" in **103 lingue parlate**, che si estende da un simbolo centrale che rappresenta il segno per acqua nella lingua dei segni americana. Linguisti professionisti hanno contribuito a raccogliere un campione diversificato e inclusivo di famiglie linguistiche umane da tutto il mondo.

Il simbolo circolare che rappresenta il segno per acqua nella lingua dei segni americana è stato creato

utilizzando una tecnica di elaborazione delle immagini e compressione dei dati, chiamata *trasformata di Fourier*.

Algoritmi che permettono di passare da una rappresentazione di un segnale nel dominio del tempo (o dello spazio, nel caso delle immagini) a una rappresentazione nel dominio delle frequenze.

Dall'altra parte della piastra, nella metà inferiore è stata incisa la poesia della poetessa statunitense **Ada Limón** (firma in basso a destra), intitolata "**In Praise of Mystery**" (Elogio del Mistero, è un viaggio poetico che accompagna la sonda).

Poi, in alto a destra, un disegno che rappresenta il sistema di Giove che ospiterà **i nomi di 2,6 milioni di persone che voleranno con la missione su un microchip** fissato all'interno. Ancora in basso a sinistra un omaggio allo scienziato planetario **Ron Greeley** ed infine al centro le linee di emissione radio note come "**Water Hole**".

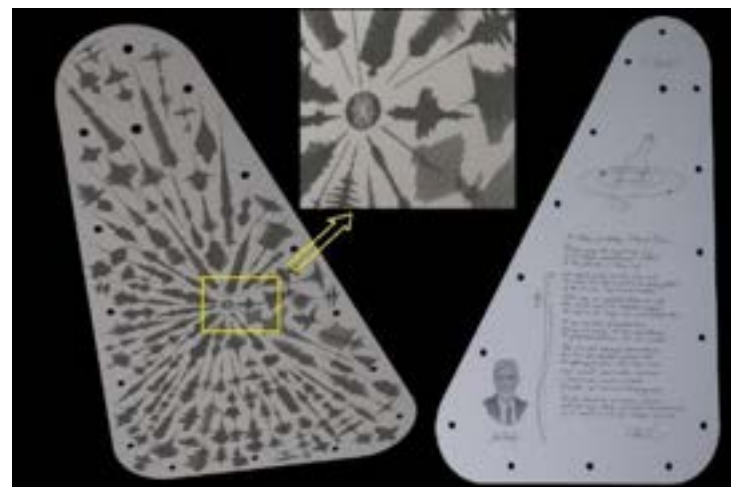


Figura 7.4 a sinistra i grafici sonori con un ingrandimento al centro. A destra la poesia, l'omaggio a Greeley e le linee del Water Hole. Credito: NASA/JPL-Caltech.

Le registrazioni audio di queste parole sono incise sulla piastra come forme d'onda, rappresentazioni visive di ogni suono

La sonda nel suo insieme (fig. 7.5.) è composta da un corpo centrale che racchiude, oltre ai motori, un set di strumenti e sistemi che descriveremo in queste pagine e che rappresentano la massima espressione di tecnologia sensoristica mai implementata su una sonda spaziale. L'evoluzione di una lunga esperienza della NASA in questo settore di ricerca.

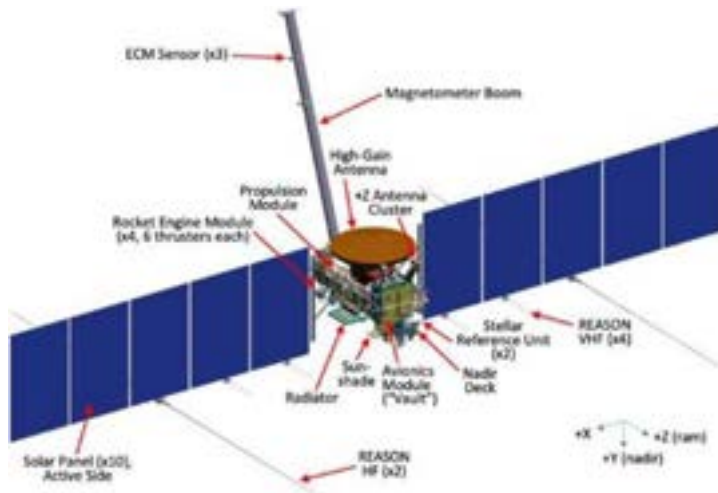


Figura 7.5 La sonda Europa Clipper nel suo insieme

## 8) LA SONDA JUICE

**JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer)** è una delle sonde spaziali più grandi e complesse mai costruite. La sua struttura è stata progettata specificamente per affrontare le sfide di un lungo viaggio verso Giove e per operare in un ambiente ostile come quello del sistema gioviano.

### COMPONENTI PRINCIPALI

- **Modulo di servizio:** Questa è la parte centrale della sonda e contiene, come su Europa Clipper, tutti i sistemi di supporto vitale, come il sistema di propulsione, i sistemi di comunicazione, l'elettronica di bordo e i serbatoi di carburante.
- **Piattaforma di carico utile:** Su questa piattaforma sono montati tutti gli strumenti scientifici necessari per studiare Giove e le sue lune ghiacciate. Questi strumenti includono telecamere ad alta risoluzione, spettrometri, radar, magnetometri e molti altri.
- **Pannelli solari:** Questi pannelli sono essenziali per fornire energia alla sonda durante il suo lungo viaggio. Tuttavia, a causa delle tante evoluzioni della sonda, anche in zone ombra, **JUICE (come Europa Clipper) dispone anche di una batteria ad alta capacità.**
- **Antenna ad alto guadagno:** Questa antenna

è utilizzata per comunicare con la Terra e trasmettere i dati scientifici raccolti.

### CARATTERISTICHE DISTINTIVE

- **Massa:** al lancio di circa 6 tonnellate.
- **Autonomia:** JUICE è progettata per operare in modo autonomo per molti anni, prendendo decisioni e adattandosi alle condizioni ambientali in tempo reale.

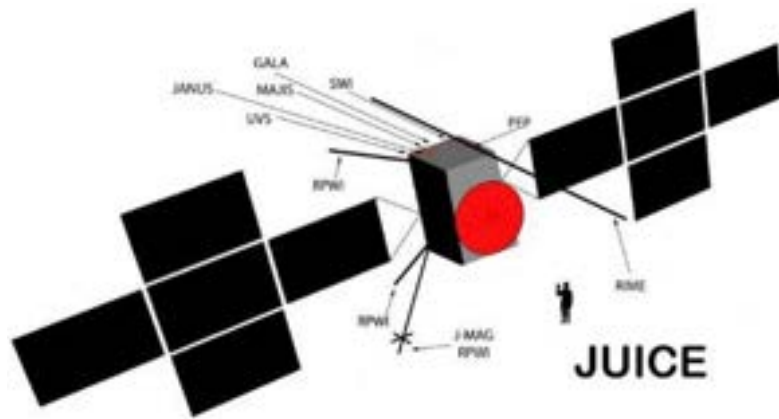


Figura 8.1 La sonda JUICE ed i suoi strumenti

Nella figura 8.1. è rappresentato uno schema della sonda con tutti i suoi strumenti di bordo.

**Farò, ora, una breve descrizione di questi strumenti senza entrare troppo nel dettaglio perché approfondiremo meglio questi aspetti esaminando gli strumenti a bordo della sonda Europa Clipper che, per certi versi, hanno diversi aspetti e tecnologie in comune.**

### GLI STRUMENTI

- **Janus (Jovis, Amorum ac Natorum Undique Scrutator),** telecamera ad alta risoluzione di tipo CMOS per studiare la morfologia e compiere mappature delle lune in luce visibile e nel vicino infrarosso. **Costruita da Leonardo con la collaborazione dell'INFN, è fornita dall'Università degli Studi di Napoli "Parthenope".** Lo strumento italiano è equipaggiato con un sistema di 13 filtri (5 a banda larga e 8 a banda stretta) distribuiti

nell'intervallo spettrale dal visibile al vicino infrarosso (0.34 – 1.08 micron). Il sistema catadiottrico del telescopio definisce un campo di vista rettangolare di  $1.29^\circ \times 1.72^\circ$  e permette di raggiungere la risoluzione spaziale di 7 metri nella fase orbitale intorno a Ganimede a 500 km dalla superficie, e di circa 10 km per le immagini dell'atmosfera di Giove. JANUS permetterà dunque l'acquisizione di immagini multispettrali a una risoluzione e con una estensione 50 volte migliore che in passato. **È simile al EIS di Europa Clipper che vediamo dopo.**

- **MAJIS (Moons and Jupiter Imaging Spectrometer)**, uno spettrometro per lo studio di nubi troposferiche di Giove e di ghiacci e minerali sulle lune, con **lunghezza d'onda nel visibile e nell'infrarosso tra 0,5 e 5,55 micron**. La risoluzione spaziale è variabile in funzione dei sorvoli di Ganimede, Callisto ed Europa e può arrivare fino a 60 m per pixel durante le fasi ravvicinate e 125 chilometri per Giove. Fornito dall'Institut d'Astrophysique Spatiale, Francia. **Simile al MISE di Europa Clipper. Ne parliamo dopo.**
- **UVS (UV Imaging Spectrograph)**, uno spettrometro nell'ultravioletto (**tra 55 e 210 nm di lunghezza d'onda**) per studiare l'esosfera delle lune, l'atmosfera di Giove e le aurore gioviane. Permette di ottenere immagini con una **risoluzione spaziale di 0,5 km nell'orbita bassa di Ganimede e 250 chilometri durante i sorvoli di Giove**. Deriva dal UVS a bordo della sonda Juno, lanciata verso Giove nel 2011. Fornito dal Southwest Research Institute, USA. **Simile al E-UVS di Europa Clipper di cui parleremo dopo.**
- **SWI (Sub-millimetre Wave Instrument)**, uno spettrometro sub millimetrico tramite un'antenna di 30 cm, per lo studio di composizione, dinamica e temperature delle tenui atmosfere delle lune e di Giove, in particolare studiando la composizione e la dinamica della sua stratosfera. **Fornito dal Max Planck In-**

**stitute for Solar System Research, Germania.**

- **Gala (Ganymede Laser Altimeter)**, un altimetro laser per studiare morfologia e deformazioni di marea sulle lune. Durante i voli sopra Europa, lo strumento deve consentire di identificare le depressioni topografiche regionali, in particolare in terreni caotici e aree che possono contenere acqua liquida a bassa profondità. Durante i sorvoli di Callisto, lo strumento dovrebbe consentire di determinare la forma globale della luna, identificare depressioni regionali in particolari bacini anulari e grandi crateri. **Fornito dal German Aerospace Center, Germania.**
- **Rime (Radar for Icy Moons Exploration)**, un radar per lo studio del sottosuolo ghiacciato delle lune tramite **un'antenna di 16 m**, consentirà di determinare la struttura del sottosuolo **fino a una profondità di nove chilometri**. La risoluzione verticale è compresa tra **50 e 140 metri**. **Fornito dall'Università degli Studi di Trento, e consegnato nel novembre 2020**. Lo strumento è dotato anche di un'antenna di collegamento. **Simile al REASON di Europa Clipper ampiamente descritto dopo.**
- **J-MAG (Magnetometer for JUICE)**, un magnetometro per lo studio dei campi magnetici di Giove e Ganimede e delle loro interazioni. Fornito dall'Imperial College London, Regno Unito. **Simile al ECM di Europa Clipper.**
- **PEP (Particle Environment Package)**, strumento dotato di sei sensori che misura particelle e plasma in situ, per lo studio di densità e dei flussi di ioni positivi, negativi, elettroni, gas neutro esosferico, plasma termico ed atomi neutri energetici. **Fornito dal Swedish Institute of SpacePhysics, Svezia. È simile al PIMS di Europa Clipper.**
- **RPWI (Radio & Plasma Wave Investigation)**, uno strumento a onde radio per lo stu-

dio di emissioni radio e plasma. **Fornito dal Swedish Institute of Space Physics, Svezia.**

- **3GM (Gravity & Geophysics of Jupiter and Galilean Moons)**, un pacchetto radiofonico per studiare il campo gravitazionale delle lune e l'estensione dei loro oceani interni. **Fornito dall'Università di Roma "La Sapienza", Italia.**
- **PRIDE (Planetary Radio Interferometer & Doppler Experiment)**, un sistema di interferometria a lunghissima base per misurare la velocità e la posizione dell'orbiter con altissima precisione. **Fornito dallo European Research Infrastructure Consortium, Paesi Bassi.**

**A questo punto, la descrizione delle due missioni ha evidenziato le differenze e gli obiettivi di entrambi.** Resta da approfondire la strumentazione di bordo di entrambe le sonde che però **hanno parecchi aspetti in comune.**

Per questa ragione (**ma anche per contenere lo spazio di questo articolo**) continuerò l'analisi concentrandomi sulla strumentazione di Europa Clipper, facendo qualche riferimento anche a quelli di JUICE.

## 9) FONTE DI ENERGIA DI EUROPA CLIPPER.

L'energia di alimentazione di tutta la sonda arriva dalle "ali" di Europa Clipper, ovvero i suoi **pannelli solari**, si estendono per oltre 30,5 metri (Fig. 9.1.). Ogni ala è lunga circa 14,2 metri e alta circa 4,1 metri.

Gli enormi pannelli sono necessari per raccogliere la luce solare per alimentare la navicella spaziale mentre opera su Giove, che **è più di cinque volte più lontano dal Sole rispetto alla Terra.**

La scelta tra pannelli solari e generatori **RTG (Radioisotope Thermoelectric Generator)** per missioni spaziali come Europa Clipper e JUICE è stata una decisione complessa, influenzata da una se-

rie di fattori:

- **Energia abbondante:** sebbene Giove sia lontano dal Sole, i pannelli solari, possono generare una quantità di energia sufficiente per alimentare le sonde. Le tecnologie attuali hanno permesso di creare pannelli solari altamente efficienti e resistenti alle radiazioni, in grado di operare anche in condizioni di bassa illuminazione.



*Figura 9.1 i pannelli solari di Europa Clipper*

- **Peso e dimensioni:** I pannelli solari sono generalmente più leggeri e compatti (quando racchiusi) degli RTG, il che permette di risparmiare spazio e massa sulla sonda, consentendo di portare a bordo più strumenti scientifici.
- **Costo:** I pannelli solari sono più economici degli RTG nella produzione e nel lancio.
- **Sicurezza:** Gli RTG utilizzano materiali radioattivi, che richiedono particolari precauzioni durante la produzione, il trasporto e la gestione. I pannelli solari, al contrario, sono innocui (ma ingombranti). L'utilizzo di materiali radioattivi negli RTG è soggetto a rigide regolamentazioni internazionali, che possono complicare il processo di sviluppo e lancio della missione.

**Oltre ai pannelli solari, sia la sonda JUICE che Europa Clipper sono dotate di batterie al fine di poter affrontare situazioni quali:**

- **Oscurità ed eclissi:** nonostante i pannelli

solari siano la principale fonte di energia, le sonde spaziali passano attraverso periodi di oscurità, come durante le eclissi o quando si trovano nella parte più interna dell'ombra di un pianeta. Le batterie servono a immagazzinare l'energia prodotta dai pannelli durante i periodi di luce e rilasciarla quando necessario, garantendo una fornitura continua di energia agli strumenti scientifici e ai sistemi di bordo.

- **Picchi di consumo:** Le sonde spaziali eseguono molte operazioni che richiedono un'elevata quantità di energia in un breve periodo di tempo, come l'accensione dei motori per le manovre orbitali o l'attivazione di strumenti scientifici ad alta potenza. Le batterie forniscono l'energia necessaria per far fronte a questi picchi di consumo, evitando sovraccarichi ai pannelli solari.

## TIPOLOGIA DI BATTERIE

Entrambe le sonde utilizzano **batterie agli ioni di litio**, una tecnologia ormai diffusa anche nelle nostre vite quotidiane.

La sonda **Europa Clipper**, ad esempio, utilizza una batteria spaziale agli ioni di litio **ABSL™** fornita da **EnerSys (Fig.9.2)**.

Questa batteria è progettata per resistere a vari cicli di carica e scarica durante la vita della missione e per minimizzare le interferenze magnetiche con le operazioni della sonda.

La configurazione della batteria, che include tre moduli 8s72p in parallelo, fornisce una capacità di oltre 540 ampere-ora a 28 volt (**15 kWh**).

**Per avere una idea più concreta, con 15 kWh un'auto elettrica ci farebbe più di 100 km!**

Non ho dettagli sulle batterie installate su Juice ma è plausibile pensare alle stesse dimensioni

Poiché Europa Clipper opera lontano dal Sole, la navicella spaziale deve conservare attentamente il proprio calore in modo da non congelare. Tuttavia, durante i sorvoli di Europa, quando tutti i sistemi e gli strumenti di Europa Clipper sono accesi per raccogliere e archiviare osservazioni scientifiche, la navicella spaziale potrebbe facilmente surriscaldarsi.

Per gestire questi estremi, **Europa Clipper trasporta pompe che fanno circolare fluidi attraverso tubi a tutti i componenti elettronici sensibili della navicella spaziale, trasportando calore dai punti caldi a quelli freddi**. Europa Clipper ha anche un radiatore (che può essere aperto per far uscire il calore), sensori di temperatura, riscaldatori e coperture per aiutare a regolare la temperatura della navicella spaziale.

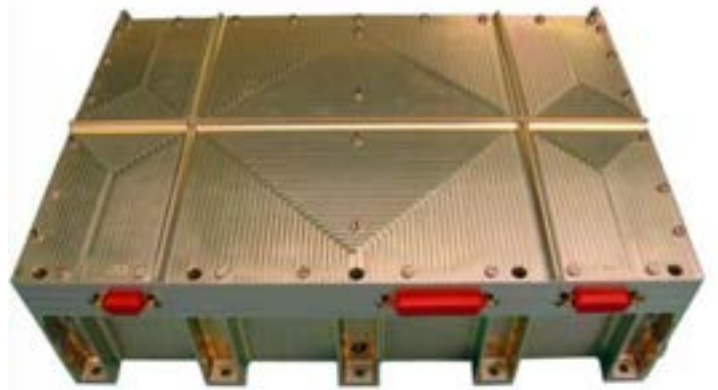


Figura 9.2 Batteria EnerSys tipo ABSL™

## 10) COMUNICAZIONI

L'antenna ad alto guadagno (HGA) da 3 metri di diametro (Fig. 10.1.) di Europa Clipper e altre antenne radio più piccole saranno utilizzate per ricevere comandi dalla Terra tramite il **Deep Space Network (DSN)** della NASA. Le antenne invieranno anche dati telemetrici e sensoristici a ingegneri e scienziati

Le antenne di Europa Clipper saranno utilizzate an-

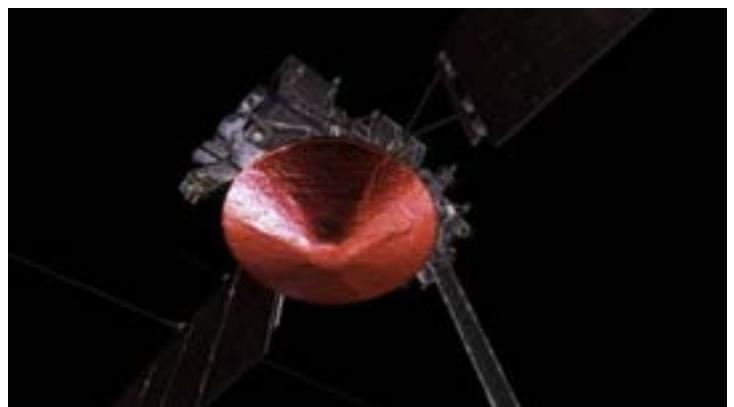


Figura 10.1 Antenna ad alto guadagno (HGA) di Europa Clipper

che per indagini sulla gravità e sulla radio scienza, consentendo agli scienziati di studiare la gravità di Europa mentre la luna orbita attorno a Giove.

**Sebbene entrambe le sonde, Europa Clipper e JUICE, siano destinate all'esplorazione del sistema gioviano e dispongano di antenne ad alto guadagno, ci sono alcune differenze significative tra questi due strumenti, dovute principalmente ai diversi obiettivi scientifici e alle specifiche missioni delle due sonde.**

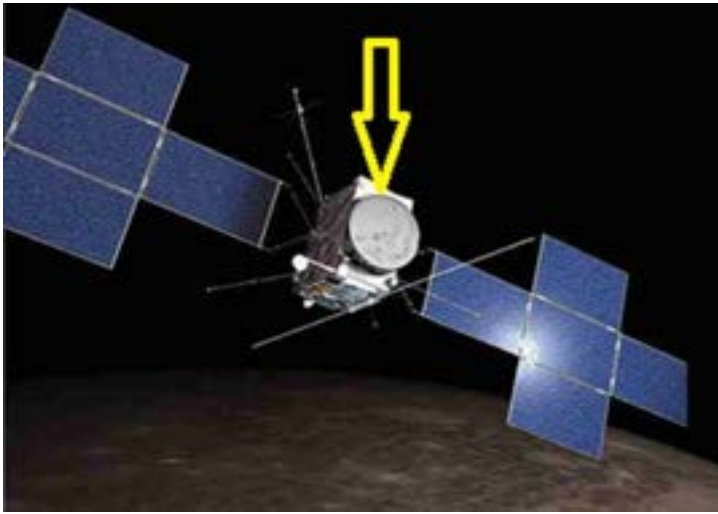


Figura 10.2 Antenna ad alto guadagno (HGA) di Juice

L'antenna ad alto guadagno di Europa Clipper è progettata per garantire una comunicazione stabile e ad alta velocità con la Terra, nonostante le grandi distanze e le interferenze elettromagnetiche presenti nel sistema gioviano. Questa antenna è essenziale per trasmettere i dati scientifici raccolti durante i numerosi flyby di Europa.

JUICE ha un obiettivo più ampio: studiare Giove e le sue tre principali lune ghiacciate - Ganimede, Callisto ed Europa. L'obiettivo principale è comprendere meglio la formazione e l'evoluzione di questi mondi oceanici e la loro potenziale abitabilità. Pertanto, l'antenna di JUICE è più complessa, più grande e versatile rispetto a quella di Europa Clipper.

## FREQUENZE UTILIZZATE PER LE COMUNICAZIONI A TERRA

⇒ **S-band (2–4 GHz): telemetria;**

⇒ **X-band (8–12 GHz): velocità più alta, dati scientifici e le immagini raccolte dalla sonda (8 Mbps).**

**Potenza di trasmissione: circa 200W.**

L'antenna di Europa Clipper è ottimizzata per le comunicazioni a lunga distanza, mentre quella di JUICE è progettata per una combinazione di comunicazioni e radar.

## 11) GLI ALTRI STRUMENTI DI EUROPA CLIPPER

### Il radar REASON

Come funzionano il radar di JUICE, chiamato **RIME (Radar for Icy Moons Exploration)**, e quello di Europa Clipper chiamato **REASON (Radar for Europa Assessment and Sounding: Ocean to Near-surface)**?

Sono strumenti estremamente sofisticati progettati per svelare i segreti nascosti sotto la superficie ghiacciata delle lune di Giove.



Le due immagini fig. 11.1. (sopra) e 11.2 (sotto) evidenziano la posizione fisica degli strumenti sulla sonda Europa Clipper

## FUNZIONAMENTO IN BREVE

- **Invio di onde radio:** REASON emette potenti impulsi di onde radio a bassa frequenza (9 e 60 MHz), che penetrano la crosta ghiacciata di Europa.
- **Riflessione delle onde:** In entrambe i casi una parte di queste onde viene riflessa dagli strati interni della luna, come se fossero echi.
- **Analisi dei segnali:** Il radar riceve e analizza questi echi, ricavando informazioni sulla struttura interna della luna, sulla sua composizione e sulla presenza di eventuali strati di acqua liquida. (Fig. 11.3)

REASON raggiungerà questi obiettivi scientifici utilizzando una combinazione di tecniche di misurazione radar, tra cui **altimetria**, **riflettometria**, **sondaggio**, **interferometria**, caratterizzazione del plasma e portata.

Basandosi su un ricco patrimonio proveniente dalla Terra, dalla Luna e da Marte, REASON sarà il primo radar a penetrare nel ghiaccio per esplorare il sistema solare esterno.

Poiché questi radar non sono stati testati per i mondi ghiacciati, è stato sviluppato un nuovo approccio alla valutazione della qualità delle misurazioni per rappresentare le incertezze nelle proprietà chiave di Europa che influenzano le prestazioni di REASON e garantiscono la robustezza in una serie di parametri plausibili suggeriti per la luna ghiacciata.

REASON farà luce su una dimensione mai vista prima di Europa e aiuterà a indagare se Europa è un mondo abitabile

Non ho dati recuperati da REASON ma la **figura 11.4** presenta parte della prima serie di echi misurati da **RIME (il radar di Juice)** della superficie lunare durante il suo flyby, e il modello digitale di elevazione (DEM) dell'area con la traccia del veicolo

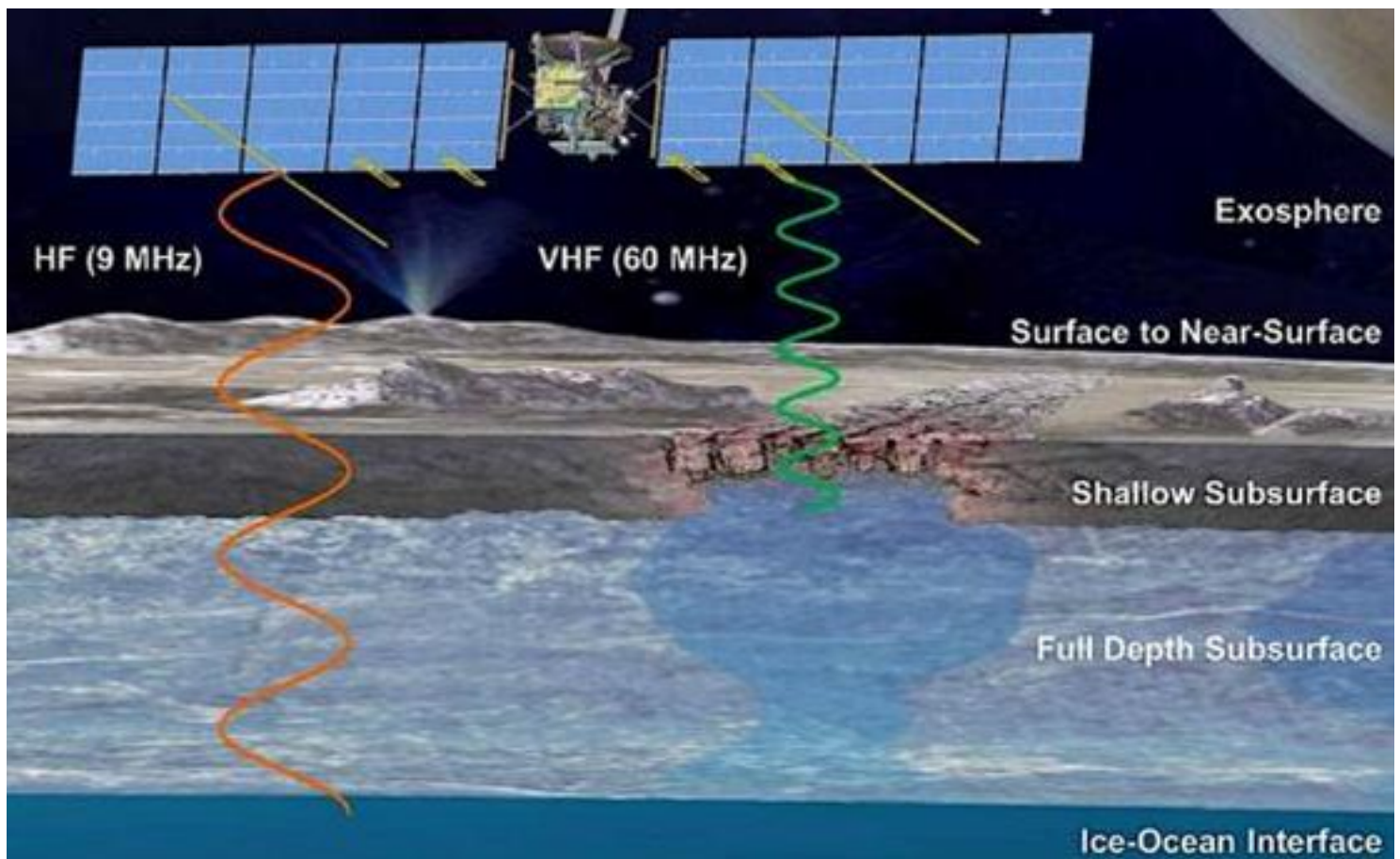


Figura 11.3 . Il funzionamento di REASON

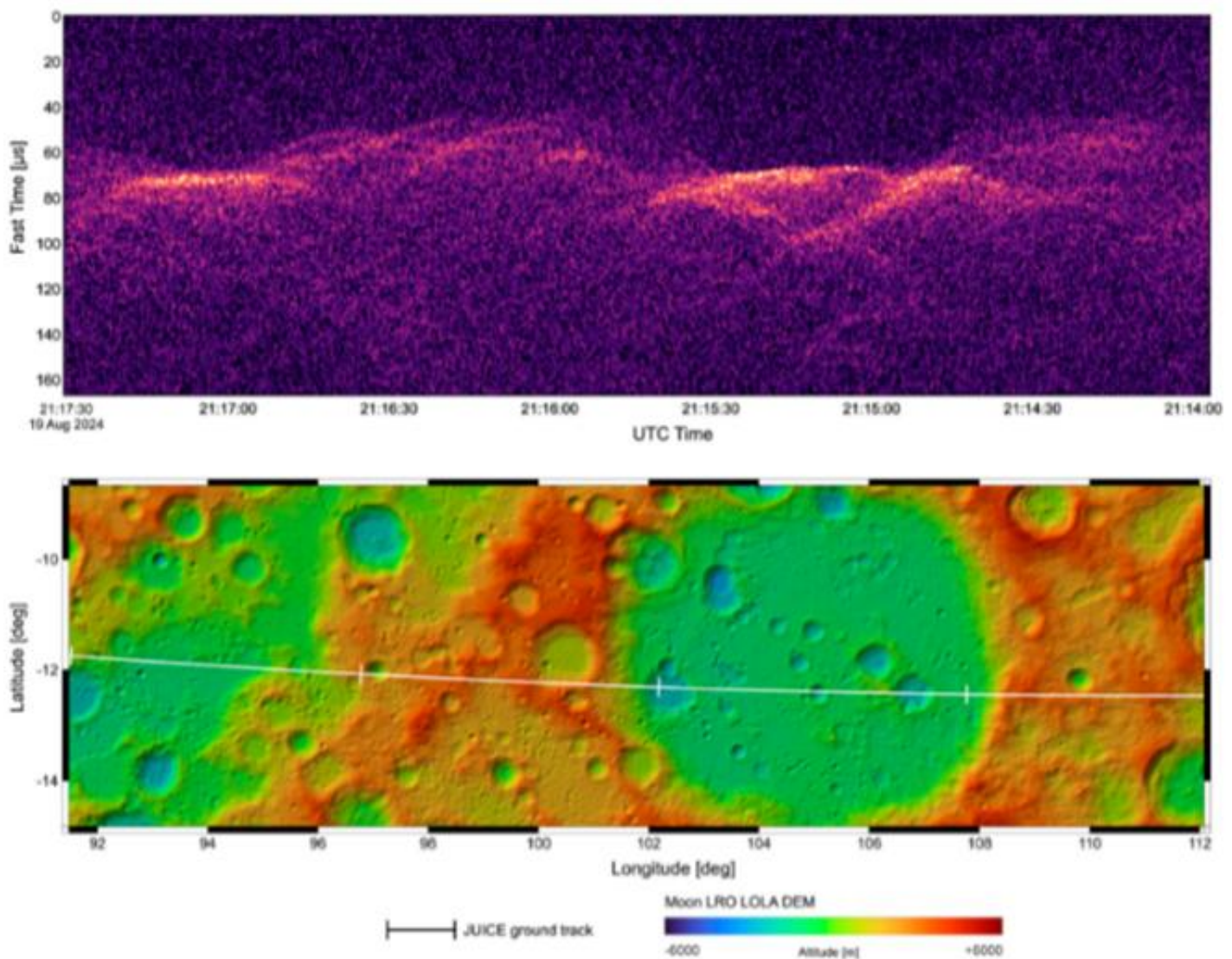


Figura 11.4 Echi misurati da RIME (il radar di Juice) della superficie lunare

spaziale indicata da una linea bianca.

Il radar-gramma è stato generato con una pre-elaborazione preliminare (mitigazione del rumore RFI, compressione della portata e solo *pre-summing* semplice) e non è ancora focalizzato.

## COSA PUÒ RIVELARE

Misurando il tempo impiegato dalle onde per tornare al radar, gli scienziati possono calcolare lo spessore degli strati di ghiaccio delle lune.

Se sotto la crosta ghiacciata è presente un oceano, il radar può rilevare la sua presenza e stimarne la profondità. Inoltre, può fornire informazioni sulla composizione degli strati interni della luna, identificando la presenza di rocce, sedimenti o altri materiali.

Infine, analizzando le caratteristiche degli echi, gli

scienziati possono ricavare informazioni sui **processi geologici che hanno modellato la luna** nel corso del tempo.

## CARATTERISTICHE UNICHE DEL RADAR RIME SU JUICE

- **Penetrazione profonda:** Il radar RIME è in grado di penetrare fino a 9 km di profondità nella crosta ghiacciata delle lune. (nella figura 11.5. le dimensioni delle due antenne radar).
- **Alta risoluzione:** Grazie alla sua elevata risoluzione, il radar può fornire immagini dettagliate della struttura interna delle lune.
- **Versatilità:** Il radar può essere utilizzato in diverse modalità operative, permettendo di studiare una vasta gamma di fenomeni.

Mentre entrambi i radar hanno l'obiettivo di studiare le lune ghiacciate di Giove, ci sono alcune differenze tra REASON e RIME (il radar di JUICE): Le **frequenze utilizzate dai due radar sono leggermente diverse**, ottimizzate per penetrare profondità diverse nel ghiaccio e le modalità operative dei due radar sono adattate alle specifiche caratteristiche delle lune che studieranno.

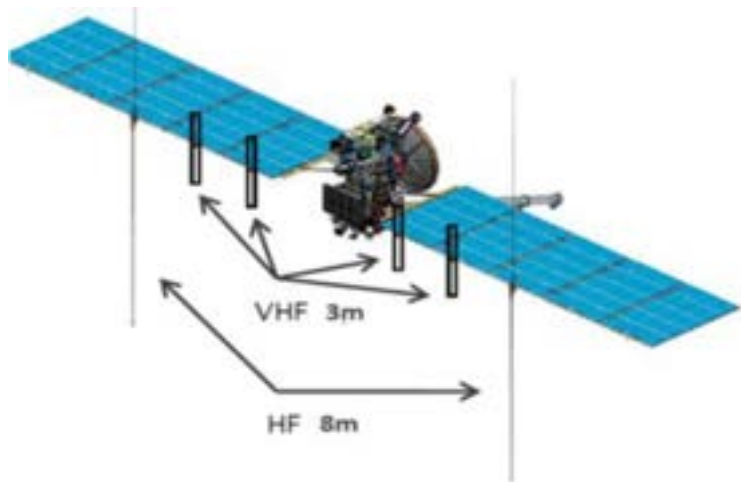


Figura 11.5 dimensioni delle due antenne radar REASON

## CONTROLLO POSIZIONE O INSEGUITORE STELLARE

Europa Clipper utilizza sensori, telecamere e hardware speciale per determinare e controllare la sua posizione nello spazio.

Le due unità di riferimento stellari di Europa Clipper, informalmente chiamate "**inseguitori stellari**", sono piccole telecamere con un computer che trasporta un catalogo di stelle con posizioni note.

Mentre le telecamere osservano il cielo stellato, il computer confronta il modello di stelle nelle immagini con il suo catalogo stellare e determina l'orientamento della navicella spaziale nello spazio.

**Europa Clipper utilizzerà anche quattro ruote di reazione per rimanere puntato nella giusta direzione.**

Sono ruote larghe circa 60 cm in acciaio, alluminio e titanio. Gireranno rapidamente come giroscopi e aiuteranno Europa Clipper a compiere migliaia di giri, o "rotazioni" mentre orbita attorno a Giove. Queste "**ruote di reazione**" sono montate nella parte inferiore del corpo principale della navicella

spaziale (fig. 11.6). È un metodo utilizzato da tutte le sonde interplanetarie perchè **non richiede consumo di carburante per generare spinte angolari ma solo energia elettrica** per accelerare o rallentare le singole ruote.

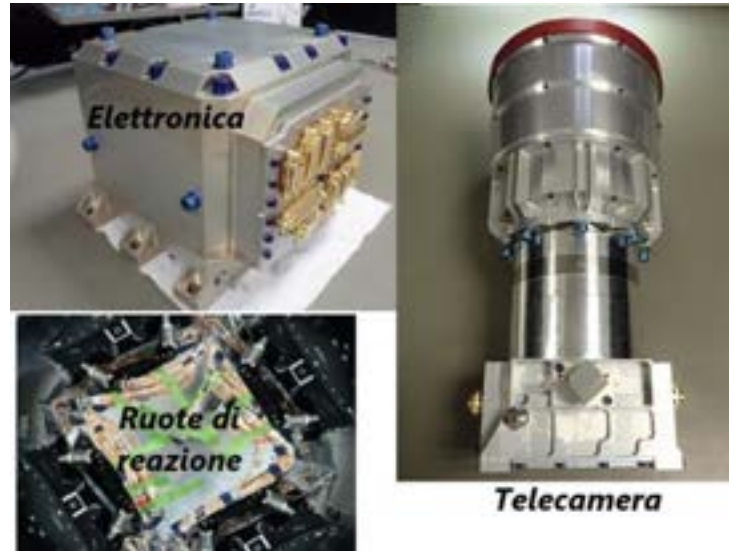


Figura 11.6 Componenti dell'inseguitore stellare

Ci sono due unità nel caso in cui una si guasti durante la vita della missione. Lo scopo dell'unità elettronica è quello di prendere le immagini dalla testa ottica ed elaborare le immagini per trovare le stelle, confrontarle con un catalogo di bordo e quindi dire al veicolo spaziale il suo orientamento nello spazio.

Il design dell'inseguitore stellare di Europa Clipper è stato particolarmente impegnativo a causa dell'intensa radiazione gioviana. Questa radiazione è costituita da particelle cariche ad alta energia accelerate dal campo magnetico di Giove. **Le particelle creano migliaia di punti luminosi e striature nelle immagini dei tracciatori stellari.** Per superare questo rumore visivo, gli ingegneri hanno progettato l'inseguitore stellare per filtrare le macchie e le striature, consentendo al suo computer di concentrarsi sulle stelle stesse.

## TELECAMERE

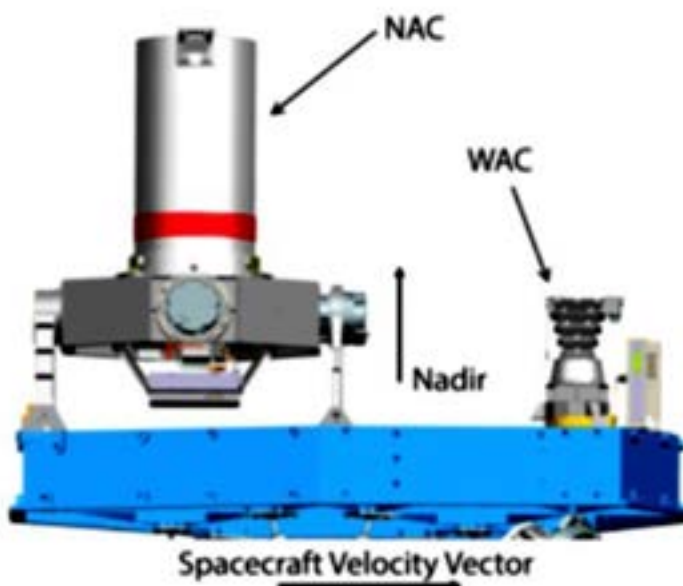
Le telecamere a luce visibile di Europa Clipper (che si estendono leggermente alle lunghezze d'onda del vicino infrarosso e dell'ultravioletto) mapperanno Europa con una risoluzione molto migliore rispetto

alle missioni precedenti. Le due telecamere a infrarossi della sonda mapperanno la composizione della superficie della luna, la temperatura e la ruvidità. Insieme, le telecamere e gli altri strumenti riveleranno molto sulla chimica e l'attività geologica di Europa.

L'Europa Imaging System, o EIS (Fig.11.7), catturerà in dettaglio le valli, le creste, le bande scure e altre caratteristiche di Europa. L'EIS ha una fotocamera grandangolare (**WAC: wide-angle camera**) e una fotocamera ad angolo stretto (**NAC: narrow-angle camera**). Ogni fotocamera ha un sensore da otto megapixel (**pixel array CMOS da 2048 x 4096 pixel da 10  $\mu\text{m}$** ) sensibile alle lunghezze d'onda visibili della luce e a una piccola gamma di lunghezze d'onda del vicino infrarosso e dell'ultravioletto. La NAC ruota di 60 gradi su due assi. Entrambe le fotocamere produrranno immagini stereoscopiche e hanno filtri per acquisire immagini a colori.

**EIS mapperà circa il 90% di Europa a 100 metri per pixel.**

Si tratta di sei volte di più della superficie di Europa a una risoluzione cinque volte migliore rispetto alle immagini più belle della sonda Galileo. Quando la sonda è vicina a Europa durante i sorvoli, EIS **produrrà immagini con una risoluzione 100 volte migliore.**

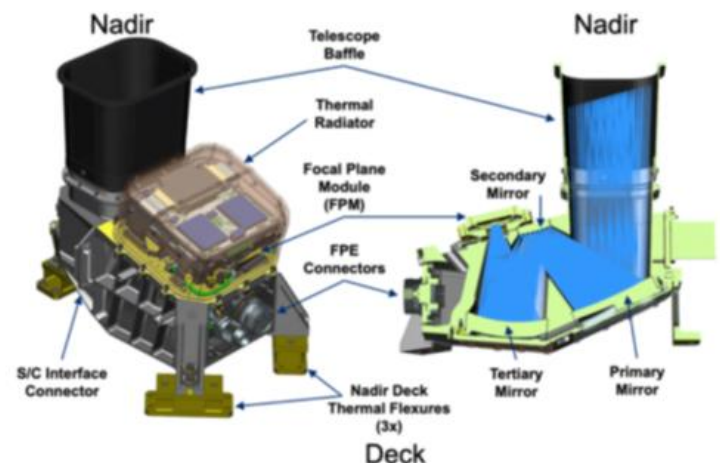


*Figura 11.7 . Le telecamere EIS Europa Imaging System*

## STRUMENTO E-THEMIS

**Europa Thermal Emission Imaging System** (fig. 11.8.) con i seguenti obiettivi scientifici primari

- Mappare le temperature diurne o notturne per **caratterizzare le proprietà termofisiche** indicative dei processi di erosione e deposizione.
- Mappare le temperature diurne e notturne per caratterizzare lo stato termico del guscio di ghiaccio e identificare le anomalie del flusso di calore, la profondità della regolite e l'abbondanza dei blocchi.



*Figura 11.8 . Europa Thermal Emission Imaging System (E-THEMIS)*

È provvisto di un array di **microbolometri** non raffreddati con un detector di 1280 x 1200 pixel.

Ogni pixel è un bolometro, cioè un dispositivo usato per misurare la potenza della radiazione elettromagnetica che converte l'energia incidente della radiazione elettromagnetica in energia interna dell'assorbitore.

Usa un ponte bilanciato di termoresistenze dove un ramo è il sensore (**ponte di Wheatstone**), connesso poi a un termometro

Quindi la temperatura dell'assorbitore è proporzionale alla potenza incidente

Nel corso della missione primaria, E-THEMIS genererà **~200 Gbit** di osservazioni della temperatura superficiale su Europa in modalità framing durante le scansioni congiunte (due scansioni per incontro)

per generare temperature di superficie del disco completo da  $\sim 40.000$  km o meno, **con una risoluzione superficiale di 25 km o superiore.**

E-THEMIS inoltre misura il raffreddamento superficiale durante e dopo le eclissi solari di Giove e **genera una copertura giorno/notte quasi completa con una risoluzione superficiale di 25 km o superiore.** L'analisi dei dati giorno/notte produce inerzia termica e indica anomalie del flusso di calore.

La termocamera utilizza la luce infrarossa per distinguere le regioni più calde su Europa, **dove l'acqua liquida potrebbe essere vicina alla superficie o potrebbe essere eruttata sulla superficie.**

## STRUMENTO EUROPA ULTRAVIOLET SPECTROGRAPH (EUROPA-UVS)

Questo è forse lo **strumento più importante** perché potrebbe rispondere alla domanda: "c'è vita nell'oceano sotto alla superficie?"

Raccogliendo la luce ultravioletta con un telescopio e creando immagini, lo spettrografo ultravioletto aiuterà a determinare la composizione dei gas atmosferici e dei materiali di superficie di Europa. Cercherà anche segni di attività di pennacchi.

### Come funziona?

"La luce entra in un telescopio, rimbalza su uno specchio e **viene focalizzata attraverso una fessura su una griglia, quindi avviene un esame spettrografico.**

I diversi elementi emettono e assorbono specifiche lunghezze d'onda di luce. Lo strumento registra quanto è luminosa la luce a ciascuna di quelle lunghezze d'onda (spettro). I dati risultanti contengono le firme rivelatrici di atomi e molecole, indicando agli scienziati esattamente quale materiale è passato attraverso la luce o contro quale materiale è stata riflessa.

### Come verrà utilizzato?

Europa-UVS studierà la composizione e la struttura dell'atmosfera e della superficie di Europa e **cercherà vicino a Europa pennacchi di vapore che fuoriescono nello spazio** (Fig. 11.9.) dall'oceano

di acqua liquida della luna o da serbatoi nel suo guscio ghiacciato. Studiare quel materiale sarà simile a immergere una provetta direttamente in quei corpi di liquido.

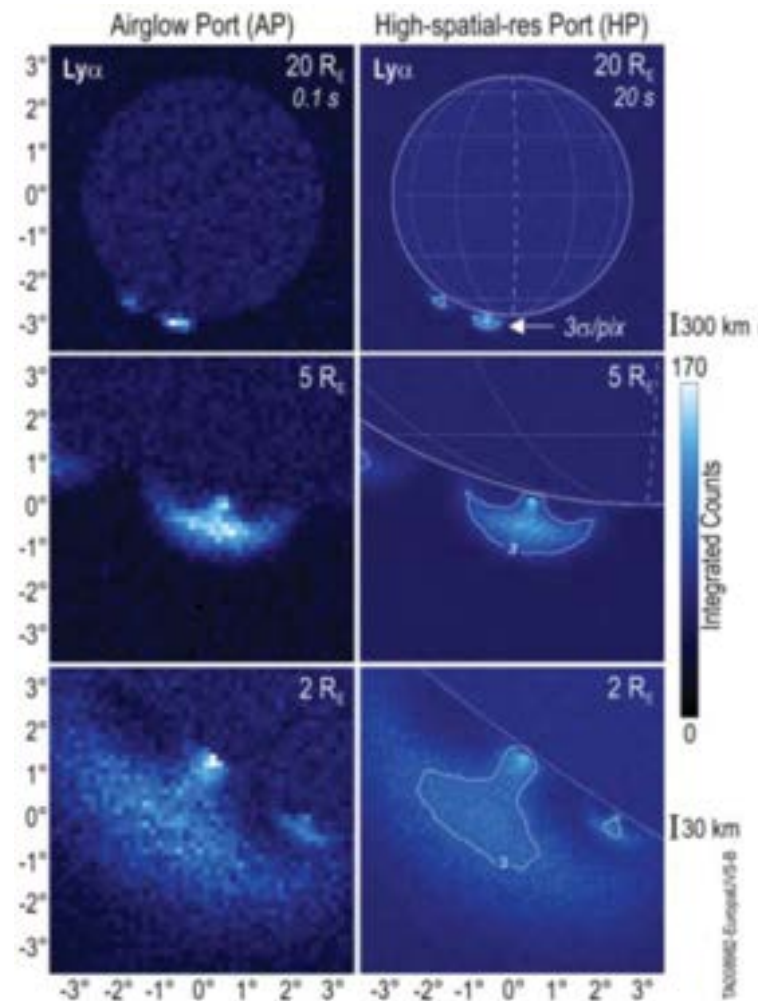


Figura 11.9 simulazione di una scansione del disco di Europa alla ricerca di pennacchi

Lo strumento identificherà principalmente molecole relativamente semplici, come idrogeno ( $H_2$ ), ossigeno ( $O_2$ ), idrossido ( $OH$ ) e anidride carbonica ( $CO_2$ ). Ma le misurazioni di Europa-UVS potrebbero anche essere in grado di rilevare idrocarburi semplici come metano ( $CH_4$ ) ed etano ( $C_2H_6$ ). Questi sono elementi costitutivi per molecole complesse come gli amminoacidi, le materie prime della vita come la conosciamo.

**La missione non sta cercando direttamente la vita su Europa, ma determinerà invece se la luna potrebbe supportare la vita.**

Le molecole organiche in un pennacchio o sulla su-

perficie suggerirebbero che Europa potrebbe avere gli ingredienti per una qualche forma di vita.

## MAPPING IMAGING SPECTROMETER FOR EUROPA (MISE)

Lo spettrometro a infrarossi della missione (figura 11.10) mapperà la composizione e **la distribuzione di ghiacci, sali e sostanze organiche.**

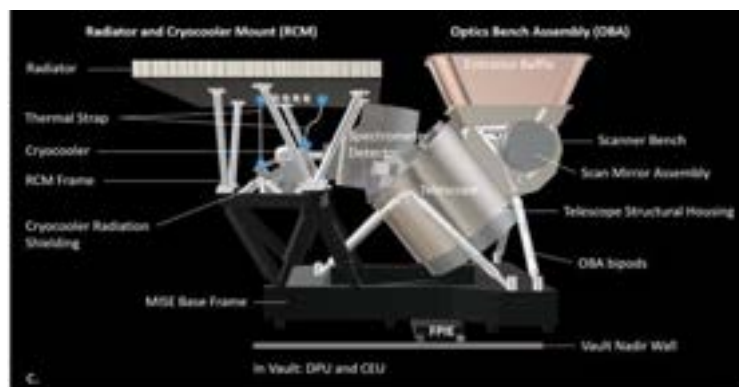


Figura 11.10 MISE

Le mappe aiuteranno gli scienziati a comprendere la storia geologica della luna e a determinare se il presunto oceano di Europa sia adatto alla vita. ,

La luce infrarossa **entra nel MISE attraverso una fenditura.** Gli specchi dirigono la luce verso una lente al fluoruro di calcio ( $\text{CaF}_2$ ), che dirige la luce verso un reticolo. Il reticolo taglia la luce in lunghezze d'onda discrete, che poi colpiscono un rilevatore. **Ma il MISE non produce un'immagine tutta in una volta come una fotocamera convenzionale. Con la fessura, si osserva solo una linea, invece di un rettangolo, misurando quindi le lunghezze d'onda della luce infrarossa in ogni posizione della linea.**

Inoltre, MISE cattura una seconda linea adiacente alla prima, e così via fino ad arrivare ad avere 300 linee (approccio osservazione *push-broom*).

Le 300 linee possono essere combinate per creare un'immagine contenente le firme di qualunque atomo e molecola sia presente.

Si cercano sali come solfati, carbonati, sostanze organiche, che potrebbero provenire dall'oceano ed aiuterebbero a capire se l'Europa è abitabile. **Il MI-**

**SE rileverà anche i punti più caldi di Europa, che potrebbero indicare aree di attività recenti o presente dei pennacchi.** Le mappe MISE aiuteranno gli scienziati a comprendere la storia geologica di Europa. Aiuteranno inoltre gli scienziati a capire come circola il materiale tra l'oceano e la superficie di Europa.

## EUROPA CLIPPER MAGNETOMETER (ECM)

Lo strumento (Fig. 11.11) misurerà la forza e l'orientamento dei campi magnetici durante decine di sorvoli di Europa, consentono agli scienziati di studiare come variano con il tempo e la posizione.



Figura 11.11 ECM

Il braccio del magnetometro sarà lungo circa 8,5 metri, con tre sensori *fluxgate* (dispositivo che serve per la misura vettoriale di campi magnetici di bassa intensità, con risoluzioni dell'ordine del **nanotesla**). Per essere montato a bordo del razzo, il braccio è stato stivato in un contenitore. Il magnetometro dovrebbe consentire agli scienziati di confermare l'esistenza dell'oceano di Europa e misurarne la profondità e la salinità.

**Lo strumento misurerà anche lo spessore del guscio di ghiaccio.**

Giove ruota una volta ogni 10 ore e il suo campo magnetico ruota proprio insieme a lui. Il campo magnetico trascina plasma ad alta energia quasi alla stessa velocità. **Il plasma distorce il campo magnetico vicino a Europa, così come la navicella spaziale stessa, e questo influenza i dati del magnetometro.**

Europa non genera autonomamente il proprio campo magnetico, ma le variazioni temporali del campo magnetico di Giove inducono Europa a produrne uno, probabilmente tramite correnti elettriche che scorrono in un oceano salato sotto il ghiaccio di Europa.

Il magnetometro dovrebbe consentire agli scienziati di confermare l'esistenza dell'oceano e misurarne la profondità e la salinità, nonché lo spessore del guscio di ghiaccio.

**È abbastanza simile al J-MAG, il Magnetometer di JUICE.**

## PLASMA INSTRUMENT FOR MAGNETIC SOUNDING (PIMS)

Il Plasma Instrument for Magnetic Sounding, o PIMS, (fig. 12.12) studierà la densità, la temperatura e il flusso del plasma vicino a Europa.



Figura 11.12 PIMS

È la chiave per determinare con precisione lo spessore del guscio di ghiaccio di Europa, la profondità dell'oceano e la conduttività.

La ionosfera di Europa e il plasma intrappolato nel campo magnetico di Giove distorcono i campi ma-

gnetrici vicino a Europa. Gli strumenti PIMS distinguono tali distorsioni dal campo magnetico indotto di Europa, che trasporta informazioni sull'oceano di Europa. **PIMS aiuterà a correggere il segnale di induzione magnetica di ECM per le distorsioni del plasma intorno a Europa.**

PIMS ha quattro sensori chiamati **Tazze di Faraday** (vedi figura 11.12 in basso) per studiare la densità, la temperatura e la velocità del plasma. Ogni tazza è profonda circa 8 centimetri e larga 20.

Una griglia vicino alla parte superiore di ogni tazza produce un campo elettrico per bloccare le particelle indesiderate.

Sul fondo di ogni tazza c'è una piastra di rilevamento circolare e piatta con tre segmenti da 120 gradi, come una torta con tre fette uguali.

Il plasma crea una corrente elettrica quando colpisce la piastra, rivelando la velocità e la densità del plasma.

Se il plasma entra nella coppa di Faraday frontalmente, colpisce il centro della piastra e genera correnti uguali su tutti e tre i segmenti.

Quando il plasma entra nella coppa ad angolo, colpisce un segmento in più rispetto agli altri due. Ciò indica allo strumento da quale direzione proveniva il plasma.

## SPETTROMETRO DI MASSA PER L'ESPLORAZIONE PLANETARIA/EUROPA (MASPEX)

Lo spazio vicino a Europa pullula di gas. Alcuni vengono staccati dalla superficie di Europa dalle radiazioni incessanti di Giove. Altri potrebbero fuoriuscire nello spazio dal presunto oceano sotterraneo di Europa, o dall'acqua intrappolata nel guscio di ghiaccio della luna. **Il Mass Spectrometer for Planetary EXploration/Europa, o MASPEX**, identificherà quelle molecole con una precisione senza pari.

MASPEX raccoglie i gas e li converte in particelle cariche (ioni). Fa rimbalzare gli ioni (atomi e molecole a cui manca un elettrone) avanti e indietro, più volte, all'interno dello strumento in un **"tubo di deriva"**. **La distanza totale che percorrono aumenta la differenza nel tempo di arrivo, amplificando la differenza di massa.**

**Cronometrando il loro transito attraverso lo strumento determinandone la massa quindi l'identità della molecola.**

Lo strumento accelera gli ioni con una quantità uniforme di energia. I gas ionizzati vengono attirati nel tubo che conferisce a MASPEX la sua lunghezza simile a una baguette. Più leggero è lo ione, più velocemente può muoversi attraverso il tubo di deriva.

**MASPEX ha una risoluzione di massa centinaia di volte più precisa di qualsiasi cosa sia mai stata lanciata nello spazio in precedenza.**

Il monossido di carbonio e l'azoto molecolare hanno una massa atomica quasi uguale. Ma l'energia che lega i loro atomi ne altera la massa in modi rivelatori. MASPEX usa quel deficit di massa per identificare le molecole. Differenzia anche gli isotopi, atomi con un numero uguale di protoni ma un numero diverso di neutroni.



Figura 11.13 MASPEX – Tubo di deriva

## **SURFACE DUST ANALYZER (SUDA)**

I micrometeoriti lanciano costantemente frammenti della superficie di Europa nello spazio. I materiali espulsi sono **piccoli granellini di polvere**, ma gli scienziati stimano che **mezza tonnellata di materiale superficiale di Europa fluttui sopra la luna in ogni momento**.

Il Surface Dust Analyzer, o SUDA, di Europa Clipper raccoglierà questi granelli e ne identificherà la chimica, rivelando la composizione della superficie di

Europa, comprese le potenziali molecole organiche.

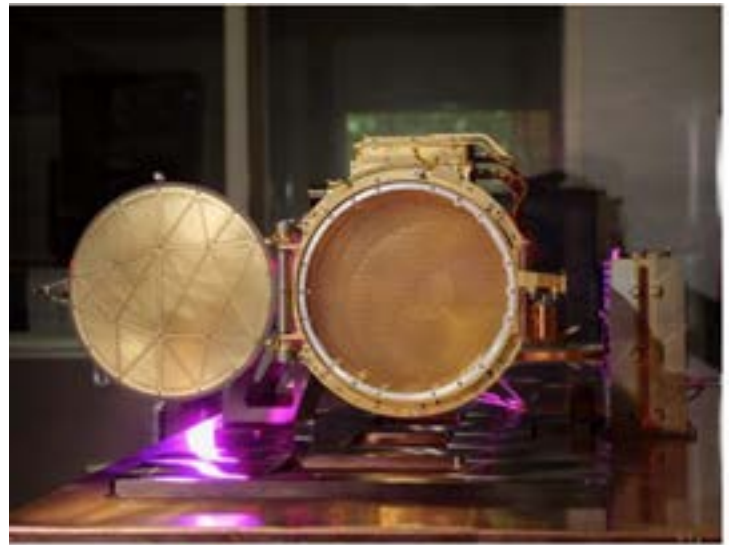


Figura 11.14 SUDA

SUDA è in grado di rilevare in modo unico i sali nei granelli di polvere/ghiaccio. La velocità e la direzione dei granelli indicheranno a SUDA la loro origine sulla superficie di Europa.

Se un oceano o un bacino sotterraneo sta scaricando materiale nello spazio sotto forma di pennacchi (come il geyser *Old Faithful* di **Yellowstone**), SUDA lo analizzerà per aiutare a determinare se l'acqua di Europa è adatta a qualche forma di vita.

Quando la polvere entra nel SUDA, passa attraverso una serie di griglie metalliche che misurano la velocità e la traiettoria della polvere, identificando così l'area di origine della polvere sulla superficie di Europa. Figura 11.14.

Alcuni granelli di polvere colpendo una piastra ber-

saglio metallica si ionizzano. A quel punto devono obbedire al campo elettrico della SUDA, che le incanala verso un rilevatore.

Il rapporto massa/carica di uno ione determina quanto tempo impiega a raggiungere il rilevatore. La tempistica rivela la massa e la composizione della molecola. **Si possono rilevare amminoacidi, solfati, o identificare se le molecole organiche sono abiotiche o biomolecole.**

Conoscere quindi la traiettoria di un granello di polvere, aiuta a sapere da dove proviene sulla superficie di Europa. Conoscere anche la velocità del granello aiuta a individuare l'origine della polvere in modo ancora più accurato.

La chimica di ogni particella di polvere è un dato che indica la composizione di un punto sulla superficie di Europa.

SUDA studierà quanto materiale di superficie di Europa abbia avuto origine altrove, perché per trarre conclusioni sull'interno della luna, bisogna prima sapere quanto materiale di superficie non proviene da Europa.

## CONCLUSIONE

Da ciò che abbiamo esaminato si può dedurre **l'enorme quantità di dati** che questi strumenti sono in grado di produrre nell'unità di tempo.

**Terabyte di dati che il computer di bordo non è in grado di elaborare per trarne delle conclusioni, né i computer di Terra possono fare in tempo reale data la bassa quantità di dati che arrivano da tale distanza.**

Pertanto, Europa Clipper e Juice, si limiteranno ad un filtraggio locale dei dati per poi trasmetterli a Terra, dove grossi computer, incroceranno i dati e, con l'ausilio di intelligenza artificiale ed algoritmi collaudati, cercheranno delle risposte.

Ciò potrà avvenire anche mesi o anni dopo averli ricevuti.

**Arrivati a questo punto direi che, per quanto riguarda questo articolo, dobbiamo fermarci.**

Andare oltre nell'approfondimento richiederebbe spazi, tempi e conoscenze, anche da parte mia, ben

diversi dagli obiettivi della nostra missione.

Credo però di aver chiarito parecchio sui risultati attesi dalle due missioni, sulla complessità e sui metodi e parametri di indagine che questi due capolavori di tecnologia hanno implementato.

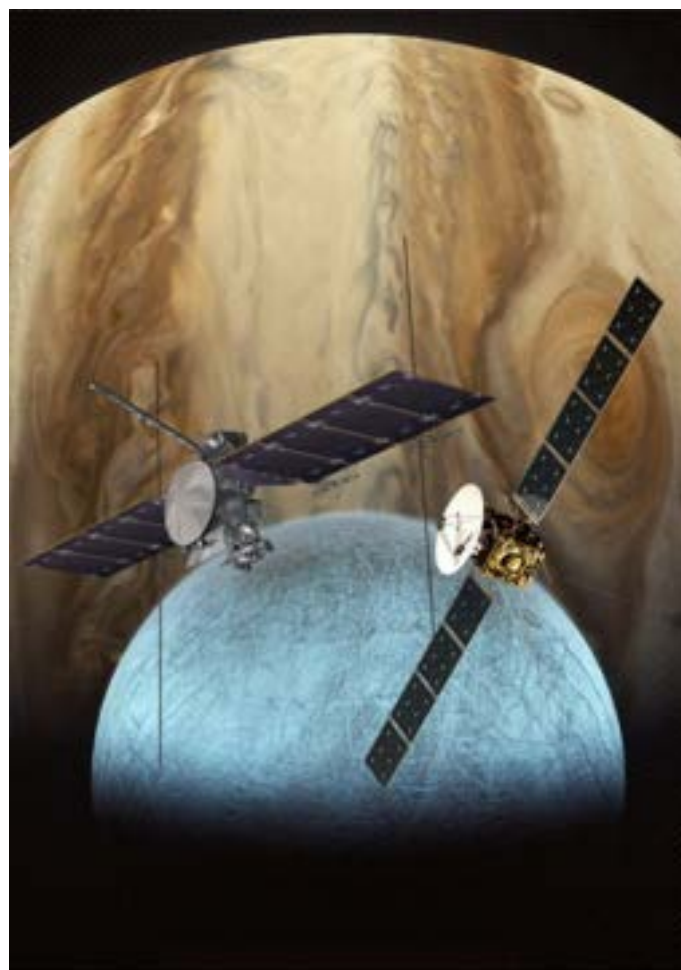
Per chi ne ha voglia lascio anche i link, per approfondire ulteriormente i vari argomenti andando a consultare tutte le fonti che io ho utilizzato per redigere questo articolo e che trovate di seguito. Oppure, venite alla conferenza che terrò a marzo al civico Planetario di Modena. Il link di prenotazione è questo:

<https://www.planetariodimodena.it/eventi.php>

Dal momento che le due missioni sono entrambe ancora in transito verso l'obiettivo, avremo sicuramente modo, nei prossimi anni, di approfondire e discuterne ancora su queste pagine o dal vivo.

Grazie dell'attenzione.

Alla prossima.



## FONTI

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019103505001211?via%3Dihub>

<https://europa.nasa.gov/why-europa/overview/>

<https://europa.nasa.gov/news/88/icy-moonquakes-surface-shaking-could-trigger-landslides/>

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.289.5483.1340>

<https://www.nature.com/articles/27394>

<https://science.nasa.gov/jupiter/moons/europa/>

<https://www.space.com/38700-nasa-history.html>

<https://www.planetary.org/articles/20140826-europa-how-less-can-be-more>

[https://it.wikipedia.org/wiki/Europa\\_\(astronomia\)#:~:text=Il%20livello%20di%20radiazione%20che,in%20superficie%20un%20solo%20giorno](https://it.wikipedia.org/wiki/Europa_(astronomia)#:~:text=Il%20livello%20di%20radiazione%20che,in%20superficie%20un%20solo%20giorno)

<https://futureplanets.blogspot.com/2013/05/europa-clipper-update.html>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/meet-europa-clipper/>

[https://www.astronautinews.it/wp-content/uploads/2024/10/europa\\_clipper\\_trajectory.mp4](https://www.astronautinews.it/wp-content/uploads/2024/10/europa_clipper_trajectory.mp4)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Jupiter\\_Icy\\_Moons\\_Explorer](https://it.wikipedia.org/wiki/Jupiter_Icy_Moons_Explorer)

<https://youtu.be/yxu4UVLjVNo>

<https://it.investing.com/news/company-news/la-batteria-enersys-alimenta-la-missione-europa-clipper-della-nasa-93CH-2564620>

<https://www.asi.it/en/2024/10/juices-rime-radar-pings-the-moon-and-listens-to-earth/#:~:text=RIME%20is%20a%20low%20frequency,before%20on%20Jupiter's%20Galilean%20moons>

[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Italy/](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Italy/)

[La missione Juice dell ESA e decollata alla scop](#)

[erta dei segreti delle lune ghiacciate di Giove](#)

[https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Juice/Juice\\_confirms\\_that\\_Earth\\_is\\_habitable](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Juice/Juice_confirms_that_Earth_is_habitable)

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/meet-europa-clipper/> (visualizzazione 3D)

<https://youtu.be/uUpEEU7pplg>

<https://youtu.be/q88fSdGMbys>

<https://youtu.be/GS6feMWzwIY>

<https://europa.nasa.gov/resources/276/star-tracker-dual-electronics-unit/>

<https://www.asi.it/2023/05/juice-la-camera-janus-apre-gli-occhi/>

## STRUMENTI DI EUROPA CLIPPER

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/eis/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/e-themis/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/europa-uvs/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/mise/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/ecm/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/pims/>

<https://europa.nasa.gov/spacecraft/instruments/reason/>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-024-01070-5/figures/5>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-023-01002-9>

## NEXUS

### RECENSIONE DELL'ULTIMO LIBRO DI NOAH HARARI

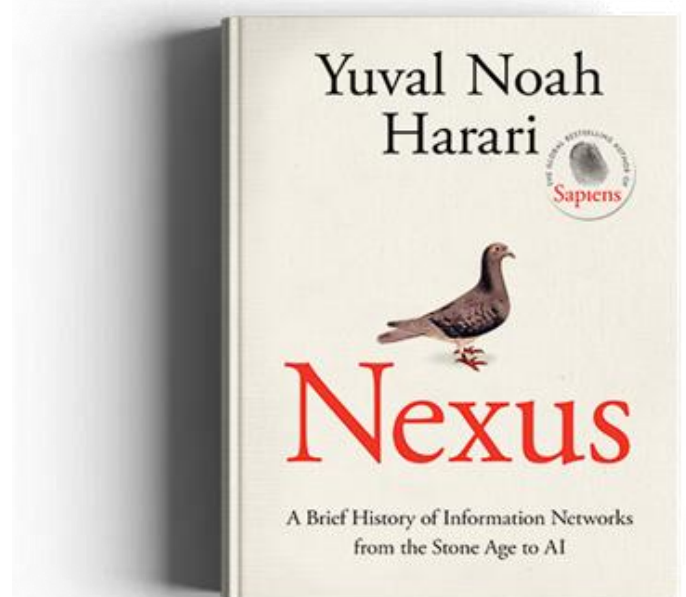
di Davide Borghi



Noah Harari era diventato famoso diversi anni fa, per i suoi libri illuminanti sul nostro ruolo come specie, sia come prospettiva passata che in particolare futura, con speciale focus sull'Intelligenza Artificiale (**AI**). Questi libri erano in particolare (ma non solo) "**Sapiens**" (pubblicato in ebraico nel 2011, in inglese nel 2015), "**Homo Deus**" (pubblicato in ebraico nel 2015, in inglese nel 2016) e "**21 lezioni per il 21esimo secolo**" (pubblicato nel 2018), quindi tutti e tre ben prima del boom dell'AI causato da Chat-GPT in particolare. E Harari ci aveva già dato più che un assaggio di come l'AI sarebbe stata **rivoluzionaria** per la nostra specie, e non semplicemente un mero altro elemento aggiuntivo della Quarta Rivoluzione Industriale

E infatti, nel prologo, Harari ci dice in soldoni "**io ve l'avevo detto...**" come è lecito aspettarsi.

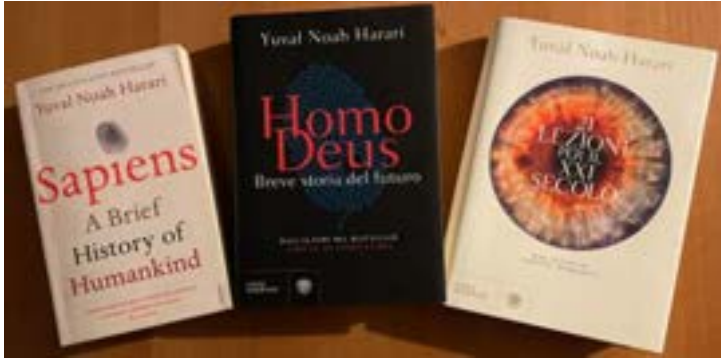
Il libro cerca di riassumere la storia delle **reti**



*L'ultimo libro di Noah Harari*

## LE NOSTRE RECENSIONI

(**networks**) **d'informazione**, che ritiene, a ragione, alla base delle nostre società attuali, passate e, specialmente, future.



I libri "Sapiens", "Homo Deus", "21 Lezioni per il XXI secolo", di Noah Harari

Perché mai le reti di informazione sono così importanti?

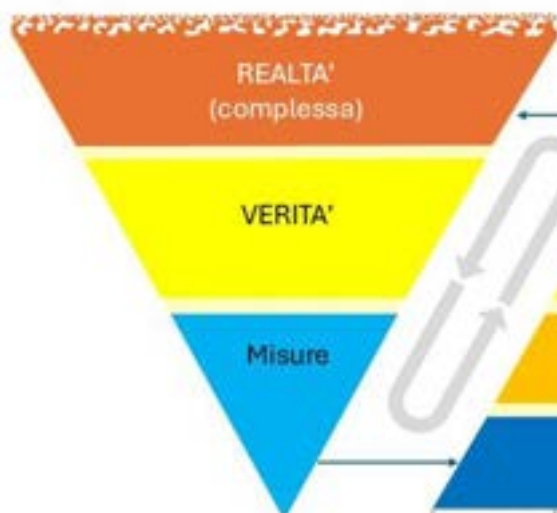
Le società, il tessuto sociale che ci circonda e ci include, è orientato a **mantenere l'ordine** e perseguire obiettivi con focus diverso a seconda delle diverse culture, come ad esempio: **giustizia, libertà, benessere, progresso, scienza**. Per mantenere l'ordine e perseguire questi obiettivi le società sono organizzate a **reti di informazione, connessioni**

**fra persone e dati**, per **generare storie e finzioni**. Con "storie e finzioni" qui si intendono le **cose inventate ma che sono utili per mantenere l'ordine e perseguire i nostri obiettivi**. Ad esempio, gli stati nazione sono una finzione, lo sono i governi, i comuni, le aziende, il denaro, le religioni, le nostre culture in generale. I moderni sistemi finanziari sono fatti interamente di informazioni. Quindi con finzione non si intende qualcosa di necessariamente negativo, ma semplicemente qualcosa di inventato da noi per vari scopi.

Queste reti, nel mondo del XXI secolo, sono sempre più basate sulla conoscenza, generata dall'informazione, estratta dai dati che abbiamo sulla verità fisica che ci circonda.

Questi dati, che rappresentano la parte osservabile della **verità** e della **realtà**, non costituiscono affatto però la totalità dei dati che abbiamo a disposizione. Abbiamo anche tanti dati falsi, con dolo o senza. E abbiamo anche tantissimi dati che non servono a rappresentare la realtà fisica, ma servono a rappresentare le nostre culture e le nostre interconnessioni. Su questi in particolare, ma non solo ovviamente, sono basate le nostre reti.

REALTÀ OGGETTIVA



REALTÀ SOGGETTIVA E INTER-SOGGETTIVA



Realtà oggettiva, soggettiva e inter-soggettiva - liberamente tratto da «Nexus» di Noah Harari

A sua volta la verità non rappresenta tutta la realtà oggettiva, che è ancora più insondabile e intrinsecamente **complessa**, ma ne rappresenta solo un aspetto.

Quindi, riassumendo:

- La Realtà è solo in parte osservabile
- La nostra conoscenza è basata sui dati che estraiamo dal mondo
- La conoscenza genera reti, storie e finzioni per mantenere ordine e altri fini

Queste reti, storie e finzioni sono sempre più basate su **nuove realtà digitali inventate da noi**, realtà che sono internet ma anche quello che stiamo abituandoci a chiamare **metaverso**. Sono quindi **realità soggettive e inter-soggettive** e quindi non necessariamente legate in modo diretto alla realtà oggettiva.

E infatti, i politici lo sanno bene, quello che conta è mantenere l'ordine e il controllo basato sulle storie che ci raccontiamo, mentre **non conta necessariamente la verità e tantomeno la realtà fisica oggettiva** (che è almeno in parte insondabile).

Le teorie del complotto sono un esempio di storie, spesso (ma non sempre) non veritiere, ma che possono far nascere un gruppo coeso, grazie al sentimento di rabbia verso l'establishment o di orgoglio per quello di cui si è a conoscenza.

Le differenti forme di governo gestiscono queste reti, storie, finzioni, in modi diversi o completamente opposti. Harari si sofferma su due modelli: le **dittature totalitarie** e le **democrazie**.

Le prime sono **centralizzate** e senza efficienti meccanismi di autocorrezione basati su feedback oggettivo.

Le seconde sono **decentralizzate** e con molteplici retroazioni e meccanismi di **autocorrezione** come le elezioni, la libertà di stampa, i *checks & balances* (i sistemi di pesi e contrappesi), la separazione fra i poteri legislativo, esecutivo, religioso. Questo porta le democrazie ad essere un sistema informativo **dinamico e inclusivo**. Si noti che i meccanismi di autocorrezioni non possono essere rappresentati

solo dalle elezioni, peraltro facilmente imitabili da una dittatura, ma vanno ben oltre.

Piccolo (ma importante) spoiler: l'abilità umana più importante per sopravvivere con successo nel XXI secolo che accelera sempre più, è sicuramente la flessibilità, e **le democrazie sono di certo più flessibili e adattabili dei regimi totalitari**.

In una democrazia l'autonomia non è una conseguenza dell'inefficienza del governo: solo le poche decisioni che devono per forza essere prese a livello centrale devono riflettere la volontà della maggioranza. In una democrazia se il 99% delle persone vuole vestirsi in un modo o seguire una particolare religione, e il restante 1% no, questa esigua minoranza dovrebbe essere libera di farlo. I **ruoli centrali** di solito includono ad esempio le tasse, l'esercito, la sanità, la giustizia, la polizia, l'istruzione di base, il welfare, il rispetto dei diritti civili e umani, mentre qualsiasi altro intervento nelle vite private delle persone richiede una ragione valida, altrimenti la gente è libera di fare quello che crede.

Le democrazie, quindi, partono dal presupposto che **siamo tutti fallibili** (ovvero nessuno è infallibile), compreso chi governa, rendendo necessari meccanismi di autocorrezione e limitando il potere centrale.



*Yuval Noah Harari, PhD presso Oxford nel 2002, ora professore presso il Department of History alla Hebrew University of Jerusalem in Israele*

Al contrario, **le dittature partono dall'assunto che il potere centrale sia infallibile**. Possono imitare le democrazie con finte elezioni o elezioni truccate, a volte possono fare la dittatura della maggioranza, che, come abbiamo visto, non è la democrazia liberale. Escludono i rivali politici e sopprimono la libertà di stampa e di espressione, che costituiscono alcuni dei pilastri dei meccanismi di autocorrezione delle reti democratiche. Il tutto senza necessariamente togliere le elezioni, siccome forniscono una parvenza di legittimità e una facciata democratica.

Le dittature possono essere di diversi tipi, fra i quali Harari si concentra sulle **autocrazie** come l'Impero Romano o la dinastia Han in Cina. Queste forme di governo avrebbero forse voluto controllare la vita di ogni loro cittadino, ma mancavano dei mezzi tecnici per farlo.

I **totalitarismi** (o dittature totalitarie) invece ci hanno perlomeno provato: Harari cita la dinastia Qin in Cina (esperimento durato poco – dal 221 al 206 a.C. – solo 15 anni) e l'Unione Sovietica. In queste forme di governo il potere centrale controlla in modo stretto tutti i ministeri, il partito e la polizia segreta, che tentano di controllare ogni aspetto della vita dei cittadini. Ovviamente la dinastia Qin non ne aveva i mezzi, ma l'Unione Sovietica, o Ceausescu in Romania o la Stasi nella DDR ci sono andati molto più vicino, grazie alle telecomunicazioni ad esempio.

Durante tutta la storia dell'URSS nemmeno una volta un governatore di provincia o un comandante del fronte dell'Armata Rossa si sono ribellati al centro e il "merito" va alla polizia segreta che teneva sotto controllo tutti e al terrore che ha di conseguenza instillato.

Nelle democrazie liberali, tradizionalmente c'è invece **dibattito politico**: ascoltarsi, capirsi, cambiare idea. Almeno tradizionalmente.

Ecco, più recentemente, dagli anni dieci del XXI secolo, dice Harari, **le cose sono un po' cambiate** anche nelle democrazie. Si sta andando verso un **capitalismo della sorveglianza**, anche peer-to-peer non governativo: si pensi ad esempio ai punti

o alle stellette che un cliente può dare a un servizio e viceversa. Questo "punteggio complessivo personale" rischia di arrivare ad influenzare tutto e rivelarsi molto potente. L'ultima volta che l'umanità ha ideato un sistema a punti così ambizioso è stato cinque millenni fa in Mesopotamia, con l'invenzione del denaro. I **crediti sociali** sono un nuovo tipo di moneta, spendibile ad esempio quando si fa un colloquio di lavoro o si cerca credito presso una banca, o si viene giudicati da un tribunale, ecc.. Eliminano la privacy e trasformano l'esistenza in un colloquio di lavoro senza fine, dice Harari.

Tutto ciò quindi porta le democrazie verso un aspetto caro alle dittature, le quali usano il controllo totale sulle persone per mantenere l'ordine in modo efficiente. Nel farlo possono spesso calpestare la verità, senza curarsene.

Nelle democrazie l'aumento della quantità e della velocità delle informazioni non è affatto garanzia di avvicinamento alla verità o tantomeno alla realtà, anzi, il rischio, quasi un dato di fatto (lo sappiamo bene), è che **la verità sia sommersa da informazioni false o inutili**. Negli ultimi secoli abbiamo assistito ad un progressivo aumento della connettività, grazie a diverse tecnologie come la stampa o internet, senza un parallelo aumento della veridicità della conoscenza.

Ora in tasca abbiamo tutta la verità conoscibile al momento. Ma è sommersa da una marea di altri dati, ed è difficilmente districabile da essi. Il trucco, come sempre, sta nel distinguere i dati utili da quelli inutili o falsi.

Sono in realtà, ancora una volta, i meccanismi di **autocorrezione**, e non la tecnologia della stampa o di internet, a costituire il motore della **rivoluzione scientifica**, e quindi ad **aumentare la nostra conoscenza della realtà**, anche se in modo indiretto (ovvero attraverso i dati a nostra disposizione). La cultura scientifica non ha un libro sacro di riferimento, né pretende che i suoi eroi siano profeti, santi o infallibili. Al contrario premia lo scetticismo e l'innovazione anziché il conformismo.

Con internet, le videocamere onnipresenti, gli smartphones che portiamo sempre con noi, l'intelli-

genza artificiale (AI), ci sono innumerevoli vantaggi per le persone nelle democrazie ma anche enormi opportunità per le dittature totalitarie e anche pericoli per le democrazie stesse.



*Immagine generata da AI alla richiesta di rappresentare il fatto che "in realtà, ancora una volta, i meccanismi di autocorrezione, e non la tecnologia della stampa o di internet, a costituire il motore della rivoluzione scientifica, e quindi ad aumentare la nostra conoscenza della realtà"*

Ad esempio, tecnologie AI come sappiamo decidono spesso cosa mostrarci sullo smartphone, ad esempio nei social network. Harari mostra un caso specifico in Birmania nel 2017-2020 in cui una minoranza islamica (i *Rohingya*) è stata ingiustamente discriminata e perseguitata anche (e forse soprattutto - secondo una indagine specifica delle Nazioni Unite [1]) a causa di un social network, che aveva come funzione da massimizzare, il coinvolgimento degli utenti. E l'indignazione genera coinvolgimento.

È più probabile che gli esseri umani si lascino coinvolgere da una teoria complottista (anche se inesistente) carica di odio, che da un discorso complesso o compassionevole. Qui Harari mette in guardia proprio dall'incoscienza dell'AI (intelligenza e coscienza sono due cose diverse): per raggiungere gli scopi, molto umani, che gli abbiamo dato

(massimizzare il tempo speso dagli utenti sul social network) l'AI spaccia storie fuorvianti, che allontanano dalla verità. Rischiamo di perdere il controllo: Harari mette in guardia che potrebbero nascere religioni attrattive, dinamiche (senza un testo sacro scritto nella pietra) e potenti le cui scritture sono composte, continuativamente da AI. Questo potrebbe rendere la democrazia insostenibile. Queste storie, grazie all'AI, hanno i mezzi e ci conoscono talmente bene, da poterci fare sentire **emotivamente legati alla storia**. E il pericolo non sono solo le catene da computer a uomo o viceversa, ma anche da computer a computer: AI che prendono decisioni basate su decisioni in tempo reale di altre AI e così via, nel giro di pochi secondi e senza controllo umano. Sono passati solo ottant'anni dall'invenzione dei primi computer digitali e non siamo nemmeno vicini all'esaurimento del loro potenziale.

Siamo all'inizio.

Per fare un paragone evolucionistico, caro a Harari, se GPT-4 è l'ameba, quale aspetto potrebbe avere il T-Rex? L'evoluzione organica ha richiesto 4 miliardi di anni per andare dal brodo primordiale alle "scimmie sulla Luna" (ovvero noi), ma nel caso dei computer digitali il ritmo è accelerato.

Il rischio è di rimanere intrappolati in realtà fittizie, inventate magari per scopi benigni: Harari ricorda la **caverna di Platone** (vediamo solo ombre della realtà senza esserne coscienti) o il **Demone di Cartesio** (un demone maligno - pensato da René Descartes - che ci intrappola in un mondo di illusioni) o il mondo (chiamato **māyā**) delle illusioni dei saggi induisti e buddisti.

Mette anche l'accento, che condivido, sul fatto che l'intelligenza artificiale non debba per forza imitare la nostra intelligenza - e infatti non lo sta facendo. Sta piuttosto sviluppando un tipo di intelligenza completamente differente. "A.I." potrebbe benissimo stare per Alien Intelligence (o IA per Intelligenza Aliena...).

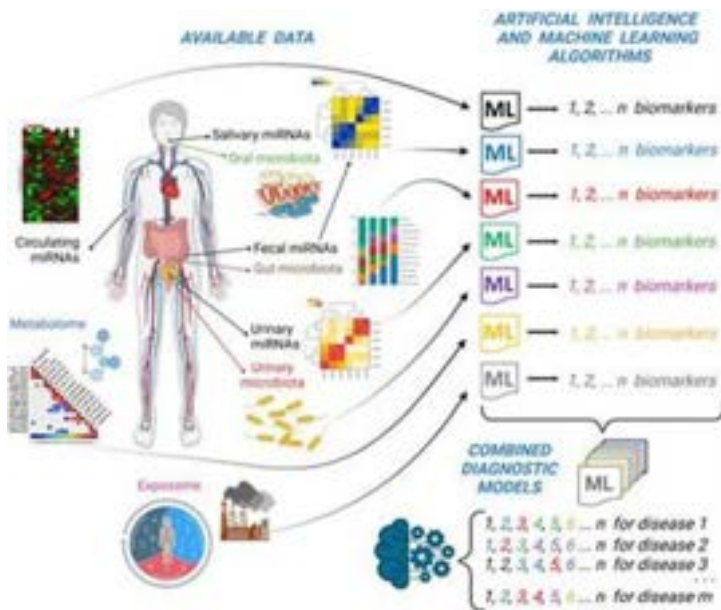
È importante capire queste cose perché noi umani siamo ancora in controllo e **possiamo plasmare queste realtà per i fini più nobili e a noi confacenti**, ma bisogna farlo con saggezza - che nella

piramide mostrata all'inizio sta sopra alla conoscenza e ne rappresenta il distillato per capire come agire.



*"Gli organismi sono algoritmi", afferma Yuval Noah Harari nel libro Homo Deus. "Non c'è motivo di pensare che gli algoritmi organici possano fare cose che gli algoritmi non organici non saranno mai in grado di replicare o superare"*

Penso ad esempio ad AI per fornire **assistenza sanitaria personalizzata** a tutti, per produrre farmaci, o per **un'istruzione personalizzata** efficiente ed economica, penso a usare AI per **mitigare il problema del cambiamento climatico** o ottimizzare la **produzione di energia**.



*AI nella medicina: Un continuo quadro della salute per diagnosi precoce, tenendo traccia continua degli indicatori chiave creando un "esposoma". Per privacy, la maggior parte dell'analisi verrebbe eseguita localmente, ma con aspetti nel cloud (Internet of Healthcare - IoH)*

Oggi siamo vicini al punto in cui una rete (o delle reti) informatica onnipresente potrà seguire la popolazione di interi paesi tutte le ore del giorno e

della notte, ovunque ogni cittadino si trovi, mentre gli agenti segreti di Stalin o Ceausescu non accompagnavano i propri sorvegliati in bagno o a letto. Lo smartphone fa esattamente questo. Tale controllo totale verso cui potremmo essere diretti, è da sempre il sogno di ogni dittatura totalitaria. Inoltre, la capacità di elaborazione dati moderna offre la possibilità tecnica di esaminare tutti questi dati in tempo reale (cosa impossibile quando c'era Ceausescu o Stalin).

Ma non bisogna disperare, anche perché i **vantaggi dell'AI superano, e di gran lunga, i rischi**, ma **bisogna controllarla**, come si fa con tutti gli strumenti potenti. Harari suggerisce 4 principi guida (né nuovi né misteriosi in realtà):

- Il **bene comune**: le informazioni su di me devono essere usate per aiutarmi e non per manipolarmi
- Il **decentramento** e la separazione delle reti per limitare l'aggregazione di dati personali
- La **reciprocità**: se si aumenta la sorveglianza degli individui deve parallelamente aumentare la sorveglianza dei governi e delle aziende: la democrazia richiede equilibrio
- **Lasciare spazio sia al cambiamento sia alla stasi**: la vita umana è in costante equilibrio tra il tentativo di migliorarsi e l'accettazione di ciò che siamo

Ci sono anche parecchi **falsi luoghi comuni sull'AI**, messi in evidenza, e piuttosto chiari:

- Ha **invertito alcuni paradigmi**: è stato più facile ad esempio automatizzare il gioco degli scacchi che sparecchiare la tavola o guidare un'auto o una bicicletta in un centro cittadino affollato.
- È stato possibile, piuttosto facilmente, rendere le **AI creative**: musica, libri, disegni, poesie, riconoscere schemi e romperli, tutti compiti che potevano essere ritenuti forse il culmine dell'intelligenza umana.
- Le AI possono anche avere **intelligenza emotiva** in un certo senso (e questo è davvero inaspettato forse): possono identificare correttamente le nostre emozioni e reagire in modo ottimale, forse proprio perché non hanno emozioni proprie.

Quali sono quindi i pericoli a breve/medio termine?

Il **futuro dell'occupazione** potrebbe diventare più volatile, o molto più volatile, di quello che è oggi. Se tre anni di disoccupazione alle stelle ha portato la Germania dalla Repubblica di Weimar al nazismo, cosa può fare alla democrazia una crisi perpetua del mercato del lavoro? Negli anni dieci del XXI, secondo Harari, c'è stata l'autodistruzione dei **partiti conservatori** in molti paesi occidentali, che sono stati dirottati da leader non conservatori trasformandoli in partiti **rivoluzionari radicali**. Il suicidio dei conservatori ha colto di sorpresa le sinistre e ha costretto i partiti progressisti a diventare i custodi del vecchio ordine e delle istituzioni consolidate.

In tutto ciò si inserisce anche **l'AI, che sposta l'ago della bilancia a favore dei giganti** (aumentando il rischio di oligarchia anche nelle attuali democrazie): chi ha accesso ad una maggiore mole di dati vince e il divario man mano aumenta (nei giochi da tavolo questo difetto si chiama **"runaway leader"** [2][3]: quando succede per gli altri giocatori il gioco non è più né interessante né divertente...). Non fa riferimento solo ai giganti digitali a stelle e strisce ma anche e soprattutto a quelli cinesi che hanno accesso, grazie all'assenza di leggi restrittive sulla privacy (come il GDPR in Unione Europea), a varie centinaia di milioni di cartelle cliniche: presto gli algoritmi cinesi in campo medico potrebbero diventare imbattibili?

Ma, dicevamo, l'AI non è solo una buona notizia per le dittature, ma anche un gigantesco rischio per i dittatori stessi soprattutto quando i *chatbot* diventeranno più potenti e più opachi. **Una AI, infatti, non conosce il linguaggio doppio** (come le dittature che fanno finta di essere democratiche). Inoltre, ci potranno essere **AI dissidenti**, molto difficilmente controllabili soprattutto dai regimi totalitari, che hanno interi cimiteri nell'armadio e tolleranza zero nei confronti delle critiche. Harari fa l'esperimento mentale di un dittatore nel 2050 che non si fida più di nessuno, se non della sua AI, che però ad un certo punto lo inganna e lo manipola sfruttando i suoi (a lei) noti punti deboli (anche senza essere per niente cosciente) e lui non può che fidarsi e seguirlo. Il punto debole dello "scudo anti rischi

dell'AI", sono proprio i dittatori.

Il libro è sicuramente nello stile di Harari: con prospettiva storica profonda e impronta scientifica. Stavolta coraggiosamente tocca argomenti politici a volte scomodi, ma del tutto condivisibili. In questa complessità Harari aiuta a fornirci gli strumenti per smontare e analizzare i meccanismi alla base delle nostre società e la direzione che stiamo prendendo, in modo da poter governare il futuro, costruendolo.

---

### **Bibliografia:**

Harari, Y. N. (2018 edizione italiana). *Homo Deus*. Bompiani

Harari, Y. N. (2019 edizione italiana). *21 lezioni per il XXI secolo*. Bompiani

Harari, Y. N. (2020 edizione italiana). *Sapiens*. Bompiani.

Harari, Y. N. (2024). *Nexus*. Bompiani.

Silver, N. (2015). *The Signal and the Noise*. Penguin Books.

Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.

- [1] ruolo di Facebook nella crisi in Myanmar:  
<https://www.reuters.com/article/world/un-investigators-cite-facebook-role-in-myanmar-crisis-idUSKCN1G02Q4/>
- [2] Runaway leader nei board games:  
<https://insideupgames.com/board-game-reviews/the-runaway-leader-problem/>
- [3] Runaway leader nei board games:  
<https://www.goblins.net/articoli/difetti-dei-giochi-da-tavolo-4-runaway-leader>

# L'ALBA DI TUTTO - UNA NUOVA STORIA DELL'UMANITA'

RIFLESSIONI SUL LIBRO DI DAVID GRAEBER E DAVID WENGROW

di Davide Borghi



Libro ragionato e sudato, si vede, sicuramente ben scritto, con profondità scientifica e antropologica.

Intende essere rivoluzionario nel modo in cui cerca di riscrivere la storia e in particolare la preistoria per quanto riguarda come le società sono cadute nella **"trappola dell'agricoltura"**.

Il libro è stato scritto in un decennio e si vede che è il frutto di ragionamenti che hanno visto stratificazioni di ragionamenti e testimonianze.

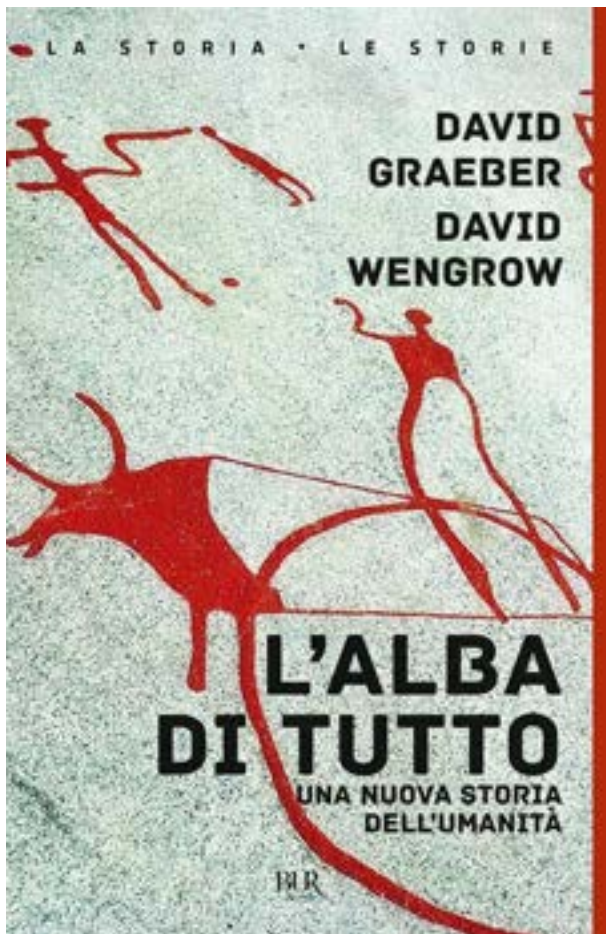
Gli autori sono David Graeber e David Wengrow.

Il primo è deceduto poco prima della pubblicazione del libro e si tratta di un antropologo, saggista e in particolare attivista americano, che è stato tra i principali promotori del movimento *"Occupy Wall Street"*. Il secondo è un saggista e studioso britan-

nico nel campo dell'antropologia.

Gli autori citano altri studiosi e divulgatori in questo campo a me cari, come **Jared Diamond** e **Noah Harari**. A tratti i riferimenti possono sembrare un pò irriverenti e conflittuali, ma credo faccia parte della dialettica e del procedere dell'interpretazione della nostra storia e preistoria man mano che vengono alla luce nuove prove e indizi. Spesso anzi, soffriamo di inerzia culturale e peniamo di eurocentrismo, quindi ben vengano queste sfide, basate sulle nuove evidenze. L'analisi dell'approccio all'agricoltura può partire, in ordine cronologico, dalle finestre di opportunità climatiche. 130 mila anni fa ci fu la prima: **il periodo interglaciale Eemiano**. Si tratta del primo dei soli due periodi interglaciali con le temperature giuste e stabili a sufficienza per

permettere lo sviluppo dell'agricoltura. L'opportunità non viene colta dal genere umano a causa del ridotto raggio d'azione e dalla ridottissima popolazione. Il secondo periodo (**Olocene** e poi **Antropo-**



*La copertina del libro*

**cene**) è quello dal 10000 a.C. ad ora, ovvero dopo l'ultima glaciazione.

Trentamila anni dopo l'Eemiano c'è la prima evidenza del comportamento simbolico umano complesso, quello che chiamiamo **cultura**.

Ad esempio, esistono prove trovate in Sudafrica e in altre parti dell'Africa, dell'uso espressivo dell'ocra e delle conchiglie. E 42 mila anni fa si può dire che probabilmente l'intera popolazione umana del pianeta vive in bande, senza nessuna evidenza di tribù, domini, regni, stati, che invece inizieranno a sorgere nei successivi 30-40 mila anni. Per l'anno 11000 a.C. comunque le bande sono ancora la forma di organizzazione più diffusa.

L'organizzazione sociale dei nostri antenati è però probabilmente molto variegata, se non altro per il

fatto certo che sul piano fisico erano molto, ma molto, più eterogenei di quanto lo sia il genere umano oggi. Oggi siamo una specie uniforme ma questa uniformità non è particolarmente antica.

Le prime delle "nuove prove" di realtà sorprendenti e complesse nella preistoria affiorano negli ultimi decenni in Giappone. E sono anche le prime in ordine cronologico. Siamo nel 14000 a.C. in Giappone. La cultura monolitica **Jomon** domina oltre diecimila anni di storia dei foraggiatori: dal 14000 a.C. al 300 a.C. abbracciando lunghe fasi precedenti l'avvento della coltivazione del riso in Giappone. È documentata da migliaia di siti archeologici, scoperti soprattutto nella seconda parte del XX e nel XXI secolo. Sono venuti alla luce **cicli centennali di nucleazione e dispersione** degli insediamenti, con monumenti in legno e pietra, tradizioni rituali, opulente sepolture, mestieri artigiani specializzati, arti della ceramica, del legno e della lacca. È riaffiorata un'in-



*Statuetta del periodo Jomon, Giappone*

tera storia lunghissima e complessa, del fiorente Giappone pre-agricolo.

Nei due millenni successivi, fino al 12000 a.C. la comparsa di mondi culturali locali durante il **Mesolitico**, aumenta la probabilità che società relativamente autonome abbandonino la dispersione stagionale e si adattino a un sistema **gerarchico verticistico permanente**.

E nel 10000 a.C. in Siria Settentrionale ci sono le prime prove di coltivazione di **cereali selvatici**. Si tratta di "**agricoltura per gioco**" e non di agricoltura pianificata e organizzata per sostenere la società. Il processo di domesticazione biologica, che include anche il passaggio da cereali con rachide fragile a quelli con rachide tenace, si concluderà non prima del 7000 a.C., ovvero ben tremila anni dopo. Questo sottintende una transizione niente affatto lineare o a tappe forzate, ma più un percorso di avvicinamento e allontanamento dall'agricoltura che alla fine sfocia nell'**addomesticamento dei cereali**.

In **Cina**, in parallelo, si sviluppa la coltivazione del miglio. Inizia in piccola scala nell'8000 a.C. sulle pianure settentrionali, come complemento stagionale a foraggiamento e caccia, ma non diventa un alimento di base fino a ben 3.000 anni dopo. Nelle foreste orientali del **Nord America** nel 3000 a.C. le colture da seme sono già presenti ma l'agricoltura seria arriva solo ben 4.000 anni dopo, nel 1000 d.C.

Nel Messico del 7000 a.C. il mais e la zucca sono specie vegetali domestiche dall'uomo attraverso l'agricoltura. Ma diventeranno alimenti di base della dieta locale solo 5000 anni dopo.

Questi esempi forniscono la prova che **il percorso verso l'agricoltura non era né scontato né lineare ed inesorabile** come si potrebbe pensare. Al contrario, l'agricoltura neolitica era un esperimento che **avrebbe potuto fallire e talvolta fallì**.

Contemporaneamente, nell'attuale Russia, pendici orientali dei **Monti Urali** centrali, viene eretto il "Grande Idolo": un palo totemico alto 5 metri e decorato di elaborate incisioni. Viene recuperato da una torbiera del lago Sigirskoe. Sappiamo pochissimo dei sistemi sociali e politici di queste comunità preistoriche, ma questi esempi ci rivelano realtà complesse inaspettate.

Ad esempio nella pianura di Konya, Turchia centrale. Nel 7400 a.C. circa viene fondata la città di **Catalhoyuk**, che rimarrà popolata per ben 1500 anni circa. Si estende per 13 ettari e conta circa 5 mila abitanti e, tuttavia, **non ha un centro riconoscibile né strade o edifici comuni**: è solo un fitto agglomerato di case, tutte di pianta e dimensioni simili, ciascuna accessibile da una scala a pioli dal tetto. Le case, dentro, sono addobbate con teschi e corna di bovini e altre creature, e sono anche custoditi i resti dei familiari defunti (da 6 a 60 per ogni casa!). Il bestiame non è da allevamento ma sono feroci uri selvatici. Non si tratta infatti di una società agricola né di allevatori. Sembra assente, a Catalhoyuk, una qualsiasi organizzazione verticistica della società, sia essa religiosa o amministrativa o militare.

Nel 6200 a.C. nella provincia siriana di Raqqa (che qualche anno fa fu la capitale dello stato islamico ISIS e che ora vede la presenza delle milizie curde appoggiate dagli americani), Mesopotamia preistorica, nasce il sito di **Tell Sabi Abyad**, un villaggio di circa un ettaro, che verrà distrutto dal fuoco, cuocendo i muri di fango e gli oggetti d'argilla, che sono così preservati fino ai giorni nostri. Ci sono depositi centrali per le merci, granai, magazzini, strumenti amministrativi di una certa complessità per tenere sotto controllo il contenuto dei magazzini, tra cui archivi economici. Anche **senza scrittura** (arrivata tremila anni dopo), infatti, vengono usati gettoni geometrici fatti d'argilla.

L'Europa, invece, arriva in ritardo. E fallisce pure. Nel 5500 a.C. in **Austria e Germania** nascono i villaggi neolitici di Kilianstadten, Talheim, Schletz, Herxheim. Si tratta della cultura della "**ceramica lineare**". Sono i primi agricoltori europei. Ma, dopo un primo periodo, ne segue uno burrascoso dopo il quale cessano di esistere. Sono ritrovate fosse comuni che testimoniano **l'annientamento**, o il tentato annientamento, di un'intera comunità. Le ossa dei resti nelle fosse comuni rivelano torture, morte violenta, mutilazioni, scalpi prelevati, cannibalismo. A Kilianstadten mancano all'appello tutte le giovani donne, che significa che sono probabilmente state prese prigioniere. **La coltura dei cereali ridecol-**

lerà in Europa solo dopo una pausa di mille anni. Anche questo segno dimostra che il percorso verso l'agricoltura non è affatto scontato, lineare e monotono, ma bensì esitante e irto di ostacoli e forse sconvenienze a livello sociale.

Sono incredibili invece i ritrovamenti sulla **sponda settentrionale del Mar Nero** (attuali Moldavia e Ucraina). Nascono e fioriscono villaggi e piccole città, rinvenuti negli anni '70 del XX secolo d.C. e risalenti al periodo dal 4100 a.C. al 3300 a.C.. Sono Taljanky, Maidanetske, Nebelivka e sono chiamati "**mega-siti**" per le loro dimensioni davvero enormi per l'epoca. Queste terre nere (chernozem) sono legendarie per la loro fertilità. Si tratta quindi di co-



*Pianta di Nebelivka, megasito nell'attuale Ucraina*

munità agricole. Ogni centro ha un'estensione di circa 300 ettari.

**Non contengono tracce di amministrazione centrale o depositi comuni.** Hanno pianta ovale con insediamenti concentrici e il centro vuoto. **Tut-**

**ta polpa e niente nocciolo.** Le case sono un migliaio o più per ogni mega-sito, di dimensioni 5m per 10m fatte di canne, argilla, fango, pietra e con orto annesso. Hanno fino a 10 mila abitanti per mega-sito, ma sono **stagionali**: sono abitati solo per una parte dell'anno. Si tratta quindi ancora di una **agricoltura per gioco**: non un sistema serio e strutturato per la sussistenza durante tutto l'anno, ma piuttosto di orti ed esperimenti in piena libertà.

In Inghilterra nel 3300 a.C. le popolazioni locali abbandonano la coltivazione dei cereali. Chi ha costruito **Stonehenge** nel 3000 a.C. non è una società agricola. Erano stati agricoltori in precedenza, ma avevano **abbandonato la coltura dei cereali** ed erano tornati, dal 3300 a.C. circa, alla **raccolta di nocciole e al bestiame da allevamento** e animali domestici, come principali fonti di sostentamento. Hanno valutato coscientemente la coltivazione dei cereali e deciso coscientemente di preferire un altro stile di vita. Stonehenge indica, d'altronde, un **coordinamento di qualche tipo, in vaste aeree delle isole britanniche, senza aver trovato evidenza di specifici re o regine.**

Ma è **Uruk** il centro della narrazione tradizionale che vede il passaggio all'agricoltura.

Uruk (attuale Warka, Iraq, la biblica Erech) nel 3300 a.C. è una città di 200 ettari, con tra 20 mila e 50 mila abitanti, che rimarrà popolata e florida per 3000 anni. Ha 9 edifici monumentali e l'uso della scrittura per la contabilità nei templi cittadini. Uruk, al contrario dei mega-siti ucraini, è tutto **nocciolo e niente polpa**: sono molto evidenti le strutture centrali della città, ma non è rimasto molto delle abitazioni private tutto attorno. L'espansione di Uruk e della sua cultura verso le popolazioni circostanti è sconcertante per il suo successo. Sono prodotti in grande quantità vini, indumenti, lanerie e formaggi che sono poi distribuiti col commercio alle popolazioni vicine.

Contemporaneamente in Anatolia Orientale fiorisce la città di **Arsilantepe**, sul modello di Uruk in Mesopotamia. Ma Arsilantepe vede l'ascesa di una **aristocrazia guerriera** con una nuova estetica del combattimento corpo a corpo, spesso rappresentata ed esaltata, con spade e punte di lancia finemente

modellate nel rame ricco di arsenico. Il sito di Arslantepe è un **tell**, una collina artificiale nata per il sovrapporsi di abitati ricostruiti sempre nello stesso punto per millenni; esso è stato occupato ininterrottamente a partire almeno dal V millennio a.C. fino all'età romana e bizantina.

In altre zone del pianeta succedono cose simili ma diverse.

Nel **Mare di Bothnian**, tra Svezia e Finlandia decine o centinaia di foraggiatori costieri innalzano le **"Chiese dei Giganti"** (*Jatinkirkko*): grandi bastioni di pietra, alcuni lunghi 60m. Si tratta di una popolazione sicuramente non agricola, post era glaciale.

E poi arriva la **scrittura**. Cambia tutto.

Nel 2053 a.C. in Mesopotamia una tavoletta cuneiforme di argilla datata il **28esimo giorno del decimo mese del 41esimo anno di regno di Re Shulgi di Ur**, rappresenta uno dei più antichi documenti scritti. Registra le consegne mensili di pecore e capre. Alla fine c'è il totale che fa 896 animali, ma la cifra corretta è 898, per cui c'è un errore che è stato conservato per i posteri.

In questo periodo l'agricoltura sfama numerose grandi città dalla Cina al Mediterraneo. Nel giro di altri 2000 anni arriverà a sfamare quasi tutta l'Eurasia, e, in altri 2000 anni, porterà la popolazione terrestre a 8 miliardi di persone (da 5 milioni all'inizio dell'Olocene).

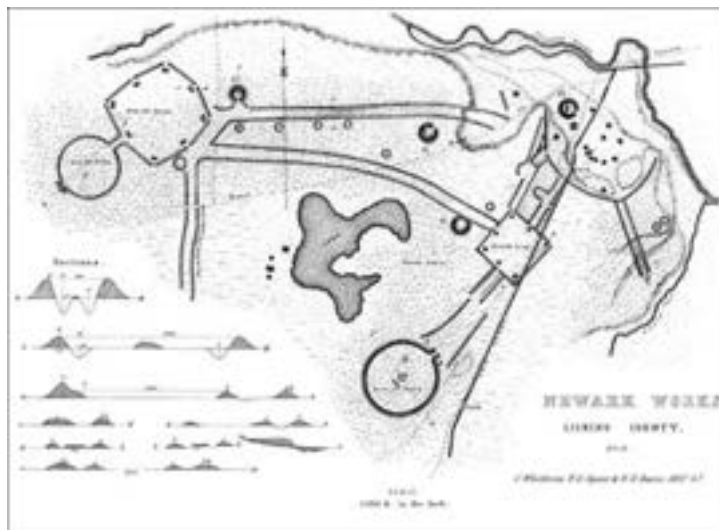
L'attenzione degli autori si volge poi particolarmente al **Nord America**, siccome è lì che sono venuti alla luce negli ultimi decenni indizi e prove nuove molto interessanti e potenzialmente rivoluzionarie.

Nel 1600 a.C. a **Poverty Point** (nome triste di origine moderna), attuale Louisiana, i nativi americani costruiscono massicci terrapieni che testimoniano l'esistenza di una avanzata civiltà del basso Mississippi in grado di commerciare sulle lunghe distanze, visti i ritrovamenti di manufatti in metallo in una zona senza giacimenti metalliferi. C'è un recinto monumentale su un'area di circa 200 ettari con due enormi tumuli e un anfiteatro sprofondato. Sono stati spostati un milione di metri cubi di terra. Le persone arrivavano qua dai Grandi Laghi e dal Messico. Alcuni tumuli formano enormi figure di uccelli.

Ma non sono agricoltori e non usano nemmeno la scrittura. Sono cacciatori, pescatori e foraggiatori. E' un sito dell'Età della Pietra in un posto dove non ci sono pietre. La gente però veniva qua da migliaia di Km di distanza. Perché? Per il Sapere. Per la proprietà intellettuale di rituali, visioni, canti, danze e immagini: scambi di informazioni complesse. La mancanza di una base agricola non sembra aver impedito la creazione di piccole città o qualcosa di stagionale che molto gli assomigliava. Oggi Poverty Point è patrimonio mondiale dell'UNESCO.

Pochi secoli dopo, in Ohio centrale, fiorisce la **"Cultura di Adena"**, che lascia come testimonianza tombe collocate in giganteschi terrapieni, alcuni lunghi diversi Km.

E nel 100 a.C., sempre in Ohio, fiorisce la **"Sfera di interazione Hopewell"**, ovvero una rete di comunità con epicentro Paint Creek in Ohio. Per i posteri lasciano punte di frecce in cristallo, mica ed ossidiana dagli Appalachi, rame e argento dai grandi Laghi, conchiglie e denti di squalo provenienti dal Golfo del Messico, molari di orsi grizzly delle Montagne Rocciose, ferro meteorico, denti di alligatore della Florida, mascelle di barracuda, ecc.. E costruiscono enormi terrapieni regolari a forma di cerchi, quadrati, ottagoni, allineati secondo principi matematici e



*I terrapieni di Earthworks, Licking county, Ohio*

cosmologici e tutti fatti di fango, noti con **Earthworks**, nella conte di Licking in Ohio.

Si tratta di un **osservatorio lunare** esteso per 5

Km quadrati, con terrapieni alti più di 5m, costruiti con accurati strati di terra, ghiaia e sabbia precisamente selezionate in modo da durare nel tempo, tanto che dopo migliaia di anni non sono mai stati assorbiti dagli acquitrini circostanti. Si tratta di **piccole città stagionali**, abbandonate per gran parte dell'anno, con teatri per elaborate e affollate cerimonie anche per una o due settimane di fila. Per il resto la comunità era composta di case sparpagliate nel territorio, perlopiù negli altipiani, famiglie che vivono grazie a caccia, pesca, foraggiamento e coltivazione occasionale di piante erbacee locali come girasoli e ortaggi. Anche qua è "agricoltura per gioco" che troviamo in gran parte del continente Nord Americano. Genera comunque una **cultura raffinata, a tratti geniale** dal punto di vista artistico: pipe sormontate di squisiti intagli a forma di animali, usate per fumare un tabacco molto forte che induce a stati di trance. Sono ritrovati anche piccoli fogli di rame indossati a mo' di pettorale, tagliati in complesse forme geometriche. Come a Poverty Point in Louisiana, l'influenza sociale deriva dal controllo su forme esoteriche di conoscenza. Si tratta di **culture egualitarie**, non nel senso che tutti sono uguali, al contrario invece sono esaltate le differenze, liberi di attirare l'attenzione o di ottenere un ruolo ben visibile nella società, con varietà incredibili di vestiti, ornamenti, tagli di capelli giocosi e stravaganti.

Contemporaneamente nel 100 a.C. la città di **Teotihuacan** viene fondata e prospera per 7 secoli, fino al 600 d.C.. Durante questi secoli è una città magnifica e sofisticata, che può benissimo reggere il confronto con Roma. La popolazione è di circa 100 mila abitanti, mentre i territori circostanti sono abitati da un milione di persone. Dopo un primo periodo autoritario, fino al 300 d.C., fa seguire un periodo egualitario: tutte le prove indicano che **Teotihuacan aveva trovato in modo autocosciente, il sistema di autogovernarsi, senza una struttura verticistica militare, religiosa o amministrativa**. Come avevano fatto le città molto più antiche dei mega-siti ucraini, Uruk in Mesopotamia, il Pakistan nell'età del Bronzo.

La città di Teotihuacan inizia la sua crescita urbana però solo a cavallo dell'anno 1 d.C.. Intere popola-

zioni attraversano la valle di Puebla e il bacino del Messico per fuggire dagli effetti dell'attività sismica sui confini meridionali, compresa un'eruzione di tipo pliniano del vulcano Popocatepetl. Alcuni dei villaggi abbandonati portano con sé la loro cultura che caratterizzerà Teotihuacan: ad esempio **Cuicuilco** aveva la tradizione di costruire piramidi (si pensi alle incredibili Piramidi a gradoni della Luna e del Sole a Teotihuacan), mentre a **Tetimpa** gli archeo-



*Piramide della Luna, Teotihuacan*



*Piramide del Sole, Teotihuacan*

logi hanno disseppellito case che assomigliano a quelle di Teotihuacan.

La città può disporre, in qualche modo, di manodopera e organizzazione per poter redigere le piramidi (il tutto senza animali da soma né utensili di metallo). Tutte queste costruzioni monumentali richiederanno sacrifici: nelle due piramidi e nel tempio verranno rinvenuti resti umani di centinaia di vittime di

uccisioni rituali, compresi resti di neonati agli angoli della Piramide del Sole, e quelli di prigionieri stranieri, alcuni dei quali mutilati o decapitati.

Con la svolta egualitaria del 300d.C. la costruzione delle piramidi si interrompe improvvisamente, ma continueranno ad essere usate fino al 550 d.C., anche se per scopi meno letali, a noi comunque ignoti, per poi essere abbandonate alla foresta che le inghiottirà. Nel periodo egualitario, Teotihuacan ha case in pietra più che decenti per ogni famiglia, non solo per i ricchi e i privilegiati: impianti di scarico completi, pareti e pavimenti finemente intonacati, stile di vita confortevole con dieta a base di tortillas di mais, uovo, tacchino, carne di coniglio, bevande color latte dette pulque ottenute dalla fermentazione dell'agave, una pianta spinosa. Possiamo sicuramente escludere qualsiasi tipo di ordinamento verticistico, anche se forse c'erano delle sorti di consigli di quartiere. Covano comunque tensioni sociali tra i gruppi di provenienza etnica diversa, che verso il 550 d.C. faranno lacerare il tessuto sociale della città. Le cose si disintegreranno dall'interno e la popolazione si disperderà nei territori circostanti, con la stessa rapidità con cui la città era nata più di 5 secoli prima.

Nel frattempo nel magnifico Yucatan (lo abbiamo visitato dopo l'eclissi di Aprile dello scorso anno) prosperano gli **"Stati Maya Classici"**. Città come Tikal, Calakmul, Palenque sono dominate da templi



*Stadio Maya per il gioco della palla, Uxmal nello Yucatan*



*Il "canestro" Maya, Uxmal nello Yucatan*

reali, campi per il **gioco della palla**, immagini di guerra e di prigionieri umiliati, complessi calendari.

Tutto ciò è assente nella Teotihuacan dal 300 d.C. in poi, che invece non ha evidenza di guida verticistica militare o religiosa o amministrativa, e manca anche del gioco della palla.

**Ma l'esperimento di Teotihuacan fallisce nel 550 d.C.** La città di Teotihuacan in Messico viene abbandonata. Covavano da tempo comunque tensioni sociali tra i gruppi di provenienza etnica diversa, che verso il 550 d.C. fanno lacerare il tessuto sociale della città. Le cose si disintegrano dall'interno e la popolazione si disperde nei territori circostanti, con la stessa rapidità con cui la città era nata più di 5 secoli prima.

Ma torniamo negli attuali Stati Uniti, valle del maestoso **Mississippi**: nel 1050 d.C. nell'attuale East St. Louis, fiorisce la città di **Cahokia**, la capitale di una sorta di stato cerealicolo nativo americano. Tocca punte massime di popolazione di 15 mila abi-

tanti per poi svanire nell'oblio improvvisamente nel 1350 d.C.. A Sud, sempre lungo il Mississippi, nascono altri regni simili che si sgretoleranno allo stesso modo. Questo scenario è chiamato "**cultura mississippiana**" e vede la **capacità autocoscienze di dedicarsi al dibattito politico e organizzativo** come uno dei massimi valori umani, così come l'amore per la **libertà individuale e il razionalismo scettico**. Nel 1350, comunque accade qualcosa di catastrofico che implica un rifiuto autocoscienze di tutto ciò che Cahokia rappresenta, inclusa l'agricoltura, e viene cancellata anche dalla tradizione orale dei nativi americani.

Poco dopo la fioritura di Cahokia (in un periodo che va dal 1142 al 1650 d.C.) nella regione dei Grandi Laghi, Nord America c'è la nascita progressiva della **Lega delle Cinque Nazioni Irochesi**. Il mais viene coltivato nell'Ontario già dal 1100 d.C., in quello che diventerà il territorio Attiwandaronk. Nei secoli immediatamente seguenti le **tre sorelle (mais, fagioli, zucche)** assumeranno un'importanza sempre maggiore nella sussistenza delle comunità irochesi anche se caccia, pesca e foraggiamento non scompariranno. Poi nel Periodo del tardo Owasco (1230 – 1375 d.C.) le persone inizieranno ad allontanarsi dai vecchi insediamenti stagionali lungo i corsi d'acqua per stabilirsi in città recintate da palizzate e occupate tutto l'anno. Molte di queste città contano duemila abitanti. Ci sono anche prove e testimonianze di episodi violenti di tortura, sacrificio cerimoniale, cannibalismo. Da notare la propensione degli Irochesi per il dibattito politico prolungato, la particolare enfasi sulle libertà individuale (**libertà di allontanarsi, di disobbedire, di sperimentare nuove forme sociali**) e lo **scetticismo verso la religione rivelata**, tutti aspetti comuni ad altre comunità di nativi nord-americani, che **influiranno sull'Illuminismo europeo**. In altre parole, non solo i nord-americani indigeni riuscirono ad **aggirare la trappola agricola** che conduce all'ascesa di uno Stato centralizzato ma, così facendo hanno anche sviluppato una sensibilità politica che avrà una notevole influenza sui pensatori dell'Illuminismo europeo. E queste idee ci accompagnano ancora oggi, spesso senza essere coscienti della loro vera origine. Si

pensi, invece, che fra i primi dotti europei venuti in contatto con questi principi dei nativi nord-americani, parliamo dei gesuiti, la posizione filosofica fu di essere semplicemente contrari al principio stesso della libertà umana. Quelle erano le idee europee dell'epoca.

Nel 1375, poco prima dell'arrivo degli iberici nelle Americhe, nella Valle dell'Etowah, fra Georgia e Tennessee, Nord America, la **città di Etowah**, fondata nel 1200, e capitale di una sorta di regno locale, è saccheggiata e i luoghi sacri sono profanati.



*"le 5 tribù civilizzate"*

Viene poi abbandonata e poi rioccupata più volte, ma mai in modo permanente.

Ci troviamo nel baricentro delle cosiddette future **cinque nazioni o tribù civilizzate del Nord America**: i **Cherokee** in Tennessee, i **Chickasaw** in Arkansas, i **Choctaw** in Louisiana, i **Creek Muskogee** in Georgia, i **Seminole** in Florida, tutti governati da consigli tribali con sistemi decisionali basati sul **consenso**. Un sistema che andrà avanti fino al XIX secolo.

Le discussioni tribali di politica sono fatte sempre **sotto l'effetto del fumo** perché, si dicono i nativi, **il fumo dona intelligenza** e permette di comprendere chiaramente le questioni complesse. Quindi non solo le idee indigene nordamericane influiranno sull'Illuminismo europeo, ma anche l'abitudine di fumare tabacco...

Ma veniamo all'arrivo degli spagnoli in Messico. Dal 1512 al 1519 **Hernan Cortes**, nelle Cinque Lettere di Relazione, descrive il suo ingresso nella valle di Puebla, dove trova le città di Cholula e Tlaxcala. E'

proprio a Tlaxcala che Cortes trova alleati disposti a combattere al suo fianco contro Montezuma a Tenochtitlan, la capitale dell'Impero Azteco. Cortes stima la popolazione di **Tlaxcala** in 150 mila abitanti. "In questa città c'è un mercato", riferisce a Carlo V, "con più di 30 mila persone impegnate a comprare e vendere". "L'ordinamento amministrativo", continua Cortes, "**assomiglia a quello di Venezia, Genova, Pisa, giacché non vi è alcun signore supremo**". Siamo di fronte ad uno dei punti di svolta nella storia del mondo moderno: la conquista spagnola dell'Impero Azteco, che porrà le basi per le successive conquiste europee nelle Americhe. Meno di mille spagnoli riescono nell'impresa, non solo grazie alle malattie involontariamente portate con sé e alle armi e cavalli, ma anche e soprattutto per gli alleati trovati in loco. I Tlaxcaltechi e le loro unità di guerrieri Otomi, vogliono infatti pareggiare i vecchi conti con gli Aztechi. La capitale azteca Tenochtitlan e la città-stato di Tlaxcala, incarnano infatti ideali opposti (più o meno come Atene e Sparta nel Mediterraneo). A Tlaxcala ci sono, ad esempio, **esperimenti di assistenzialismo sociale**, intrapresi mille anni prima anche a Teotihuacan, mentre è l'azteca Tenochtitlan a rompere con la tradizione locale e creare un rapace impero, più simile agli stati europei.

Gli autori si spingono a fare anche ipotesi audaci, ma anche queste circostanziate: la famosa **Piccola Era Glaciale**, nella sua seconda fase, dal XVI secolo in poi, uno studio sostiene che sia stata causata in parte almeno dall'espansione europea nelle Americhe. Attraverso lo sterminio di forse il 90% della popolazione indigena, infatti, le foreste tornano a impadronirsi di regioni in cui da secoli si praticava l'agricoltura. L'assorbimento del carbonio da parte della vegetazione provoca questa fase di relativo raffreddamento globale.

Ma veniamo all'aspetto "rivoluzionario".

Nel 1725 il filosofo politico francese Charles-Louis de Secondat, ovvero il barone **Montesquieu**, si trovava a Parigi. Nel 1748 pubblicherà "Lo spirito delle leggi", che ispirerà i padri fondatori degli Stati Uniti nella stesura della **costituzione americana** che proteggesse lo spirito della libertà individuale. La

libertà individuale (come dicevamo i nativi intendevano libertà di allontanarsi, di disobbedire, di sperimentare nuove forme sociali) e dello scetticismo verso la religione rivelata, sono anche tipiche, da secoli, delle culture native americane in Nord America. Potrebbe non essere un caso, in tal senso, che nel 1725, l'esploratore francese Bourgmont abbia portato a Parigi una delegazione native americana (indiani **Osage** e **Missouria**) e a **Parigi** organizza incontri pubblici per entrare in contatto con questi "diplomatici selvaggi". A questi incontri partecipano illustri intellettuali europei. Non sappiamo chi abbiano incontrato di preciso, ma in quel momento Montesquieu era a Parigi e si occupava di questi temi, per cui parrebbe strano non abbia partecipato. Ad ogni modo, nel suo libro, le speculazioni sulle modalità del governo selvaggio paiono una riproduzione esatta di ciò che il filosofo europeo possa aver sentito dai nativi americani. Sarebbe eccessivo affermare che l'**Illuminismo** mosse i primi passi nelle comunità di nativi Nordamericani, ma si può immaginare una possibile storia futura non eurocentrica in cui un'ipotesi di questo tipo non venga trattata come scandalosa e assurda per definizione.

---

### **Bibliografia:**

Ecco, è questo, il punto fondamentale.

Graeber, D., & Wengrow, D. (2023). *L'alba di tutto: Una nuova storia dell'umanità*. Rizzoli. (Edizione italiana)

Harari, Y. N. (2020). *Sapiens*. Bompiani. (Edizione italiana)

Diamond, J. (1999). *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. W. W. Norton & Company.

# GLI EVENTI DEL C.O.S.MO

Di seguito l'elenco (parziale) dei prossimi eventi del C.O.S.Mo. Sono quelli che sono già organizzati, ma altri potrebbero essere realizzati, per questo restate sintonizzati con i nostri social (trovate i link in fondo a questa sezione).



**Martedì 4 Marzo 2025 – Ore 21:00**  
**Presso Planetario di Modena**

## **Alla Ricerca del Tempo Perduto: Euclid e James Webb**

Le prime fasi dell'Universo sono di un tempo assai remoto ma, come scriveva Proust, il passato non è perduto ed è legato al presente.

Facciamo il punto sui più recenti risultati di Euclid e James Webb: i telescopi spaziali più avanzati nella ricerca sui misteri dello spazio-tempo e della materia-energia.

**Relatore: Roberto Castagnetti**

**Martedì 11 Marzo 2025 – Ore 21:00**  
**Presso Planetario di Modena**

## **Europa Clipper: alla scoperta della vita su Europa, satellite di Giove**

I dettagli ingegneristici di Europa Clipper della NASA in viaggio verso Europa, luna ghiacciata di Giove, per ricercare segni di un oceano sotterraneo e potenziali segni di vita.

**Relatore: Luigi Borghi**

**Lunedì 17 Marzo 2025 – Ore 16:00**  
**Presso Università della Terza Età di Modena**

## **Il Big Bang**

1° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Dall'infinitamente piccolo, i quark, all'infinitamente grande, il multiverso.

**Relatore: Luigi Borghi**

**Martedì 18 Marzo 2025 – Ore 21:00**  
**Presso Planetario di Modena**

## **Werner Heisenberg**

Fisico tedesco, Premio Nobel, famoso per il Principio di Indeterminazione, che ha cambiato per sempre la Fisica. Durante la Seconda Guerra Mondiale, fu coinvolto nel programma nucleare nazista.

**Relatori: Ciro Sacchetti e Leonardo Avella**

**Sabato 22 Marzo 2025 – Ore 16:00**  
**Presso Planetario di Modena**

## **Lune ghiacciate dei pianeti giganti**

Un esperto del settore ci descrive i satelliti ghiacciati del nostro Sistema Solare, il loro potenziale astrobiologico e gli obiettivi scientifici di esplorazioni spaziali mirate come la sonda ESA Juice.

**Relatore: Federico Tosi - Ricercatore INAF**

**Lunedì 24 Marzo 2025 – Ore 16:00**  
**Presso Università della Terza Età di Modena**

## **Il Sole, le stelle ed i buchi neri**

2° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Esaminiamo la natura di tutti questi eventi macroscopici dell'universo noto.

**Relatore: Luigi Borghi**

**Martedì 25 Marzo 2025 – Ore 21:00**  
**Presso Planetario di Modena**

## **Wernher von Braun**

Un personaggio chiave del XX secolo: sia per il suo controverso contributo durante la Seconda Guerra Mondiale (le V-2), sia per il Programma Apollo (il Saturn-V) che ha reso possibile l'esplorazione della Luna.

**Relatori: Davide Borghi e Ciro Sacchetti**

**Lunedì 31 Marzo 2025 – Ore 16:00**  
**Presso Università della Terza Età di Modena**

## **La nostra Terra e la Luna**

3° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Un binomio che rappresenta la

# GLI EVENTI DEL C.O.S.MO

nostra casa, un'astronave, con noi a bordo, che viaggia nello spazio.

**Relatore: Luigi Borghi**

**Venerdì 4, Sabato 5, Domenica 6 Aprile 2025 –  
Ore 9:30-17:00 Presso Bologna Fiere**

## **PLAY 2025 Bologna**

Anche quest'anno Il COSMo, con REA e ACME, parteciperà al Festival del Gioco che dal 2025 si è spostato a Bologna Fiere. Come nelle passate edizioni porteremo board games a tema spaziale, scientifico e tecnologico, tra cui lo strepitoso High Frontier di Phil Eklund (che sarà presente in fiera quest'anno!). Sarà una splendida occasione per giocare anche ad altri giochi a tema fisica delle particelle e fisica nucleare, come Quirky Quarks, Elementary, |Hop>, Tutti Quantum; ed inoltre per confrontarci con i visitatori sui temi che ci appassionano.

**Lunedì 7 Aprile 2025 – Ore 16:00  
Presso Università della Terza Età di Modena**

## **I pianeti del sistema solare e la vita**

4° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Molto probabilmente il nostro sistema sarà l'unica meta possibile per noi. Dove e come ha avuto origine la vita?

**Relatore: Luigi Borghi**

**Lunedì 14 Aprile 2025 – Ore 16:00  
Presso Università della Terza Età di Modena**

## **I pianeti extrasolari e gli asteroidi**

5° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Una nuova frontiera di ricerca ma anche un business in continua espansione: la Space Economy.

**Relatore: Luigi Borghi**

**Lunedì 28 Aprile 2025 – Ore 16:00  
Presso Università della Terza Età di Modena**

## **I pianeti extrasolari e gli asteroidi**

6° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Accesso allo spazio, delle agenzie

spaziali e dei privati. Un po' di storia e analisi dei principi di funzionamento.

**Relatore: Luigi Borghi**

**Lunedì 5 Maggio 2025 – Ore 16:00  
Presso Università della Terza Età di Modena**

## **Stazioni spaziali, robot e intelligenza artificiale**

7° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Quali sono gli habitat con cui l'uomo può vivere e lavorare fuori dalla Terra? Che ruolo avranno i robot e la AI nella esplorazione spaziale?

**Relatore: Luigi Borghi**

**Lunedì 12 Maggio 2025 – Ore 16:00  
Presso Università della Terza Età di Modena**

## **Perché e come andremo a colonizzare la Luna e Marte**

8° lezione di astrofisica e astronautica alla Università della Terza Età. Ci sono motivazioni molto forti che spingono l'umanità ad andare oltre la terra. Fin dove possiamo andare e quali sono le prospettive?

**Relatore: Luigi Borghi**

**Giovedì 29 Maggio 2025 – Ore 10:00  
Presso Università della Terza Età di Modena**

*Data e orario da confermare*

## **Dialogo sull'evoluzione della comunicazione: dalla carta stampata a internet, fino alla rete interplanetaria**

Dialogo tra il prof. Andrea Mariuzzo (UNIMORE) e Luigi Borghi (Docente UTE) nell'ambito della "Città Educativa 2025" manifestazione annuale organizzata dalla Università della Terza Età di Modena.

Quali sono state le rivoluzioni tecnologiche che hanno avuto un notevole impatto sulla comunicazione e cosa hanno provocato nella società: dai primi newspaper alle fake news?

**Relatore: Luigi Borghi**

# GLI EVENTI DEL C.O.S.MO

**Altre attività ed altri eventi sono in fase di organizzazione  
Per essere informati è possibile utilizzare il nostro sito**

*[Clicca qui per andare alla pagina Eventi](#)*

**RESTATE AGGIORNATI!**

**Ma non solo sul sito**

**SEGUITECI SUI NOSTRI SOCIAL**

*[Clicca qui per l'elenco dei social](#)*

**Per Info e Contatti**

**Sito:** [www.ilcosmo.net](http://www.ilcosmo.net)

**Email:** [info@cosmo.net](mailto:info@cosmo.net)



*Il Consiglio Direttivo*

**Uscita del prossimo numero:**

**GIUGNO 2025**