

## SOLE NERO

**The Great American Eclipse**

---

**Comunicazione dallo Spazio Profondo**

---

**Carne coltivata**

---

**Starship**

61

2024

**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.

**IN QUESTO NUMERO:****ASTRONOMIA****"The Great American Eclipse" vista da Mazatlan (Messico)**

di Davide Borghi, Arianna e Antonio Melandri, Anna Bergonzini..... pag. [6](#)

**Il mio racconto dell'Eclissi Totale di Sole a Shirley (Arkansas)**

di Leonardo Avella..... pag. [16](#)

**L'Eclissi nel Vermont**

di Federico Tessari e Giulia Massaccesi (due romani a Boston)..... pag. [23](#)

**ASTRONAUTICA****Comunicazione dallo Spazio Profondo**

di Luigi Borghi ..... pag. [26](#)

**TECNOLOGIA****Carne Coltivata**

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

**ASTRONAUTICA****Starship**

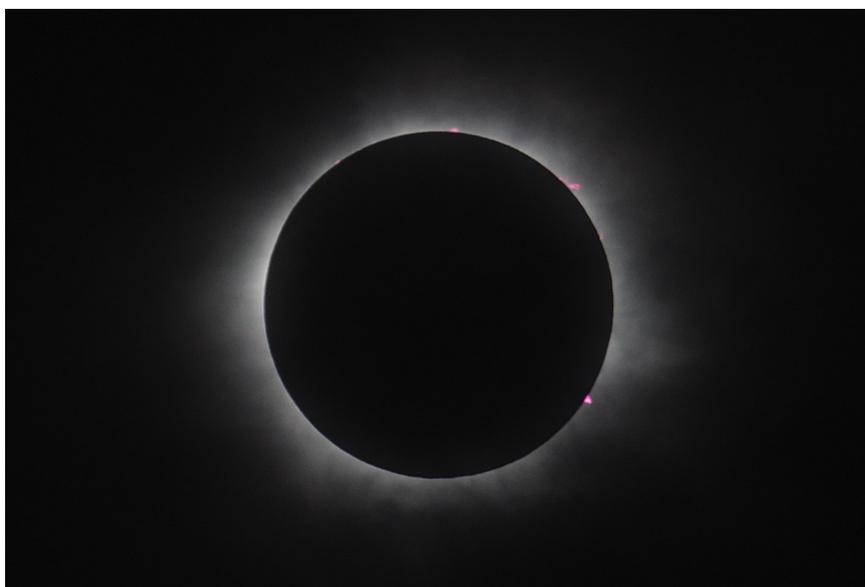
di Leonardo Avella e Ciro Sacchetti ..... pag. [47](#)

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

**L'elenco dei prossimi eventi** ..... pag. [51](#)

**IN COPERTINA**

*Il Sole Nero [Autore: Antonio Melandri—Il COSMo]*





## TOTALITÀ

In copertina abbiamo messo **la totalità dell'eclisse nord americana** che abbiamo vissuto in prima persona dallo stato messicano di **Sinaloa (Davide, Antonio, Arianna, Anna)**, e dagli stati americani dell'**Arkansas** (Leonardo e famiglia) e del **Vermont** (Giulia e Federico): si è trattato di un evento coinvolgente sia dal punto di vista **scientifico** che da quello **emotivo**. Abbiamo ben tre articoli che trattano la cosa: uno per ogni stato da cui l'abbiamo osservata.

**Roberto**, al solito, ha curato la stupenda nuova impaginazione.

**Luigi** ci parla di **comunicazioni con lo spazio profondo**: un argomento spesso dato per scontato, ma niente affatto tale: implica aspetti di una certa complessità e non è affatto una tecnologia da considerarsi "arrivata", siccome sono in serbo rivoluzionari sviluppi.

**Ciro** e **Leonardo** ci parlano dello spettacolare **terzo lancio della Starship**, che ha permesso di sistemare parecchi precedenti problemi, ma ancora tanto resta da fare. E presto (v. più sotto in questo editoriale) ci saranno altri lanci. *Stay tuned!*

Infine ho incluso anche **un mio resoconto riassuntivo dell'interessante conferenza sulla Carne Coltivata** tenuta da **Alice Lunghi, Francesco Bombardi, Nicolas Micheletti**, che ringrazio tanto per la disponibilità e per l'intervento su un argomento non banale e dalle numerose implicazioni, che ho cercato di riassumere.

Nel viaggio in Messico e in particolare a **Mazatlan** sulla costa pacifica per l'eclissi, abbiamo anche avuto occasione di stringere amicizie con tutti i membri del **gruppo di 17 astrofili e appassionati di astronomia** provenienti un po' da tutta Italia a partire da Trento, Udine, Ferrara, Padova, Milano, Roma, oltre che, naturalmente, Modena. Una cosa che, sono sicuro, avrà un seguito in altre iniziative.

Il 19 Aprile, appena tornato dal viaggio in Messico, ho avuto occasione di presentare "**Intelligenza Artificiale: azzardo o opportunità? Dagli albori all'attuale incredibile sviluppo. Applicazioni sul breve periodo, rischi e regolamentazione, visione sul lungo termine**". Organizzato presso Catta27 della Filiera Agroalimentare di **Confindustria Emilia** e da **Il COSMo APS**, nell'ambito della **Giornata Made in Italy 2024** istituita dal **Ministry of Enterprises and Made in Italy**. La presentazione ha avuto ottimi apprezzamenti: ringrazio Confindustria Emilia e Catta27 per l'opportunità.

Sabato 20 e domenica 21 aprile abbiamo organizzato ed eseguito con grande soddisfazione il **Festival della Scienza e dell'Astronomia di San Prospero (MO)**, con un'interessata partecipazione di pubblico su entrambi i giorni del weekend. Il successo dell'evento è stato reso possibile anche grazie alla puntuale e preziosa collaborazione con **REA** (Reggio Emilia Astronomia) per quanto riguarda i telescopi, e con **ACME** per i razzi esposti e gli esperimenti di fisica.

Il ciclo di conferenze del nostro consueto **Equinozio di Primavera**, presso il **Planetario di Modena**, ha visto trattare, tra marzo e aprile, temi interessanti:

- **Base su Marte,**
- **Intelligenza Artificiale,**
- **Aggiornamenti da Starship,**
- **Coltivare la carne,**
- **Sole vs Atomo,**
- **Arduo da vedere il lato oscuro è (materia ed energia oscura).**



Argomenti molto diversi ma tutti appassionanti: abbiamo fatto spesso il tutto esaurito!

Sono in lavorazione le conferenze al Planetario per il prossimo **Equinozio d'Autunno**.

Non voglio spoilerare troppo, ma posso rivelare che in cantiere abbiamo una serata dedicata ad un gigante della Fisica: "**Enrico Fermi, l'ultimo uomo che sapeva tutto**". E poi un'altra su un tema che riguarda l'**intreccio fra musica, oscillazioni periodiche e l'Universo** dal titolo "**Nello Spazio nessuno può sentirti urlare - Musica e Universo**". (il titolo è un piccolo tributo alla SF di *Alien*, ma il tema è molto più ... tranquillo). Poi parleremo di "**Comunicazioni con lo spazio profondo**". E infine, *last but not least*, presenteremo gli "**Aggiornamenti da Space X per quanto riguarda Starship**": il gigante che a tappe forzate sta maturando l'affidabilità necessaria per **riportarci sul suolo lunare** e per portarci, per la prima volta, su **Marte**; ed in entrambi i casi andremo per restarci, iniziando così la *colonizzazione planetaria*. Ma ... facciamo un passo alla volta: nella conferenza autunnale vi aggiorneremo sull'ultimo lancio di Starship, il quarto, che, per allora sarà già avvenuto, almeno per quanto ne sappiamo al momento.

Mentre scrivo ci troviamo nelle fasi finali di preparazione della fiera **PLAY** del 17-18-19 Maggio, dove anche quest'anno abbiamo il **nostro stand. Dal 2019 siamo, infatti, presenti a PLAY**; in quell'anno abbiamo portato materiale sul 50esimo del primo sbarco lunare, ed abbiamo presentato il **Sistema Solare in miniatura** in scala 1:10 miliardi (sia per le distanze che i diametri planetari), distribuito dentro alla fiera (il Sistema Solare interno) e lungo la via Emilia fino a Piazza Grande (dov'era posizionato Plutone), a Modena Est (il remoto asteroide Arrokoth) e Castelfranco (una delle sonde Voyager).

Quest'anno a PLAY portiamo anche un board game, **Quirky Quarks**, da giocare nel nostro stand: un gioco a sfondo scientifico sulla ricerca di base di particelle subatomiche attraverso gli acceleratori. Ce lo siamo procurati al **CERN/LHC** quando siamo andati in visita alcuni mesi fa, e lo trovo estremamente giocabile e istruttivo su un argomento, la Fisica Quantistica, niente affatto semplice. Inoltre, sempre nello stand, mostreremo la partenza in **audio-video di diversi giganti: Starship, Saturn V, Falcon Heavy**, con audio originale e casse adatte per provare l'emozione del *lift-off* in prima fila.

Con **REA** stiamo preparando una serie di interessanti **conferenze al Parco delle Caprette a Reggio Emilia**, ma non solo, stiamo organizzando con loro anche il **Festival dell'Astronomia di Montecchio Emilia**, un importante, e seguito, appuntamento giunto alla sua seconda edizione.

Per tutte queste iniziative, che mi rendo conto, sono difficili da tenere a memoria, vi rimando alla nostra pagina **EVENTI** nel sito, che teniamo continuamente aggiornata (link: <https://ilcosmo.net/index.php/eventi/>)

Infine, i nostri viaggi: dopo il CERN-LHC, dopo il Messico e USA per l'eclissi, stiamo ora raccogliendo adesioni per il viaggio, nelle date 13-14-15 Settembre, a **Bletchley Park**, poco a Nord di Londra, dove **Alan Turing**, padre dell'Intelligenza Artificiale, sviluppò i primi sistemi computerizzati per decrittare il codice nazista Enigma durante l'ultimo conflitto mondiale, ponendo le basi dei moderni computer.

Coglieremo l'occasione per vedere, il 14 Settembre, anche l'**Air Show di Duxford**, con **aerei della Seconda Guerra Mondiale in volo**. Ho già visitato sia Bletchley Park che l'evento di Duxford e garantisco per l'unicità dei luoghi, dell'evento aeronautico, e per **quello che rappresentano**. Se siete interessati contattatemi subito, oppure scrivete una email direttamente a UTE Ufficio viaggi: [barbieri.segreteria.ute@utemodena.it](mailto:barbieri.segreteria.ute@utemodena.it)

Il Presidente

**Davide Borghi**

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

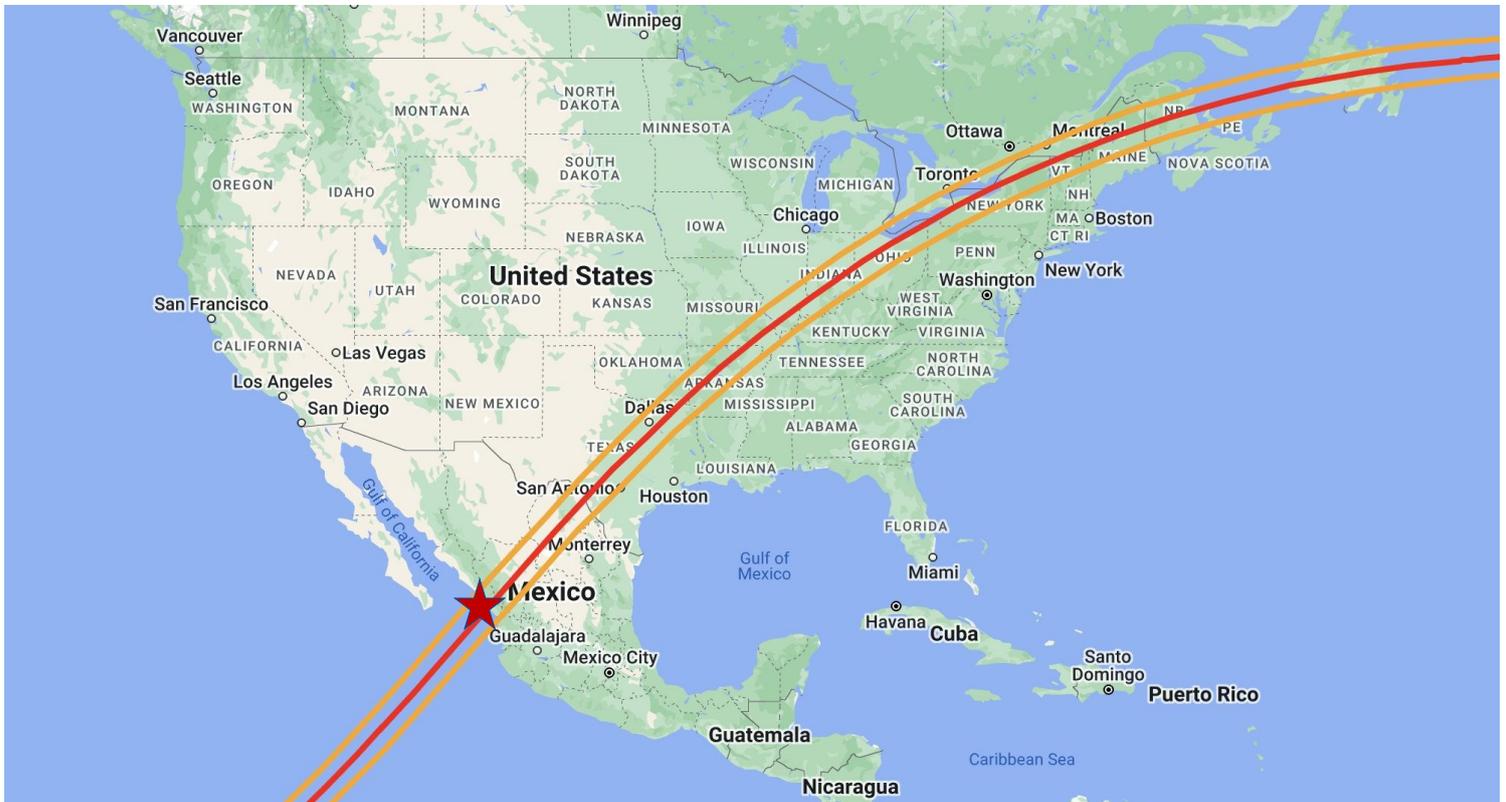


*Un'eclisse Totale di 65 milioni di anni fa. Un collegamento tra L'eclisse messicana ed il cratere Chicxulub, ovvero il sito di impatto dell'asteroide che ha estinto i dinosauri, visitato dai nostri nell'aprile scorso dopo il Sole Nero.*

*Immagine creata con Intelligenza Artificiale, tramite **ChatGPT-4o** — **DALL-E***

## "THE GREAT AMERICAN ECLIPSE" VISTA DA MAZATLAN (MESSICO)

di Davide Borghi, Arianna e Antonio Melandri, Anna Bergonzini



Fascia di totalità dell'eclissi solare dell'8 aprile 2024. La stella indica il luogo in cui è avvenuta l'osservazione  
Credits: Google.

Era **dall'Agosto 1999** che non vedevo una eclissi totale, quando la vidi a Verdun (della Battaglia di Verdun – la più grande battaglia della storia). E' quindi la mia seconda eclissi, dopo un quarto di secolo, quasi esatto.

Ma stavolta è stato diverso.

Questo è un articolo a più mani, ma inizio io **[Davide]** per rompere il ghiaccio...

Nel 1999 eravamo ai margini di un bosco e ricordo tanta gente sul prato coi loro strumenti astronomici. Ricordo gli **uccellini che hanno smesso di cantare, e gli umani di parlare**. Ricordo stupore di fronte ad una meraviglia della natura. Dell'universo, bisognerebbe dire.

Sarebbe d'accordo a definirla così il grande scrittore di fantascienza **Iain Banks**, le cui "menti IA" hanno dato nomi alle proprie navi da battaglia, che sono



Gli occhiali da eclisse del 1999 e quelli del 2024

stati poi riusati da **Elon Musk** per le proprie navi di recupero dei razzi Falcon-9 usati. Iain Banks infatti, in un'intervista sulle eclissi, diceva che se ci sono alieni di qualche specie avanzata, sulla Terra, perché dovrebbero venire qua?

Sicuramente non per la vita: se esistiamo noi e loro, probabilmente esistono innumerevoli altre specie nell'universo. Non sicuramente per l'acqua che sappiamo essere molto più abbondante in altri corpi del Sistema Solare (come Europa, Ganimede, Callisto, Encelado, solo per citarne alcuni - dove interi strati geologici sono composti di acqua liquida). Non sicuramente per i metalli preziosi, che sappiamo essere molto più abbondanti e raggiungibili nella Fascia Principale degli Asteroidi. Sarebbero qua per le eclissi totali di Sole! Infatti, in questo periodo dell'evoluzione del Sistema Solare (e in particolare della distanza Terra - Luna, la quale si sta lentamente allontanando) **il nostro satellite naturale ha praticamente lo stesso diametro apparente della nostra stella. Un caso più unico che raro** forse nella nostra zona di galassia (il Braccio di Orione della Via Lattea).

Quindi SE esistono alieni sul nostro pianeta (è un grosso SE, mi raccomando...), secondo Iain Banks, sono probabilmente qua in vacanza e sono venuti a vedere le eclissi totali!

È ovviamente un ragionamento provocatorio, ma è per far pensare all'**eccezionalità** della coincidenza e quindi dell'evento, che va oltre ciò che è comune perfino nel nostro Sistema Solare.

La copertura esatta del disco solare da parte della Luna, durante un'**eclissi totale**, mette quindi in evidenza per diversi minuti le **protuberanze solari** e la **corona solare**, cosa che, invece, non succede nelle **eclissi anulari**, dove invece la Luna è leggermente più lontana dalla Terra, permettendo al Sole di continuare ad abbagliarci nel contorno della Luna. Durante una "totale" invece, quando la Luna è davanti al Sole, l'evento, si può guardare ad occhio nudo o con dei binocoli o con i telescopi, senza rischiare di danneggiare la retina.

Con Antonio, Arianna e Anna siamo andati a vederla in Messico con un viaggio organizzato da Gattinoni

Travel, cercando un punto dove fosse massimizzata la durata dell'eclissi e la probabilità di aver cielo sereno. Eravamo in **17 astrofili, appassionati e curiosi**. Con tanta strumentazione astronomica.



*"los italianos" al completo (più la guida - a destra)*

Abbiamo trovato da dormire solo a **Los Mochis**, appena fuori dal percorso della totalità, per cui, il giorno dell'eclissi, a mezzanotte (ore 00:00) siamo partiti in pullman, per evitare ingorghi, trovare il posto giusto e preparare per bene la strumentazione astronomica.

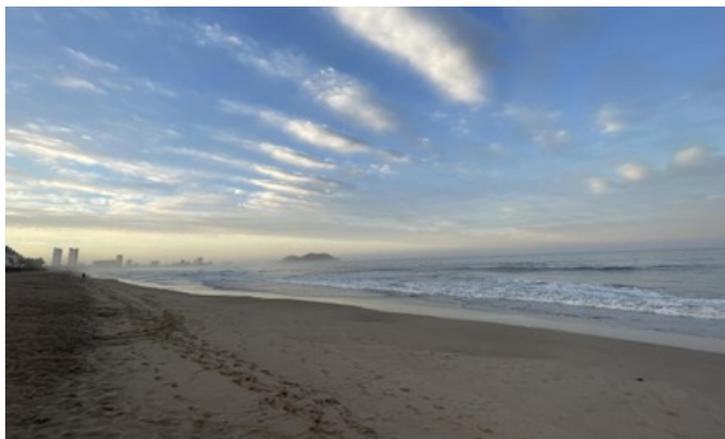


*Il percorso dell'eclissi e il nostro viaggio per tappe, durato 14 giorni*

All'alba siamo arrivati in posizione a **Mazatlan**, in una piazzola sulla spiaggia affacciata sull'**Oceano Pacifico**.

I preparativi sono iniziati subito e in poche ore eravamo prontissimi. Nel frattempo la spiaggia ha iniziato ad affollarsi di gente, compreso il **candidato senatore Enrique Inzunza**, con cui ci siamo intrattenuti (finendo poi sui giornali locali il giorno dopo, con tanto di foto e riferimenti a "los italianos").

Già diverse decine di minuti prima della totalità, che è stata poco prima di mezzogiorno, la **temperatura**



*La spiaggia di Mazatlan all'alba, appena arrivati*

**inizia a calare**, fino ad obbligarci a vestirci di più. Poi si alza un **vento piuttosto fresco**. La luce cala costantemente. Poi quasi improvvisamente **diventa buio**. Ma non è buio davvero: c'è ancora uno spicchio di Sole, siamo forse al 99%, è solo che confronto all'abbagliante luce dei tropici a mezzogiorno, lo sembrava. Poi diventa buio davvero. Si sentono le **urla di gioia**. Io stesso non le trattengo.



*Col senatore Enrique Inzunza*



*La strumentazione astronomica è pronta*



*...e anche Antonio è pronto*



*Le prime fasi dell'eclissi*

Nonostante la lunga attesa, l'evento arriva improvvisamente, quasi inaspettato. Sembra incredibile a dirsi.



*La Luna sta per mangiarsi le macchie solari al centro del Sole*



*Inizia la totalità: evidenti le protuberanze sul lato sinistro. Con il progredire dell'eclisse compariranno quelle sul lato destro*



*TOTALTA'*



*La totalità a campo largo*

Urla di stupore.

Emozione e lacrime.

In un attimo: si accende il Sole Nero.

Meraviglia senza tempo.

Noi siamo il cosmo: ne siamo parte.

E' la sensazione vedendo la Luna allineata col Sole perfettamente e a fianco Venere e Giove.

Per quattro minuti e mezzo osserviamo il sole nero a occhio nudo o con la strumentazione. Io lo faccio

coi miei binocoli stabilizzati x18.

La cometa 12P/Pons Brooks che si trova a sinistra del Sole non si vede, troppo fioca, ma non speravamo tanto.

Quattro minuti e mezzo volano via in un baleno.



*Eclissi ripresa con smartphone*



*Verso la conclusione dell'eclisse*

## **[Anna]**

Adesso è il mio turno di descrivere l'evento.

Io sono una neofita, questa è infatti la mia prima esperienza di eclissi totale. Non ho competenze astronomiche, sono una persona che, a parte il piacere di ammirare un cielo stellato, si accontenta di riuscire ad individuare alcune, se pur poche, costellazioni come ad esempio Orione ed il grande carro, niente di più. Sono venuta in Messico per provare

l'esperienza dell'eclissi totale dotata solo **dei miei occhi, dei miei sensi e delle mie emozioni**, senza sofisticate apparecchiature astronomiche o cannocchiali o sensibili macchine fotografiche, neppure un semplice treppiede su cui fissare il mio smartphone.

Quello che voglio descrivere è quello che si è visto e provato durante l'oscuramento al di là dell'evento astronomico descritto così bene da Davide.

Le sensazioni provate durante lo svolgersi dell'eclissi eccedono le parole.

**Il vento**, già testimoniato da Davide, non era "normale", lo sentivo intorno a me ma non riuscivo a capire da che parte provenisse, era un movimento di aria ne' calda ne' fredda. Il vento comunque si acquieta ben prima del raggiungimento della copertura totale del sole.

La **drastica riduzione di temperatura** percepita ben prima del raggiungimento del 50% di copertura, non era certo legata al vento, comunque tiepido, ma esclusivamente all'importante riduzione dell'irraggiamento solare durante il progredire della copertura del suo disco.

Poi l'effetto più sconvolgente; **l'oscurità**. Non pensate ad una semplice riduzione di luminosità, praticamente un effetto notte con tutto che diventa più scuro... NO!

Durante l'oscuramento tutte le cose hanno cominciato a **variare di colore** assumendo via via **toni blu e violetti**, qualcosa di molto diverso dai normali tramonti dove tutto si carica di connotazioni rosso-arancioni.

Infine la luce si riduce ad una flebile aureola luminosa che circonda un **Sole Nero**, ma...il sole si vede ancora. Dove? Lo vedi lontano, una striscia molto **luminosa sull'orizzonte**. Un effetto dovuto alla luce del sole che, al di fuori del cono d'ombra si riflette sul mare. Si ha quasi **l'impressione che un altro sole, gemello di quello nero che sovrasta perpendicolarmente le nostre teste, stia tramontando nell'oceano pacifico**.

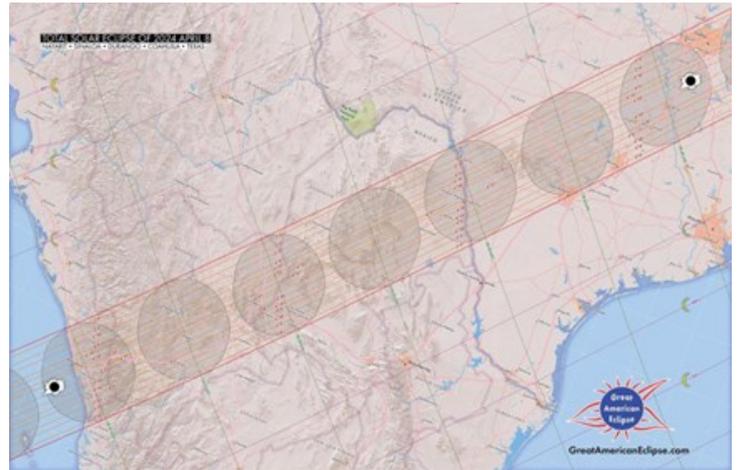
E dopo 4 minuti e 20 secondi, tutto finisce!

Piano piano la coperta d'ombra della luna comincia

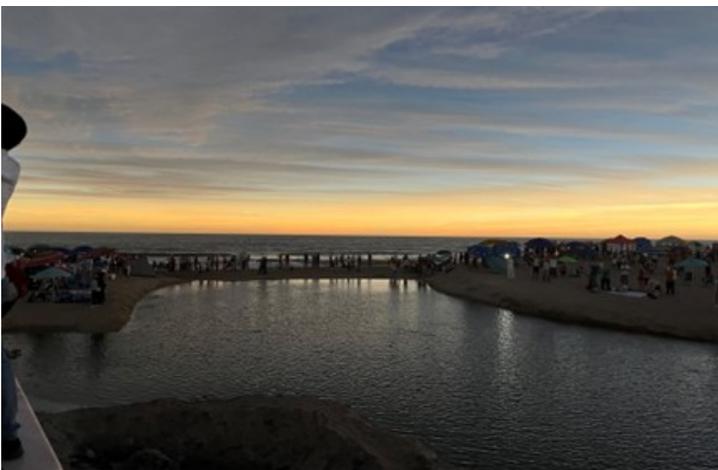
a scivolare via dalla superficie del sole e gli altri miei sensi si risvegliano.

Mi accorgo solo in questo momento del **caos di voci** attorno a me, del movimento dei corpi ammassati che subito cominciano a sciamare via lasciando il luogo dove ci eravamo posizionati per seguire l'evento, perchè, evidentemente, lo "scoprimto" del sole non e' altrettanto emozionante come invece l'evento contrario.

Anche gli astrofili qui riuniti provenienti da tutto il mondo cominciano a mettere via strumenti e macchine fotografiche.



*Il passaggio della totalità in Messico, Texas, e Arkansas*



*Sole all'orizzonte durante il culmine dell'eclisse totale*

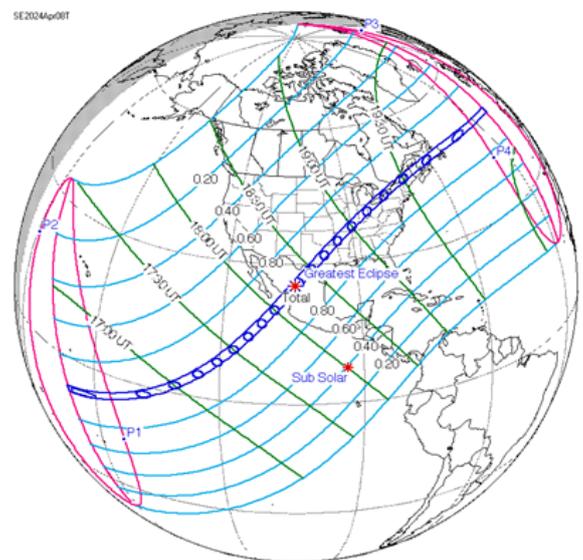
Dopo poco tutto sembra tornato alla normalità; non si alza alcun vento ne' l'aumento della temperatura è così drammatico come il precedente calo, tutto avviene lentamente, **con delicatezza come una rinascita gentile**.

E adesso passo la parola di nuovo a Davide.

**[Davide]**

Ci teniamo in contatto continuo con Leonardo, che ha appena raggiunto l'Arkansas dal Texas per avere più probabilità di avere cielo sereno. Vedrà dopo poco meno di un'ora. E siamo in contatto con l'amica e collega Giulia, che la vedrà in Vermont dopo circa un'ora e mezza. **Un'eclissi ben coperta e documentata da tutto il team COSMo!**

Il viaggio continua e proseguiamo per **Città del**



*Il passaggio della totalità sul Nord America*



*La totalità a Mazatlan vista dall'orbita geostazionaria (GEO)*

(1) Salucci, P., Nesti, F., Gentile, G., & Martins, C. F. (2010). The dark matter density at the Sun's location. *Astronomy & Astrophysics*, 523, A83. [10.1051/0004-6361/201014385](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201014385)



La durata variabile dell'eclissi nel suo percorso

**Messico** (dove visitiamo lo **Zoocalo**, il **Museo nazionale di Antropologia**, il **Santuario di Guadalupe** e poi il sito archeologico di **Teotihuacan**).

Poi altro viaggio verso **Tuxtla Gutierrez**, **San Cristobal de las Casas**, **Canyon de Sumidero**, **San Juan Chamula**, **Chiapas**, le **Cascate Agua Azul**, **Palenque**, le rovine di **Uxmal**, **Merida**, **Campeche**, **Chicxulub**, **Chichen Itza**, **Playa del Carmen**, **Cancun**.



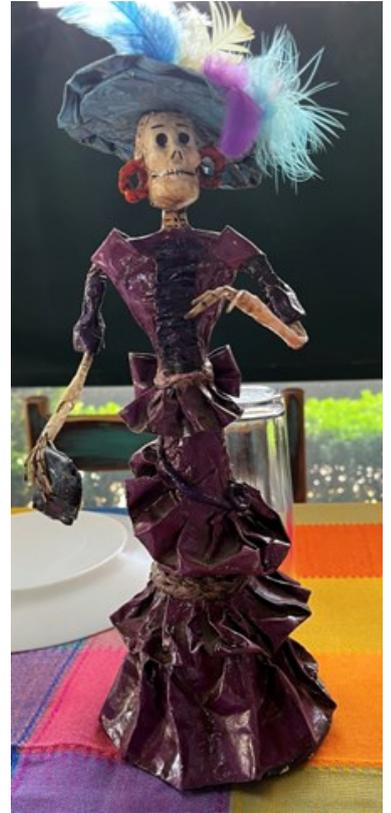
La bandiera Messicana ... così simile alla nostra

Tutte tappe sempre contornate dagli immancabili coloratissimi teschi e dalle Catrine, fascinosi Scheletri femminili vestiti in mussola come dame dell'ottocento. In tutto sono 8 voli aerei e tante ore di pullman. Copriamo innumerevoli posti in 3 fusi orari

(che diventano 4 se consideriamo che nell'ultima parte del terzo avevano l'ora legale per cui è come se fossero stati nel successivo più a Est).

Visitiamo i siti **Aztechi** e **Maya**, di un fascino incredibile, ma questa è un'altra storia e meriterebbe un articolo a parte.

Restando sugli aspetti "astronomici", abbiamo anche visitato **Chicxulub**, ovvero il sito di impatto dell'asteroide che ha estinto i dinosauri 66 milioni di anni fa (per la precisione 66.043.000 anni fa +/- 11.000 anni). Si tratta dell'episodio K-T (Cretaceo - Terziario) che portò all'estinzione dell'85% delle specie.



Una piccola Catrina che decorava la nostra tavola

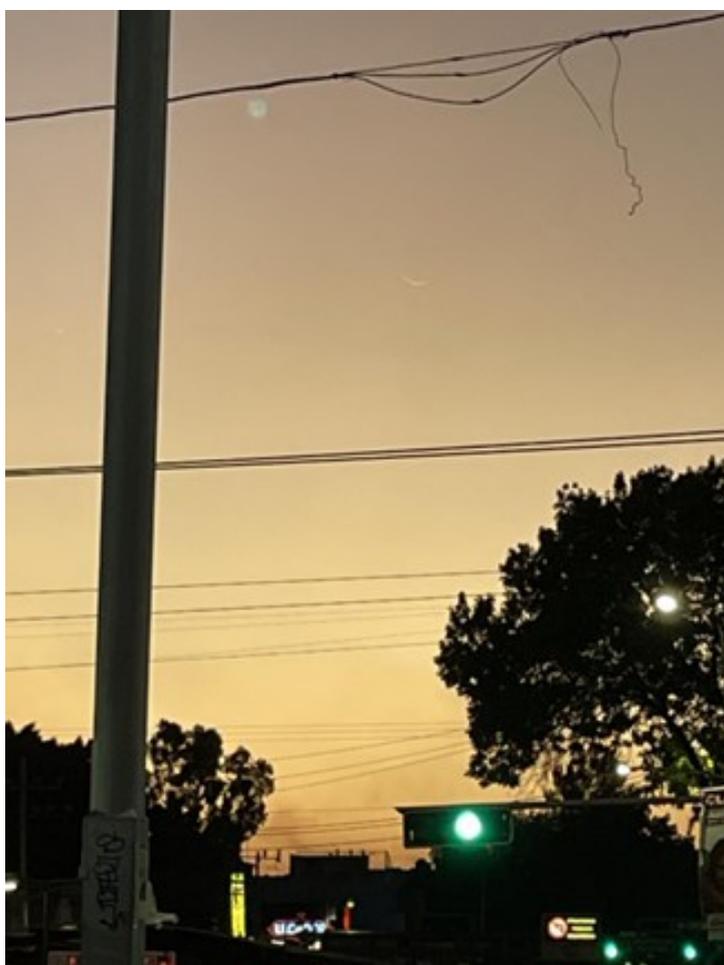
Il meteorite di 10Km arriva a 16Km/s con un angolo di 30 gradi diretto verso Nord-Ovest; il cratere ha un diametro di almeno 180Km; arriva in un giorno di primavera perchè è stato trovato un fiore di magnolia nello strato geologico. L'impatto del meteorite di Chicxulub provoca un terremoto di grado 11-12 Richter.

L'acqua dell'Oceano Atlantico, apertasi per l'impatto del meteorite, dopo 90 secondi si richiude per riempire il cratere, e forma un picco verticale alto ben 35Km. Sarà la caduta di questa incredibile colonna d'acqua a provocare lo tsunami peggiore, dopo altri 25 secondi, con onde alte 300m. Dopo pochissimi minuti arriva sulle coste Nord del Golfo e coprirà tutto l'attuale Texas arrivando fino in Oklahoma.

Dopo 40 minuti i detriti roventi mandati in orbita dal meteorite di Chicxulub iniziano a ricadere in quantità enormi, vetrificando. Si ritrovano ora in tutto il mondo nel sottile strato K-T. Si crea un improvviso sbalzo termico. Molte forme di vita sulla superficie

sono sterminate. Ma già pochi centimetri sotto la superficie la temperatura potrebbe essere accettabile per parecchie specie viventi fra cui i mammiferi.

Proprio grazie allo strato di Iridio di origine extraterrestre trovato poco a Nord di Gubbio da Alvarez padre e figlio nel 1980, sono stati scoperti i primi indizi della caduta del meteorite, che è stato poi individuato in quello di Chicxulub, appena scoperto (1978) prima da rilievi petroliferi della Pemex (la compagnia petrolifera messicana) e poi chiaramente individuato dal radar di uno space shuttle (missione STS-99 - Space Shuttle Endeavour, Febbraio 2000).



*Il primo spicchio di luna - il giorno dopo l'eclissi totale*

Affascinati dal significato simbolico di essere proprio lì dove ha toccato il suolo (mentre la parte alta del meteorite doveva ancora entrare nella troposfera tanto era grande), siamo andati a Chicxulub a notte fonda per effettuare osservazioni astronomiche. Ed abbiamo visto la Croce del Sud, l'ammasso globula-

re Omega Centauri e, solo col telescopio, la Galassia Sombrero.

In successive circostanze alcuni di noi hanno potuto vedere anche Alfa e Beta Centauri.



*Gli immancabili coloratissimi teschi*



*La piramide di Kukulcan, costruita dai Maya in modo tale che l'ombra della scala rivolta a nord, proietta agli equinozi, un'ombra a forma di serpente sull'edificio*



*Il Sole quasi allo zenith a mezzogiorno*



All'orizzonte si vedono delle leggere alture che sono compatibili con il bordo Sud del cratere Chicxulub



Chicxulub: il punto di impatto del meteorite omonimo che ha causato l'estinzione dei dinosauri (K-T event)



Il museo di Chicxulub



Osservazione del cielo notturno a Chicxulub: al centro si intravede la Croce del Sud

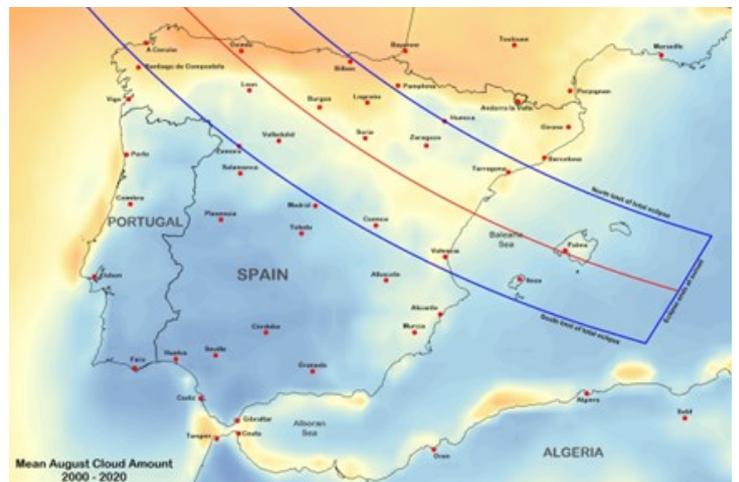


Orione è alto e glorioso (si vede perfino la nebulosa omonima) nel cielo estivo messicano

## [Arianna e Antonio]

In conclusione, Arianna ed io (Antonio) vorremmo condividere con voi l'emozione provata nell'assistere a questo evento.

Nei [link](#) trovate il video di Arianna e la **sequenza di immagini** che ho ottenuto tramite un teleobiettivo da 300mm. Sebbene insieme avessimo già visto **quella del 2017 in Wyoming** e io sia reduce da **altre tre precedenti**, ogni eclisse **ha le sue caratteristiche e peculiarità**. Ogni volta **l'inizio della totalità è un'esperienza unica**, che instilla **il desiderio di assistere anche alla prossima...** nel nostro caso, credo sarà quella dell'**Agosto 2026 in Spagna**.



La statistica sulla copertura nuvolosa favorisce le zone interne a scapito della zona costiera atlantica. Il fenomeno sarà visibile anche dalle Baleari, poco prima del tramonto del Sole

L'eclisse "europea", dopo ben tre "americane", sarà l'occasione per muoversi in forze verso il nord della Spagna, dove l'eclisse sarà visibile nel pomeriggio.



Antonio, Arianna, Davide, Anna

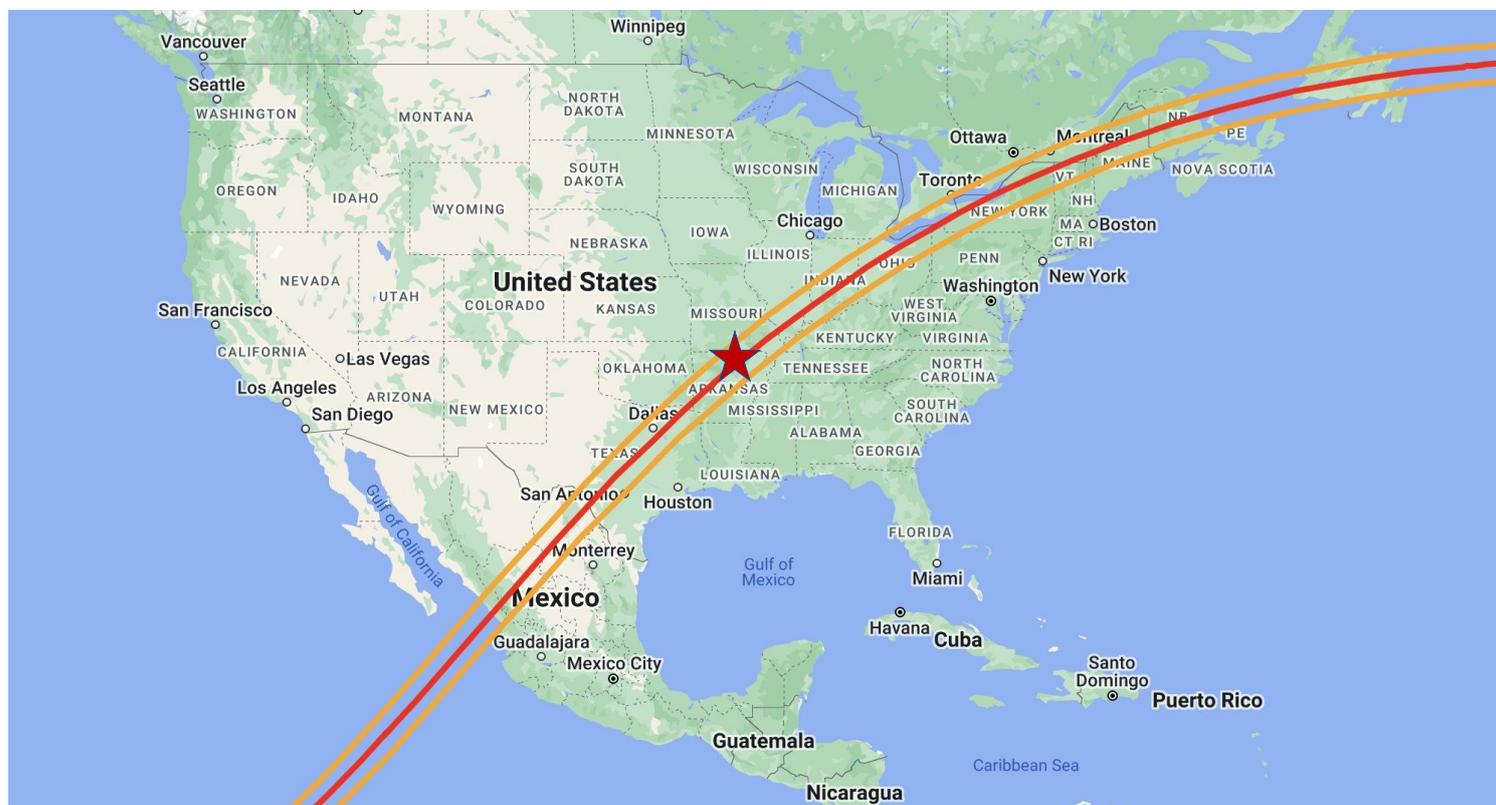
## Link:

- Il video dell'eclisse, ripresa da Arianna, con basso ingrandimento. Per dare un'idea della durata del fenomeno e del cambio di luce all'inizio e fine della totalità:  
<https://www.facebook.com/1027299478/videos/1607841096702086/>
- La sequenza fotografica dell'eclisse dell'8 aprile:  
<https://www.facebook.com/1027299478/videos/482611980991132/>
- <https://lentesecclipsevision.com/en/blogs/informacion-del-eclipse-2024-por-ciudad/info-eclipse-total-8-abril-2024>
- <https://www.greatamericaneclipse.com/april-8-2024>
- <https://www.forbes.com/sites/jamiecartereurope/2023/04/07/10-things-you-need-to-know-about-americas-next-total-solar-eclipse-in-just-365-days/>
- <https://www.facebook.com/share/F98Azk6kTNzj8AJp/?mibextid=WC7FNe>



## IL MIO RACCONTO DELL'ECLISSI TOTALE DI SOLE A SHIRLEY (ARKANSAS)

di Leonardo Avella



*Fascia di totalità dell'eclissi solare dell'8 aprile 2024. La stella indica il luogo in cui è avvenuta l'osservazione*  
Credits: Google.

Non ricordo il momento esatto in cui ho cominciato a pensare seriamente di organizzare un viaggio negli Stati Uniti per vedere l'eclissi solare, ma deve essere stato intorno a Natale 2023.

Quando ho cominciato a parlarne con conoscenti e spiegavo che uno dei motivi principali era che avrei potuto vedere l'eclissi dell'8 aprile 2024 beh, le risposte erano certamente cortesi, ma anche un po' di compatimento, come a dire: ma guarda un po' quanto è strampalato Leonardo che con la sua famiglia si sorbisce un volo intercontinentale per una roba così...

Chi mi conosce bene o chi condivide le mie passioni invece era felice per me e forse anche affettuosamente invidioso, perché sa bene che vedere un'eclisse totale di sole è una esperienza molto profonda, che ti fa cambiare la prospettiva con cui guardi

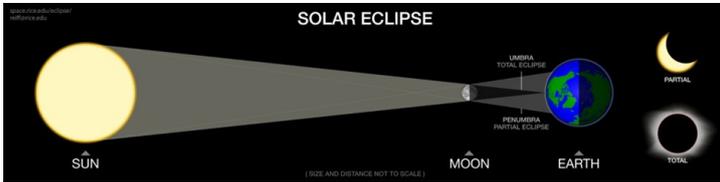
il mondo, un po' come l'[overview effect](#) sperimentato dagli astronauti quando vedono per la prima volta la terra dallo spazio.



E' qualcosa del tipo: "adesso sono una persona di-

versa, e solo chi ha vissuto la stessa mia esperienza mi può comprendere al 100%".

Le eclissi totali di sole avvengono quando la luna passa direttamente davanti al sole, come illustrato nella figura seguente:



La cosa però non accade molto spesso perché la luna è molto più lontana di così (l'immagine sopra, infatti, non è in scala).

La luna in realtà è molto più lontana, e questa immagine stavolta è in scala:



Più in dettaglio, la distanza terra-luna è pari a 30 diametri terrestri:



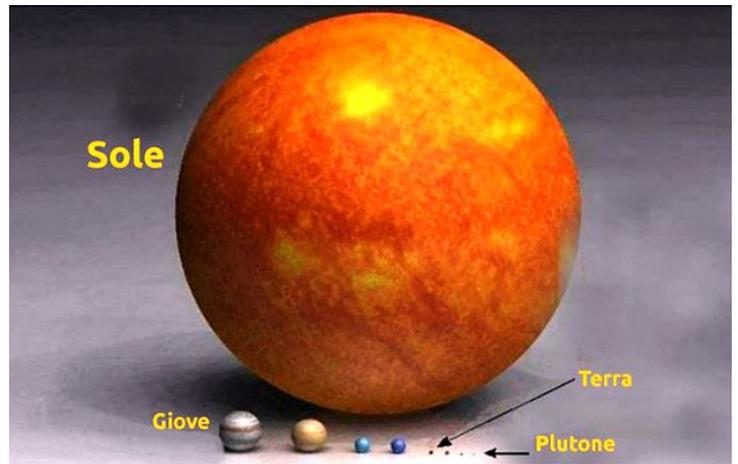
Per complicare le cose inoltre, la traiettoria della luna è inclinata di circa 5 gradi rispetto al piano dell'ecclittica quindi spesso l'ombra della luna cade fuori dalla terra. Ecco un'immagine in scala di quanto sia sottile l'ombra che la luna proietta verso la terra (fonte: <https://svs.gsfc.nasa.gov/4425>):



Il sole è lontano circa 400 volte la distanza tra la terra e la luna. Se il sole fosse un pallone da basket su un lato del campo da basket, la Terra sarebbe una sferetta di 2 mm di diametro sull'altro lato del campo e la luna un piccolo granello di sabbia a circa

7 cm di distanza dalla terra.

L'immagine sotto vi dà un'idea delle proporzioni (dimensioni in scala, distanze non in scala):



Ci sono circa 70 eclissi totali di sole ogni 100 anni.

Fonte:

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_solar\\_eclipses\\_in\\_the\\_20th\\_century](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_eclipses_in_the_20th_century)

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_solar\\_eclipses\\_in\\_the\\_21st\\_century](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_eclipses_in_the_21st_century)

Il problema è che possono facilmente accadere in mezzo all'oceano o in aree difficilmente accessibili. In questo caso no: la zona è ben servita ed anche poco rischiosa dal punto di vista geopolitico (gli Stati Uniti hanno ottime infrastrutture e sono un paese democratico).

Ma torniamo alle questioni astronomiche. Noi terrestri siamo piuttosto fortunati almeno per il seguente aspetto: la dimensione apparente della luna è leggermente più grande del sole, quindi durante una eclissi totale di sole, la luna copre perfettamente la parte più luminosa della nostra stella (la fotosfera) lasciando vedere ad occhio nudo la corona e le protuberanze solari.

Durante un'eclisse di sole avvengono tanti fenomeni curiosi:

- **Effetto stenopeico**, nel quale durante la fase di parzialità la luce proiettata da piccoli fori ha la forma della falce del sole non ancora coperta dalla luna.
- **Diamond ring**: gli ultimi raggi di sole che passano poco prima della totalità fanno sem-

brare il sole un anello di diamanti

- **Il vento:** se sei in una pianura vicino al mare il vento si calma, se sei nell'entroterra vicino alle montagne aumenta di intensità
- **Effetto Purkinje,** per il quale nelle fasi poco prima e poco dopo la totalità l'ambiente ci sembrerà assumere un colore più tendente al blu o al violetto
- Le ombre diventano **più definite** nelle fasi poco prima e poco dopo la totalità
- Gli animali assumono **comportamenti strani**

Inoltre, questa eclisse poi sarà speciale perché:

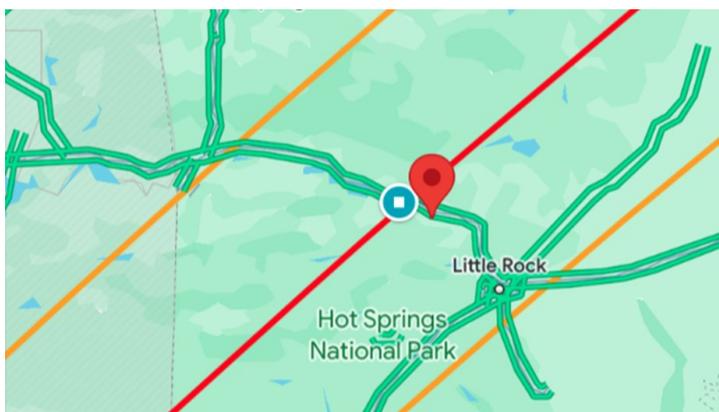
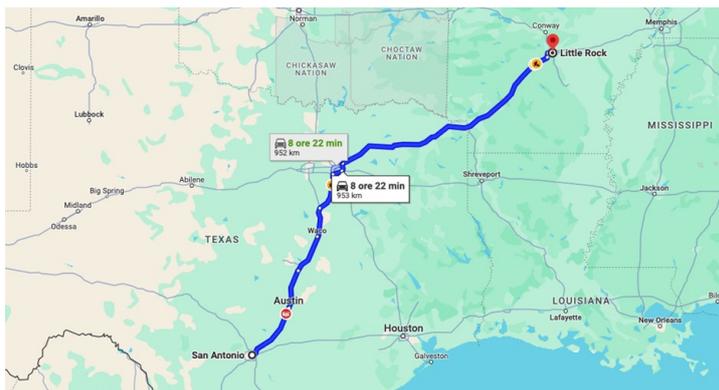
- Avrà una **durata** piuttosto elevata (4 minuti e 15 secondi)
- Sarà **particolarmente buio**, dato che la dimensione apparente della luna sarà 1,057 volte quella del sole
- Accadrà durante un **massimo di attività del sole**, quindi la corona solare sarà più intensa e si potranno vedere macchie solari durante le fasi parziali
- L'**ora del giorno** in cui accade (12.51 ora locale) massimizza la differenza di temperatura e di luminosità

Con tutte queste premesse abbiamo prenotato ed organizzato il viaggio negli USA.

Dopo due musei di scienze naturali (Perot Museum a Dallas e lo Houston Museum of Natural Science) e dopo aver visitato lo space center di Houston eravamo pronti per il grande giorno. Ci eravamo organizzati con amici dalle parti di San Antonio, con biglietto già prenotato per l'area naturale Lost Maples State. Senonché accade il prevedibilissimo imprevisto... Il meteo: l'8 aprile l'area sarà quasi certamente coperta da una folta coltre di nubi. E potrebbe andar peggio: potrebbe anche piovere!

Come direbbe Gene Kranz, "failure is not an option". Ci organizziamo per un viaggio della speranza: partenza da San Antonio la mattina del 7 aprile in direzione Little Rock, un percorso di "soli" 952 km. L'idea era quella di andare dalle parti di Morrilton.

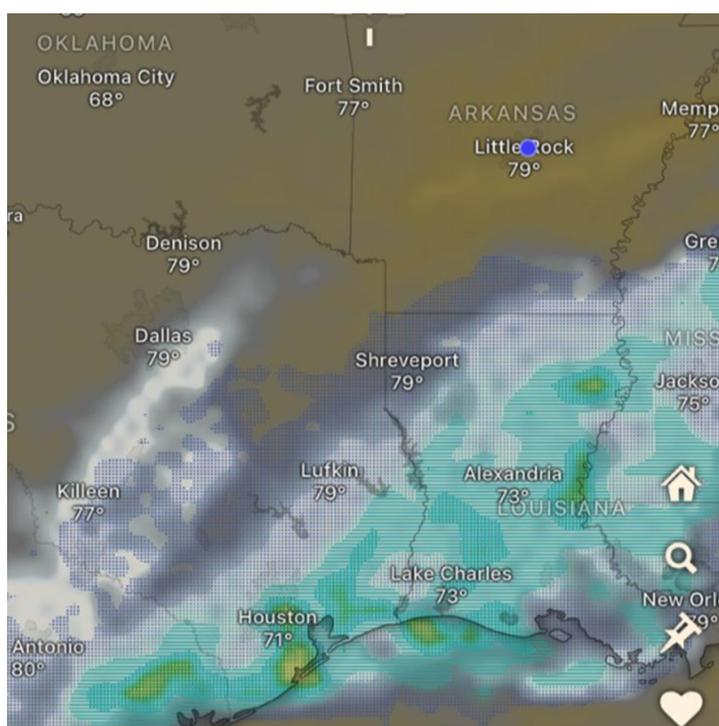
Saremmo stati al centro dell'eclisse totale



E il tempo sembrava non troppo male.

La mattina dell'8 aprile ci svegliamo di buon'ora e partiamo dunque da Little Rock in direzione nord.

Alle 10.45 siamo a Conway e dobbiamo prendere una importante decisione, perché c'è un fronte nuvoloso che sale da sud ovest e viene verso di noi ...





Si va ad ovest o si va verso nord?

Decidiamo di scappare verso nord, destinazione Clinton. Alle 11.23 questo è il cielo:



Non male, ma neanche perfetto...



Oramai manca poco tempo e decidiamo di fermarci in un campeggio a Shirley (Lat 35.654130°N, Long 92.320434°W). [link Google Earth](#)



L'area è carina, c'è un fiume vicino ed un prato dove accampiamo in compagnia di altri appassionati (foto delle ore 12.08).

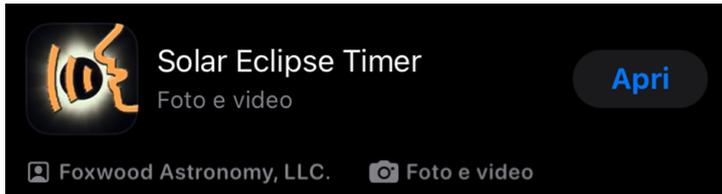


Il cielo non è pulitissimo ma, visto la tempesta tropicale che si sta scatenando dalle parti di San Antonio, non ci possiamo lamentare. Già che siamo in ballo, balliamo... E poi l'eclisse parziale inizia alle 12.35: non c'è più tanto tempo.

Ci installiamo, montiamo l'attrezzatura ed aspettiamo l'inizio dell'eclisse.

Con l'aiuto di un'APP, Solar Eclipse Timer, so esattamente (nella posizione in cui sono) in quale istante avverranno le varie fasi dell'eclisse

Il filtro acquistato funziona e mi permette di osser-



vare il sole anche durante la parzialità. Ci sono alcune macchie solari ben visibili.

Mezz'ora all'inizio della totalità: guardiamo il sole



con gli appositi occhialini, la forma è quella della luna calante, solo che è il sole. La luce è un po' più bassa del solito, ma niente di che.

20 minuti dall'inizio della totalità: si avvicina un tizio con un colino. Io in italiano chiedo alla mia famiglia: sarà mica un *pastafariano*?



Non era un pastafariano, ma un professore in pensione che molto gentilmente ci ha fatto vedere l'effetto stenopeico: i sottili buchi del colino hanno proiettato tante piccole falci del sole sul terreno

10 minuti dall'inizio della totalità: le luci sono decisamente strane, tendenti al blu-violetto, a causa dell'effetto Purkinje. Le ombre sono ben definite come si può vedere dalla foto qui sotto:

1 minuto dall'inizio della totalità: tolgo velocemente il filtro dall'obiettivo, premurandomi di tenere coperto l'obiettivo per non rovinare il sensore. La luce cala ma è ancora giorno, solo è tutto più strano.

Fa più freddo e la luce ha sempre più quella tonalità rosa/violetto.



A pochi secondi dall'inizio della totalità l'APP mi avvisa con un conto alla rovescia in stile Saturno V. Tollo il copriobiettivo e comincio a scattare raffiche di foto come se non ci fosse un domani. Ho preimpostato il *bracketing* a raffiche di 7 foto alla volta. Spero di beccare il **diamond ring**!

**4 ... 3 ... 2 ... 1 ...** E' come se qualcuno spegnesse la luce del sole ma non con un interruttore, piuttosto con un *varialuce*.



La luce adesso è quella di un crepuscolo, come poco dopo il tramonto. Il crepuscolo però non è solo a

ovest, ma in tutte le direzioni (!!!)

Si può guardare il sole ad occhio nudo, che è una palla scura al centro contornata da fiammate color rosso chiaro. Sono le protuberanze solari. Poi c'è la corona solare, bianca, che si espande come se fosse una capigliatura canuta e finissima.

Il cielo continua a scurire e si vedono chiaramente Venere, in basso a destra rispetto al sole e Giove in alto a sinistra

**WOW!!! WOW!!! WOW!!!**



Noi vediamo le stelle ogni notte e quindi possiamo immaginare di vivere nello spazio profondo ma possiamo scrutare il cielo solo dall'altra parte del sole.

Ebbene, in questi pochi minuti hai la possibilità di vedere le cose da un altro punto di vista, con una consapevolezza diversa.

Innanzitutto vedi chiaramente una sfera (la luna) che si posiziona davanti ad un'altra sfera (il sole) poi vedi altre due sfere, Venere e Giove, che galleggiano nello spazio disegnando una linea che passa per il Sole. E' come una epifania: diventa immediatamente ovvio qual è il piano dell'eclittica su cui si muovono tutti i pianeti. E diventa ancora più ovvio che su questo stesso piano ci sei tu, passeggero di una quinta sfera: il pianeta terra.

Per la prima volta si ha consapevolezza del sistema solare in tutta la sua magnificenza.

I 4 minuti volano via velocissimi, riappare il diamond ring, stavolta dalla parte opposta. La luce torna ed è tutto finito. Rimangono le emozioni, la sensazione di aver assistito a qualcosa di magico e la soddisfazione di avercela fatta nonostante le nuvole, la pioggia e gli uragani. E' tempo di assaporare quello che si è provato e far sedimentare le emozioni.

E le foto? ... Eccole qua.

## **Diamond ring:**



## **Corona solare:**

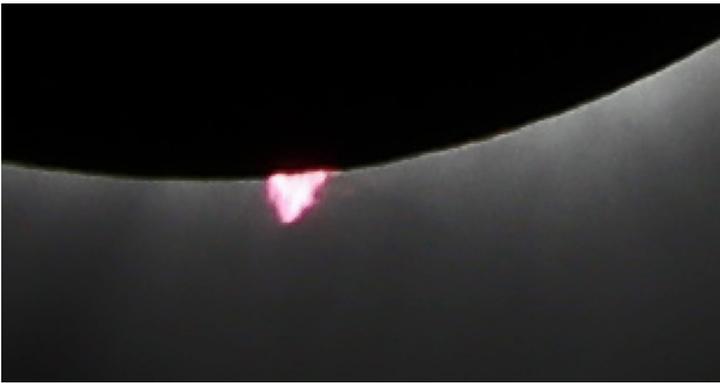


L'istante in cui il sole sparisce dietro alla luna, si vedono due sorgenti di luce perché in questo momento la luce passa solo per gli avvallamenti ed è già coperta dalle montagne lunari.

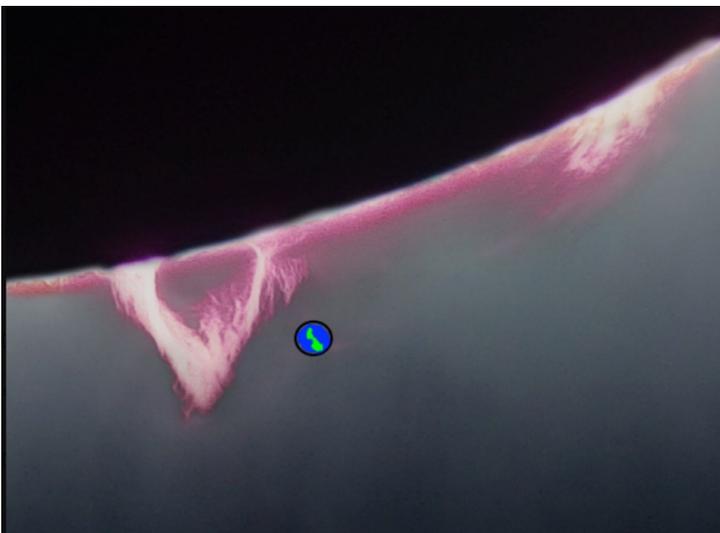
Sono i **grani di Baily**:



Dettaglio di una **protuberanza solare**:



Per dare un'idea delle dimensioni, qui è stata aggiunta la terra in scala. (fonte: <https://twitter.com/Lumbernard/status/1778825767306072105>):



Ecco tutto!

Spero con questo articolo di avervi fatto montare una voglia irresistibile di assistere di persona alle prossime eclissi!

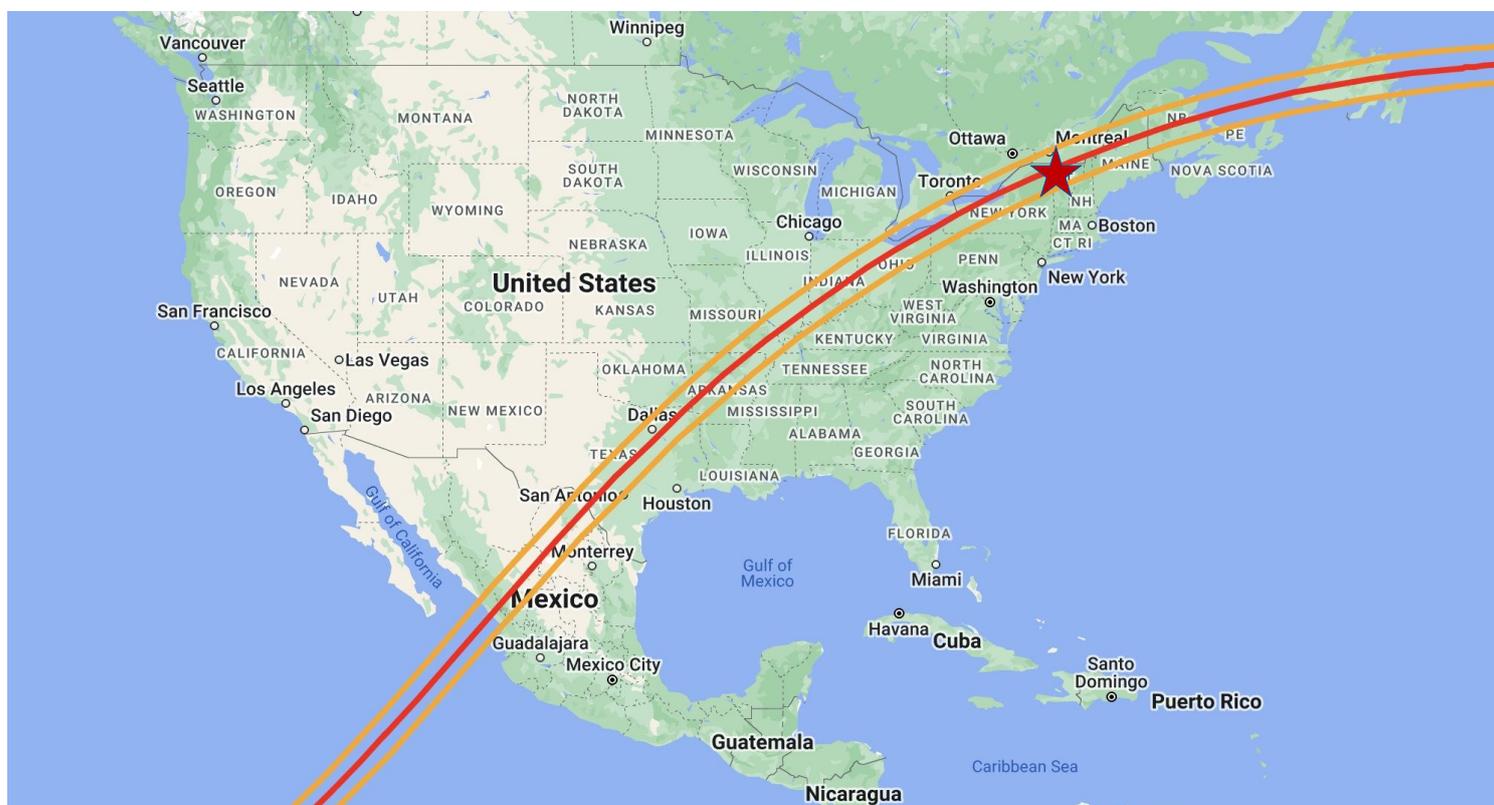
Alla prossima

Leonardo



## L'ECLISSI NEL VERMONT

di Federico Tessari e Giulia Massaccesi (due romani a Boston)



La mattina dell'8 aprile, la sveglia ha suonato presto.

Siamo partiti intorno alle 4 AM dallo stato del Massachusetts, attraversando il New Hampshire, fino ad arrivare a Burlington, Vermont (una delle città più piccole a essere la più grande città di uno stato americano).

Tre ore di macchina per 200 miglia di strada (circa 320 km).

Quando ci siamo avviati, era ancora buio e per le strade trovavamo soltanto due tipi di persone: quelli che volevano inseguire l'eclissi e quelli che a quell'ora dovevano andare a lavorare.

L'eclissi di quest'anno attraversava gli Stati Uniti da sud a nord, passando dal Texas sino a chiudere nel Maine.

Inizialmente avevamo pensato di andare a vedere l'eclissi in un posto suggestivo – le cascate del Niagara – dove il percorso di totalità sarebbe passato. Troppo tardi ci siamo accorti di quale portata avreb-

be avuto questo evento; da Austin a Portland, lungo il percorso dell'eclissi totale, ogni tipo di alloggio era già stato prenotato, dai classici motel americani agli hotel più lussuosi, nemmeno i campeggi erano stati risparmiati.

Per non parlare della penuria e del costo dei voli aerei!

Tutti negli Stati Uniti volevano vedere questo incredibile fenomeno naturale.

Noi, dopo aver studiato la cartina per diversi giorni, abbiamo individuato questa piccola cittadina del Vermont per vedere tre minuti e una manciata di secondi di eclissi totale.

Siamo arrivati a Burlington alle 7:30 del mattino; la città si stava ancora svegliando, ma tutto intorno si respirava già un'aria interessante di festa.

Le strade e i palazzi erano ricoperti di manifesti che invitavano tutti a prepararsi all'"eclipse day". Solo dopo l'evento abbiamo scoperto che questo giorno sarebbe rimasto per Burlington uno dei giorni con

più visitatori nella sua storia.

Abbiamo trascorso la mattina in un bar, sorseggiando un caffè e lavorando; intorno all'1 pm abbiamo iniziato ad esplorare i dintorni per trovare il punto migliore per osservare l'eclissi. Uscendo dal caffè, ci siamo resi conto che la città era stata invasa in poche ore da telescopi, treppiedi e occhiali da eclissi.

Dopo una breve ricerca, abbiamo trovato un bel prato che si affacciava sul lago di Champlain, che sarebbe stato la nostra cornice per l'evento. Il sole era caldo, non c'erano nuvole e i nostri occhi erano puntati verso il cielo.

Alle 2:14 pm abbiamo cominciato a vedere attraverso gli occhiali il disco lunare coprire il sole.

Con il passare del tempo, la luce intorno a noi si faceva sempre più fioca e i raggi del sole riscaldavano sempre meno la nostra pelle.

Il processo di oscuramento era visibile solamente filtrandolo attraverso sottili strati di polietilene. Il tutto rendeva il processo artificiale perché con gli occhiali vedevamo qualcosa che non rispecchiava la realtà.



Pochi istanti prima della totalità, tutti quanti avevano lo sguardo volto verso il cielo e un silenzio irreale dominava la città di Burlington.

Gli uccelli volavano confusi da un rapido cambiamento delle condizioni atmosferiche: in pochi istanti l'aria si fece molto più fredda, tutto intorno divenne coperto da una patina di grigio e blu, e all'improvviso la gente iniziò a sussultare di sorpresa per delle sensazioni mai provate prima.

Alle 3:26 pm, la luna copriva il nostro sole.

Un disco nero circondato da una luce bianca, finalmente visibile ad occhio nudo, dominava la volta celeste.

Le persone intorno a noi hanno iniziato ad applaudire, ridere, esultare e commuoversi.

Intorno a questo sole nero si potevano osservare delle fioche luci bianche: i pianeti Venere, Saturno e Marte.

Mentre noi tutti a Burlington eravamo coperti dall'oscurità, all'orizzonte si poteva ancora osservare la luce del sole al di fuori della zona di totalità.

Trovarsi lì in quel momento era come essere atterrati in un altro pianeta; il disco solare a cui eravamo abituati aveva cambiato forma e colore.

Il giorno, la luce, la realtà a cui siamo quotidianamente esposti avevano cambiato forma e noi con essa.

Una lacrima segnava il nostro volto in un momento straordinariamente unico.

Tre minuti e trenta secondi di questa alternativa realtà ci avevano per sempre marchiato e, come noi, anche tutti gli altri spettatori.

Nemmeno il tempo di realizzare cosa stesse accadendo che la nostra quotidianità riemergeva con forza dall'oscurità: i primi raggi del sole erano tornati a splendere.

Come d'incanto, la vita ritornava ai suoi ritmi, e con essa i nostri piedi sospesi ad un palmo da terra tornavano a camminare verso quello che sarebbe stato un vero e proprio esodo. Tornare a Boston richiese molto più tempo di quanto ci aspettassimo, circa 9 lunghe ore di inesorabili code.

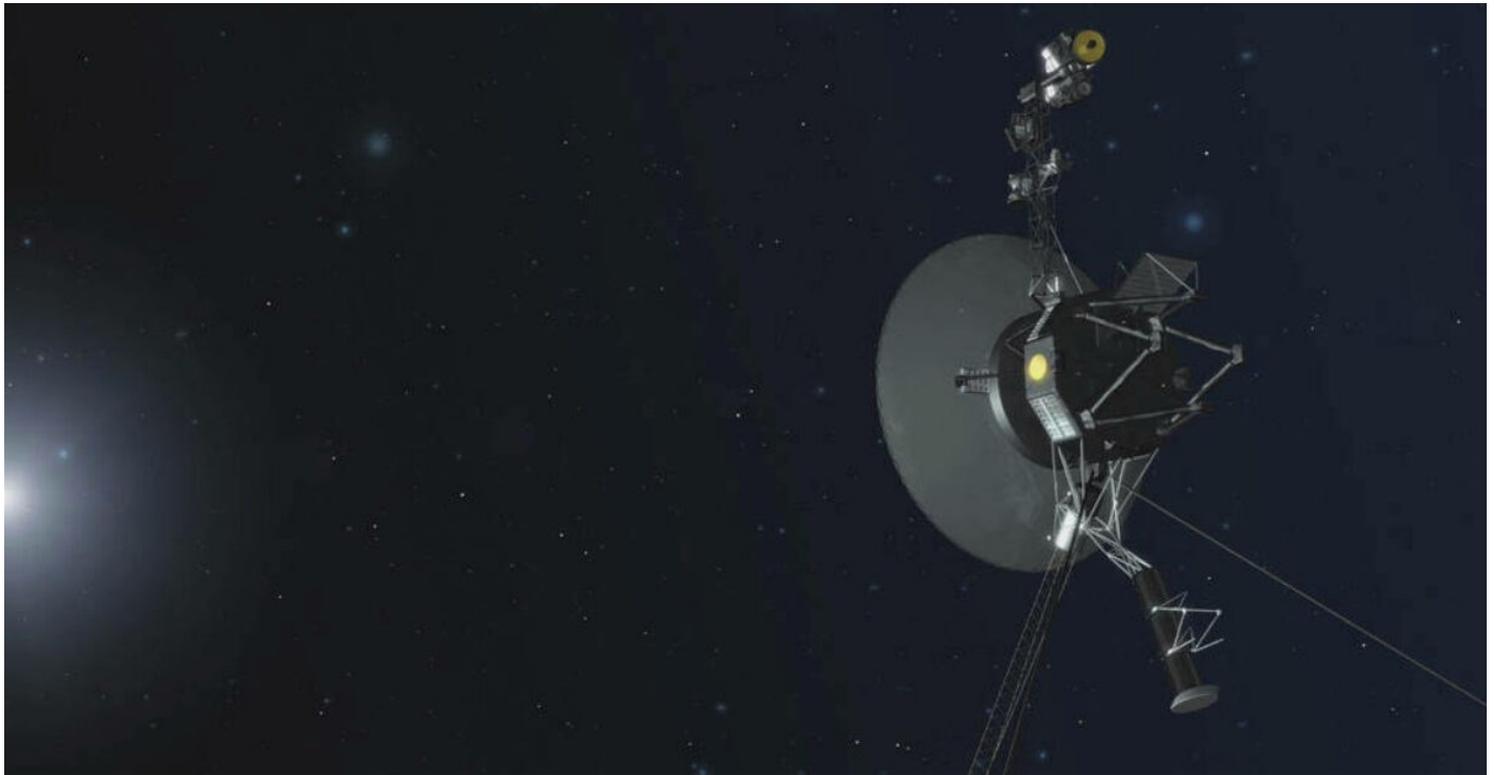
Ciononostante, non cambieremmo nulla di questa

giornata, perché quei poco più di 3 minuti di emozionante irrealtà rimarranno per sempre segnati nei nostri ricordi.



## COMUNICAZIONE DALLO SPAZIO PROFONDO

di Luigi Borghi



Possiamo partire con questa ricerca da una svolta epocale nella capacità di comunicazione tra esseri umani: l'introduzione delle trasmissioni radio.

Prima di questa svolta i "messaggi" erano recapitati da "corrieri" o da servizi postali che comunque utilizzavano mezzi di trasporto e che pertanto potevano impiegare giorni, mesi o anche anni, nel caso di comunicazioni tra un continente ed un altro.

Dobbiamo pertanto ringraziare prima di tutto **Heinrich Hertz** che nel 1886 riuscì per la prima volta a produrre e a rivelare le onde elettromagnetiche di cui **Maxwell** aveva previsto l'esistenza. Poi il nostro grande **Guglielmo Marconi** (di cui quest'anno si festeggia il 150° della nascita) che riuscì ad intuire l'importanza strategica di questa scoperta e ad applicarla alla comunicazione.

Marconi fece diversi esperimenti prima di fare il grande salto transatlantico che effettuò con successo il 12 dicembre 1901.

Lo scienziato italiano e premio Nobel per la fisica nel 1909 (condiviso con Carl Ferdinand Braun), era convinto che le onde potessero varcare l'oceano se-

guendo la curvatura della Terra. Onestamente non ne aveva la certezza ed ebbe anche un bel colpo di fortuna, perché la capacità della ionosfera di riflettere le onde radio e pertanto di farle seguire la curvatura terrestre, funziona solo in un campo ristretto di frequenza radio, intorno ai 30 MHz... Proprio la frequenza che usò fortuitamente lui!



Figura 1: Guglielmo Marconi

Nel novembre del 1901 a Poldhu, in Cornovaglia, fece installare una grande antenna trasmittente di 130 metri. Ad una distanza di 3.000 chilometri, separato dall'oceano Atlantico, a St. John's di Terra-

nova, fece installare poi un'altra ricevente basata su un aquilone alzato a 180 metri.

Il 12 dicembre 1901 ebbe luogo la comunicazione tra i due luoghi. Il messaggio ricevuto era composto da tre punti (la lettera S del codice Morse).

È trascorso poco più di un secolo da quello storico evento e sono stati fatti progressi enormi nel campo della tecnologia radio:

- è migliorata l'efficienza energetica della comunicazione di diversi ordini di grandezza, cioè la potenza necessaria per coprire una certa distanza;
- la selettività e cioè la capacità di suddividere il range di frequenza in "canali" sempre più stretti;
- il volume di informazioni concentrate su un canale di frequenza;
- ed infine il volume di informazioni trasmesse nell'unità di tempo.

C'è stata poi un'altra grande e fondamentale rivoluzione che ha permesso un notevole salto di qualità: la digitalizzazione!

## Che cos'è la digitalizzazione

Per spiegarlo bene dovremmo scrivervi un libro, ma tenterò una estrema sintesi.

In realtà l'uomo ha cominciato la digitalizzazione molto tempo prima dell'avvento della radio. Lo ha fatto quando ha deciso di misurare le grandezze fisiche come distanza, peso, capacità, temperatura, ecc.

Se prendo in mano un sacchetto di farina e descrivo la quantità ad un'altra persona, posso essere molto preciso nella descrizione, ma difficilmente le trasferirò l'informazione corretta, ma se le dico 159 grammi di farina, saprà **esattamente** di che quantità si tratta.

Ora facciamo un esempio un po' più complesso ma molto efficace.

Supponiamo di avere una fotografia a colori di un qualsiasi contenuto, per esempio una verde foresta in riva al mare blu. Ed ora supponiamo di fotocopiare l'immagine per darne una copia ad un amico, il quale a sua volta ne fa una fotocopia per un altro

suo amico, e così via per centinaia di volte.

Cosa succederebbe? Succederebbe che al povero utente finale arriverebbe un'immagine che assomiglia vagamente a quella originale: una macchia verde (la foresta) affiancata e sfumata su una area blu (il mare). Questo accade perché ad ogni copia (analogica) le macchine utilizzate introducono un errore, una inevitabile lieve deformazione, che però resta nella copia e che verrà esasperata ad ogni passaggio.

La stessa cosa avviene con il suono. Una nota musicale ha un certo spettro (cioè, un insieme di frequenze secondo l'**analisi di Fourier**, o analisi armonica) ed una certa intensità che non sarà mai conservata interamente attraverso tutto il percorso dall'origine (es. pianoforte) all'orecchio del radioascoltatore.

Un percorso che passa attraverso il microfono, il registratore, il **modulatore** del trasmettitore, lo spazio, fino al ricevitore, all'amplificatore ed all'altoparlante della radio che ascolto.

Ciò che arriva all'orecchio è molto simile ma NON uguale.

Se invece trasmetto dei codici alfanumerici che identificano, secondo standard condivisi, quella determinata grandezza, sono certo che la comunicazione sarà per definizione priva di distorsioni.

## Abbiamo introdotto il termine "modulatore".

Infatti, per trasmettere un messaggio a distanza, sia di tipo analogico che digitale, individuata la "portante", cioè il mezzo con il quale propaghiamo il messaggio che nel nostro caso è un'onda elettromagnetica (sia essa nello spettro "radio" che luce laser) dobbiamo imprimere su di essa il messaggio.

Questo si ottiene attraverso la "**modulazione**", cioè la portante viene alterata in funzione dell'andamento del messaggio.

Nella comunicazione analogica viene trasmessa la grandezza (il dato) direttamente e proporzionata ad un'altra grandezza di riferimento che è rappresentata dalla portante. Può essere a seconda del tipo di modulazione l'ampiezza o la frequenza di base o la fase della portante.

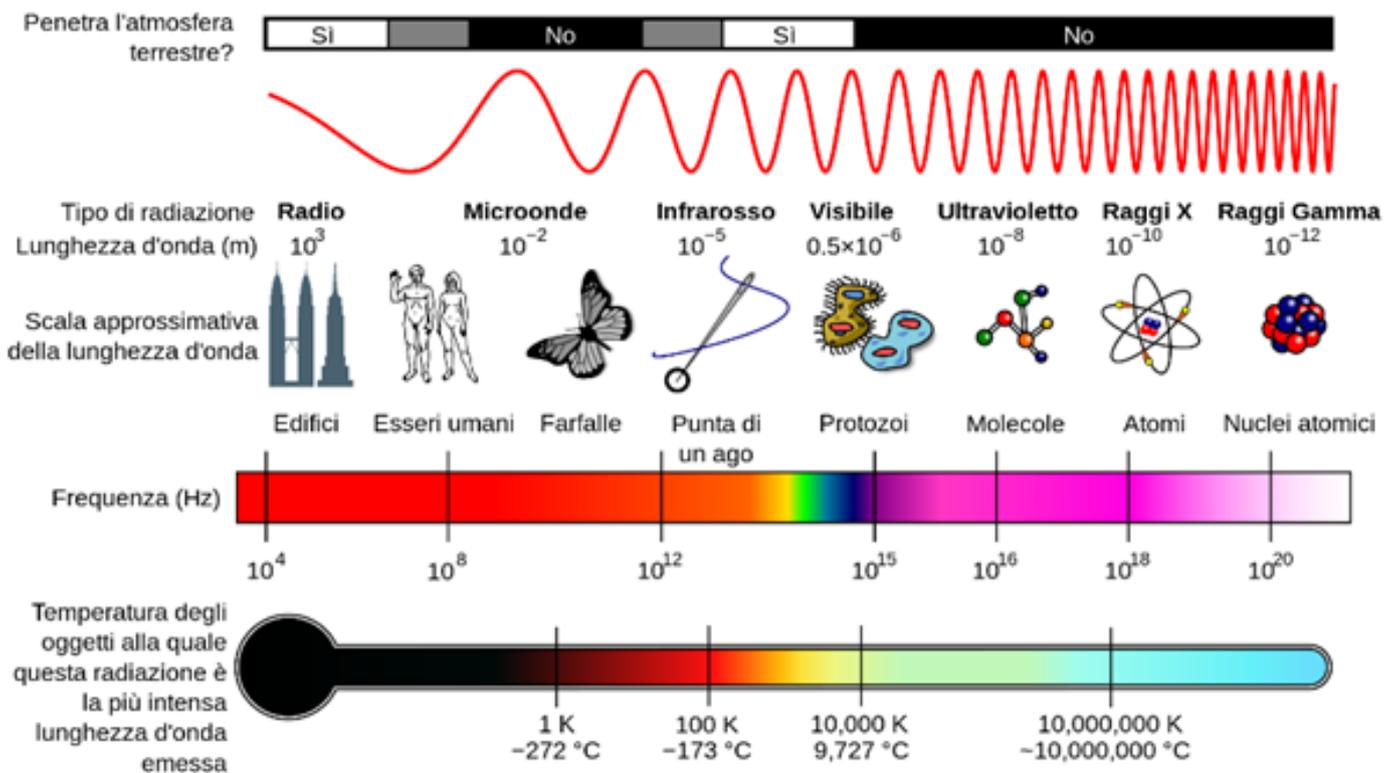


Figura 2: Lo spettro delle onde elettromagnetiche

Nella comunicazione digitale vengono trasmessi una serie di codici o valori numerici che identificano univocamente la grandezza da trasmettere. Questi numeri a loro volta andranno a modulare la portante ma in modo saturo, cioè con dei sì e dei no, con dei "tutto o niente", quindi difficili da disturbare o da alterare.

Un enorme vantaggio della comunicazione digitale basato sui numeri è dato dal fortissimo coinvolgimento della matematica con la quale è possibile capire se il messaggio è stato ricevuto correttamente (altrimenti se ne richiede la ritrasmissione oppure, nel caso di una trasmissione broadcasting, è possibile la correzione in base a modelli preconfigurati).

### La correzione su una modulazione analogica è impossibile.

Non solo, la matematica applicata alla comunicazione digitale ci permette anche di creare dei "compressori" di dati con i quali, pur conservando la qualità del messaggio trasmesso non è necessario che trasmetta tutto quanto, ma solo il messaggio "compresso" più leggero dal punto di vista di larghezza di banda e di volume di dati.

### Anche questo in una modulazione analogica è impossibile da ottenere.

La digitalizzazione prevede di trasformare tutto il messaggio in grandezze e codici numerici o alfanumerici, a partire dal singolo pixel a colori di un'immagine o al singolo valore del segnale audio in un dato istante o semplicemente ad un testo alfanumerico fine a sé stesso.

Per arrivare a ciò, quindi a tramettere un numero e non l'entità analogica di una modulazione, sono stati creati diversi standard riconosciuti e condivisi a livello mondiale, quali RGB (Red, Green, Blue), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black) e altri.

Ora che abbiamo capito cosa significa trasmettere un messaggio digitale modulando una portante, cerchiamo di capire cos'è questa portante e come avviene la modulazione.

Un mezzo basato indubbiamente sulle onde elettromagnetiche che hanno un range ampissimo (vedi Figura 2) che va dalle **Extremely Low Frequencies** (ELF a partire da pochi Hertz) a Extra High Frequencies (EHF, fino a 300 GHz) per quanto riguarda ciò che chiamiamo "onde radio", ma si estendono

fino ai raggi X (10<sup>19</sup> Hz) nel campo della luce, che include ovviamente tutto lo spettro del visibile, dall'infrarosso all'ultravioletto, quindi anche nel campo LASER.

Prima di esaminare la comunicazione nello spazio profondo, quindi a distanze dell'ordine di decine di miliardi di km, dobbiamo affrontare un altro argomento:

## L'attenuazione del segnale in funzione della distanza

Per affrontare questo problema facciamo un esempio banale, ma efficace.

Prendiamo una lampadina in grado di emettere una luce bianca con una potenza di 10 Watt e la guardiamo da 10 metri di distanza.

Poi proviamo la stessa lampadina inserita in uno specchio parabolico (come quelli di una normale torcia a pile) e guardandola sempre da 10 metri di distanza, in direzione della parabola, vedremo una enorme differenza di luce. Nel secondo caso molto più intensa che nel primo. Ovvio!

Chi si trova dalla parte opposta della parabola o comunque non in "linea di vista" non vede quasi nulla, perché tutta la potenza (quasi) della luce emessa dalla lampadina è convogliata dalla parabola in una sola direzione.

Bene, con le onde elettromagnetiche ovviamente è la stessa cosa.

Nel caso delle comunicazioni nello spazio profondo, lo "specchio parabolico" della nostra pila è la parabola da 70 metri di un radiotelescopio.

## Cos'è un radiotelescopio (RT)?

Il principio di base di un RT usato come ricevitore è piuttosto semplice. Le onde radio provenienti dallo spazio vengono catturate dall'antenna parabolica e riflesse verso il ricevitore (Fig.3). Queste onde radio, che hanno lunghezze d'onda molto più lunghe rispetto alla luce visibile, richiedono antenne di grandi dimensioni per essere raccolte efficacemente. Una volta ricevute, queste onde vengono convertite in segnali elettrici che possono essere amplificati e analizzati.

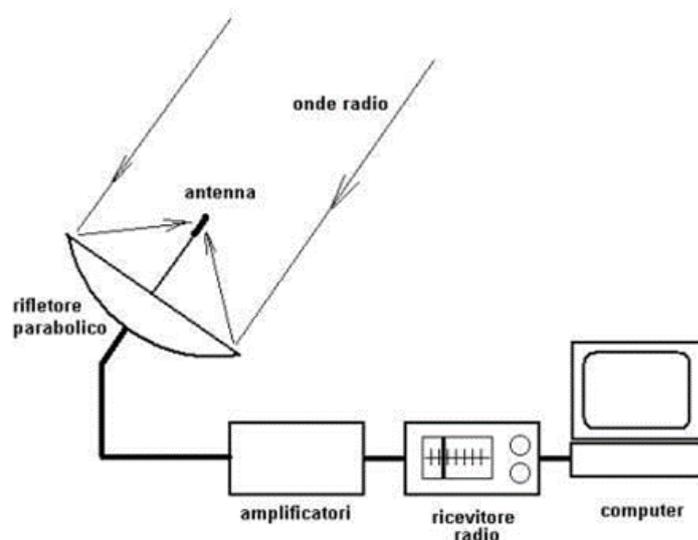


Figura 3: principio di funzionamento di una antenna parabolica

Uno degli aspetti più importanti di un radiotelescopio è la sua risoluzione, ovvero la sua capacità di distinguere tra due oggetti vicini nello spazio. La risoluzione è influenzata principalmente dalla lunghezza d'onda radio e dalla dimensione dell'antenna. Generalmente, più grande è l'antenna, migliore è la risoluzione.

Questo è espresso dalla formula:

**Risoluzione (in radianti) = 1,22 x lunghezza d'onda / diametro dell'antenna**

*Nota: la lunghezza d'onda ed il diametro dell'antenna devono essere espresse con la stessa unità di misura (es: millimetri).*

Ad esempio, per onde radio di 21 cm. (una lunghezza d'onda comune per l'osservazione astronomica), **un'antenna di 100 metri di diametro avrebbe una risoluzione di circa 0,002562 radianti** (che corrispondono a 0,14679178711 gradi).

Il radiotelescopio **Effelsberg**, situato in Germania, è costituito da un grande paraboloide di 100 metri di diametro ed è uno dei due più grandi radiotelescopi orientabili del mondo.

La sua area di parabola, di circa 7.850 m<sup>2</sup>, è importante per la rivelazione di segnali radio estremamente deboli, mentre il grande diametro permette di ottenere un alto potere risolutivo.

**Alla lunghezza d'onda di 1,3 centimetri, la risoluzione del telescopio Effelsberg è di**

**35" (secondi d'arco), che è 2 volte più alta di quella dell'occhio umano nel visibile. (10" a 3,5 mm).**

Le considerazioni fatte per definire la risoluzione in ricezione di un radiotelescopio valgono anche nel caso venga utilizzato in trasmissione, come la lampada di una torcia elettrica.

Proprio perché è da interpretare come il fascio di luce di una torcia elettrica, ecco che però intervengono anche fenomeni di dispersione e di allargamento del lobo o cono di trasmissione che **accentuano di parecchio l'attenuazione e la divergenza.**

L'attenuazione di un segnale radio emesso da un radiotelescopio in funzione della distanza può essere calcolata utilizzando diversi parametri e diversi algoritmi, tra cui la legge di inversione del quadrato della distanza, la risoluzione, la potenza di emissione, la frequenza, il tipo di paraboloide ed anche l'ambiente in cui viaggerà il segnale.

Quindi è un meccanismo complesso, intrattabile qui, ma il mio obiettivo è di rendere di facile comprensione ciò che è difficile, quindi vi propongo una scorciatoia.

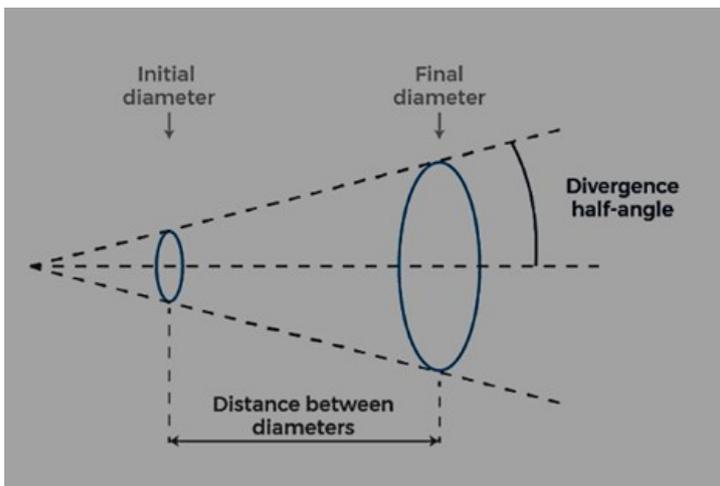


Figura 4: divergenza

Guardando la figura 4 supponiamo che la mia parabola abbia un diametro pari all' "initial diameter" ed una risoluzione tale per cui all'arrivo sull'obiettivo della mia comunicazione (esempio Marte o qualsiasi altro target) il diametro del fascio di onde elettromagnetiche o se vogliamo quello del *beam* di un

laser sia quello in figura rappresentato dal "final diameter".

Supponendo di trasmettere con una potenza  $P$ , diventa intuitivo concludere che, se alla partenza ho una "P" per metro quadro pari a  **$P/\text{superficie iniziale}$** , all'arrivo, trascurando tutti gli altri fenomeni attenuativi (che sono tanti) avrei una potenza di arrivo, per metro quadro, pari a non più di  **$P/\text{superficie finale}$** .

Proviamo a fare un esempio reale. Prendiamo i dati della comunicazione laser tra la Terra ed il **riflettore lasciato sulla Luna da Neil Armstrong e Buzz Aldrin il 20 luglio del 1969.**

Il **raggio laser** emesso dalla Terra parte con un raggio di **1 mm** e raggiunge la superficie della Luna con un diametro di circa **6,5 km**.

Questo raggio laser è altamente monocromatico, il che significa che i fotoni ricevuti possono essere identificati con precisione, ma in termini di potenza per area possiamo calcolare empiricamente la sua attenuazione.

Partiamo da terra con un raggio laser, per esempio, da 100 Watt con un raggio di 1 mm, quindi un'area di 3,14 mm<sup>2</sup>. Arriviamo sulla Luna con un [diametro di 6,5 km](#) cioè un'area di 33.166.250.000.000 mm<sup>2</sup>.

Quindi una attenuazione di  $33.166.250.000.000/3,14 =$  **10.557.145.262.643 volte meno potente** (circa  $10^{13}$  volte meno potente).

Esaminiamo un'altra applicazione di comunicazione, questa volta di un segnale radio, quello proveniente **dall'antenna ad alto guadagno della sonda Voyager 1 che si trova ora a 23 miliardi di km. dalla Terra.**

Lei trasmette con una **potenza di soli 18 watt**, paragonabile alla potenza di una lampadina a basso consumo.

Tenendo conto di tutte le perdite ed i guadagni che esistono tra trasmettitore e ricevitore possiamo dire che il principale fattore di perdita è dovuto alla "attenuazione di spazio", **dovuta alla immensa distanza ed alle 23 ore di tempo di volo del segnale alla velocità della luce.**

Al momento questa **attenuazione è di ben 237,7 dB, ovvero quasi  $1/10^{24}$  volte.**

Cioè, praticamente non arriva quasi nulla! Ma in aiuto abbiamo la sensibilità dei ricevitori (le parabole da 70 metri del *Deep Space Network*), oltre a qualche altro dettaglio tecnologico come il tipo di codifica del dato utilizzato, che comprende anche un codice di correzione di errore.

Tutto questo fa sì che il segnale sia ancora ricevibile al di sopra del rumore, nonostante l'immensa distanza.

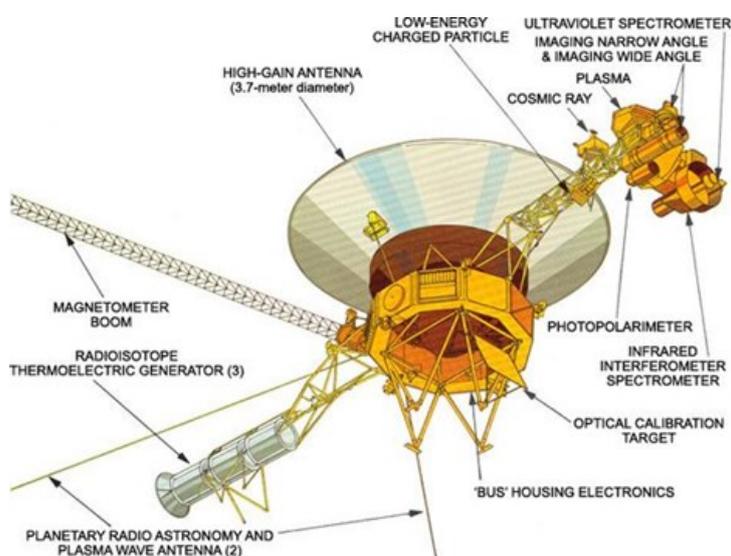


Figura 5: la sonda Voyager

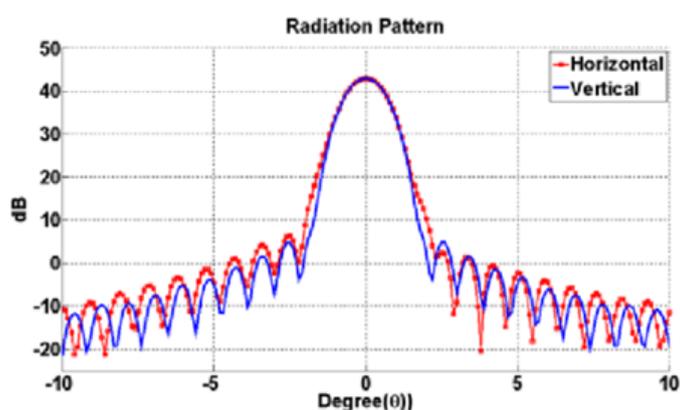


Figura 6: lobo di comunicazione della Voyager

**Nella figura 6 vediamo i lobi di espansione della concentrazione di onde radio, alle varie frequenze bande), dall'antenna ad alto guadagno della sonda Voyager che oggi si trova a 23 miliardi di Km dalla Terra.**

## Quali sono le altre fonti di attenuazione?

- **Assorbimento atmosferico:** l'atmosfera terrestre assorbe le onde radio, con un'attenuazione maggiore per le frequenze più elevate.
- **Diffusione atmosferica:** le onde radio (ma anche il laser) possono essere diffuse dalle particelle nell'atmosfera, causando una perdita di potenza del segnale.
- **Fading ionosferico:** la ionosfera, uno strato carico elettricamente dell'atmosfera terrestre, può riflettere e rifrangere le onde radio, causando variazioni temporali nell'intensità del segnale.
- **Ostacoli intermedi** tra la sorgente ed il ricevitore (polvere interstellare).
- **Disturbi radio esterni** che riducono il rapporto segnale disturbo.

## Il rapporto segnale disturbo

Anche questo parametro è fondamentale nella comunicazione ed in particolar modo nella comunicazione digitale.

Abbiamo detto prima, anche se non esplicitamente, che gli algoritmi di comunicazione e di ricezione di un "messaggio" digitale non contemplano l'accettazione di un messaggio che non sia esattamente identico a ciò che è stato trasmesso! Questo è fondamentale! Non è così per la comunicazione analogica. Facciamo l'esempio di un vecchio canale radio analogico che si sente male (mi viene in mente radio Londra ai tempi della Seconda guerra mondiale). Il messaggio passa comunque, si perdono delle parole, ma poi il nostro cervello ricostruisce il contenuto e si capisce (o si immagina abbastanza bene).

Con un messaggio digitale invece l'approccio è: o passa o non passa.

Se passa è idoneo al 100% altrimenti nulla.

Quindi dal momento che la modulazione della portante di un messaggio digitale è del tipo tutto o niente, il riconoscimento del dato rispetto al disturbo è decisamente più facile.

**Non ha importanza quanto è profonda la mo-**

**dulazione digitale, è sufficiente che sia superiore o inferiore ad una "soglia" che delimita il "vero" dal "falso" o l'uno dallo zero.**

**Credo che ora sia il caso di esaminare la modulazione**

Identificata una portante, che comunque sia, radio o laser, la possiamo identificare come un'onda, la modulazione può avvenire in diversi modi (Figura 7).

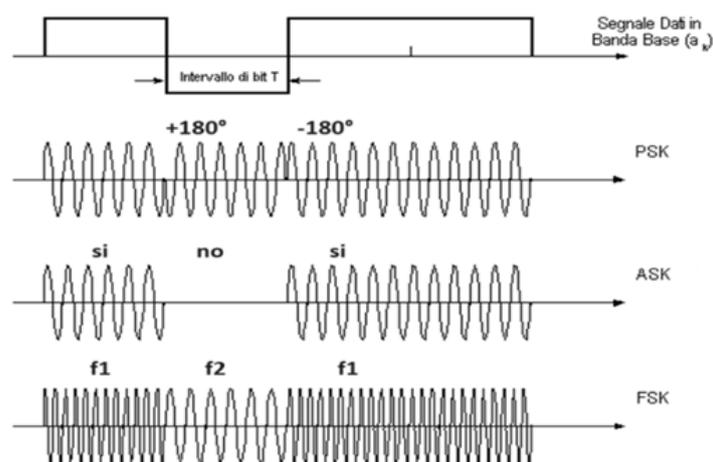


Figura 7: modulazione digitale

Formati elementari di modulazione numerica per sistemi coerenti:

- **Modulazione di fase (PSK - Phase Shift Keying):** la fase dell'onda portante viene modificata per rappresentare i bit. Viene utilizzato nelle comunicazioni satellitari, nei sistemi di posizionamento globale (GPS) e in alcuni sistemi di telefonia mobile.
- **Modulazione di ampiezza (ASK - Amplitude Shift Keying):** l'ampiezza dell'onda portante viene modulata per rappresentare i bit. La presenza o assenza del segnale in un dato intervallo di tempo indica un valore binario. Viene utilizzato nei sistemi di comunicazione a corto raggio, come i sistemi di controllo remoto e i sistemi di identificazione a radiofrequenza (RFID).
- **Modulazione di frequenza (FSK - Frequency Shift Keying):** la frequenza dell'onda portante viene modulata per rappresentare i bit. Potrebbero esserci due o più frequenze per rappresen-

tare diversi valori binari. Viene utilizzato nei sistemi di comunicazione wireless, come i walkie-talkie e alcuni sistemi di comunicazione satellitare.

Vi sono poi altri sottosistemi come (QPSK - Quadratura Phase Shift Keying), modulazione di ampiezza in quadratura (QAM).

Nella figura 7 vi sono solo alcuni esempi di modulazioni digitali. Sono rappresentati schematicamente i segnali risultanti dalle modulazioni digitali (numeriche) di fase PSK, ampiezza ASK e frequenza FSK, per una particolare successione, o pattern, di dati. Si vede chiaramente che il "valore" del dato è un sì o un no (ASK), un f1 o f2 (FSK), o un +180° o -180° (PSK). Quindi un dato molto resistente al rumore. La scelta della modulazione dipende da fattori quali il tasso di errore consentito, la capacità del canale e la resistenza al rumore. Ciascun tipo di modulazione presenta vantaggi e svantaggi e la scelta si basa sull'applicazione specifica e sulle condizioni ambientali di trasmissione.

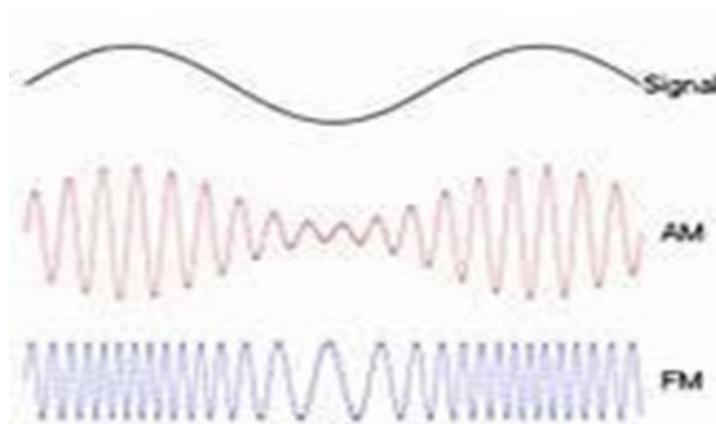


Figura 8: modulazione analogica

Possiamo ora confrontare questo metodo digitale con la modulazione analogica (oggi non più utilizzata, ma era lo standard nelle missioni Apollo sulla Luna) dove il "valore" del dato è ricavato dal rapporto tra la "profondità" di modulazione e l'ampiezza (AM, Amplitude Modulation) o la frequenza (FM, Frequency Modulation) della portante; quindi, il rumore è in grado di alterare il "valore".

**Cosa emerge da queste due figure?**

Emerge che più alta è la frequenza della portante, più alta può essere la frequenza dell'informazione

modulante. Significa che sarà più alto il volume di informazioni che possono transitare sulla portante nell'unità di tempo.

Facciamo un esempio abbastanza intuitivo, partendo dalla modulazione digitale, considerando di modulare una portante con una fila infinita di uni e zeri, in sostanza una onda quadra di dati di frequenza FD su una portante di frequenza FP.

Qualunque sia il tipo di modulazione, per capire se sta transitando un "si" oppure un "no", al rivelatore del ricevitore occorrono almeno una ventina di cicli di portante per esserne sicuro.

### Quindi FD non potrà mai superare FP/20.

Supponiamo di trasmettere su una frequenza radio di 1MHz, mi troverei che non posso trasmettere più di 50 kHz di dati (il **cosiddetto baudrate**). Andando su a 2,5 GHz di portante, posso arrivare ad una frequenza dati di 125 Mhz, e così via (è una valutazione ottimistica). Quindi se trasmetto dati su una portante a frequenze luminose come un laser che ha una lunghezza d'onda di circa 1000 nanometri, quindi una frequenza di 300 THz, potrei arrivare (ma non ci riesco) fino a 15.000 GHz (15 THz).

**In realtà non è così perché rilevare la modulazione della luce richiede molto, ma molto di più di venti cicli: i diodi laser generano un po' di "rumore" (elettrico) ed il sistema di decodifica non arriva certamente neanche al THz.**

Diciamo che è un calcolo molto complesso che deve tener conto del tipo di modulazione, del sistema di trasmissione (fibra ottica oppure vuoto dello spazio) della concentrazione del beam (dimensioni e dispersione del raggio Laser) e del sistema di rilevamento.

**Ma sappiamo per esperienza che il volume di dati impressi su una comunicazione laser può arrivare ad essere centinaia di volte superiore, nell'unità di tempo, rispetto ad una portante a microonde.**

Mentre il rilevamento della modulazione di un segnale radio passa sostanzialmente attraverso un sistema di filtri passabanda e di oscillatori locali di riferimento, la modulazione e la decodifica di un messaggio su portante laser segue canoni diversi.

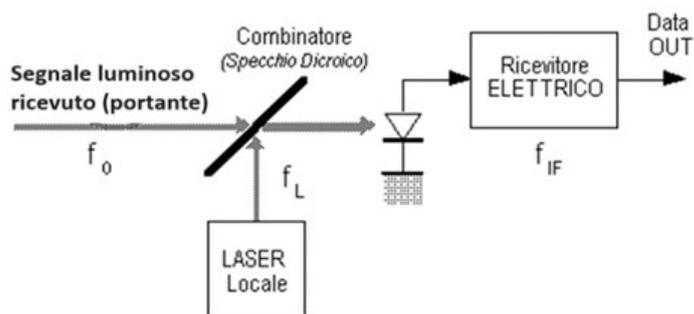


Figura 9: schema di principio di un decodificatore ottico

La modulazione di tipo ASK può essere effettuata con un semplice fotorivelatore di luce (un fotodiodo molto veloce). Le altre due modulazioni PSK e FSK no perché presenterebbero infatti, potenza istantanea costante e quindi, un fotorivelatore che osservasse tale segnale darebbe un'uscita costante nel tempo, inutile ai fini della demodulazione dati.

In figura 9 è schematizzato un **ricevitore coerente**: il segnale ricevuto viene combinato con il segnale di un LASER locale, usato come un "oscillatore locale" (chi ha studiato radiotecnica, come me, si ricorderà del familiare schema "eterodina"), per consentire la rivelazione di segnali modulati in fase e/o frequenza.

Il ricevitore coerente, quindi, **effettua operazioni elementari di elaborazione ottica del segnale ricevuto prima della fotorivelazione** del segnale stesso.

Quindi, da quanto detto, è evidente che occorre una combinazione del segnale ottico ricevuto con il segnale ottico di un LASER locale, stabile, a frequenza fissa e nota (in relazione alla frequenza di ingresso), prima della fotorivelazione.

Mantenere il laser locale stabile senza retroazione è impossibile ma c'è anche un altro problema: la frequenza della portante laser del segnale ricevuto non è costante, perché dipende dall'effetto Doppler provocato dal mezzo che trasmette (una sonda nello spazio o la trasmissione da un altro pianeta). Quindi occorre una retroazione che garantisca il perfetto sincronismo tra frequenza portante del segnale di ingresso e la frequenza del laser locale (sempre per gli amici radiotecnici è un concetto simile al **phase-locked loop o PLL**).

Nella figura 9.1 riporto un esempio di tale reazione.

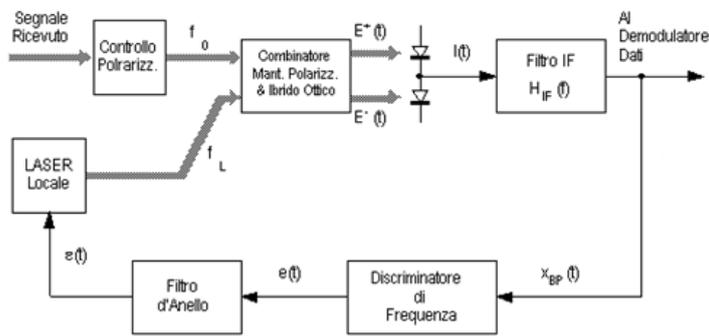


Figura 9.1: circuito di controllo della frequenza del LASER locale (AFC)

Ovviamente un generatore laser non ha la possibilità di essere controllato in frequenza in un range molto elevato. la corrente del LASER locale viene modificata in modo che la differenza tra la frequenza di emissione di esso e del LASER di trasmissione si mantenga stabile

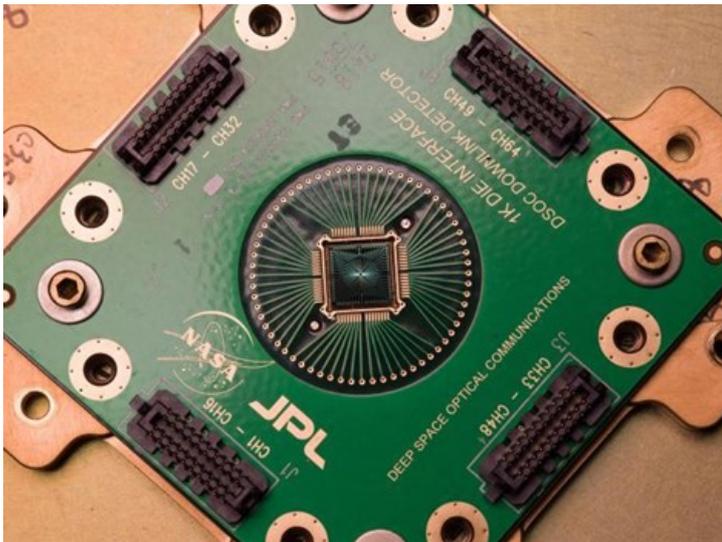


Figura 10: : un fotorivelatore del JPL

Concludiamo questo lungo esame della comunicazione analogica prima e digitale poi, su portante radio prima e su portante laser poi dicendo che, per ora, il laser è il punto di arrivo per avere la massima affidabilità, minima potenza a parità di segnale ricevuto e massima velocità di comunicazione.

Giusto per chiarire un aspetto elementare che spesso viene male interpretato: per maggiore velocità di comunicazione non si intende che il messaggio arri-

va prima. No! Impiega sempre lo stesso tempo, sia con una portante radio che con una portante laser, ma con l'ultima si riescono a trasmettere una quantità enorme di dati a parità di unità temporale.

Ecco perché ... va più "forte".

Vediamo un'applicazione concreta!

## La comunicazione Laser tra Psyche e la Terra.

Il 09/2/2024 la NASA ha provato un'antenna "ibrida" (Figura 11) per ricevere segnali radio e ottici (via laser) dalla sonda spaziale NASA Psyche (diretta verso l'asteroide metallico che porta lo stesso nome).

Lo scopo dell'agenzia spaziale è migliorare la larghezza di banda delle trasmissioni nello spazio, sia vicino alla Terra che nello spazio profondo, così da inviare molti più dati di quanto fatto finora.

La navicella, che sta affrontando il suo viaggio verso l'asteroide metallico, ha la possibilità di utilizzare **sia onde radio che segnali ottici per comunicare con la Terra.**

I primi sono quelli utilizzati normalmente in quanto ben più collaudati e affidabili. La sonda però ha anche un dispositivo di test per inviare laser nel vicino infrarosso così da provare questa nuova tecnologia



Figura 11: Deep Space Station 13 (DSS 13)

anche quando impiegata lontano dal nostro pianeta. Secondo quanto riportato dalla NASA, per il test è stata impiegata un'antenna del **Deep Space Net-**

**work** e in particolare la **Deep Space Station 13** (DSS 13 in fig.11) di Goldstone, in California.

Come scritto sopra, questa antenna è stata modificata per permettere sia di ricevere i segnali radio inviati dalla sonda, sia quelli ottici (laser nel vicino infrarosso).

**In questo caso non era tanto la sonda Psyche "al centro dell'attenzione" quanto i sistemi di Terra.**



Figura 12: i sette specchi deflettori

La prova è servita a capire se **antenne persistenti** in grado di comunicare via **onde radio** possano essere convertite per essere impiegate anche con i segnali ottici senza particolari costi aggiuntivi.

Chiaramente ora le comunicazioni **via laser** sono poco diffuse ma, una volta che i test confermeranno la loro utilità (semplicità e stabilità di connessione) potrebbero diventare via via più diffuse.

Nel caso dell'**antenna DSS 13**, il piatto ha un diametro di 34 metri e ha installato nella zona centrale un sistema basato su sette specchi esagonali (Figura 12) che raccolgono i segnali di **downlink** del laser di **DSOC (Deep Space Optical Communications)** utilizzato dalla sonda **Psyche**. Questi specchi imitano l'apertura di raccolta della luce di un telescopio con apertura di 3,3 piedi (1 metro).

Quando i fotoni laser arrivano all'antenna, ciascuno

specchio riflette i fotoni e li reindirizza con precisione in una telecamera ad alta esposizione collegata al sub riflettore dell'antenna sospeso sopra il centro della parabola. Il segnale laser raccolto dalla fotocamera viene quindi trasmesso attraverso la fibra ottica che alimenta un rilevatore di fotoni a **singoli nanofili semiconduttori raffreddati criogenicamente**. Progettato e costruito dal *Microdevices Laboratory* del JPL, il rilevatore (Figura. 10) è identico a quello utilizzato presso l'Osservatorio Palomar di Caltech, nella contea di San Diego, in California, che funge da stazione terrestre di **downlink** di DSOC.

La speranza è quella che questo sistema riesca a essere efficace quando le trasmissioni arriveranno da una distanza equiparabile a quella di quando Terra e Marte sono più distanti tra loro.

Un **nuovo test** con **NASA Psyche** dovrebbe essere eseguito entro il **2024**.

Grazie a una maggiore larghezza di banda della comunicazione laser sarà possibile, per esempio, inviare immagini e video in alta definizione più velocemente di quanto avviene ora. Questo sistema sarà impiegato per le missioni Artemis sulla Luna e in futuro su Marte garantendo una migliore interazione tra gli equipaggi e il centro di controllo sul nostro Pianeta.

Per verificare la possibilità di trasmettere video in tempo reale anche da miliardi di km. di distanza sulla sonda Psyche era stato precaricato, in memoria, il filmato di un gatto che gioca con un puntatore laser (<https://youtu.be/GvJtVOMFs5Q>).



Figura 13: un fotogramma del gatto

Al momento del test Psyche ha trasmesso via Laser quel video, dimostrando che la comunicazione a larga banda con un sistema laser funziona ed è affidabile.

Ora che l'antenna ibrida sperimentale di Goldstone ha dimostrato che sia i segnali radio che quelli laser possono essere ricevuti in modo sincrono dalla stessa antenna, antenne ibride appositamente costruite (come quella raffigurata in Figura 14) potrebbero un giorno diventare realtà. L'attuale riflettore a sette segmenti sull'antenna è una prova di concetto per una versione ingrandita e più potente con 64 segmenti – l'equivalente di un telescopio con apertura di 26 piedi (8 metri) – che potrebbe essere utilizzata in futuro.

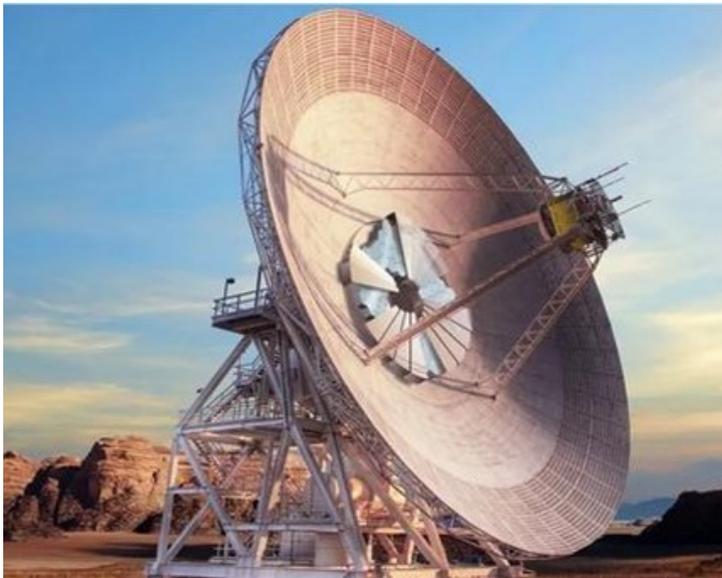


Figura 14: concept della nuova antenna



Figura 15: posizione attuale della sonda Psyche

Alla fine del 2023, l'antenna ibrida ha effettuato il **downlink** dei dati da **una distanza di 32 milioni di**

**km, ad una velocità di 267 megabit al secondo.**

Il 25 aprile 2024, nel nuovo test la sonda spaziale NASA Psyche, ha comunicato via laser con la Terra **da 226 milioni di chilometri, una distanza di molto superiore a quella del precedente tentativo.**

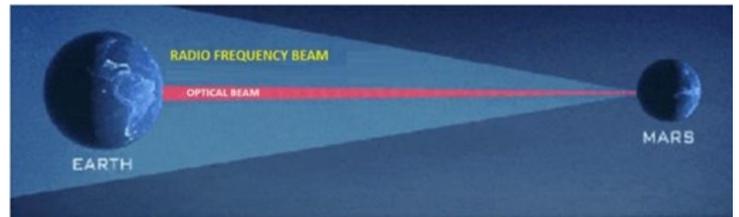


Figura 16: confronto divergenza radio e laser da Marte

**La velocità massima è stata di 25 Mbps, oltre 60 volte più veloce delle comunicazioni in radiofrequenza a quella distanza.**

Supponendo che la sonda si trovi a 100 milioni di chilometri e che il beam laser abbia una divergenza di 1 milliradiante ( $0.05769^\circ$ ), la circonferenza che si produce ha un diametro di circa 100mila chilometri. Per cui, centrare la Terra, che ha un diametro di poco meno di 13mila chilometri, non è un grosso problema.

**Il vero problema è la densità di energia luminosa che arriva all'antenna/sensore.**

I prossimi coloni marziani ringraziano, perchè avranno modo di chiamare in streaming i propri famigliari sulla Terra.

## Applicazione su Artemis II

Il sistema di comunicazione ottica Orion Artemis II (O2O) porterà le comunicazioni laser sulla Luna quando gli astronauti torneranno per la prima volta dopo oltre 50 anni.

Artemis II, la cui data di lancio è stata fissata per settembre 2025, sarà il primo volo lunare con equipaggio a dimostrare le tecnologie di comunicazione laser, inviando dati alla Terra con una velocità di downlink fino a 260 megabit al secondo.

Il sistema di comunicazione laser sarà a bordo della navicella spaziale Orion della NASA durante la missione Artemis II e sarà in grado di trasmettere immagini e video ad alta risoluzione.

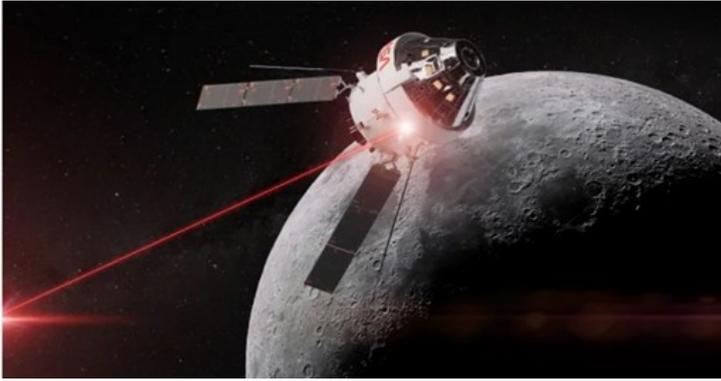


Figura 17: immagine artistica della comunicazione ottica che avverrà su Artemis

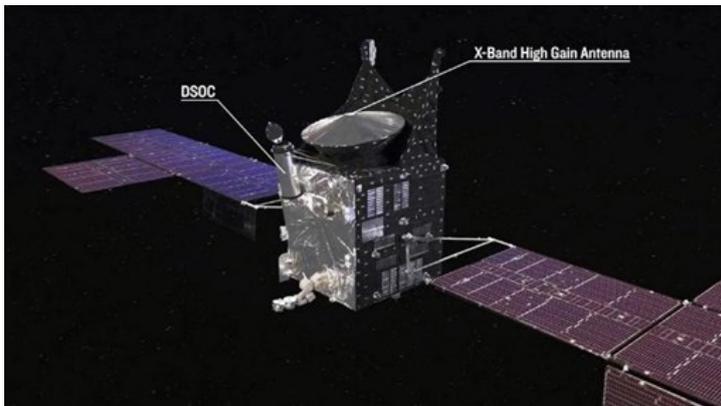


Figura 18: il sistema ottico DSOC sulla sonda e l'antenna radio ad alto guadagno (X-band) orientati verso la Terra

**Un ultimo aspetto secondario, nascosto, ma determinante:**

## Il mantenimento dell'allineamento

Infatti, tutto quanto funziona solo se la cosiddetta "linea di vista" (*Line of Sight*) tra le due parabole trasmittente e ricevente viene mantenuta.

A terra è relativamente facile perchè la base dell'antenna è solidamente ancorata a Terra ed i movimenti sui tre assi dell'antenna sono a carico di motori elettrici alimentati dalla rete elettrica o da batterie di back-up.

Ma sulla sonda è tutta un'altra storia! I razzi elettrici ci sono ma sono impulsivi e hanno bisogno di propellente che bisogna portarsi dietro da Terra. Quando finisce si butta via tutto! I continui movimenti reciproci del trasmittente e del ricevente (siano essi sonde o pianeti) obbliga ad un continuo inseguimento della "linea di vista" tale per cui la scorta di propellente si esaurirebbe in poche settimane di

operazioni.

Perciò si sfrutta il "momento angolare" di tre ruote di reazione (*Reaction wheels*) poste con asse di rotazione a  $90^\circ$  tra loro affinché possano reagire sui 3 assi (brandeggio, beccheggio e rollio, Figura 19).

Praticamente tre giroscopi utilizzati al contrario.

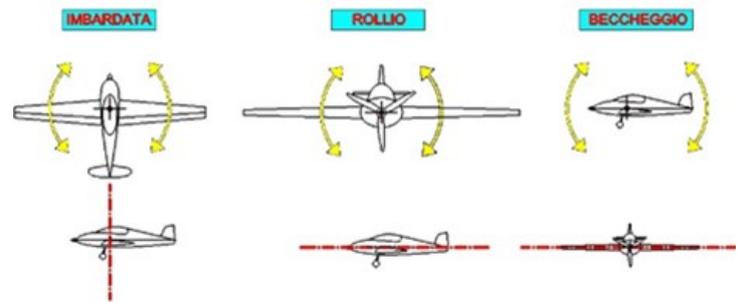


Figura 19: i tre movimenti angolari di controllo d'un mezzo (aereo o sonda)

Queste ruote sono abbastanza pesanti (in proporzione alla massa della sonda da orientare). Per una massa come il nuovo telescopio spaziale WFIRST possiamo dire che le ruote hanno una massa di circa 20 kg, un diametro di circa mezzo metro e possono ruotare liberamente con velocità che vanno da zero a 4.000 rpm.

A questo punto modificando anche sia pur minimamente la velocità di una ruota rispetto alla altre si ottiene un movimento angolare sull'asse della ruota che ha modificato la sua velocità, ottenendo così delle correzioni molto fini e precise. Con dei piccoli *thruster engine* sarebbe impossibile una tale risoluzione oltreché dispendiosa dal punto di vista energetico.

Con le ruote di reazione invece, se si ha a disposizione l'energia elettrica di pannelli solari, la loro operatività potrebbe ritenersi virtualmente infinita nel tempo.

In realtà questi continui cambiamenti di velocità necessari per orientare verso l'obiettivo ed anche per contrastare la continua pressione del vento solare, possono portare a raggiungere la velocità massima di 4000 rpm, per cui sarà necessario ogni tanto far intervenire dei tradizionali thruster per imprimere una spinta in direzione tale da dover ridurre la velo-

cità della ruota al limite, consentendole così di continuare poi a lavorare in modo lineare e sincrono con le altre due.

Nelle recenti applicazioni (come il futuro telescopio Nancy Grace Roman, noto anche come Wide Field InfraRed Survey Telescope o WFIRST, Figura 20) le ruote possono essere anche 6 al fine di poter avere un backup nel caso che una si rompa.



Figura 20: le sei ruote di reazione (Reaction wheels) di WFIRST

La differenza tra un giroscopio classico e una ruota di reazione è solo operativa. Nel giroscopio si utilizza l'inerzia angolare per rilevare il cambio di orientamento. La ruota di reazione invece cambia la sua inerzia angolare per creare un cambio di orientamento.

## Conclusioni

Forse pochi di voi se ne sono accorti ma di fatto le prime comunicazioni trasmesse da Guglielmo Marconi del 1901 **sono state a modulazione digitale!**

Infatti, allora veniva chiamato "telegrafo senza fili" perchè di fatto si trasmettevano solo delle pause e degli "uno", lunghi o corti a secondo del codice Morse.

Insomma, una modulazione "tutto o niente" come quella ASK di Figura 8.

Allora non fu una scelta tecnologica ma un vincolo perchè non c'era ancora la tecnologia per "modulare" la portante con la voce.

Questo articolo non può essere esaustivo su tutti gli aspetti della comunicazione. È ovvio! Ma si possono capire bene gli enormi progressi ottenuti nel settore

della comunicazione.

Dai 4 o 5 bit al secondo di Marconi siamo arrivati ai 200 miliardi di bit al secondo. Dai 3.000 km del 1901 al 24 miliardi di km della Voyager 1 (lanciata il 5 novembre 1977). Dalle decine di kW a pochi Watt. Ovviamente resto disponibile per chiarimenti, ma posso fare di più: restate collegati sul nostro sito [www.ilcosmo.net](http://www.ilcosmo.net) nella pagina [eventi](#) perchè quest'autunno, a ottobre, **terrò una conferenza al Planetario su questo tema come parte del nostro ciclo "Un equinozio con il COSMo" di ottobre 2024.**

Vi aspetto!

## Fonti:

<https://www.nasa.gov/mission/deep-space-optical-communications-dsoc/>

<https://www.jpl.nasa.gov/news/nasas-deep-space-optical-comm-demo-sends-receives-first-data>

[http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com\\_ottiche/cap4Frm.html](http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com_ottiche/cap4Frm.html)

[http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com\\_ottiche/cap2Frm.html](http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com_ottiche/cap2Frm.html)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11432-017-9216-0>

<https://www.ariparma.it/risorse/articoli/Trasmissioni%20ottiche%20e%20laser.pdf>

<https://www.jpl.nasa.gov/press-kits/psyche/dsoc>

[https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/la-sonda-spaziale-nasa-psyche-comunica-via-laser-con-la-terra-da-226-milioni-di-chilometri\\_126587.html](https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/la-sonda-spaziale-nasa-psyche-comunica-via-laser-con-la-terra-da-226-milioni-di-chilometri_126587.html)

[https://it.wikipedia.org/wiki/Antenna\\_parabolica](https://it.wikipedia.org/wiki/Antenna_parabolica)

<https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/what-is-the-deep-space-network/>

[http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com\\_ottiche/cap4Frm.html](http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com_ottiche/cap4Frm.html)

[http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com\\_ottiche/cap2Frm.html](http://docenti.ing.unipi.it/m.luise/com_ottiche/cap2Frm.html)

<https://youtu.be/EUBiItoNfxY>

## CARNE COLTIVATA

di Davide Borghi



Nel ciclo di conferenze del [COSMo](#) nell'Equinozio di Primavera, per altro ben ricco di ben sei interessanti appuntamenti, abbiamo anche ospitato tre esperti a parlarci di carne coltivata.

Si tratta di **Alice Lunghi**, **Nicolas Micheletti** e **Francesco Bombardi**.

Coprono l'argomento in modo direi molto complementare, anche dal punto di vista del background.



**Alice** è laureata triennale in biotecnologie e laureata magistrale in biotecnologie industriali a UniMoRe. Ha proseguito gli studi ottenendo il dottorato di ricerca in Neurotecnologie Traslazionali e Neuroscienze presso l'Istituto Italiano di Tecnologie (IIT) ed ora lavora come post-doc al Dipartimento di Fisica di UNIMORE, dove si occupa di meccanobiologia.

**Nicolas** è attivista per i diritti umani, animali e del pianeta, e TED speaker. Dal 2015 divulga il tema della carne coltivata e dell'agricoltura cellulare. Nel 2019 ha fondato End The Slaughter Age, con omonima iniziativa con la quale ha chiesto alla Commissione Europea di trasferire i sussidi della politica agricola comune europea dalla produzione classica di prodotti animali alla produzione alternativa, più ecologica, etica e salutare. L'iniziativa è stata sostenuta da diversi partiti ottenendo più di 860 mila firme in tutta l'UE.

**Francesco**, infine, è architetto di ambienti di ap-

prendimento, Laurea al PoliMi con studi presso ETSAB di Barcellona e Domus Academy Milano. Nel 2012 dirige il Fab Lab, dal 2015 si occupa in particolare di economia circolare e Food Experience in ambito Aerospaziale. Nel 2019 progetta il laboratorio Food Shuttle di Cirfood; nel 2021 presenta il laboratorio "iVulcani" a Dubai. Insegna Industrial Design a UniMoRe e al Master in Food Design presso PoliMi. Socio REA dal 2022 e ideatore del format esperienziale SPACE DINNER.

Tutti e tre assieme hanno quindi coperto gli aspetti scientifici, etici, di impatto ambientale e di opportunità per il futuro su questa pianeta e anche oltre.

La rivoluzione di carne e proteine coltivate sta infatti, finalmente dopo tanti anni, passando **dal laboratorio alle tavole apparecchiate** (non le nostre in Italia in realtà) fino a poi arrivare addirittura forse allo spazio.



**L'Italia** ha recentemente promulgato una legge che ne vieta la produzione e la commercializzazione. A

livello europeo, invece, fino ad ora, l'UE non ha autorizzato alcun prodotto a base di carne coltivata, ma la discussione sull'argomento è in corso e potrebbe avere implicazioni rilevanti per il futuro della produzione alimentare nell'UE.

La conferenza ha visto una buona partecipazione di pubblico, visto il tema molto discusso, controverso per diverse ragioni e sicuramente di interesse.

Siamo partiti col termine: si tratta di **carne coltivata, e non propriamente "artificiale"** siccome non viene fabbricata, ma viene coltivata partendo da vere cellule animali che vengono fatte moltiplicare con l'aggiunta di appropriati nutrienti.

L'introduzione scientifica, tenuta da Alice, ci ha messo in luce la **enorme riduzione dell'impatto ambientale** rappresentata dalla carne coltivata, grazie alla forte riduzione potenziale del numero di animali da allevamento e a tutto ciò che questo richiede di supporto, che contribuisce con una quota sostanziale all'effetto serra.

Ci sarebbe anche una **diminuzione degli allevamenti intensivi**, con positivi echi etici viste le condizioni non sempre condivisibili in cui questi animali sono trattati.

Un altro vantaggio sarebbe in termini di **contenimento del rischio epidemico** rappresentato dal passaggio animale-uomo di virus (come è già capitato innumerevoli volte nella storia dell' homo sapiens).

Tutto ciò contribuirebbe quindi in modo positivo per la **sostenibilità sia ambientale che economica**, per fare arrivare la carne in tutto il mondo e, dal punto di vista etico, **per ridurre la crudeltà sugli animali**.

MA, ci sono dei MA, come sempre...

Alice sottolinea che **l'idea non è nuova**, che **non è affatto semplice** da mettere in pratica tecnologicamente, e che, per ora, è piuttosto **costosa**.

L'idea non è nuova perché già nel 1931 **Winston Churchill** aveva predetto che saremmo arrivati alla carne coltivata: *"Ci sottrarremo all'assurdità di crescere un pollo intero per mangiarne solo il petto o un'ala coltivando separatamente queste parti in un*

mezzo adeguato. Il cibo sintetico sarà certamente usato in futuro, senza che il piacere della tavola venga bandito" (Sir Winston Churchill, 1931, Fifty Years Hence, The Strand Magazine).



Il **12 Febbraio 1971 Russell Ross** annuncia di essere riuscito a coltivare fibre muscolari in vitro.

## THE SMOOTH MUSCLE CELL

### II. Growth of Smooth Muscle in Culture and Formation of Elastic Fibers

RUSSELL ROSS

Department of Pathology, School of Medicine, University of Washington, Seattle, Washington 98105

#### ABSTRACT

Smooth muscle derived from the inner media and intima of immature guinea pig aorta were grown for up to 8 wk in cell culture. The cells maintained the morphology of smooth muscle at all phases of their growth in culture. After growing to confluency, they grew in multiple overlapping layers. By 4 wk in culture, microfibrils (110 Å) appeared within the spaces between the layers of cells. Basement membrane-like material also appeared adjacent to the cells. Analysis of the microfibrils showed that they have an amino acid composition similar to that of the microfibrillar protein of the intact elastic fiber. These investigations coupled with the radioautographic observations of the ability of aortic smooth muscle to synthesize and secrete extracellular proteins demonstrate that this cell is a connective tissue synthetic cell.

Poi, nel **Gennaio 2000**, a **Harvard** viene cresciuta carne di pecora delle dimensioni di una moneta, ma si parla di "semi-living" steak. Due anni dopo la **NA-SA** produce cellule muscolari edibili (*Edible Muscle Protein Production System - MPPS*).

Nel **2005** è pubblicato il primo articolo su carne prodotta in vitro.

Nel **2013** a Londra viene assaggiato il primo hamburger di carne coltivata.

Il ritmo diventa incalzante: nel **2015** il costo di produzione viene ridotto di **10 mila volte** grazie al lavoro del **Mark Post lab**.

Nel **2019**, infine, inizia ad essere commercializzata in alcuni paesi del mondo.

La carne che viene più considerata per essere riprodotta in vitro è ovviamente il **tessuto muscolare**. Esso è composto di fascicoli muscolari (composti di fasci cellulari) a loro volta composti di fibre muscolari (cellule muscolari), nonché di arterie, vene, nervi. Inoltre, la carne che abbiamo sulle nostre tavole (prosciutto, pancetta, fiorentina, *T-bone steak*) ha una struttura complessa, non solo composta da muscolo, e quindi difficilmente riproducibile tramite carne coltivata. Ma su questo ci si sta lavorando, come vedremo.

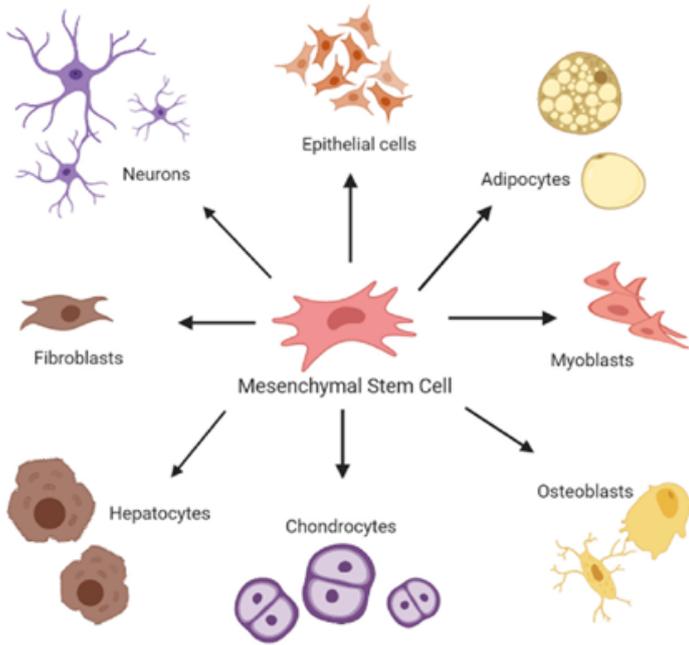
### Ma come avviene la coltura?

Si parte dalla raccolta di (piccolissime) quantità di **cellule staminali** dell'animale vivo tramite biopsie.

Si continua in laboratorio, con l'estrazione di mioblasti, che sono precursori delle cellule staminali. Queste cellule sono poi coltivate nel **siero di cre-scita**, che deve essere fornito indipendentemente. Nulla si crea e nulla si distrugge, ovviamente, quindi se vogliamo generare 10 tonnellate di carne coltivata bisognerà fornire almeno 10 tonnellate di sostanze. Le fibre sono poi lavorate e cresciute nel **bio-reattore** (che non ha niente a che fare con i reattori nucleari, mi raccomando).

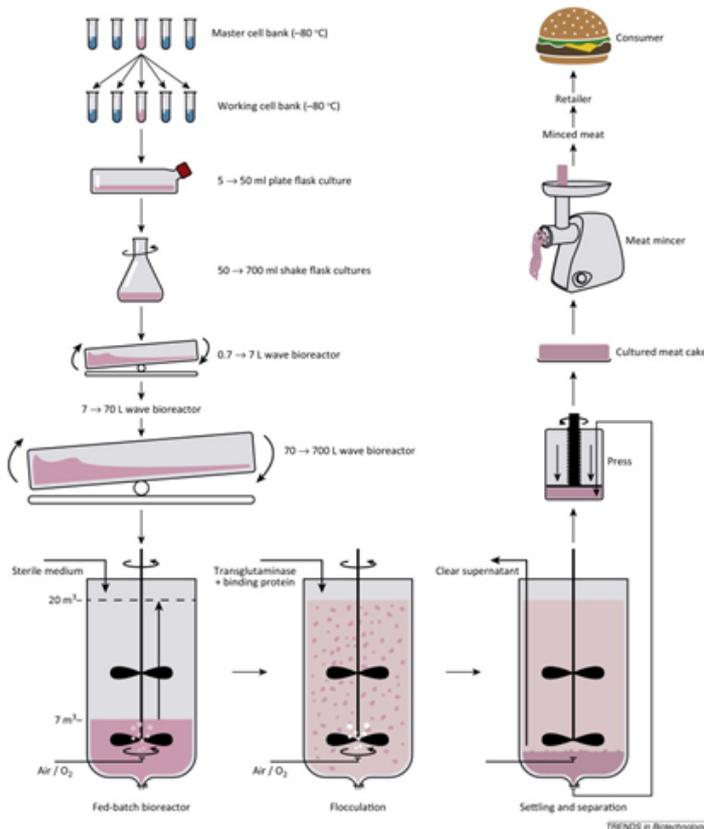
Ma cosa hanno di speciale queste "cellule staminali" per fare "la magia"?

Le cellule staminali sono cellule non differenziate che, tramite i giusti stimoli, esprimono un **fenotipo specifico**, ovvero diventano muscolo o altro organo del corpo. Nella produzione di carne artificiale è richiesto l'utilizzo di cellule **staminali mesenchimali specie-specifiche** (ad esempio per ottenere carne bovina è necessario partire da staminali prelevate da bovini ovviamente).



Cellula staminale mesenchimale

Il processo produttivo prosegue poi dal laboratorio al bioreattore, attraverso diversi, complessi processi, che si differenziano a seconda della realtà produttiva e imprenditoriale e spesso sono **coperti da brevetto**.

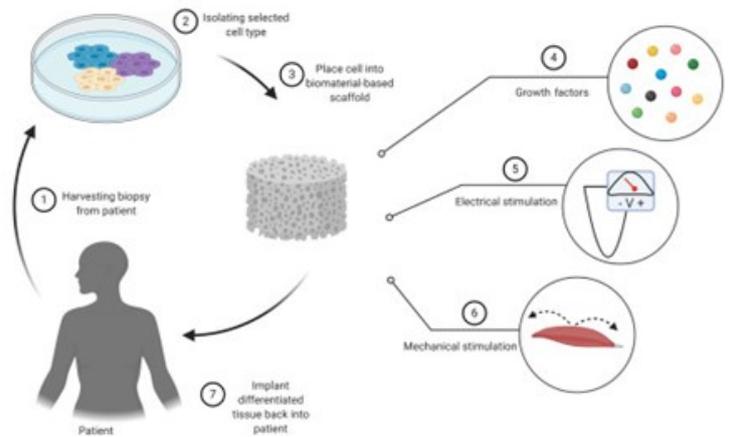


Processo produttivo di un hamburger

Ma il risultato finale non deve sempre per forza essere il solito hamburger, anche se, siccome le colture cellulari in sospensione, rendono difficile la formazione di «tagli di carne» come filetto, coppa, ala, coscia, ecc. La produzione di «tagli di carne» richiede una tecnologia molto più complessa che consenta la crescita di tessuto adiposo, tessuto connettivo, tessuto osseo, cartilagini e vasi sanguigni.

Diverse tecniche si basano su **impalcature (scaffold) basate su bio-materiali**.

### In vitro skeletal muscle tissue engineering



Questi *scaffolds* mimano la matrice extracellulare (collagene, glicoproteine, enzimi) e permettono la crescita tridimensionale del tessuto. Hanno una **marcata porosità** che permette lo scambio di nutrienti, segnali biochimici ed enzimi. Mimano la vascolarizzazione permettendo l'ossigenazione e forniscono una guida topografica alle cellule che permette quindi l'organizzazione spaziale del tessuto. Infine, permettono di stimolare le cellule con stimoli fisici oltre che biochimici (stress meccanico, stress elettrico).



Questi biomateriali che compongono gli *scaffolds*, devono essere biodegradabili (non devono rimanere nella carne), bioassorbibili (i prodotti di degradazione devono essere assorbiti dalle cellule), devono essere fonte di sostentamento per il tessuto in crescita, e infine devono essere di origine naturale (come la cellulosa, chitina, micelio fungino, ecc.).

Circa **60 aziende** in tutto il mondo producono carne coltivata al momento.

Le 10 più competitive (sulla base del mercato azionario) sono dislocate tra **Stati Uniti, Israele e Canada**.

**Future Meat Technology** (Israele) stima a circa 7.50\$/100g il costo di un hamburger coltivato (contro una media di 4\$/kg per la carne bovina).

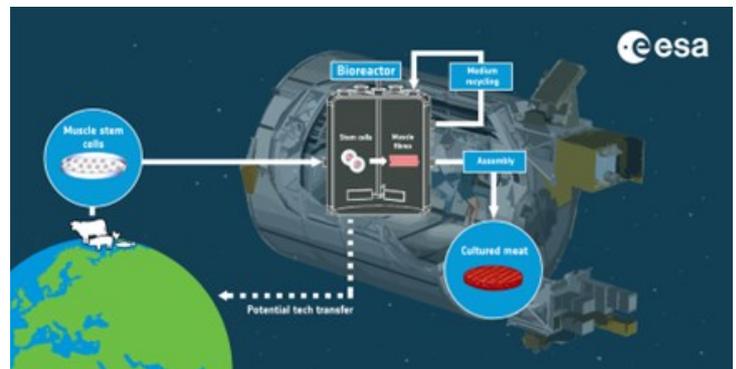
È stata commercializzata prima a Singapore (2020), poi negli USA (2021) e infine in Israele (2024), ma non ancora entrata nel mercato EU.



Il 2 Dicembre 2020, infatti, l'agenzia per il cibo di **Singapore** approva la vendita commerciale di **chicken bites** prodotti da **Eat Just Inc.** Si tratta della prima volta che un prodotto di carne coltivata supera il controllo qualità e sicurezza (per il quale di soli-

to servono almeno due anni) di un ente governativo che si occupa di regolamentazione alimentare. Nel 2021 poi Aleph Farms avvia una collaborazione con la **Mitsubishi Corp. Food Industry Group** per immettere sul mercato giapponese carne coltivata di manzo.

Poi, Francesco ci parla delle **applicazioni spaziali**: per mangiare carne per anni sulle future basi lunari o marziane, di sicuro, per diverse ragioni, non si potranno portare sù dei capi di bestiame con tutto quello che ne consegue. La **NASA** investe quindi nella carne coltivata già dai primi anni del 2000 e ad oggi le agenzie spaziali di tutto il mondo finanziano la ricerca sulla carne coltivata.



Francesco mette in luce, secondo me correttamente, che i problemi da risolvere negli habitat spaziali in termini di **circularità** nell'uso e consumo delle risorse, per ovvie ragioni di sostenibilità dell'uso delle scarse risorse disponibili, potranno **generare soluzioni che saranno utili anche sul Pianeta Terra**.



Ha quindi spostato il punto di vista, dal presente in cui possiamo scegliere, ad un futuro in cui avremo meno scelte e dovremo pensare all'essenziale, con

minor impatto ambientale e ottimizzazione delle risorse. È un futuro che noi abbiamo già, in parte, davanti agli occhi, anticipato dalla ricerca aerospaziale.

Francesco Bombardi si occupa di questi temi da qualche anno, con il corso Industrial Design del Dipartimento di Ingegneria UNIMORE e con il Master Design for Food del PoliMi.

L'Emilia-Romagna, e l'Italia in generale, non sono sicuramente un posto dove la carne coltivata avrà un futuro facile, vista la ricca cultura in proposito.



Ma questo potrebbe anche rappresentare una sfida e una opportunità: come portare la stessa eccellenza espressa dalla nostra cultura del cibo nei nuovi mondi? È possibile parlare di cibo non in senso "nostalgico" ma legato ai temi dell'innovazione?

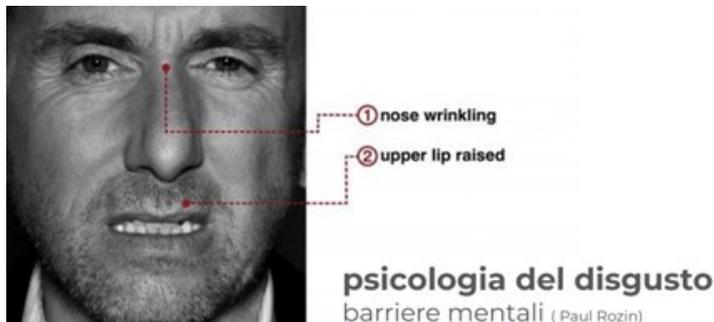
Il cibo si può ad esempio costruire con **stampanti 3D**.



Francesco ci fa anche notare che esistono **alternative alla carne coltivata**, come la carne di certi insetti, che permetterebbe una alta efficienza nell'uso della più alta percentuale possibile in termine di massa edibile.



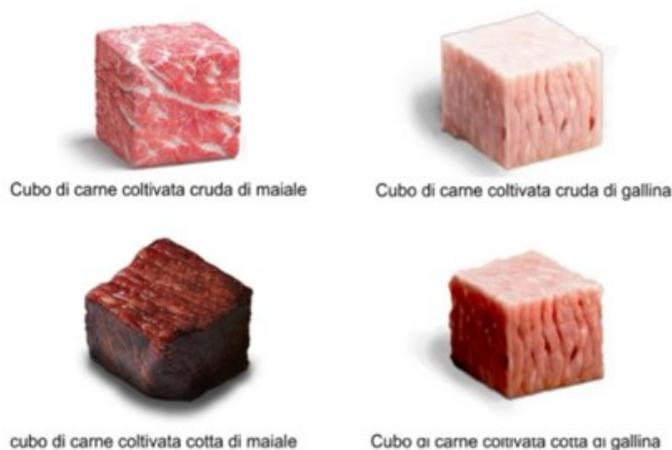
Ma veniamo al problema principale della carne coltivata, che nonostante le mille difficoltà, non sarà probabilmente in termini di prezzo o complessità tecnologica. Ma sarà in termini di **naturale disgusto e rifiuto a livello culturale**: una barriera mentale.



Il disgusto è una risposta di repulsione, un sistema motivazionale biologico di base, che ci protegge dall'ammalarci, poiché - come ha postulato Darwin - il cibo che ha un cattivo sapore fa anche male alla salute.

Oggi, la nostra riluttanza è ancora controllata da questo meccanismo di difesa condizionato, che spesso non è più biologico ma creato dalla nostra cultura.

*"Il disgusto si evolve culturalmente e si sviluppa evolutivamente da un sistema per proteggere il corpo dal danno a un sistema per proteggere l'anima dal danno"* (cit. Paul Rozin - Università di Pennsylvania).



Infine, Nicolas Micheletti mette l'accento sugli **aspetti ambientali**: dobbiamo cercare di lasciare il mondo migliore di come l'abbiamo trovato.

La "carne coltivata", viene realizzata con l'Agricoltura Cellulare, cioè la produzione di prodotti a partire da colture cellulari, utilizzando una combinazione di biotecnologie, ingegneria dei tessuti e biologia molecolare e ciò **non implica sofferenza animale** perché la cellula che dà il via a questa immensa produzione viene prelevata tramite una **biopsia indolore direttamente dall'animale vivo**.

Fa tanto discutere, ma, se lo scopo animalista è quello di azzerare la sofferenza animale, perché no?

La carne coltivata darebbe anche l'opportunità di ridurre o eliminare la presenza di **antibiotici** e **micro-plastiche**, un aspetto la cui entità è però da verificare nella pratica.

**Produce molto meno effetto serra** della carne da allevamento e richiede quasi la metà di potenza elettrica.

Il rischio, dice Nicolas, se non passassimo alla carne coltivata, sarebbe quello di un impatto ambientale inarrestabile. L'opportunità invece è quella di **portare la carne sulle tavole di popolazioni di tutto il mondo**.

Alla domanda su cosa ne faremo dei miliardi di animali da allevamento che oggi abbiamo, Nicolas risponde, ragionevolmente, che la transizione non sarebbe affatto breve: richiederebbe invece **alcuni decenni**, durante i quali gradualmente gli allevamenti verrebbero ridotti.

Con questa conferenza abbiamo voluto, credo coraggiosamente, trattare un argomento sicuramente diverso dal solito, ma con diversi collegamenti ad argomenti già trattati:

- lo sviluppo tecnologico (*in questo caso in un campo mai coperto da noi prima*)
- la sostenibilità ambientale
- le applicazioni spaziali
- il futuro.

Non è stata e non è nostra intenzione comunque promuovere la produzione e tanto meno il consumo di carne coltivata.

Ma speriamo di essere riusciti a fare informazione dicendo:

cosa è e cosa non è la carne coltivata

quali sono le possibili implicazioni se la adottiamo e se non lo facciamo.

E, come sempre, siamo confidenti di aver soprattutto stimolato riflessioni, domande ed opinioni, senza necessariamente volerle cambiare.

Le opinioni sono personali e tutte rispettabili.



## Bibliografia:

- Ramani, S. et al.; *J Anim Sci Technol* 2021;63 (4):681-692
- <https://www.marionegri.it/magazine/carne-coltivata>
- Trends in Biotechnology June 2014, Vol. 32, No. 6
- La produzione di «tagli di carne» richiede una tecnologia molto più complessa che consenta la crescita di tessuto adiposo, tessuto connettivo, tessuto osseo, cartilagini e vasi sanguigni
- [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Preparing\\_for\\_the\\_Future/Discovery\\_and\\_Preparation/ESA\\_investigates\\_cultured\\_meat\\_as\\_novel\\_space\\_food](https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Discovery_and_Preparation/ESA_investigates_cultured_meat_as_novel_space_food)
- [https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/stampato-in-3d-il-primo-filetto-di-manzo-wagyu-ecco-cos-e-il-cibo-digitale\\_100141.html?fbclid=IwAR0phHN2RMmjTgqcxwPO\\_MuHzoTM9XwS2jNXPZCFJRA71hMGGHssACrPeLo](https://www.hwupgrade.it/news/scienza-tecnologia/stampato-in-3d-il-primo-filetto-di-manzo-wagyu-ecco-cos-e-il-cibo-digitale_100141.html?fbclid=IwAR0phHN2RMmjTgqcxwPO_MuHzoTM9XwS2jNXPZCFJRA71hMGGHssACrPeLo)
- <https://www.samuelecorona.com/come-riconoscere-le-emozioni-e-le-espressioni-facciali-paul-ekman/>

## STARSHIP

di Leonardo Avella e Ciro Sacchetti



**Starship:** letteralmente "Astronave". Crediamo che mai un nome sia tanto azzeccato...

20 aprile 2023, ore 15.30 circa (in Italia) dalla neopopolata base di Boca Chica in Texas, vengono accesi i trentatré motori Raptor 2 del primo stadio Super Heavy. Lentamente il colosso di centoventi metri si stacca dalla base e inizia la sua ascesa.

Il fragore ricorda altri giganti del passato ma ha in sé anche un che di possente, solenne, maestoso. Qualcosa che promette grandi imprese e che non eravamo più abituati a vedere.

La nascita di SpaceX dà il via ad una scommessa che pochi allora, nel lontano 2002, pensavano potesse avere successo. Ma il suo fondatore Elon Musk era molto determinato nei suoi intenti e, dopo aver dimostrato di essere in grado di mettere un carico utile in orbita, riesce a convincere il governo Statu-

nitense e la NASA ad investire un grosso capitale di denaro per lo sviluppo di un razzo lanciatore riutilizzabile, in cui viene perso solo il secondo stadio (quello con l'alloggiamento del payload).

Nasce il **Falcon 9** ed inizia l'ascesa della più grande e discussa agenzia spaziale privata, passando dal possente **Falcon Heavy** alla avveniristica navicella per il volo umano **Dragon Crew**.

Ma nell'immaginario di quell'uomo, l'eccentrico Musk, il vero obiettivo è ben più ambizioso: la conquista di Marte!

Poco prima della nascita di SpaceX, Elon Musk conosce Robert Zubrin: matematico, ingegnere aerospaziale e ricercatore. Fu lui a fondare "The Mars Society", un'organizzazione no profit con lo scopo di promuovere a livello politico l'esplorazione del pianeta rosso.

Musk ne è profondamente affascinato: dona dei fondi a questa società, e con la nascita della sua agenzia spaziale inizia ad ipotizzare come concretizzare, con le proprie forze, le teorie di Zubrin. Nasce così l'idea di realizzare un razzo di grandi dimensioni capace di trasportare grandi carichi.

L'idea è quella di un razzo riutilizzabile, alla stregua di Falcon 9 e Falcon Heavy, composto da solo due stadi, ma molto più grande. La semplicità è la filosofia che regna in SpaceX, solo che stavolta il primo stadio avrebbe dovuto essere sufficientemente potente da trasportare una "Astronave" gigantesca.

La prima versione venne battezzata Big Falcon Rocket "B.F.R.:" ma la "F" si prestava troppo a storpiature, dunque presto verrà ribattezzato con il nome che tutti noi conosciamo, Starship.

Nasce Boca Chica, base di lancio situata in prossimità della costa nel sud del Texas, in cui si dovrà sviluppare da zero il razzo che dovrà battere tutti i record.

Lo sviluppo di Starship inizia nel 2016 e prosegue con la realizzazione di un sistema che prevede un primo stadio alto 70 metri ed uno stadio superiore (la vera e propria nave), alto 50 metri.

Il diametro è di 9 metri, limite massimo di ingombro sulle strade americane. L'altezza totale è di 120 metri, 15 in più del razzo Sovietico N1 e dieci in più dell'Americano Saturn V. Un vero Mostro...

Mentre i successi del Falcon 9 abbattano la concorrenza in termini di affidabilità e costi, a Boca Chica prende forma lo stadio lanciatore e il veicolo che, sulla carta, potrà trasportare fino a 150 tonnellate di carico utile nello spazio (in orbita terrestre bassa) e che potrebbe trasportare fino a 100 persone. I due elementi vengono definitivamente battezzati Super Heavy (il primo stadio) e Starship (il secondo stadio). Starship sarà anche il nome utilizzato per il sistema completo.

Parallelamente, anche la più grande agenzia spaziale al mondo, la NASA, ha iniziato da tempo e dopo vari inciampi (vedi programma Constellation) a sviluppare un programma per il ritorno sulla luna. Il programma si chiama **Artemis** e comprende un razzo lanciatore pesante non riutilizzabile, l'**SLS**

(Space Launch System), ed una capsula che ricorda molto le capsule Apollo riutilizzabile: la **Orion**. L'SLS è formato da elementi direttamente derivati dal programma Space Shuttle.

Sia il razzo SLS che la Orion erano parte dello sviluppo del programma Constellation varato dai Bush padre e figlio che però, dopo grandi annunci e promesse, non diedero una sufficiente copertura finanziaria. Il Presidente che successe all'ultimo Bush, Barak Obama, a seguito della commissione Constantine, fece chiudere l'intero programma dando molto più spazio alle agenzie private come Blue Origin o SpaceX.

Varato il programma Artemis, la NASA si trova con un lanciatore quasi ultimato: l'Ares V (che diventerà SLS). Anche l'Orion è praticamente completa, con al suo attivo un volo orbitale ed un rientro alla stessa velocità di un volo lunare. Manca solo il modulo lunare...

Indetta una gara d'appalto, la SpaceX vince con il progetto di adattare la Starship da navetta a modulo lunare.



*Starhopper (Credit SpaceX—2019)*

Ma c'è una astronave da costruire da zero, dunque si mette al lavoro con i primi prototipi.

**Starhopper** è solo un dimostratore che serve a definire l'elettronica di decollo e atterraggio verticale.

I primi test, avvenuti il 26 luglio ed il 27 agosto 2019 hanno successo: si può iniziare a costruire il prototipo vero e proprio.

Si parte con il secondo stadio (Starship). I prototipi avranno una numerazione progressiva SNx, dove la lettera x indica il numero del prototipo costruito.

Il 9 dicembre 2020 il prototipo SN8 effettuò un volo di prova arrivando a 12,5 km di quota. Riuscì a dimostrare con successo le capacità di decollo e di discesa con la famosa manovra Belly Flop.

Arrivò a terra un po' troppo veloce, per cui esplose all'arrivo.



Completati tutti i test di questa fase, si passa agli IFT (Integrated Flight Test)

**Il primo test** (IFT-1 del 20 aprile 2023, Booster 7 – Ship 24) è stato molto pittoresco:

Elon Musk era presente nella sala del Controllo Missione, presso Space X tutto il personale era radunato per assistere a questo test.

IFT 1 è una vera scommessa!

I motori Raptor 2 sono affidabili, ma per questo test non si ha la certezza che possano funzionare a dovere tutti e trentatré contemporaneamente, si teme addirittura per l'esplosione dell'intero razzo sulla rampa di lancio durante le prime fasi del decollo.

Obiettivo dichiarato da Space X è raggiungere Max Q e la successiva separazione del Super Heavy dalla Starship con una manovra particolare, mai tentata

prima.

Arrivati alla separazione il Super Heavy dovrebbe spegnere i motori di spinta in maniera leggermente asimmetrica, creando una imbardata laterale del primo stadio consentendo il distacco senza l'uso di bulloni esplosivi. I due stadi sono assemblati mediante un semplice incastro conico ... un concetto molto innovativo e ... rischioso.

Alle ore 13;33;09 (ora di Boca Chica) avviene il *Lift-Off*. Lo spettacolo è semplicemente maestoso, un razzo di centoventi metri lentamente lascia la rampa di lancio in un fragore al quale noi "veterani" non eravamo più abituati.

Per resistere alla spinta dei motori era stato costruito uno strato di cemento armato sotto i motori in rampa di lancio, ma questi ultimi alla partenza hanno letteralmente sbriciolato il pavimento della piattaforma e scaraventato pezzi di cemento ovunque.

I detriti hanno danneggiato un'auto parcheggiata nei pressi, i serbatoi posizionati nei pressi e tutto quello che si trovava nel raggio di alcune centinaia di metri.

Alcuni motori, per l'esattezza tre, non si sono accesi probabilmente proprio a causa dei detriti che li hanno distrutti, altri tre si sono spenti subito dopo il lancio per la stessa ragione, e altri due motori si sono spenti durante i primi minuti di lancio causa guasti o esplosioni.

Il razzo ha raggiunto e superato con successo Max Q, ma la separazione tra il primo ed il secondo stadio non è avvenuta ed il razzo, è stato fatto esplodere poco dopo.

Per molti detrattori il test è stato un fallimento, ma se consideriamo che una agenzia privata ha costruito un razzo lanciatore pesante come non si era mai visto e lo ha fatto decollare da una base di lancio privata... si può ben dire che un fallimento non è: il decollo e l'ascesa sono andati molto bene per essere un primo test e qualcosa è andato storto, ma alla SpaceX sono molto soddisfatti del risultato.

**Il secondo test** (18 novembre 2023, Booster 9 – Ship 25) ha visto modificare la rampa di lancio con

una piastra di acciaio bucherellata da cui al momento della partenza hanno fatto uscire una quantità enorme di acqua (Water Deluge System); il tutto realizzato in pochissimi mesi dimostrando una capacità di reazione invidiabile.

E' stato modificato il meccanismo di separazione tra il primo ed il secondo stadio, adesso denominato *hot staging*, in cui i motori del secondo stadio vengono accesi quando quest'ultimo è ancora attaccato al primo stadio.

Alle ore 13;02;50 la partenza. Il "mostro", con il secondo stadio che ricorda una seppia, si è alzato in volo con tutti i trentatré motori perfettamente funzionanti. Anche questa volta Max Q è stato superato con facilità e l'*hot staging* è riuscito perfettamente, separando Super Heavy da Starship.

Il razzo Super Heavy però ha fallito la riaccensione dei motori del primo stadio ed è stato fatto esplodere poco dopo, stessa cosa è accaduta alla Starship la quale, nel tentativo di effettuare una operazione di trasferimento di combustibile, ha avuto un problema.

**Il terzo test** (14 marzo 2024, Booster 9 – Ship 28) ha visto ulteriori progressi. La separazione tra il primo ed il secondo stadio è di nuovo stata un successo e la Starship ha acceso i suoi motori iniziando la sua corsa verso lo spazio senza problemi. Ha raggiunto un apogeo di 234 km (145 miglia) e un perigeo di circa 50 km (31 miglia), diventando l'oggetto più grande mai inviato nello spazio in un unico lancio: un altro record battuto.

Purtroppo, appena iniziata la fase di rientro in atmosfera, la telemetria della nave 28 si è interrotta, e la Ship 28 è stata fatta esplodere prima dello splashdown pianificato.

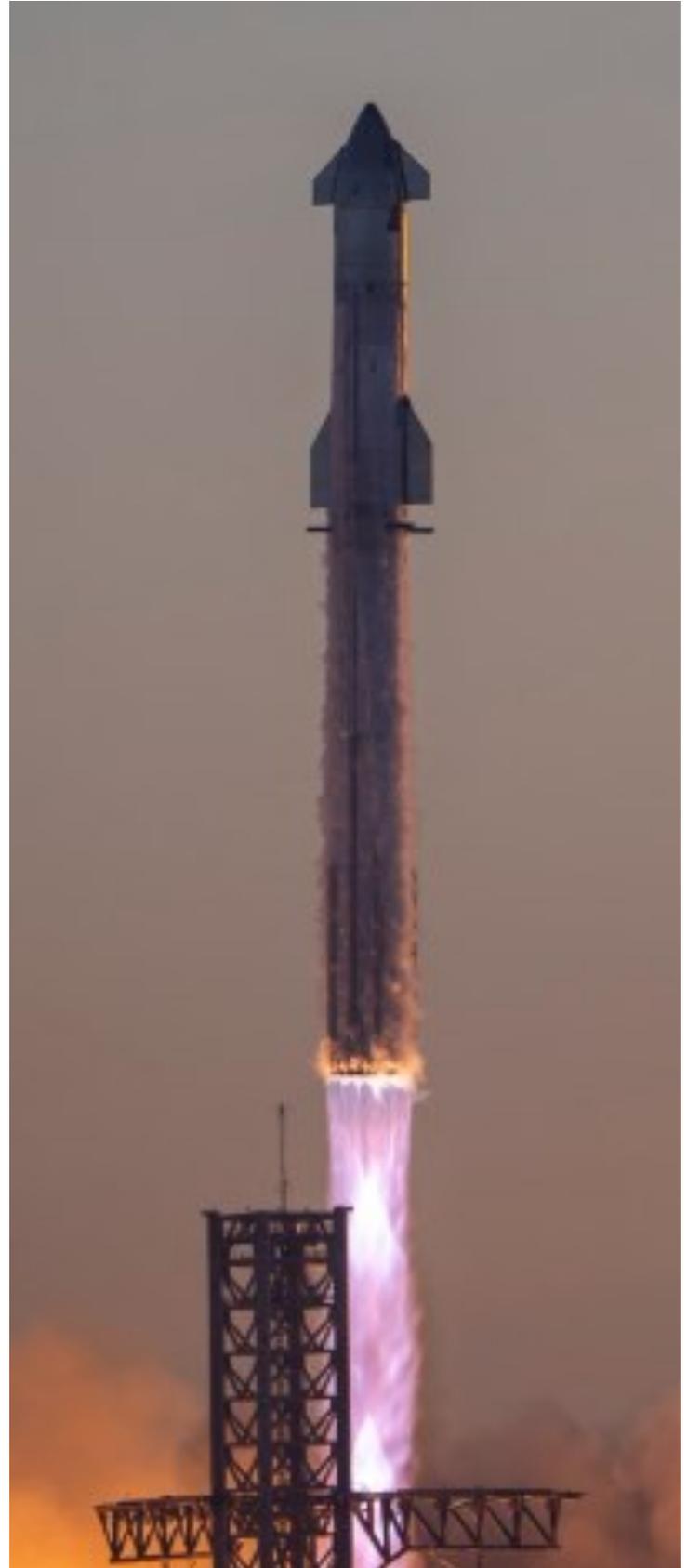
Un corollario: grazie alla costellazione di satelliti Starlink (sempre di Elon Musk) è stato trasmesso in diretta, per la prima volta, il video spettacolare del rientro in atmosfera di un veicolo spaziale (la Starship) avvolto da gas ionizzato.

Ora attendiamo fiduciosi i prossimi lanci per poter

ammirare i progressi di questo incredibile razzo ... e per raccontarvi.

Alla prossima!

Leonardo e Ciro



# 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 pagina).

---

**Martedì 4 giugno 2024 - Ore 21 Presso il Parco delle Caprette (Reggio Emilia) nell'ambito del Corso REA di Astronomia 2024**

**“Arduo da vedere il Lato Oscuro è”**  
(Yoda, gran maestro dell'ordine Jedi)

I misteri di Materia ed Energia Oscura, elementi invisibili che modellano il destino dell'Universo

**Relatore Roberto Castagnetti**

**Martedì 2 luglio 2024 - Ore 21 Presso il Parco delle Caprette (Reggio Emilia) nell'ambito del Corso REA di Astronomia 2024**

**“Eclissi di Sole: i testimoni ”**

Il racconto dell'eclissi totale di Sole che si è appena verificata in Nord America, vista da Mazatlan in Messico e dall'Arkansas negli Stati Uniti. .

**Relatori: Davide Borghi, Antonio Melandri, Leonardo Avella**

**12 - 13 - 14 luglio 2024 - Festival dell'Astronomia di Montecchio (RE)**

**Nostre Conferenze ed attività nell'ambito della seconda edizione del Festival**

**Domenica 21 luglio 2024 - Ore 21 Presso la Polisportiva San Faustino - Via Wiligelmo, 72 (Modena)**

**“55esimo del primo sbarco Lunare”**

L'epico racconto del primo sbarco lunare.

**Relatori: Ciro Sacchetti e Davide Borghi**

**Sabato 27 luglio 2024 - Ore 21 Area Pro Loco di Badi (Bologna)**

**“Intelligenza Artificiale”**

Il punto su un tema di grande attualità.

**Relatore: Davide Borghi**

**Martedì 30 luglio 2024 - Ore 21 Presso il Parco delle Caprette (Reggio Emilia) nell'ambito del Corso REA di Astronomia 2024**

**“Space X”**

I progetti, i lanci in corso e in preparazione, le prospettive future di SpaceX

**Relatori: Ciro Sacchetti, Leonardo Avella**

---

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

**Restate aggiornati!**

**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)



**Uscita del prossimo numero:**

**SETTEMBRE 2024**