

La Zeitgeist del cielo nel 2021+

Roberto Ragazzoni – INAF Osservatorio Astronomico di Padova & Università di Padova

Con rarissime eccezioni i satelliti posti in orbita attorno alla terra sono “passivi” nella banda dell’ottico e quelle adiacenti e quindi rappresentano una potenziale sorgente di perturbazione alla “osservazione” (qui intesa in senso ampio, da quella ad occhio nudo dell’occasionale scrutatore della volta celeste, sino all’utilizzo delle maggiori strutture astronomiche in questa porzione dello spettro elettromagnetico) del cielo dalla superficie terrestre quando illuminati dal Sole. Nelle bande radio sono invece, generalmente (ed almeno durante la parte operativa della loro vita) attivi e prevedono certamente una trattazione a parte che esula dai limiti del mio intervento, ma che risultano ovviamente centrali nella analisi delle interazioni con osservazioni radioastronomiche in bande adiacenti a quelle protette dalla regolamentazione internazionale.

Mi limito quindi nel seguito agli effetti derivando dalla riflessione e diffusione da parte di manufatti della luce solare, che rappresenta la sostanziale totalità della perturbazione nella banda visibile.

Ci tengo a precisare che mi occupo di strumentazione da terra e dallo spazio a grande e grandissimo campo e che pertanto tra gli strumenti che ho concepito figurano alcuni tra quelli utilizzati per la scansione della cosiddetta “spazzatura celeste” (Cibin et al. 2013) o concetti di telescopi a copertura simultanea globale della volta celeste come “Mezzocielo” (Ragazzoni et al. 2020) e che come tali sono tra quelli maggiormente potenzialmente affetti dal fenomeno di cui stiamo discutendo.

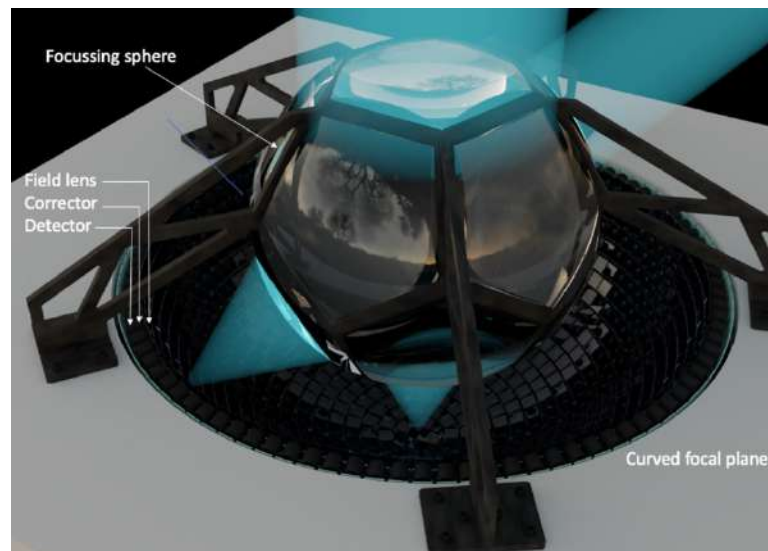


Figura 1: A sinistra il FlyEye, un telescopio da 1m di apertura e campo di vista potenziale di quasi un centinaio di gradi quadrati (l'autore è al centro). A destra il concetto di “Mezzocielo”: una sfera focalizzatrice riempita di liquido a basso indice di rifrazione che si comporta come un telescopio della classe 1..4m con un campo di vista di oltre diecimila gradi quadrati.

Perché si è acceso il dibattito...?

Prima del lancio degli StarLink esistevano circa 5000 oggetti catalogati come satelliti in orbita attorno alla terra e oltre 20000 oggetti di cui esiste una catalogazione pubblica (e che contiene molta della cosiddetta "spazzatura spaziale") che è ovviamente confinato agli oggetti di maggiori dimensioni. Le stime per gli oggetti maggiori di una decina di centimetri valgono circa il doppio (ma sono solo stime) e, seguendo un comportamento simile a quello dettato dall'IMF di una popolazione stellare, il numero di oggetti superiore al millimetro è stimato superare il valore di 10^8 . Non è, infatti, proprio recentissimo il famoso articolo di Kessler (da cui la cosiddetta "sindrome di Kessler") che risale al 1978 (Kessler & Cour-Palais, 1978). Inoltre progetti di "mega costellazioni" possono essere datati fin dal 1994 (con promotori "credibili" tra cui Bill Gates e principi Sauditi...) e divengono persino realtà con gli Iridium e i GlobalSat nel 1998 ed 1999. Come non ricordare gli "Iridium flare" e i vari articoli, ad es. su Sky & Telescope, su come osservarli, fotografarli, ed eventualmente prevedere o cogliere gli episodi di riflessione diretta dei pannelli solari (appunto i cosiddetti "flare")...?! Prima del lancio dei primi StarLink almeno altre tre ulteriori iniziative commerciali erano di dominio pubblico da oltre un lustro. E non dobbiamo scordare la presenza della International Space Station, od ISS, che è stata inseguita e fotografata sullo sfondo di castelli, paesaggi mozzafiato urbani o remoti, skyline, incrociando costellazioni notevoli od oggetti non ricorrenti, come comete o sciami meteorici. Inutile raccogliere link od immagini notevoli, usando Google come motore di ricerca potete trovarne in quantità con didascalie ricolme di stupore ed entusiasmo.

In questo contesto vengono lanciati i primi batch di StarLink il cui lancio gode di una caratteristica sostanzialmente inedita. Normalmente, ogni libro di testo di meccanica celeste o di tecniche astronautiche descrive quelle che sono chiamate le cosiddette orbite di trasferimento di Hohmann. Queste manovre prendono spunto dal fatto che è relativamente facile studiare la perturbazione delle orbite mediante impulsi applicati ad un oggetto in orbita, per un tempo piccolo rispetto al loro periodo orbitale. L'accensione di un razzo per alcuni secondi è normalmente infatti tutto quello che serviva per iniettarsi in orbita translunare agli equipaggi delle missioni Apollo e, in un mondo in cui il costo di ogni kilogrammo iniettato in orbita (carburante compreso) ha valori astronomici, l'essere caratterizzato da condizione di minima richiesta di energia, ha reso queste orbite particolarmente "popolari". Questo significa che, poiché le orbite basse hanno periodi dell'ordine di 90' (variando pochissimi nell'arco di altezze fino alla migliaia di chilometri) una volta iniettata in orbita circumterrestre, nell'arco di 45 minuti il satellite viene inserito nella sua orbita definitiva. Non è così per gli StarLink.



Figura 2 Un "trenino" di StarLink osservato dal suolo. Questo fenomeno è osservabile nei primi giorni dopo il lancio, successivamente i satelliti si distanziano e aumentano la loro distanza dalla superficie terrestre, diminuendo contemporaneamente la loro luminosità apparente.

Questi infatti sono dotati di un propulsore ionico caratterizzato da un impulso estremamente basso ma che può essere applicato per lungo tempo. Il risultato è che utilizzando tecniche di

trasferimento convenzionali il lancio di una sessantina di satelliti nella loro orbita definitiva li avrebbe lasciato nella loro quota di iniezione (molto vicina al suolo e quindi particolarmente luminosi se illuminati dal Sole) per un tempo al più di circa una dozzina di ore (dettato esclusivamente dalla necessità di trasferire nell'orbita definitiva i vari satelliti opportunamente sfasati tra di loro approfittando del diverso periodo delle orbite di iniezione e definitive). In un simile periodo è molto improbabile che questi satelliti cadano sotto l'attenzione di un punto generico sulla superficie terrestre. Nel caso degli StarLink invece il tempo di trasferimento diventa di settimane, nel quale il gruppo lentamente si "sgrana" distanziandosi l'uno dall'altro e rimanendo per molti giorni in orbita sufficientemente bassa da essere particolarmente luminosi rispetto alla loro orbita definitiva. In parole povere i famosi "trenini di satelliti" sono occasionali (perché sono visibili da un unico posto solo nel periodo successivo ad un lancio, solo se contemporaneamente illuminati dal Sole e ad altezza sufficiente sopra l'orizzonte). Anche in questo caso il loro evolvere complessivo nella volta celeste richiede un tempo dell'ordine di pochissimi minuti. E' solo a questo punto che, essendo lo stesso un fenomeno elusivo ma relativamente appariscente, che ha raggiunto gli onori della cronaca ed ha risvegliato l'attenzione, sino a quel momento evidentemente sopita, di molti.

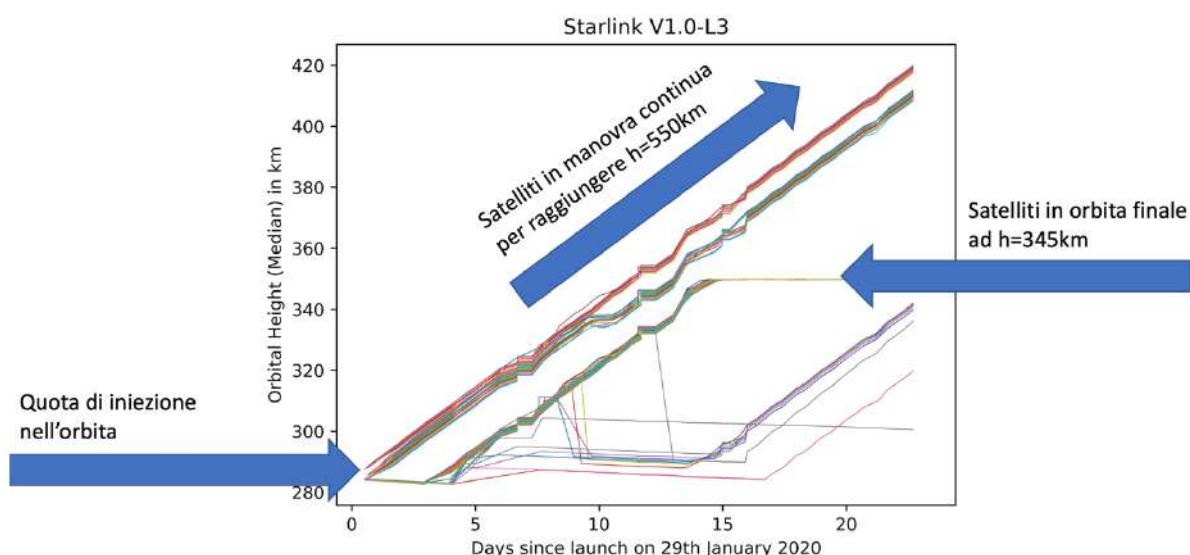


Figura 3: Grafico riportante l'osservazione di un batch di StarLink che viene trasferito nelle loro orbite definitive. Come si vede i satelliti sono iniettati a circa 285km e raggiungono, nell'arco di un tempo che va da 2 a 6 settimane, orbite a 345km e 550km di quota, dove riducono la loro luminosità apparente integrata rispettivamente di un fattore 0.68 e 0.27 volta la luminosità quando appaiono sotto forma di "trenino di punti luminosi".

Quanto vale la probabilità per uno specifico punto sulla superficie terrestre di osservare un "trenino" ovvero la parte iniziale del dispiegamento di questi satelliti...?? Un conto approssimativo parte dalla superficie terrestre in cui il "trenino" è visibile ad almeno una certa elevazione. Ponendo questo a 30 gradi minimi sull'orizzonte identifica per ogni orbita una striscia sul globo larga circa 4 volte la quota di volo. Nella fase iniziale, che è quella in cui il gruppo è ancora compatto, varrà quindi una circonferenza terrestre per quattro volte la quota di volo ogni 90 minuti (con ottima approssimazione un periodo orbitale). Confrontato con la superficie terrestre questo calcolo porge circa 2 volte il rapporto tra la quota di volo ed il raggio terrestre che, alle quote iniziali di iniezione, vale circa il 9%. Poiché il fenomeno è

visibile solo nelle fasi strettamente crepuscolari, dove il Sole ancora illumina la formazione di satelliti ancora molto bassa sulla superficie terrestre, la probabilità che questo avvenga in una regione di questo tipo è data dal rapporto tra il periodo di osservabilità e l'intera giornata (perché non visibile durante il giorno e neppure nelle fasi pienamente notturne poiché i satelliti non sono illuminati dal Sole). Diciamo un paio di ore complessive nei crepuscoli serali e mattutini che porta la probabilità in una orbita al valore dello 0.75%, corrispondente ad un evento ogni circa 8 giorni. In questo calcolo abbiamo assunto orbite completamente scorrelate tra di loro mentre l'effetto di rotazione terrestre e la limitata inclinazione delle orbite di questi satelliti perturba questa assunzione che è però corretta come ordine di grandezza. Una ispezione sommaria sui numerosi siti di previsione di questi eventi non si discosta di molto da un fattore due dal calcolo che abbiamo portato avanti. Ovvero un evento (della durata complessiva di due o tre minuti) ogni 3..4 giorni. Abbastanza per renderlo appetibile ad un curioso del cielo, ed abbastanza frequente da potere essere notato da un osservatore casuale, ma temporalmente pari circa 1/1000 del tempo osservativo disponibile ad un telescopio.

Quanti e dove...?

Sostanzialmente tutte le immagini raccolte a suggestiva "dimostrazione" di quanto questi satelliti possano inficiare osservazioni astronomiche sono raccolte nella fase di iniziale di dispiegamento degli stessi non appena iniettati nella orbita a meno di 300km di quota. Questo trenino attraversa il cielo alla velocità di quasi 2 gradi per secondo e impegna la volta celeste per un tempo dell'ordine di due minuti se si è abbastanza "fortunati" da cadere a una distanza di poche centinaia di Km dal punto in cui transitano allo Zenit. Va ricordato che volando alla quota di, poniamo, 300km, una distanza paragonabile li porrà ad una elevazione massima di 45 gradi sopra l'orizzonte per cui normalmente queste occasioni possono accadere una o due volte al giorno per il volgere di una o due settimane. A questa condizione devono sovrapporsi le due ulteriori per le quali i satelliti siano illuminati dal Sole e il fondo cielo sia sufficientemente scuro (ovvero nelle parti del crepuscolo o limitrofi a queste dalla parte notturna). E' rimarchevole che una di queste due condizioni giornaliere (il crepuscolo dopo il tramonto) coincide con la maggiore probabilità di osservazione da parte della gente comune. A regime, tuttavia, questi si disporranno in orbite verosimilmente separate tra di loro (in modo da garantire una rete omogenea, sia che l'obiettivo sia quello della copertura radio che di quello di copertura della superficie terrestre). In questa situazione il numero di oggetti simultaneamente visibili da un qualsivoglia punto della superficie terrestre dipende criticamente dal rapporto tra la loro quota di volo e quella del raggio terrestre. Nel caso di oggetti celesti, ad es., e ricordando che nell'intera sfera celeste risultano circa quarantamila gradi quadrati, la disposizione casuale di, poniamo, 40mila oggetti comporta una densità media apparente di un oggetto per grado quadrato. Così non è nel caso di satelliti a una certa quota. Detta h la loro altezza di volo ed R il raggio terrestre, il rapporto tra la loro altezza di volo ed il raggio terrestre, il numero di oggetti contemporaneamente visibile da ogni punto è dell'ordine della metà del loro rapporto. Se quindi $h/R=0.05$ (come nel caso di satelliti ad una orbita di circa 320km) solo il 2.5% sarà contemporaneamente visibile in tutto il cielo. Tuttavia la stragrande maggioranza di questi apparirà lontana rispetto alla minima quota se volassero sullo zenit locale e molto bassi sull'orizzonte. Se limitiamo il calcolo ai satelliti che appaiono ad una elevazione dall'orizzonte maggiore di 30 gradi sull'orizzonte, angolo al di sotto del quale

nessun astronomo vorrebbe osservare se non per assoluta necessità, la frazione di questi satelliti scende a $3/2(h/R)^2$ ovvero a circa lo 0.375% nel caso descritto precedentemente.

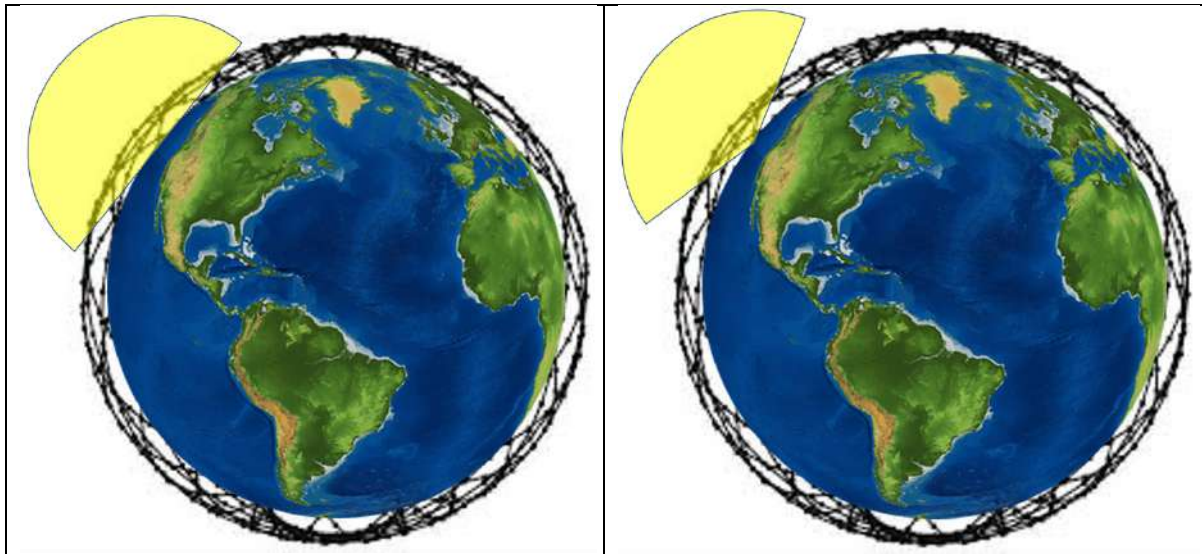


Figura 4 Assumendo una distribuzione uniforme di satelliti su una orbita caratterizzata da una certa quota di volo solo una frazione di questi è visibile contemporaneamente sopra l'orizzonte per un certo punto sulla terra (sinistra) ed una frazione ancora inferiore gode di una altezza sull'orizzonte superiore a 30 gradi (destra).

Nonostante questi fattori importanti per una ipotetica mega costellazione di 40mila satelliti si raggiunge comunque il ragguardevole numero di 150. Un oggetto ogni circa 67 gradi quadrati, visibile ovviamente solo se illuminato dal Sole. Utilizzando l'esempio numerico di poc'anzi, infatti, all'interno della notte astronomica (dove il Sole ha una distanza sotto l'orizzonte di almeno 18 gradi) non più di circa metà di questi oggetti è illuminato dal Sole e già una ora dopo l'inizio della notte astronomica o un ora prima della sua fine, alle latitudini temperate dove si trovano la stragrande maggioranza dei grandi osservatori astronomici, nessuno di questi è in grado di diffondere la luce solare. Sebbene si tratti quindi di un fenomeno limitato in una fascia di tempo ridotta (diluendo il numero di satelliti in una notte media otteniamo poco meno di sette satelliti equivalenti in cielo ad ogni istante.... un numero che fa comprendere come il problema sia potenzialmente rilevante solo per osservazioni a grande o grandissimo campo) è interessante calcolarne il loro effetto in diverse condizioni di osservazione. È quindi opportuno distinguere in seguito tra osservazioni professionali, amatoriali ed ad occhio nudo; queste ultime non devono essere trascurate perché l'aspetto culturale legato alla osservazione dello stupore della volta celeste ci accompagna da secoli e vogliamo che continui a farlo nel tempo a venire.

Il caso degli osservatori professionali di grandi dimensioni.

In questo caso è opportuno ricordare che le osservazioni tipiche della volta celeste impegnano tempi tipici di posa tipicamente dell'ordine dei minuti ma che, per vari motivi, può oscillare, coprendo verosimilmente la stragrande maggioranza delle "latitudini di posa" in uso, dal secondo all'ora, per avere dei riferimenti equispaziati di un fattore 60.

Innanzitutto, questi satelliti, trovandosi a distanza relativamente modesta rispetto a qualunque oggetto celeste, appariranno sfuocate e quindi di una certa dimensione apparente il cui valore dipende dal diametro del telescopio. Per aperture maggiori questo effetto di

diluizione dell'intensità luminosa sarà superiore. Un telescopio della classe di 4m di diametro vedrà il satellite tipo di cui abbiamo parlato poco fa impegnare almeno 2.6arcsec di diametro, che diventano 5.2" per un telescopio "stato dell'arte" da 8m di diametro e raggiunge il ragguardevole diametro di quasi 20 arcsec nel caso dei telescopi giganti di prossima generazione come l'ELT. Inoltre, muovendosi a velocità angolare ragguardevole sulla volta celeste un ulteriore effetto di diluizione si manifesta poiché questi insisteranno su uno specifico pixel per tempi dell'ordine del millisecondo o di una sua frazione.

Quota di volo	Periodo orbitale	Velocità lineare	Velocità angolare	Tempo per percorrere un pixel di 16"	Tempo per percorrere un pixel da 0.5"
h=290km (iniezione)	90'13"	7.732 km/sec.	1.52 gradi/sec,	2.9mSec.	0.1mSec.
h=340km (StarLink "bassi")	91'20"	7703 km/sec.	1,29 gradi/sec.	3.4mSec.	0.1mSec.
h=550km (StarLink "alti")	95'39"	7.585 km/sec.	0.79 gradi/sec.	5.6mSec.	0.2mSec.
h=1100km (non più utilizzata)	107'16"	7.301 km/sec.	0.38 gradi/sec.	12mSec.	0.4mSec.

Tabella 1 Per varie quote di volo, assumendo orbite circolari, il periodo orbitale, la velocità lineare, angolare apparente per un osservatore che incrocia allo Zenit il relativo satellite, ed il tempo di attraversamento del pixel tipico di una astrofotografia amatoriale e di un telescopio professionale a largo campo.

L'effetto combinato fa sì che per pose dell'ordine dell'ora queste tracce risultino della medesima intensità del fondo cielo nel caso di pose di un minuto. Da uno a due ordini di grandezza più deboli nel caso di pose dell'ordine dell'ora, e con una magnitudine superficiale paragonabile a quella di una nebulosa planetaria nel caso di telescopi della classe 4..8m e un ordine di grandezza più debole per telescopi della classe dei telescopi giganti. Nessuna di queste strisciate indesiderate (ammettendo che non si possa mettere in atto alcuna strategia di evitarne l'osservazione, ricordando che queste impegnano il campo di vista di un telescopio come il Vera Rubin per un tempo dell'ordine di una decina di secondi...) ha la premessa di rovinare per effetto blooming alcuna esposizione, come erroneamente inizialmente segnalato (Hainaut & Williams 2020). Assumendo anche che questa strisciata renda una posa di un campo dell'ordine di un grado quadrato inutilizzabile, questo affetta, in quella specifica osservazione, solo circa lo 0.14% dell'informazione ivi contenuta.

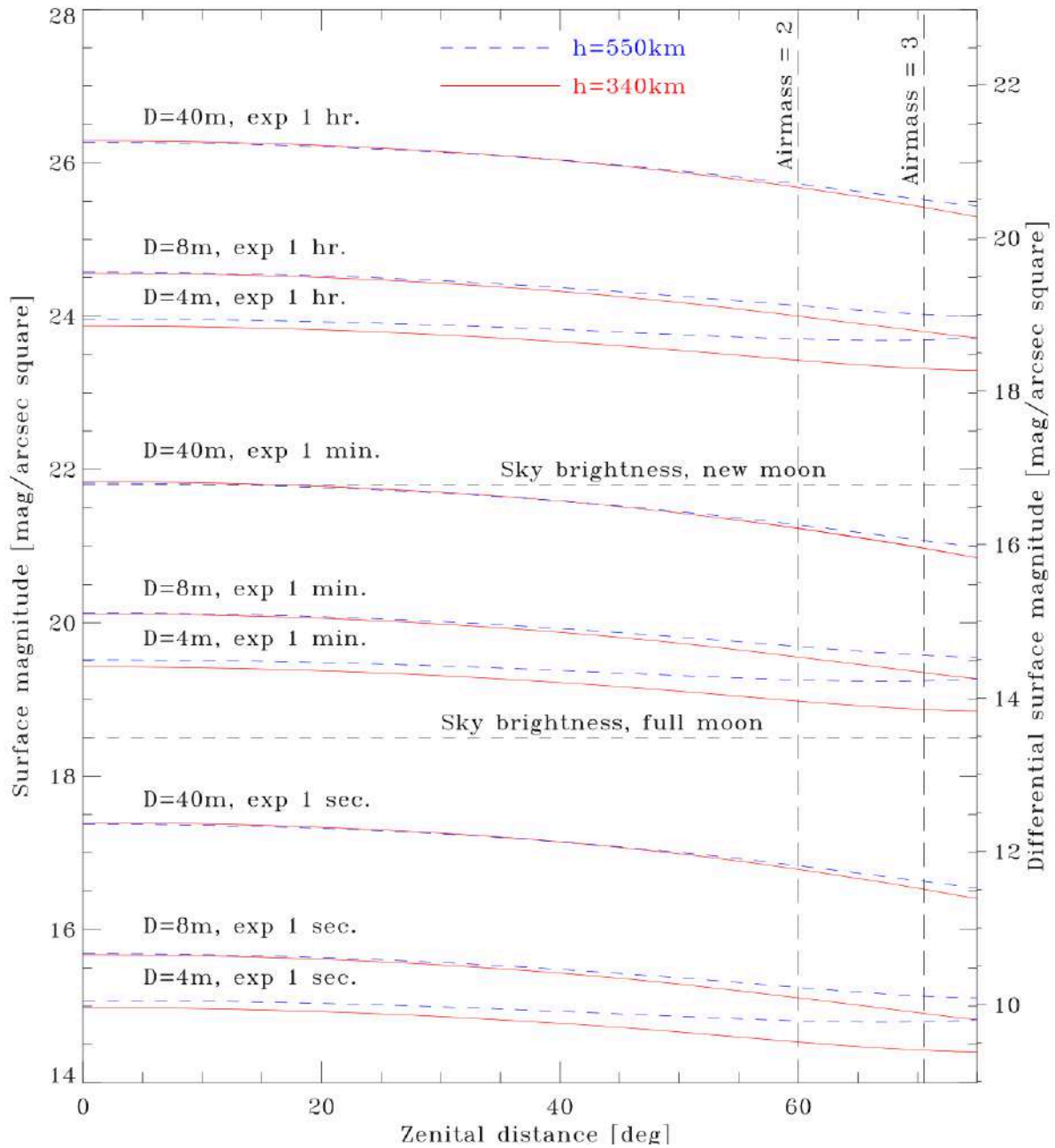


Figura 5: Per diverse distanze zenitali la luminosità superficiale equivalente di una strisciata di un satellite di tipo StarLink (scala a sinistra) a due diverse altezze di volo. In generale, la luminosità superficiale delle striscie è invariante per la distanza, non appena la loro dimensione apparente a causa dello sfuocamento, non essendo a distanza infinita, supera quella del seeing. A grandi distanze zenitali la luminosità superficiale delle strisciate è leggermente più brillante in quanto la velocità angolare apparente diminuisce e quindi il satellite insiste più a lungo sullo stessa regione di cielo. La scala a destra assume una brillantezza integrata istantanea del satellite di $V=0$ allo Zenit e quindi può essere utilizzata per scalare satelliti di brillantezza differente (adattato da Ragazzoni, 2020).

Sebbene abbia cercato di esemplificare anche in modo numerico la questione, mi rendo conto che il problema ha diverse sfaccettature e rilancio alla letteratura corrente una analisi più dettagliata (Ragazzoni 2020, McDowell 2020)

Il caso dell'astrofotografia

Come abbiamo visto il caso di campi di vista "solcati" dalle strisciate di un gruppo di satelliti sono fenomeni che possono avvenire nel giro di poche settimane dopo il lancio di un batch di satelliti. Poiché per un dato posto sul globo le condizioni favorevoli di osservabilità (escludendo le condizioni meteorologiche locali) sono di una ogni qualche giorno se ne conclude che per ogni lancio ogni osservatore che non si sposti deliberatamente ha a disposizione per ogni nuovo lancio un numero di opportunità che si contano, letteralmente, sulle dita di una mano. Naturalmente una volta che i satelliti raggiungono la loro orbita definitiva, sebbene scompare la possibilità di ritrarre parecchie decine di strisciate in pose relativamente brevi, rimane la questione della loro presenza, specie nelle fasi della notte adiacenti ai crepuscoli. Poiché il pixel size si misura in decine di arcsec in questo caso, i tempi di permanenza si moltiplicano coerentemente (ed infatti, come riportato in Tab.1 la luce insiste su queste posizioni per diversi millisecondi). La modesta apertura delle ottiche utilizzate non consente quello sfuocamento di cui invece gli osservatori professionali beneficiano. Purtuttavia in una posa di, poniamo, un secondo di posa, comunque si assiste ad una diluizione di un fattore pari a circa 4 magnitudini. Per una composizione di pose dell'ordine del minuto questo effetto di diluizione sale a 8..9 magnitudini. In effetti la stragrande maggioranza delle immagini o dei video in cui si pretende di mostrare come l'immagine si accumuli sul piano focale, sono mostrati con un evidente effetto di saturazione. In condizioni normali accumulando fotoni l'intensità degli oggetti astronomici sale linearmente con il tempo di esposizione mentre quello delle strisciate rimane invariato o, di converso, il peso relativo delle strisciate decade rapidamente con l'allungarsi dell'esposizione.



Figura 6 "The prison of technology" a sinistra di Rafael Schmall in Ungheria ed una (rara) posa della Neowise con il passaggio di una formazione di StarLink, realizzata da Daniel Lopez dalle Canarie. Queste fotografie sono state possibili nell'arco dei pochi minuti in cui il passaggio dei satelliti ancora in gruppo stretto si è presentato prospetticamente a chi ha realizzato la posa. Eventi di questo tipo accadono per un dato luogo, ogni diversi giorni, complessivamente per due o tre volte nell'arco delle settimane immediatamente successivo a quello del lancio di un batch di satelliti.

Sebbene la narrativa sia inversa (le immagini vengono presentate come "rovinate" dal passaggio dei satelliti) è chiaro che l'effetto è stato deliberatamente (e faticosamente e/o fortunatamente) cercato. Poiché la densità di satelliti aumenta drasticamente con l'osservazione vicino all'orizzonte (una zona tipicamente poco attraente per l'astronomia

professionale) e la visibilità dei satelliti dipende dalla loro illuminazione del Sole, nei mesi scorsi si è presentato all'uopo un caso molto interessante: quello della cometa C/2020 F3 nota come "Neowise". Questa cometa relativamente brillante è visibile (dalla parte del Sole...!!) molto bassa sull'orizzonte, richiedendo pose con camere a relativamente grande campo per potere apprezzare l'estensione della coda. Si tratta quindi di una occasione ghiottissima: la cometa è fotogenica, richiede un grande campo ed è ben visibile nelle stesse condizioni in cui si massimizza la probabilità di incontrare un manufatto casualmente lungo la linea di vista, illuminato dal Sole. Una ispezione casuale delle migliaia di fotografie disponibili realizzate con l'intento genuino di osservare la cometa non tradiranno la presenza di manufatti in orbita. Troverete certamente importanti eccezioni con la ISS e con il lancio di un batch di satelliti StarLink. Solo osservazioni estremamente profonde, al punto da saturare molto delle parti interessanti della chioma, evidenzieranno al presenza di qualche debole strisciata dovuta ad un manufatto.

Sorvolo infine sulla esistenza già oggi di software dedicati alla rimozione di queste strisciate, quando il loro effetto cosmetico sia giudicato deleterio. Abbiamo tutti gusti diversi e non sarò certo io ne ad avere nostalgia dei tempi di pellicola e latensificazione, ne a giudicare se la presenza di una strisciata sia un elemento pro o contro l'estetica della ripresa.

Ad occhio nudo

Come abbiamo visto, fino a quando il fenomeno era confinato all'attenzione degli appassionati (esemplare io credo l'esempio degli Iridium) e non del pubblico comune, il fenomeno non è mai davvero arrivato alla stampa generalista. Una parte fondamentale del fenomeno sociologico legato alle megacostellazioni è legato non solo alla porzione iniziale di volo in formazione, ma anche al fatto che questi siano visibili ad occhio nudo. È già stato mostrato che l'effetto combinato di una verniciatura meno riflettente e (soprattutto) un controllo di assetto in questa fase di dispiegamento che minimizzi la sezione d'urto ottica del satellite come visto dalla terra, permette di diminuire drasticamente la loro visibilità, e che ci sono buone chance che la loro visibilità nell'orbita finale, li faccia giungere al margine della visibilità, certamente in zone afflitte da problemi di inquinamento luminoso (una battaglia differente che ha un valore culturale ordini di grandezza maggiore di una eventuale "guerra" alle megacostellazioni). Questo pone tutta una serie di questioni sulla opportunità o meno della loro presenza in cielo. In un certo senso il "trenino" è un fenomeno transitorio, che richiede la ricerca di un cielo sufficientemente sgombro da ostacoli. Ricordando che già oggi la purezza del cielo è violata dal traffico aereo commerciale, dalla stazione spaziale (e da quelle che in futuro orbiteranno attorno alla terra) e comunque da altri satelliti artificiali, siamo davvero sicuri che la loro facile visibilità rappresenterà un ostacolo alle nuove e giovani generazioni a conoscere il nostro firmamento piuttosto che uno stimolo a questo. Quali spunti artistici, scientifici o tecnologici possono fruttare la visione accorta di questi puntini luminosi che attraversino la cintura di Orione, solchino il quadrato di Pegaso. Chi si darà appuntamento per vedere l'elusivo incrocio di satelliti con velocità differenti proprio nel mezzo della Corona Boreale o della Croce del Sud avrà beneficiato o gli sarà impedito di accrescere la sua cultura astronomica?

È paradossale che la situazione che ha prodotto questa discussione suona come di gran lunga la migliore possibile: il rilascio dei satelliti in formazione permette di avere un evento abbastanza raro da non intralciare la contemplazione delle costellazioni celesti, ma di

ricercare eventi della durata di qualche minuto, disponibili nell'arco di una o due settimane, creando una nuova ragione di polarizzazione dello sguardo alla volta celeste, senza per questo violarla in modo indelebile e duraturo.

Numeri in prospettiva

Decine di migliaia di satelliti sparsi intorno alla terra (e non, come abbiamo appena visto, necessariamente sulla volta celeste di un generico osservatore) è un numero simile a quello del numero di aeromobili commerciali in volo ogni giorno intorno al globo. In questo caso è tuttavia facile istituire delle No Fly Zone, come effettivamente succede, anche per ragioni di sicurezza visto che sono sempre di più gli osservatori equipaggiati con sistemi di riferimento laser (stelle di guida artificiali). Nel momento in cui esploriamo la volta celeste con strumenti, professionali od amatoriali, sempre più sofisticati e sensibili, ed anche in vista di una ipotesi regolatoria (vogliamo che la luminosità ed il numero dei satelliti rimanga ad un numero tale da non inficiare le nostre osservazioni in modo significativo) non possiamo scordare altre fonti di disturbo simili. Se ci spostiamo su magnitudini telescopiche (ovvero maggiori di circa 6.5) di satelliti in orbita, dobbiamo confrontarci con i numeri di altri effetti naturali. L'indice di popolazione delle meteore sporadiche, ad es. promette un aumento delle stesse con l'aumentare della magnitudine limite. E quest'ultime sono visibili anche nel pieno della notte, quando i satelliti non sono illuminati dal sole. È chiaro che per una fissata popolazione esisterà una magnitudine alla quale l'effetto di disturbo delle meteore, anche sporadiche, eguaglia quello della popolazione in orbita attorno alla terra. Un calcolo di dettaglio esce dai limiti di questo breve ragionamento, ma possiamo, seguendo Rendtel (2006), stimare il numero complessivo di meteore fino ad una determinata magnitudine, per un generico punto di osservazione. Usando una magnitudine visuale di 12, con un indice di popolazione $r=3$ e un tasso di meteore sporadiche visuali di ZHR=22 si ottiene nell'arco di una notte osservativa media un numero complessivo di eventi dell'ordine di 16200, che vanno confrontati con un numero sostanzialmente simile di eventi (strisciate) dovute ad una ipotetica popolazione di 40mila oggetti di cui 150 visibili durante le fasi adiacenti a quelle crepuscolari (ipotizzando un tempo di transito sulla volta celeste di 3 minuti).



Figura 7 Da sinistra a destra: L'inquinamento luminoso è il principale responsabile di privare alle nuove generazioni di occasionali osservatori del cielo lo stupore della volta celeste. L'aviazione commerciale rappresenta, specialmente in aree antropizzate, una perturbazione alla vista del cielo largamente più appariscente di quella dovuta alle megacostellazioni. Le scie meteoriche rappresentano un fenomeno naturale che, nel momento in cui si abbassi la soglia della magnitudine di riferimento, a valori telescopici, può risultare comparabile alle stime degli effetti causati da un grande numero di satelliti in orbita.

Quale sintesi...?

L'astronomia è una scienza osservativa che ha ispirato e cavalcato le pulsioni di modernità dell'umanità scientifiche, tecnologiche, sociali, di costume. Ha saputo adattarsi alle mutate condizioni al contorno in tante occasioni ed è riuscita a trarre il massimo ritorno in termini di conoscenza e della loro disseminazione a fronte delle occasioni più disparate. Lo stesso logo dell'INAF rappresenta un copro celeste attorniato, verosimilmente in orbita, due manufatti volti a contribuire a svelare i segreti del cosmo. La zeitgeist di come vengono percepite le missioni spaziali e l'utilizzo della volta celeste mutano nel tempo. In "The dream is alive", storico filmato in formato IMAX (Ferguson, 1985), il primo sguardo alla terra è riservato alla "magnificent Venice" ed a Genova, luogo di nascita di Cristoforo Colombo, le cui statue oggi vengono sradicate e gettate nel fiume. E le fondazioni della meccanica celeste moderna (e le loro applicazioni alla navigazione astronomica) possono essere viste come "un modo per trasportare schiavi e il prodotto delle loro attività, in modo più efficiente" come scrive Chanda Prescod-Wein (2015) in una nota che mi è stata ufficialmente segnalata da un Editor del CfA di Harvard in relazione al mio articolo sugli effetti delle megacostellazioni. In questo mondo che evolve rapidamente (ed in cui intravediamo un nuovo entusiasmo nella corsa allo spazio che non sospettavamo sino a qualche anno addietro) dobbiamo prepararci a cavalcare la nuova "zeitgeist del cielo" piuttosto che ad una qualche battaglia di retroguardia. Le megacostellazioni rappresentano paradossalmente una occasione di attrazione del pubblico al volgere lo sguardo al cielo, spostandone il tempo caratteristico di evoluzione da quello dei giorni o delle ore a quello dei minuti e dei secondi. In un certo senso adeguandosi alla velocità delle informazioni e del divenire che osserviamo nella società contemporanea. Una volta risolto il nodo, sicuramente centrale, della questione relativa alle osservazioni nella banda radio, possono avere un impatto da trascurabile a piccolo nelle osservazioni professionali, fonte di occasioni inattese per quelle astrofotografiche amatoriali, e le fugaci ma frequenti finestre di visibilità ad occhio nudo possono essere utilizzate come una inattesa scintilla di curiosità per contribuire alla missione di volgere uno sguardo sempre più consapevole verso la volta celeste.

Bibliografia

- L. Cibin, M. Chiarini, G. Annoni, A. Milani, F. Bernardi, L. Dimare, G. Valsecchi, A. Rossi, R. Ragazzoni, P. Salinari (2013) Proc. 6th European Conf. On Space Debris, ESOC Darmstadt
- G. Ferguson (1985) vedi ad es. ad 11:40 di:
<https://www.youtube.com/watch?v=NEmHMniFLD0>
- O.R. Hainaut, A.P. Williams (2020) A&A 636, A121
- D.J. Kessler, B.G. Cour-Palais (1978) J. of Geoph. Res. 83, 2637
- J.C. McDowell (2020) ApJL 892, L36
- C. Prescod Wein (2015) <https://medium.com/@chanda/decolonising-science-reading-list-339fb773d51f>
- R. Ragazzoni (2020) PASP 132, 114502
- R. Ragazzoni, M. Dima, C. Arcidiacono, D. Magrin, S. Di Rosa, S. Zaggia (2020) SPIE Proc 11445, 1144534
- J. Rendtel (2006) WGN, the journal of the IMO 34:3