

Mercurio sul Sole Cogliere la "goccia nera"!

Un programma osservativo visuale o fotografico relativo al transito di Mercurio del 7 maggio non può non comprendere lo studio della misteriosa black drop.

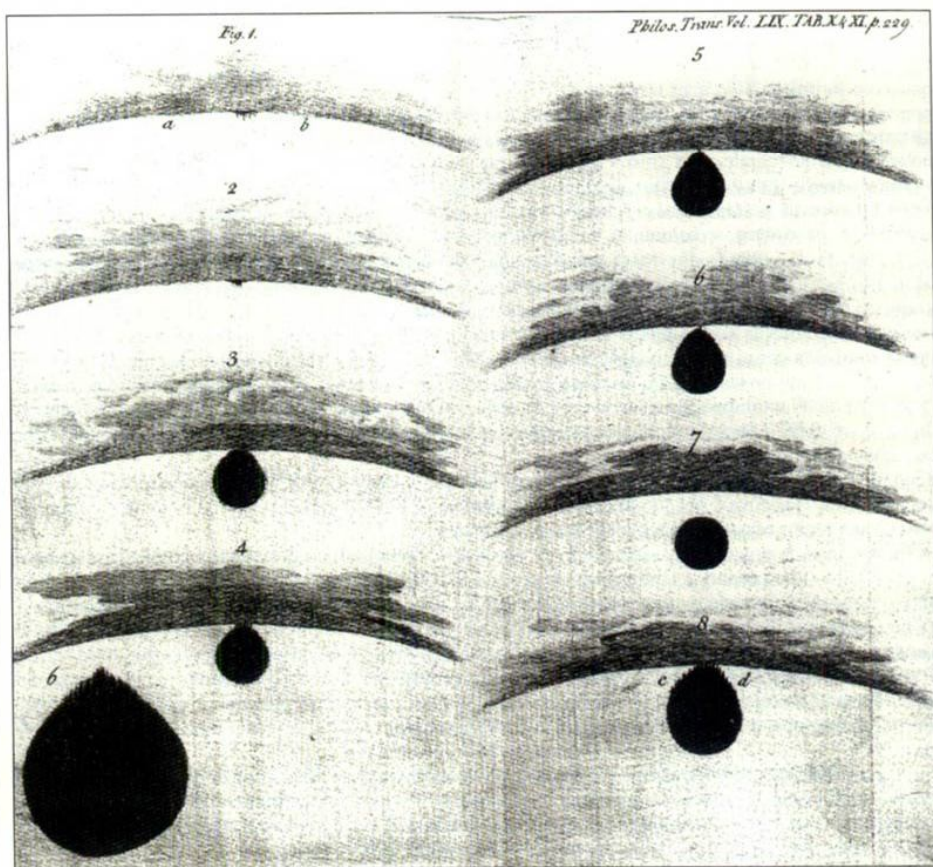
Rodolfo Calanca

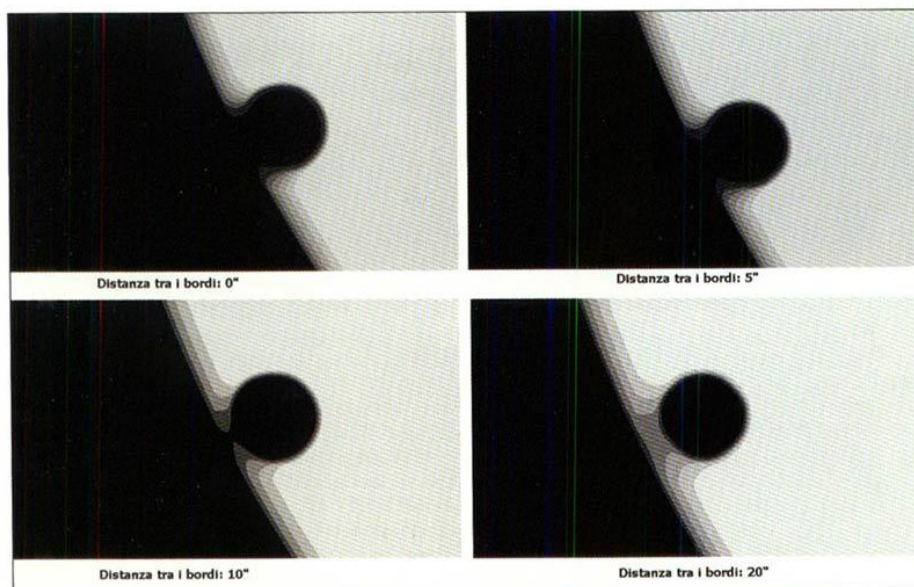
Nelle fasi iniziali o finali dei transiti di Mercurio e Venere sul disco del Sole, in prossimità del secondo e terzo contatto, un fenomeno improvviso e quasi sempre inatteso ha spesso frustrato gli sforzi degli astronomi impegnati nel fissare l'esatto momento di tangenza dei bordi dei due astri: l'apparizione della misteriosa *black drop* o "goccia nera". Osservata da numerosi astronomi, la *black drop* era apparsa, agli occhi attoniti dei primi osservatori secenteschi, come un legamento oscuro che univa i lembi del pianeta e del Sole. Altre volte si manifestava sotto forma di una protuberanza o di un'escrescenza o, ancora, come un'appendice del pianeta. Thomas Pynchon, uno dei maggiori scrittori americani contemporanei, ne parla in un suo romanzo, *Mason & Dixon*, nel quale narra le surreali avventure dell'astronomo James Mason e del topografo Jeremiah Dixon, famosi per l'osservazione dei transiti del 1761 e del 1769. La poetica descrizione di Pynchon suona così: "Una goccia d'inchiostro li li per cadere dalla penna di uno scrivano svagato".

La black drop osservata dal reverendo William Hirst durante il transito di Venere del 1769. (Philosophical Transactions, vol. LIX, 1769, pp. 228-235)

L'AUTORE

Rodolfo Calanca da tempo si occupa di storia dell'astronomia, in particolare del periodo compreso tra il XVII e il XVIII secolo. Sta scrivendo un libro sull'affascinante storia delle osservazioni dei transiti di Venere, compiute avventurosamente dagli astronomi di quel periodo.





Simulazione della formazione e dell'evoluzione della black drop eseguita con istruzioni di tipo grafico-geometrico con il programma Photoshop 6.

Accurate descrizioni della *black drop* si ritrovano già nelle osservazioni dei transiti del primo Settecento. Un esempio illuminante è fornito da una lettera di Eustachio Manfredi, dell'Istituto delle Scienze di Bologna, indirizzata a Giacomo Filippo Maraldi dell'Osservatorio di Parigi. Manfredi la vide durante il secondo contatto di Mercurio, il 9 novembre 1723, un'ora prima del tramonto: "Alle 3h 27m 45s [pomeridiane] Mercurio mi parve tutto entrato nel disco solare toccandone interiormente il lembo. Questo totale ingresso mi parve che accadesse un poco più tardi di quello che a stima d'occhio esigeva la figura rotonda del pianeta, (...) che mi era sembrato di figura alquanto ovale, o più tosto caudata, come se avesse appendice oscura che si tirasse dietro".

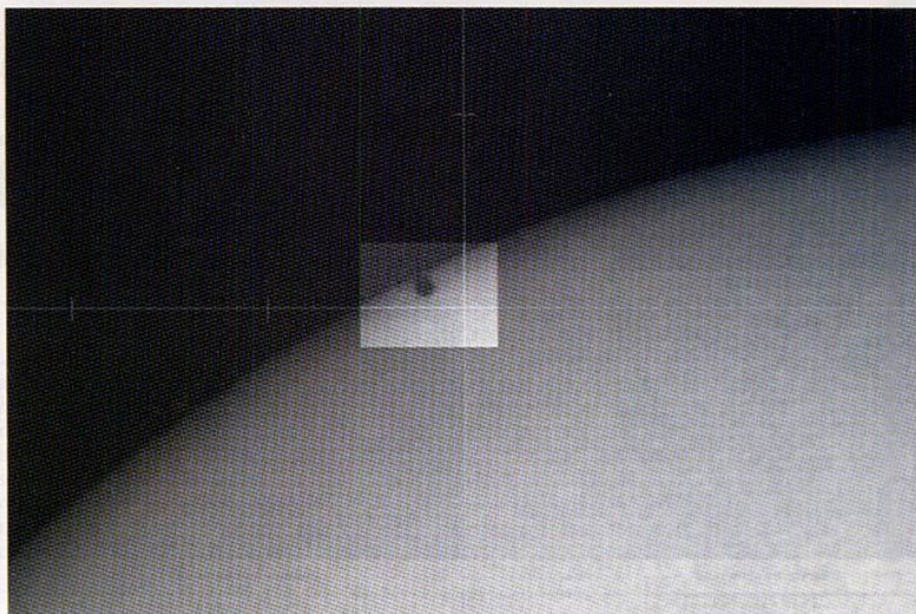
E, mezzo secolo dopo, il famoso astronomo francese Jerome Joseph de Lalande, a proposito degli appena avvenuti transiti di Venere, scriveva: "Parecchi abili astronomi hanno notato, nel 1761 e 1769, che nel contatto interno dei bordi di Venere e del Sole si forma tra i due bordi una specie di legamento allungato che durò diversi secondi, e che sembrava essere una specie di protuberanza, un'escrescenza, un'appendice del disco di Venere. Quando il pianeta si trova sul disco del Sole, prima di cominciare a uscire, e prima ancora che esso sembri toccare il bordo solare, si vede come un punto nero lanciarsi dal bordo di Venere e riunirsi al bordo interno del Sole, parecchi secondi prima che la circonferenza di Venere coincida con quella del Sole. È questo ciò che io osservai il 6 giugno 1761, senza essere a conoscenza di questo fenomeno o del modo in cui avrei dovuto percepire questo contatto".

Si legge spesso che la *black drop* è il prodotto di un'illusione ottica. La macchina fotografica o i dispositivi elettronici per l'acquisizione delle immagini, applicati al telescopio, hanno consentito di documentare in modo oggettivo il legamento che congiunge i lembi di Mercurio e del Sole anche nell'ultimo transito del 1999, fugando ogni residuo dubbio sulla realtà del fenomeno. Dai numerosi resoconti dei transiti dei due pianeti, che gli astronomi hanno seguito fin dai tempi dell'invenzione del cannocchiale, emerge la notevole complessità del fenomeno, che non è semplicemente limitato a un'alterazione apparente della forma del pianeta e all'apparizione del legamento che congiunge i lembi dei due astri. Si sono riconosciute, infatti, prima e anche dopo la formazione della goccia, alcune fasi che descriviamo nel seguito.

Aureole e anelli. In molti transiti si sono osservati anelli, più o meno completi, oppure aureole luminose intorno al disco di Venere, sia quando esso era solo parzialmente immerso nel disco solare, sia nella fase di totale immersione.

L'abate Chappe, che seguiva il transito di Venere del 1761 da Tobolsk in Siberia con un cannocchiale dei Campani di Roma, di 6,2 m di fuoco a 125 ingrandimenti, quando il pianeta non era ancora completamente entrato sul Sole vide una piccola atmosfera in forma d'anello attorno al disco del pianeta. Poco prima del quarto contatto, con una parte del disco di Venere già al di fuori del Sole, di nuovo e

Mercurio in transito sul Sole il 15 novembre 1999 con la black drop al secondo contatto. L'immagine è stata elaborata nella parte ove è presente il pianeta per farne risaltare la forma a goccia. (cortesia Bob Yen)



Un programma osservativo visuale o fotografico relativo al transito di Mercurio del 7 maggio non può non comprendere lo studio della black drop

per ben dieci minuti si rese visibile un anello incompleto, "a forma di *croissant*", la cui parte convessa era girata dalla parte del bordo inferiore del pianeta.

Un'osservazione che ricorda quella siberiana fu descritta da Charles Messier in occasione del successivo transito del 1769. Il grande cacciatore di comete usava un telescopio gregoriano equatoriale di 8 cm a 40 ingrandimenti sul quale aveva previsto di applicare filtri di diversi colori. È con questo strumento e un filtro che forniva un'immagine solare bianca che osservò Venere a forma di *croissant*. Sostituendo il filtro con un altro di colore rosso, il *croissant* sparì e il disco gli apparve appiattito, con uno schiacciamento che stimò in 3".

Anche l'aureola descritta dall'astronomo reale Nevil Maskelyne nello stesso transito del 1769 fu vista come un fenomeno del tutto inaspettato: "Vidi [di Venere] la sua intera circonferenza completa che si manifestava tramite un vivido e tuttavia sottile e non ben definito contorno di luce. E esso illuminava quella parte della sua circonferenza ancora fuori dal Sole e che, altrimenti, sarebbe stata invisibile... Ho continuato a vederlo anche nei primi minuti successivi al contatto interno".

Un secolo dopo, nel corso del transito di Venere del 1874, l'ammiraglio francese Mouchez, capo della spedizione all'isola di Saint-Paul, con un rifrattore di 21 cm rilevò qualcosa di abbastanza simile: "Un quarto d'ora dopo il primo contatto [esterno], quando la metà del pianeta era ancora al di fuori del Sole, improvvisamente percepii tutto il disco intero di Venere, circondato da una debole aureola".

Il francese d'Abbadie, ad Haiti, osservò il transito di Venere del 1882 con un grande rifrattore di 21 cm, identico a quello di Mouchez, e l'obiettivo semi-argentato (la parziale argentatura consentiva un buon filtraggio della luce solare). Il cielo era splendido e, mentre Venere entrava sul disco del Sole, egli vide tutta la parte del pianeta che ancora non era entrata circondata da un *croissant* di luce color grigio perla, la cui larghezza massima misurava 2". Nello stesso transito, P. Hatt, capo della missione francese a Chubut in Argentina, ancora con un rifrattore equatoriale di 21 cm, 5m dopo il primo contatto esterno, vide per intero il disco di Venere circondato da una piccola aureola biancastra che durò per 42s. E Giovanni Virginio Schiaparelli, che osservava con un vecchio gregoriano del costruttore inglese Short risalente alla seconda metà del XVIII secolo, annotava che: "Quando il pianeta fu mezzo entrato [sul disco del Sole], un intervallo di maggiore lucidità [il cielo era nuvoloso] mi permise di vedere l'atmosfera di Venere sotto forma d'arco luminoso nella parte oscura fuori del Sole".

Fase del lembo staccato. Questa fase fu descritta per la prima volta dal canonico A.-G. Pingré che la vide nel corso del transito di Venere del 1761 ma non in quello del 1769. Durante il transito di Venere del 1874, a Wilson, in Australia, il lembo staccato apparve sotto forma di un segmento rettilineo verticale. In quello del 1882, Stuyvaert, della spedizione belga in Texas, e Lagrange, in quella del

Cile, videro il lembo del pianeta interamente circondato dalla luce solare. Lagrange commenta così l'osservazione: "Il disco di Venere sembra separarsi dal bordo del Sole, ma tra il disco e il bordo c'è un filetto nero".

Formazione della *black drop*, del "cappello cinese" e della forma a "D". Nel passato, in modo troppo generico, si è indicato con il termine "legamento" ogni forma od ombra che si mostri tra i dischi di Mercurio o Venere e il Sole. A rigore, il termine andrebbe applicato unicamente ai segmenti rettilinei che congiungono i lembi dei due astri. Tale segmento spesso si ingrossa e si fonde con il lembo di Mercurio o Venere formando la classica goccia.

Ricca di dettagli è la testimonianza di Nevil Maskelyne relativa al transito del 1764: "La regolarità della figura circolare di Venere venne disturbata verso il punto in cui doveva avvenire il contatto interno, con l'aggiunta di una protuberanza, scura come Venere e che si sporgeva all'esterno, che occupava uno spazio sulla circonferenza del Sole di dimensioni considerevoli rispetto al diametro del pianeta.

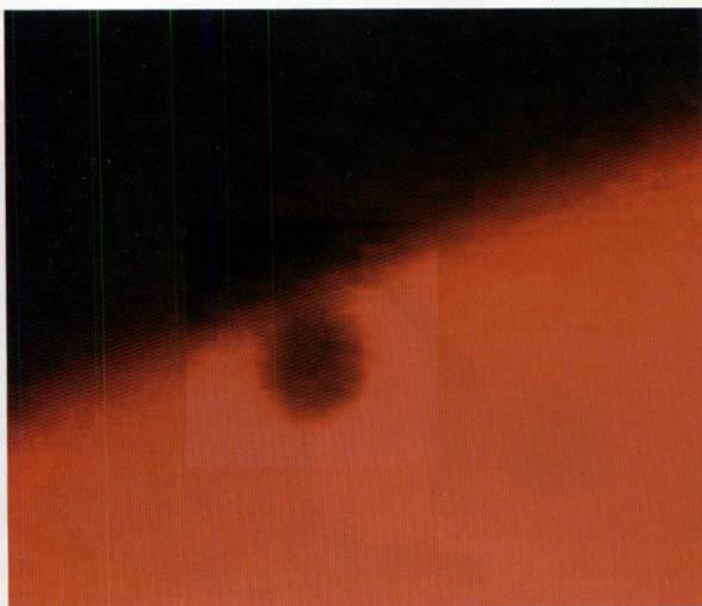
(...) Venere apparve interamente entro la luminosa circonferenza solare. Tuttavia, la protuberanza non venne eliminata per circa 20 secondi, quando, dopo essersi gradualmente ridotta, scomparve e la figura circolare di Venere tornò alla sua forma naturale".

La fase del lembo staccato, attraversato da parte a parte da un segmento rettilineo, è stata osservata quasi esclusivamente da astronomi inglesi, in particolare da Morris, Ellery, Moerlin e Russell, in Australia, durante il transito di Venere del 1874: a questa particolare apparenza fu posto il nome di "cappello cinese".

La forma a "D" del pianeta in prossimità dei contatti interni fu notata e descritta durante i transiti di Mercurio del 1868, 1878 e 1881, e in quello di Venere del 1874. Huggins, nel 1868, ne diede un'ampia esposizione: "Il disco del pianeta appariva distorto e si estendeva per coprire in parte le cuspidi luminose della superficie solare tra il disco del pianeta e il lembo del Sole. Questo fenomeno aumentava man mano che il pianeta emergeva dal Sole, e ciò fino all'uscita di un terzo del diametro del suo disco: il margine del disco, invece di continuare nella sua esatta curvatura, proseguiva in linee curve fino al lembo e, in questo modo, cancellando interamente le cuspidi di luce che, altrimenti, sarebbero state visibili tra il pianeta e il lembo".

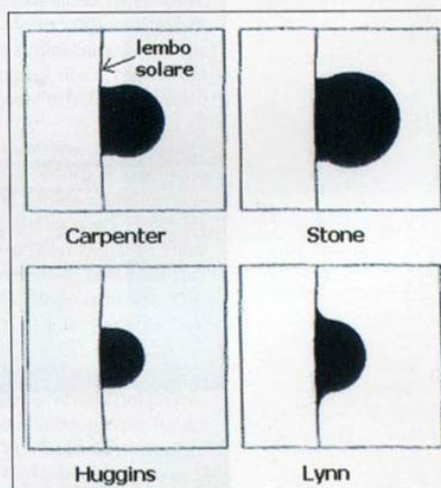
Ma qual è l'origine della *black drop*? Nel corso degli ultimi tre secoli sono state invocate le seguenti possibili cause:

- 1) L'"irradiazione" della luce solare (v. oltre). Formulata da J.J. de Lalande nel 1768 e riproposta, nel secolo successivo, da Delambre, Powalsky e Stone, l'ipotesi di Lalande, recentemente, è stata ritenuta plausibile da Bradley E. Schaefer dell'Università del Texas.
- 2) Effetti di diffrazione intorno ai dischi di Mercurio e Venere. Idea proposta dal russo M. Lomonosov (1761) sostanzialmente condivisa, pochi anni dopo, anche dall'astronomo reale Nevil Maskelyne.
- 3) L'agitazione dell'atmosfera terrestre. Fu ritenuta una delle concause dal canonico francese A.-G. Pingré, insieme con la scadente qualità ottica di molti cannocchiali del '700 e con i difetti visivi degli astronomi.
- 4) La diffrazione della luce all'interno degli strumenti ottici. Nell'Ottocento fu sostenuta da G. van de Sande Backhuyzen e da C. Wolf e C. André. In particolare, Backhuyzen, dopo aver condotto numerosi esperimenti con dischi illuminati e dischi oscuri, con i quali tentava di simulare i transiti planetari, dedusse che la *black drop* dipendeva dalla diffrazione subita dalla luce nell'attraversare l'obiettivo.



La *black drop* durante il transito di Mercurio del 15 novembre 1999. Nella parte centrale dell'immagine, leggermente elaborata, si evidenzia il legamento che unisce i lembi di Mercurio e del Sole.

Forma a "D" osservata durante il transito di Mercurio del 1868.



Un Osservatorio "portatile" della fine del XVIII secolo: questi Osservatori, funzionali e poco ingombranti, venivano utilizzati dagli astronomi-esplosatori che si muovevano in terre lontane per osservare transiti o altri eventi rari.

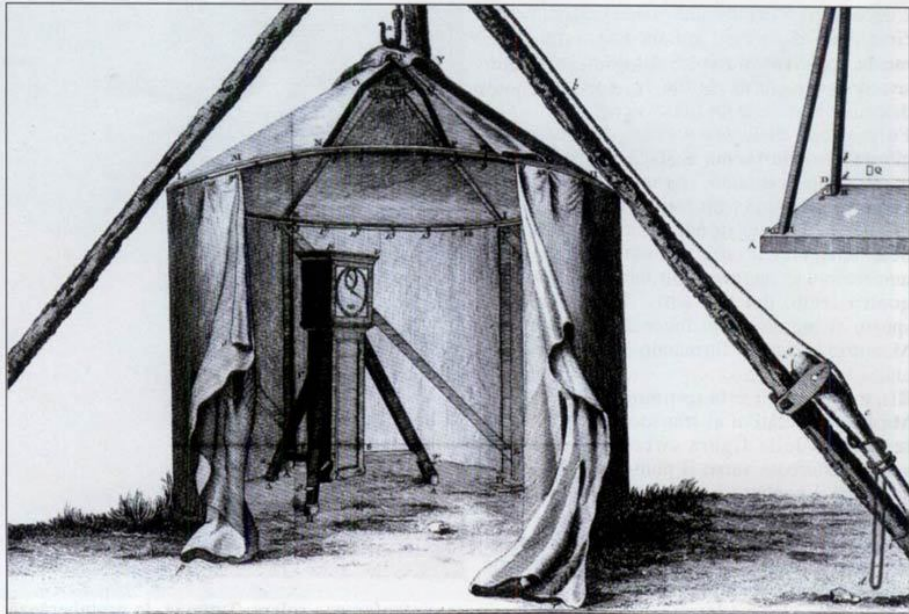
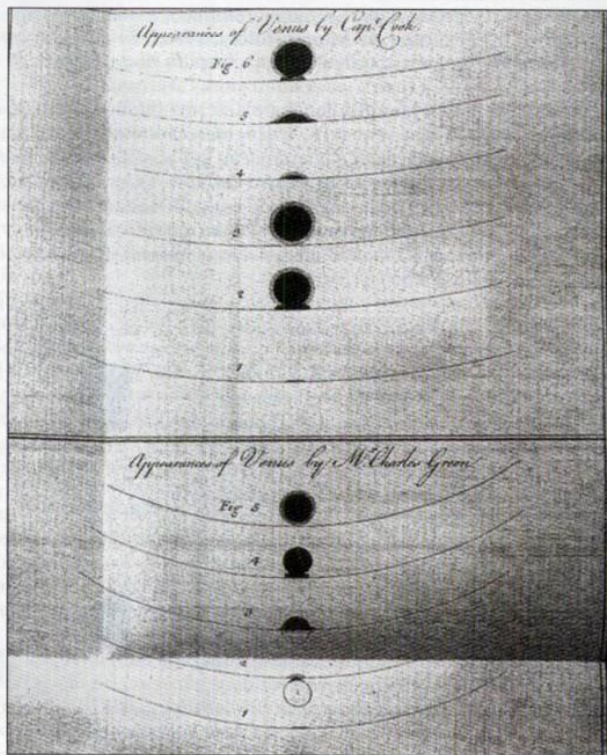


Fig. 1. Observatoire portatif. Fig. 2. Maniere d'établir une Horloge Astronomique à terre.

La formazione della black drop sulla superficie del Sole osservata da James Cook e da Charles Green a Tahiti durante il transito di Venere del 1769. (Philosophical Transactions, vol. LXI, part I, pp. 397-421, 1771)



5) L'aberrazione sferica dell'obiettivo e degli oculari del telescopio.

6) L'astigmatismo dell'occhio umano e degli strumenti ottici. Ipotesi formulata nel 1922 da Guido Horn d'Arturo, direttore dell'Osservatorio di Bologna.

7) Effetto di *smearing* (v. oltre), al quale contribuisce il *seeing* atmosferico e la diffrazione negli strumenti astronomici. L'ipotesi, che sembra raccogliere molti consensi, è di B.E. Schaefer, dell'Università del Texas, che la formulò nel 1998.

Alcune di queste ipotesi sono chiaramente insostenibili. Per esempio, la 2) e la 5), che darebbero semmai effetti almeno un ordine di grandezza inferiori alle osservazioni. Altrettanto prive di fondamento sono le ipotesi che rimandano a effetti di rifrazione prodotta dall'atmosfera di Venere. Basta infatti notare che il legamento oscuro si estende anche oltre i 3", mentre l'angolo sotteso dall'altezza dell'atmosfe-

ra venusiana è 150 volte minore. Se poi consideriamo che Mercurio è privo di atmosfera e che esso ha mostrato più volte il legamento oscuro, dovremo, a maggior ragione, escludere l'ipotesi rifrattiva.

Tra tutti i meccanismi, quello dell'"irradiazione", capace di produrre l'apparente espansione del disco solare a livello di immagine retinica, ebbe, fino alla metà dell'Ottocento, un vasto consenso tra gli astronomi. Nella sua formulazione originaria, Lalande riteneva che l'irradiazione producesse un'espansione del disco solare di 3". L'effetto diminuisce man mano che i cannocchiali diventano più potenti e più perfetti: ecco perché si misurano diametri più piccoli del Sole quando lo si osserva con cannocchiali maggiori o con migliori telescopi. Secondo Lalande, sarebbe un effetto di irradiazione a produrre la protuberanza oscura tra i bordi dei due dischi nel momento del contatto interno. Solo quando il pianeta si sarà allontanato di più di 3" dal bordo solare si avrà la scomparsa del legamento.

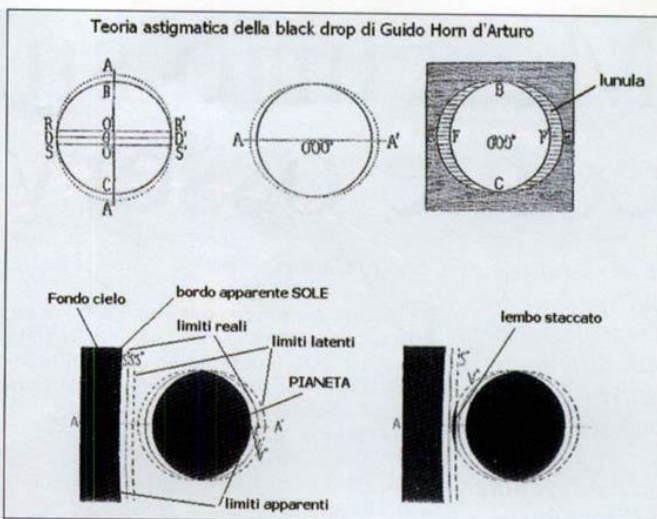
L'esistenza stessa di un effetto di irradiazione fu messa in dubbio già nel XIX secolo da Bessel, Arago e Foucault. Un meccanismo che richiama sotto certi aspetti quello dell'irradiazione è stato recentemente proposto da Bradley E. Schaefer dell'Università del Texas. Questi ritiene che la *black drop* sia una conseguenza del "rumore" di cui sono affette le immagini dilatate degli astri (in inglese, *smearing*). L'origine di quest'effetto risiede principalmente nel *seeing* atmosferico e nella diffrazione della luce attraverso l'obiettivo del telescopio. Non a caso, sostiene Schaefer, la lunghezza media del legamento raggiunge i 3"; tale valore è molto vicino al *seeing* medio diurno, di solito compreso tra i 3" e i 5". Il termine *seeing* è utilizzato in astronomia per descrivere l'insieme dei disturbi atmosferici che deteriora la qualità delle immagini dei corpi celesti. Il fatto che le dimensioni della goccia osservata nei passaggi del Settecento fossero, in genere, più accentuate che nel secolo successivo, si deve al minor potere risolutivo dei piccoli cannocchiali allora impiegati, che non superavano quasi mai i 5-8 cm d'apertura.

Lo *smearing* non sembra tuttavia in grado di spiegare le osservazioni, quasi esclusivamente visuali, di alcune delle fasi sopra descritte, quali le aureole, la forma a "D" o il "cappello cinese". È quindi necessario ricercare un'altra causa.

Poco conosciuta, ma certamente degna d'attenzione, l'idea che all'origine delle summenzionate, e non spiegate, osservazioni sia un comunissimo difetto della vista, l'*astigmatismo*, che può dirsi prodotto da una deformazione della cornea. Di un punto luminoso infinitamente lontano, l'occhio astigmatico fornisce l'immagine di un segmento rettilineo. A proporre l'astigmatismo quale probabile causa della *black drop*, nel lontano 1922, fu Guido Horn d'Arturo, il quale rimarcava come l'immagine di un corpo celeste di forma circolare, deformata dall'astigmatismo, può apparire allungata ai poli, oppure schiacciata. Durante i transiti di Mercurio e Venere, all'occhio astigmatico il Sole apparirà dilatato, mentre il disco oscuro del pianeta in transito sembrerà contratto. Horn d'Arturo invitava a non confondere quest'effetto con quello "volgarmente chiamato dell'irradiazione".

Non entreremo qui in dettagli tecnici, ma si può dimostrare che la spiegazione dei numerosi aspetti osservati in prossimità dei contatti è possibile all'interno della teoria astigmatica di Horn d'Arturo. Rimangono però dubbi e problemi irrisolti. Come si spiega, ad esempio, il fatto che la *black drop* appaia anche in moltissime fotografie? È possibile che l'astigmatismo residuo dei telescopi, anche di moderna concezione, sia di una tale entità da produrre i fenomeni che vengono registrati anche da film e sensori digitali? Horn d'Arturo era perfettamente consapevole del valore di questa obiezione ma, sostenendo di non aver mai potuto esaminare direttamente le lastre originali dei transiti di Venere del 1874 e 1882, nelle quali era registrata la *black drop*, aggirava il problema ipotizzando che i fenomeni di diffusione all'interno dell'emulsione sensibile potevano spiegare la presenza di aureole o del legamento.

In definitiva, il mistero della "goccia nera", che persiste da più di tre secoli, è un motivo in più per farci attendere con impazienza il transito di Mercurio del giorno 7 di questo mese e quello di Venere del prossimo anno: grazie all'impiego di rivelatori CCD, ma anche alle osservazioni visuali e alla buona qualità dei moderni telescopi, sarà infatti possibile raccogliere elementi utili per confermare o confutare le molte teorie fin qui proposte.



I disegni sono ripresi da un lavoro che illustra la teoria astigmatica della black drop di G. Horn d'Arturo.