

# CERVANTES, VERNE I L'ASTRONOMIA

## Manuel Moreno

Dep. Física i Enginyeria Nuclear  
Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú  
Universitat Politècnica de Catalunya  
manuel.moreno@upc.edu

Paraules clau: *Quijote, Cervantes, Verne, model geocèntric, cometes, geodèsia, relació ciència i literatura.*

Cervantes, Verne and Astronomy

Summary: *The presence of astronomical (and scientific, in general) concepts presents in literary works an excellent material to analyze, from an historical perspective, the difficult relationship between science and literature. In classical works as Don Quijote, of spanish writer Miguel de Cervantes and some novels of the Voyages Extraordinaires, of french writer Jules Verne, many astronomical elements can be found. An accurate search and analysis of these astronomical contents allows us to approach to the astronomical knowledge and their assimilation on the part of the authors and the contemporary societies at their respective epochs: the Golden Age and the second part of the XIX century.*

Key words: *Quijote, Cervantes, Verne, geocentric model, cometes, geodesics, relationship between science and literature.*

## 1. Introducció

Ni Cervantes (Alcalá de Henares, 1547 - Madrid, 1616) ni Verne (Nantes, 1828 - Amiens, 1905) eren científics. En les seves obres, però, van introduir molts elements relacionats amb l'astronomia. Una anàlisi d'aquestes obres, doncs, ens dóna una visió dels coneixements astronòmics que persones llegides com ells tenien a les seves èpoques respectives.

Cervantes, igual que altres escriptors del Siglo de Oro, com Lope de Vega, utilitza sempre en les seves obres (*Quijote, Persiles*) l'antic model ptolemaic. Malgrat que al 1543 ja s'havia donat a conèixer el model heliocèntric de Copèrnic i al 1597 es va impartir el primer curs d'astronomia copernicana a la Universitat de Salamanca, aquestes noves idees costarien de ser assumides pels escriptors.

Verne, que té unes quantes obres relacionades directament amb l'astronomia (*De la Terre à la Lune, Hector Servadac, La Chasse au Météore*, etc.), pren, com a referència per a les seves explicacions astronòmiques, obres i articles de la rica tradició de divulgació astronòmica francesa. En el cas d'*Hector Servadac* (1876), per exemple, sembla haver-se inspirat en les obres de François Arago (el clàssic, *L'Astronomie Populaire*, de Camille Flammarion).

rion encara no estava publicat –1879–) i altres sobre l'habitabilitat dels planetes, com *La Pluralité des Mondes Habités* (1862), de Flammarion.

A continuació analitzem el contingut astronòmic d'aquestes obres literàries tot cercant la relació entre els coneixements astronòmics de l'època en què van ser escrites i els dels seus autors.

## 2. L'astronomia (astrologia) al *Quijote*

Si hem de fer cas de les explicacions de don Quijote, l'astrologia és una ciència bàsica per obtenir el títol de cavaller andant (Moreno, José, 2005a). Diu el protagonista 8): «*La caballería andante es una ciencia que encierra en sí todas o las más ciencias del mundo*». Qui la professa ha de saber de lleis; ha de ser teòleg; metge: «*para conocer las yerbas [...] que tienen virtud de sanar las heridas, que no ha de andar el caballero andante a cada triquete buscando quien se las cure*»; i astròleg: «*para conocer por las estrellas cuántas horas son pasadas de la noche, y en qué parte y en qué clima del mundo se halla*». I ha de saber les matemàtiques: «*porque a cada paso se le ofrecerá tener necesidad dellas*». Tota una visió utilitarista d'aquestes disciplines. A l'època de Cervantes, el Siglo de Oro, no hi ha separació entre l'astrologia (entesa com a predicció del destí basada en la posició dels astres, també anomenada *astrologia judiciària*) i l'astronomia (observacions astronòmiques i predicció del temps o *astrologia natural*).

Les al·lusions explícites a l'astrologia que apareixen a *El Ingenioso Hidalgo don Quijote de la Mancha* (primera part, 1605; segona part, 1615) són de caràcter astronòmic encara que s'engloben sempre sota aquest nom. La paraula *astrología* apareix tres vegades, en total, a tota l'obra: al pròleg i al cap. 12 de la part I, i al cap. 8 de la part II. Les mateixes que *astrólogo*: cap. 47 (part I), i cap. 18 i 25 (part II).

Al cap. 12 de la part I, Cervantes estableix la diferència entre astronomia i astrologia en referir-se a un difunt, Grisóstomo, estudiant de Salamanca, molt savi i molt llegit: «*Decía que sabía la ciencia de las estrellas y de lo que pasan, allá en el cielo, el sol y la luna, porque puntualmente nos decía el cris del sol y de la luna*». «*Eclipse se llama, amigo, que no cris, el escurecerse esos dos luminares mayores*», corregeix don Quijote. «*Asimesmo adivinaba cuando había de ser el año abundante o éstil*». «*Estéril, queréis decir, amigo*», esmena. [...] «*Esa ciencia se llama astrología*», conclou.

Existeixen també referències puntuals a conceptes astronòmics diversos. A l'aventura del vaixell encantat (part II, cap. 29) don Quijote explica a Sancho un estrafolari mètode que fan servir els que s'embarquen per saber si han travessat o no la línia equinoccial («*que divide y corta los dos contrapuestos polos en igual distancia*»): «*Sabrás Sancho, que los españoles y los que se embarcan en Cádiz para ir a las Indias Orientales, una de las señales que tienen para entender que han pasado la línea equinoccial que te he dicho es que a todos los que van en el navío se les mueren los piojos, sin que les quede ninguno, ni en todo el bajel le hallarán, si le pesan en oro; y así, puedes, Sancho, pasear una mano por un muslo, y si topares cosa viva, saldremos desta duda; y si no, pasado habemos*».

Sancho li respon que no hi ha necessitat de fer aquesta experiència atès que amb els seus propis ulls veu que no s'han allunyat massa de la costa: «*voto a tal que no nos movemos ni andamos al paso de una hormiga*». Don Quijote el recrimina amb tot un reguitzell de termes astronòmics útils en navegació: «*Haz, Sancho, la averiguación que te he dicho, y no te cures de otra; que tú no sabes qué cosa sean coluros, líneas, paralelos, zodiacos, clíticas, polos, solsticios, equinocios, planetas, signos, puntos, medidas, de que se compone la esfera celeste y terrestre; que si todas estas cosas supieras, o parte dellas, vieras claramente qué*

*de paralelos hemos cortado, qué de signos visto y qué de imágenes hemos dejado atrás y vamos dejando ahora».*

Poc abans, en el mateix capítol, don Quijote demostra tenir, si més no de paraula, coneixements astronòmics pràctics: *«Pero ya habemos de haber salido y caminado, por lo menos setecientas o ochocientas leguas; y si yo tuviera aquí un astrolabio con que tomar la altura del polo, yo te dijera las que hemos caminado».* Fa referència a un mètode senzill per determinar la distància recorreguda mesurant l'altura angular de l'estrella polar sobre l'horitzó (que correspon, amb bona aproximació, a la latitud geogràfica del lloc).

Malgrat que aquests inefables viatgers passen moltes nits al ras, no hi ha cap al·lusió, en tota l'obra, a constel·lacions ni a estrelles que el seu autor, Cervantes, devia conèixer bé pels seus anys de mariner. Només esmenta *las siete cabrillas* (part II, cap. 49), nom popular del cúmul obert de les Plèiades. Ho fa Sancho en descriure el fabulós viatge pels cels amb el cavall Clavileño: *«me vi tan junto al cielo, que no había de mí a él palmo y medio, y por lo que puedo jurar, señora mía, que es muy grande además. Y sucedió que íbamos por parte donde están las siete cabrillas, y en Dios y en mi ánima que como yo en mi niñez fui en mi tierra cabrerizo, que así como las vi, ¡me dio una gana de entretenerme con ellas un rato...! Y si no le cumpliera me parece que reventara. Vengo, pues, y tomo, y ¿qué hago? Sin decir nada a nadie, ni a mi señor tampoco, bonita y pasitamente me apeé de Clavileño, y me entretuve con las cabrillas, que son como alhelíes y como unas flores, casi tres cuartos de hora, y Clavileño no se movió de un lugar, ni pasó adelante».*

Hi ha també una referència a la constel·lació de l'Óssa Major (part I, cap. 20), emprada com a rellotge nocturn. En aquest cas és Sancho, el «rústic il·letrat», qui dóna mostres del seu coneixement pràctic dels cels en explicar com ho fa ell, i els pastors, per saber l'hora nocturna *«y ya que del todo no quiera vuestra merced desistir de acometer este fecho, dilátelo, a lo menos, hasta la mañana; que, a lo que a mí me muestra la ciencia que aprendí cuando era pastor, no debe de haber desde aquí al alba tres horas, porque la boca de la bocina está encima de la cabeza, y hace la media noche en la línea del brazo izquierdo».* La bocina és l'Óssa Major, el moviment aparent de la qual al voltant de l'estel polar es pot utilitzar per calcular les hores de la nit. Existia un instrument medieval: el *nocturlabi*, que facilitava aquesta tasca.

### 3. Cervantes i el model geocèntric de Ptolemeu

En el cap. 29 de la part II menciona *«los trescientos sesenta grados que contiene el globo, del agua y de la tierra, según el cómputo de Ptolomeo, que fue el mayor cosmógrafo que se sabe».* *«Por Dios –diu Sancho–, que vuesa merced me trae por testigo de lo que dice a una gentil persona, puto y gafo, con la añadidura de meón, o meo, o no sé como.»* Es tracta d'un jocós galimaties on *Ptolomeo és meo; cómputo és puto i cosmógrafo és gafo.* Cervantes, per boca de don Quijote, exposa aquí la seva admiració pel gran astrònom de l'antiguitat Ptolemeu (s. II dC). Malgrat que l'any 1543 s'havia donat a conèixer el model heliocèntric de Copèrnic (1473-1543), molt criticat per l'Església, amb el Sol com a centre de l'univers, imperava encara la concepció geocèntrica de l'univers amb la Terra al centre, contenint terra i aigua i rodejada d'aire i foc; i donant voltes, les esferes concèntriques de la Lluna, el Sol, els planetes i els estels. El model de Ptolemeu explicava el comportament, aparentment anòmal, dels planetes (Mart, Júpiter i Saturn) amb un sistema geomètric d'epicicles i deferents. Cervantes, de la mateixa manera que un altre gran literat contemporani i rival seu, Lope de Vega (1562-1635) (Halstead, 1939 - Font, 1992), va utilitzar sempre, en les seves obres, el model geocèntric ptolemaic.

Fins i tot, el mateix don Quijote qüestiona el passeig màgic pels cels de Sancho i el seu encontre amb les cabres (Plèiades) amb arguments contundents basats en el model de Ptolemeu (part II, cap. 49): «*Como todas estas cosas y esos tales sucesos van fuera del orden natural, no es mucho que Sancho diga lo que dice. De mí sé decir que ni me descubrí por alto ni por bajo, ni vi el cielo, ni la tierra, ni la mar, ni las arenas. Bien es verdad que sentí que pasaba por la región del aire, y aun que tocaba a la del fuego, pero que pasásemos de allí no lo puedo creer, pues estando la región del fuego entre el cielo de la luna y la última región del aire, no podíamos llegar al cielo donde están las siete cabrillas que Sancho dice, sin abrasarnos; y pues no nos asuramos, o Sancho miente, o Sancho sueña*». És a dir, no podien haver arribat fins més enllà de la Lluna, on està l'esfera dels estels, ja que per fer-ho haurien d'haver traspassat la zona del foc. I com que no presenten indicis d'haver-se recremat, dones l'explicació de Sancho o és una mentida o és un somni.

Queda palesa l'adscripció de Cervantes a l'arcaic i superat model de Ptolemeu al qual es mantindrà fidel durant tota la seva vida, com es pot comprovar també en la seva última novel·la, *Los trabajos de Persiles y Segismunda* (1617).

Les teories heliocèntriques copernicanes van ser introduïdes a Espanya per l'astrònom i teòleg Diego de Zúñiga (1536-1597), un dels primers en acceptar, a Europa, que la Terra no era el centre de l'univers. El 1584 edità un text on recollia aquesta teoria (Martínez, 1999; Folchia, 2004). El 1594 impartí a la Universitat de Salamanca el primer curs conegut d'astronomia copernicana. L'assimilació d'aquestes idees innovadores entre els literats va ser molt posterior (Font, 1992). Malgrat la ràpida imposició del model de Copèrnic en el món científic (curs citat a Salamanca) i tècnic (en la navegació, per exemple, en permetre càlculs més precisos) i l'arraconament, per obsolet, del model ptolemaic, haurien de passar cent anys perquè aquest model fos assimilat en la literatura espanyola. Caldria esperar fins a un autor com Baltasar Gracián (1601-1658) per trobar una clara defensa del model heliocèntric (*El Criticón*, 1651).

#### 4. Les novel·les astronòmiques vernianes

Coneixedor de la realitat científica i tecnològica de la seva època, Jules Verne va plasmar com poès la fe en la ciència i l'optimisme i confiança en el gènere humà i en el progrés (deixant de banda un cert pessimisme que va caracteritzar els seus darrers anys), en consonància amb les expectatives generades per la ciència i la tecnologia del segle XIX (Dekiss, 2001).

D'acord amb les directrius establertes pel seu editor, Pierre Hetzel (1814-1886), les novel·les de Verne tenien una doble intenció (Navarro, 2005a): contribuir a la formació moral dels joves i proporcionar una instrucció (per joves i grans) per tal de: «resumir tots els coneixements geogràfics, geològics, físics i astronòmics elaborats per la ciència moderna i refer, de la manera que li és pròpia, la història de l'Univers». L'astronomia, per Verne (com també per don Quijote), és una les disciplines científiques que tot ciutadà ha de conèixer per tenir una bona formació.

Jurista de formació, els seus coneixements científics i tècnics provenien de la lectura de revistes, llibres i enciclopèdies així com de converses amb científics i enginyers del seu entorn. Malgrat no tenir una formació científica, estava ben al corrent dels invents i troballes tecnocientífiques del seu temps. El 1895, en una entrevista concedida a la revista anglesa *The Strand Magazine*, el mateix Verne declarava (Navarro, 2005a):

«L'exactitud de les meves descripcions és deguda al fet que des de fa molt de temps tinc el costum de prendre moltes notes de llibres, diaris i revistes científiques de tot tipus. Aquestes notes, ordenades per matèries, m'han subministrat un arsenal d'un valor incalculable per a mi. Estic abonat a una vintena de diaris. Sóc lector assidu de publicacions científiques i naturalment estic al corrent de tots els descobriments o invents que es produeixen en tots els dominis de la ciència, astronomia, fisiologia, meteorologia, física o química.»

Moltes de les seves obres inclouen referències astronòmiques encara que, en aquesta anàlisi, ens centrarem només en aquelles on l'astronomia té un paper important en la trama (Sadaune, 2004). Es poden citar les següents (Bernat; Zvi Har'El's):

*De la Terre à la Lune* (1865)  
*Autour de la Lune* (1870)  
*Les Aventures de trois Russes et des trois Anglais dans l'Afrique Australe* (1872)  
*Le Pays des Fourrures* (1873)  
*Le Tour du Monde en Quatre-vingt Jours* (1873)  
*Hector Servadac* (1877)  
*Les Cinq Cents Millions de la Bégum* (1879)  
*Le Rayon-Vert* (1882)  
*Sans Dessus Dessous* (1889)  
*La Chasse au Météore* (1908)

En la línia del treball realitzat per l'astrònom de l'Observatori de París Jacques Crovisier (Crovisier, 2004), fem, a continuació, una anàlisi del contingut astronòmic d'aquestes i d'altres obres vernianes.

#### 4.1. Viatges d'allò més extraordinaris

Les cèlebres novel·les *De la Terre à la Lune* (1865) i *Autour de la Lune* (1870), són les primeres històries astronòmiques de la seva obra. Seguint la llarga tradició de viatges, més o menys inversemblants, fora del nostre planeta, Verne explica amb tot detall un viatge tripulat a la Lluna. Una aventura fallida, ja que els astronautes no aconseguen trepitjar-la. D'entrada, els problemes associats al llançament són insalvables: un gegantí canó (el *Columbiad*) proporciona, en només fraccions de segon, la velocitat d'escapament de la nau-bala. La tripulació, sotmesa a enormes acceleracions, no podria sobreviure (Moreno, José, 1999b). Deixant això de banda, Verne descriu, amb encert, altres fenòmens físics presents en els viatges espacials. Tant el lloc del llançament a prop de l'equador terrestre (Florida) com l'aterratge en l'oceà Pacífic han estat habituals en les missions tripulades de la NASA abans del transbordador espacial. L'explicació d'aspectes relatius a les condicions de vida dins la nau, apunten problemes als quals els primers vols espacials van haver de fer front: la regeneració de l'aire, el control de la pressió parcial d'oxigen, l'alimentació a bord (vins francesos i gallines!), la il·luminació per gas, les condicions de baixa gravetat, etc.

Les descripcions del nostre satèl·lit natural semblen ingènues però són fruit del descobriment sobre la Lluna existent a l'època (Horts, 2005). Malgrat els avenços en tècniques astronòmiques i d'observació, la fotografia per a usos astronòmics estava poc desenvolupada. Les observacions telescòpiques es feien a ull nu. En el temps de Verne, la segona meitat del segle XIX, es desconeix, per exemple, quina és la font que permet que el Sol brilli; no s'ha descobert encara Plutó (1930) i el concepte de galàxia no existeix. A l'època no estava clar ni la

forma de la Lluna ni què hi devia haver a la cara oculta. A la novel·la, en esclatar un objecte brillant (un bòlid) s'il·lumina aquesta banda de la Lluna (que sigui la cara oculta no vol dir que estigui a les fosques!) i, meravellats, els astronautes, Barbicane i companyia, tenen temps suficient per veure selves i fins i tot un volcà actiu. Els volcans de Verne no estaven a la Lluna, com hem tingut ocasió de comprovar més tard, sinó al satèl·lit de Júpiter Io.

Quan orbiten a prop del pol lunar, per sobre del cràter Tycho, observen runes artificials, en consonància amb el debat obert, en aquell temps, sobre l'habitabilitat de la Lluna i d'altres móns extraterrestres. Sense pretendre predir com seria el futur, Verne presenta, en aquesta obra, un catàleg, si més no imaginatiu, que va preparar els seus lectors per la carrera espacial que molts anys després va conduir l'home a la Lluna (i més enllà). Versemblança científica i il·lusió fabuladora troben aquí l'equilibri.

D'entre els *Viatges extraordinaris*, el més esbojarrat de tots és el descrit a *Hector Servadac* (1877), on s'utilitza com a medi de locomoció... un cometa! Això permet a Verne realitzar un periple pel Sistema Solar i presentar-ne una magistral descripció, en particular dels cometes. Els protagonistes s'acosten a Venus, capturen un asteroide, van fins a Júpiter i freguen, encara que de lluny, Saturn. Un programa que res té a envejar als de les sondes *Voyager*, llançades cent anys després, el 1977, per la NASA.

En la novel·la es barregen fets científics rigorosos, procedents dels coneixements astronòmics de l'època extrets de les millors fonts del moment, amb idees extravagants. Tant és així que al final de la història el protagonista exclama: «Suposem que tot ha estat un somni», amb la qual cosa ve a excusar totes les alteracions i infraccions científiques comeses. El mateix editor Hetzel avisa, de bon principi, en un peu de plana de l'edició original (cap. 1): «L'extrema fantasia s'alia amb la ciència sense alterar-la. És la història d'una hipòtesi i de les conseqüències que haurien tingut lloc si poguéssim, per impossible, realitzar-se».

Malgrat tot, la novel·la conté moltes errades científiques injustificades: algunes són imputables a les limitacions del coneixement astronòmic del Sistema Solar, pròpies de l'època, mentre d'altres, com sosté Crovisier, s'haurien pogut evitar si Verne hagués tingut l'ajut d'un assessor científic (com farà posteriorment a *Sans Dessus Dessous*). El seu cosí Henri Garcet, col·laborador habitual, havia mort anys abans.

*Hector Servadac* fou escrita entre 1874 i 1876. Verne coneixia *L'Astronomie Populaire* (1854-1857) d'Arago i encara que l'obra clàssica de divulgació astronòmica de Flammarion no apareixeria fins el 1879, després de la publicació de la novel·la, s'hauria inspirat en altres obres d'aquest gran divulgador francès (*La Pluralité des Mondes Habités*, 1862, i *Les Mondes Imaginaires et les Mondes Réels*, 1865).

El segle XIX va ser fèrtil en la visita a la Terra de cometes espectaculars: el 1832, el cometa 3D/Biela passà, un mes abans que la Terra, per un punt de la seva òrbita; el 1861, el cometa Tebbutt (C/1861 J1) es trobà a 0,13 UA (unitats astronòmiques) de distància oferint una visió espectacular; el 1862, un altre cometa remarcable, el 109/Swift-Tuttle, creuà l'òrbita terrestre un mes abans, acostant-se només a 0,0015 UA de la Terra (menys de dues vegades la distància mitjana Terra-Lluna). El 1866, l'astrònom italià Schiaparelli va establir la relació entre el cometa Swift-Tuttle i les pluges d'estels de les Perseides. Verne devia estar al corrent del ressò que devien despertar aquests esdeveniments astronòmics tant entre la comunitat científica com entre la ciutadania. En el capítol «didàctic» corresponent a aquesta novel·la (cap. 3), que acostuma a incloure en les seves obres, parla del cas del cometa Biela.

La idea original d'aprofitar l'acostament d'un cometa que, fregant la Terra, s'emportaria una porció del nostre planeta així com a alguns dels seus habitants, se li devia ocórrer extrapolant aquests esdeveniments reals. En una entrevista apareguda en el diari *Le Figaro*

(26-2-1873), explica: «Fa deu anys, un cometa de nucli dur va passar per la trajectòria de la Terra, justament un mes abans que ella. Imaginem que la Terra s'hagués retardat un mes... Vet aquí, evidentment, la idea d'un llibre». Una idea que ja li devia ballar pel cap, perquè a *Autour de la Lune* (1870) un dels protagonistes, Michel Ardan, imagina (cap. 5): «No sabem que la Terra ha travessat la cua d'un cometa en 1861? Suposem un cometa que tingui una atracció superior a la solar. L'òrbita terrestre es desplaçarà cap a l'astre errant, i la Terra, convertida en el seu satèl·lit, serà arrossegada a una distància tal que els raigs solars no tindran cap efecte sobre la seva superfície».

El cometa damunt del qual els herois de la novel·la fan un fantàstic viatge pel Sistema Solar té característiques incompatibles. D'entrada, el nom del cometa, batejat per l'astrònom de la història Palmyrin Rosette<sup>1</sup> amb el nom de *Gallia*, no segueix les normes de la Unió Astronòmica Internacional (codificació segons nom del descobridor, data, periodicitat) (Moreno, José, 2005b). I, a més, aquest nom ja estava «agafat» per un asteroide: 148 Gallia, descobert el 1875.

La seva mida, 740 km, és massa gran. S'acostaria més a un asteroide, i dels grans. La seva densitat, 10 g/cm<sup>3</sup>, també està fora de lloc: resulta massa elevada per un objecte del Sistema Solar. Els nuclis cometaris tenen unes dimensions d'unes desenes de quilòmetres. És clar que això només s'ha pogut saber, de primera mà, amb l'encontre, el 1986, de les missions espacials amb un cometa com el Halley. La seva composició química és de telur d'or (AuTe<sub>2</sub>), segons estableix Palmyrin per l'aspecte i la densitat, però no en base a una anàlisi química. Això contrasta amb el mètode d'anàlisi espectroscòpica emprat per determinar la composició (d'or!) de l'asteroide de la novel·la *La Chasse au Météore* (1908). Això és més creïble, encara que la composició real d'aquests astres sigui, generalment, més vulgar: ferro i níquel. Són contradiccions amb el nostre coneixement actual del món cometari però justificables: el 1877, poques coses se sabien en ferm sobre la seva naturalesa física.

L'òrbita descrita del cometa és també incorrecta. Abans del xoc amb la Terra, és parabòlica. Després de l'encontre, Palmyrin determina una òrbita el·líptica d'un període de dos anys. No obstant això, perquè Gallia, després del seu periple planetari que el porta fins a Júpiter, pugui retornar al lloc de partida i dipositar sans i estalvis els protagonistes, hauria de tenir un període de sis anys o més, segons estableix la 3<sup>a</sup> llei de Kepler. En el seu descàrrec podem dir que Verne presenta la mecànica celeste, la part de l'astronomia que s'ocupa del moviment dels astres, com a molt precisa, ja que gràcies a ella Palmyrin pot efectuar càlculs acurats de l'òrbita del cometa (sense tenir en compte el fet, desconegut llavors, de les pertorbacions no gravitacionals causades per l'efecte de l'ejecció dels gasos produïts per la sublimació del gel de la superfície cometària). A l'època, la mecànica celeste havia assolit una precisió sorprenent (tenint en compte els mitjans de càlcul disponibles). Un dels seus recents èxits (1846) fou el descobriment de Neptú per Le Verrier i, independentment, per Adams, a partir de les pertorbacions de l'òrbita d'Urà.

En el transcurs del viatge, els protagonistes pateixen variacions de temperatura en funció de la distància al Sol. Verne fixa una temperatura mínima de -60°C: «el límit assignat a la temperatura en els espais siderals» (cap. 16). Fa referència a la teoria de Fourier sobre la temperatura del globus terrestre i els espais planetaris (1827) on es basa en les temperatures dels hiverns polars terrestres. A *Autour de la Lune*, Verne menciona també la *temperatura de l'espai*. Li dona un valor de -160°C fent-se ressò d'altres estimacions: «Cent qua-

1. La figura caricaturesca d'aquest personatge sembla ser l'antecedent de l'inefable professor Tournesol creat per Hégé.

ranta graus centígrads sota zero! M. Pouillet tenia raó front Fourier» (cap. 14). Tot i que la mesura la fan directament amb un termòmetre d'alcohol! L'espai és molt més fred del que Verne i Fourier imaginaven: uns  $-270^{\circ}\text{C}$  (3 K, la temperatura de fons de la radiació còsmica). En el Sistema Solar, la radiació solar «suavitza» aquesta fredor. Malgrat tot, els viatgers cometas haurien patit de valent:  $52^{\circ}\text{C}$  a la distància de Venus del Sol i  $-151^{\circ}\text{C}$  a Júpiter. La teoria de la radiació del cos negre estava encara per arribar.

#### 4.2. El perillós ofici d'astrònom

*Les Aventures de trois Russes et des trois Anglais dans l'Afrique Australe* (1872) té com a protagonistes sis astrònoms que tenen per missió mesurar una porció del meridià terrestre. La ciència de base és geodèsia més que astronomia, però cal recordar que, històricament, tasques d'aquest tipus han estat assignades sempre als astrònoms.<sup>2</sup> La rivalitat professional entre els membres de les dues expedicions, anglesa i russa, encapçalades per Everest, de l'Observatori de Cambridge, i Strux, de l'Observatori de Pulkovo, reproduceix les tensions diplomàtiques de l'època entre aquestes potències.

Per dur a terme la seva tasca, fan servir el conegut mètode de triangulació que apareix exposat en detall en *L'Astronomie Populaire* (volum 3, 1856) d'Arago. Verne reprèn aquí el tema de les grans expedicions científiques astronòmiques de Cassini, Lacaille, Maupertuis, La Condamine, Méchain, Delambre, Arago, etc., que tenien tant de treball científic com d'aventura. El mètode que es descriu a la novel·la segueix pas a pas el protocol emprat per a la mesura del meridià de Dunkerque a Barcelona efectuat per Delambre i Méchain<sup>3</sup> i estès fins a Mallorca per Biot i Arago.

A més del llibre d'Arago, Verne fa referència explícita a unes lliçons de geodèsia (*Leçons nouvelles de Cosmographie*, 1854), de Paul Henri Garcet, cosí seu i professor de matemàtiques del *lycée* Napoleón, de les quals a la novel·la n'arriba a reproduir un paràgraf sencer (cap. 8). Verne insisteix en els avantatges tècnics que l'ús del cercle repetidor de Borda (emprat ja per Delambre i conegut des de 1787) té per a la mesura d'angles en permetre reduir els errors de mesura (cap. 7): «És inútil afegir que aquest admirable instrument [el cercle repetidor de Borda], construït amb una precisió extrema, permetia als observadors disminuir tant com ells volien els errors d'observació. I, en efecte, pel mètode de la repetició, aquests errors, quan les repeticions són nombroses, tendeixen a compensar-se i a anul·lar-se mútuament».

Encara que, més endavant (cap. 13), exagera força en associar a un angle mesurat una precisió de la mil·lèsima de segon d'arc: «Es veu que aquesta mesura fou obtinguda fins a les mil·lèsimes de segon, és a dir, amb una exactitud, per així dir-ho, absoluta». Per Arago, la precisió d'aquest instrument és d'una «petita fracció de segon [d'arc]».

Verne es mostra un ferm defensor del sistema mètric. Malgrat això, en les seves novel·les hi conviuen mesures «antigues» (llegües, peus, lliures...) amb les «noves» (metre, quilòmetre...). Encara que aquest sistema universal fou instaurat per la Revolució francesa

2. Només cal apuntar, com a exemple, la Càtedra d'Astronomia i Geodèsia existent a la Universitat de Barcelona fins als anys 1980.

3. Una recreació d'aquesta epopeia astronòmica es troba a *La mesura del món (La méridienne. La mesure du monde)*, 2000, de Denis Guedj. Els astrònoms Pierre Méchain i Jean-Baptiste Delambre són designats per l'Assemblea Nacional francesa per mesurar el meridià entre les ciutats de Dunkerque i Barcelona, amb vistes a obtenir, «per a tots els temps, per a tots els homes», una mesura universal: el metre.



no s'introduí legalment a França fins al 1837 i es començà a aplicar en l'ensenyament, de manera efectiva, el 1840. Fins i tot les obres astronòmiques populars d'Arago (1854-1857) i de Flammarion (1879) expressen les distàncies normalment en llegües.

En aquesta novel·la, Verne adapta les unitats de mesura segons el context: les temperatures les expressa en graus Fahrenheit quan són mesurades pels protagonistes anglesos i proporciona, sistemàticament, la conversió a graus Celsius (equivocant-se, de vegades). El mateix succeeix per l'origen de longituds geogràfiques: Greenwich (l'adopció internacional del meridià de Greenwich tingué lloc el 1884) o París, segons la nacionalitat del personatge.

A *Le Pays des Fourrures* (1873) es descriu l'observació (fallida) de l'eclipsi solar total del 18 de juliol de 1860 al nord de Canadà. El protagonista és també un astrònom, Thomas Black, de l'Observatori de Greenwich. En aquest cas, però, l'astronomia no és el centre de l'acció sinó un element secundari. L'heroi principal és el tinent Jasper Hobson que dirigeix una expedició geogràfica amb finalitats empresarials: l'establiment d'una factoria per a l'explotació del comerç de les pells. L'astrònom s'uneix a l'expedició per observar l'eclipsi (el «seu» eclipsi) a una latitud geogràfica superior als 70°.

Segons Arago, aquest eclipsi total havia de permetre resoldre l'origen (solar o lunar) de la corona solar. Però, per què calia observar-lo a grans latituds? Black ho explica (cap. 23): «Rarament els eclipsis s'observen en regions tan properes al pol, on el Sol, a poca altura per sobre de l'horitzó, presenta, aparentment, un disc considerable. El mateix que passa amb la Lluna, que l'oculta, i és possible que, en aquestes condicions, l'estudi de la corona lluminosa i les seves protuberàncies pugui ser més complet!».

Una explicació poc encertada atès que l'aparença més gran del disc lunar o solar quan l'astre es troba a prop de l'horitzó no és més que una il·lusió òptica. I, a més, és possible observar, igualment, eclipsis totals a prop de l'horitzó a latituds més moderades. Segons el mapa de la visibilitat de l'eclipsi, la zona de visibilitat de la totalitat no incloïa el lloc presumptament escollit en la novel·la: el cap Bathurst. La regió més al nord abastada per la totalitat fou la latitud 60°. Verne s'havia documentat malament i, en conseqüència, havia enviat el seu personatge a un lloc poc idoni per a l'observació.

Aquest eclipsi de 1860 fou molt estudiat, especialment des d'Espanya, on es van desplaçar astrònoms de la talla de Le Verrier i Foucault. Va permetre eliminar la hipòtesi de l'origen lunar de la corona solar (difusió de la llum solar per una eventual atmosfera lunar) i observar l'ejecció de matèria coronal (Eddy, 1974).

De la coneguda *Le Tour du Monde en Quatre-vingt Jours* (1873) només cal citar com a element astronòmic o cosmogràfic, cabdal en la història, el guany d'un dia que obté tot viatger que faci una volta al globus terrestre anant cap a l'est sigui quin sigui el temps emprat en el viatge (Verne, 1873): «En altres termes, mentre Philéas Fogg, anant cap a l'est, va veure el sol passar 80 vegades pel meridià, els seus col·legues que van romandre a Londres no el van veure passar més que 79 vegades». Gràcies a la notorietat i difusió que va tenir aquesta novel·la (la més venuda amb un tiratge de 108.000 exemplars en vida de l'autor), Verne va ser convidat a impartir una conferència a la Société de Géographie de París: «Les Meridiens et le Calendrier» (1873). El text d'aquesta conferència (Verne, 1873) és l'única obra científica de l'escriptor.

Aquesta idea està inspirada en el relat d'Edgar Allan Poe *Three Sundays in a Week* (1850), com el mateix Verne reconeix en el seu assaig sobre aquest autor: *Edgar Poë et ses oeuvres* (1864).

### 4.3. La bogeria del canó

A l'hora de realitzar una tasca monumental, com ara modificar l'eix de rotació de la Terra (*Sans Dessus Dessous*, 1889) o intentar anihilar tot d'un cop una ciutat enemiga (*Les Cinq Cents Millions de la Bégum*, 1879), Verne es decanta per l'ús de grans canons i nous explosius. I és que se sentia fascinat per l'artilleria pesada. En algun cas, per exemple a *De la Terre à la Lune* (1865), hi ha, en el fons, una crítica soterrada a la passió nord-americana per l'artilleria i les armes (Horts, 2005).

*Les Cinq Cents Millions de la Bégum* (1879) és la primera novel·la on Verne mostra clarament que el poder tecnològic pot generar corrupció i que el coneixement científic utilitzat per individus sense escrúpols condueix al mal. Descriu l'enfrontament entre dos personatges antagònics. Per un costat, l'idealista doctor Sarrasin, francès. De l'altre, el malèvol professor Schultze, prussià. Un reflex de la rivalitat de l'època entre Prússia i França. Mentre el primer edifica una ciutat pacífica i utòpica, el segon construeix una ciutat-fàbrica dedicada a la producció d'armes. El conflicte no anirà a més: el tremend obús llençat per Schultze per esborrar el seu rival del mapa surt a una velocitat tan gran (10 km/s, unes 20 vegades la velocitat típica subministrada pels canons de l'època)... que no fa blanc i acaba en òrbita! Es converteix així en el primer satèl·lit artificial de la Terra: «Estava destinat a perdre's per l'espai!»: «Un projectil, animat d'una velocitat inicial... [de] deu mil metres per segon, no pot "caure". El seu moviment de translació, combinat amb el de l'atracció terrestre, el converteix en un mòbil destinat a circular sempre al voltant del nostre planeta» (cap. 13).

No obstant això, resulta impossible posar en òrbita un obús llençat des de terra amb la velocitat adient per un canó. El projectil descriu una trajectòria el·líptica, una corba tancada que passa per un punt de la superfície terrestre: el lloc on acaba per impactar. El llançament horitzontal proporcionaria, en teoria, una òrbita el·líptica tangent a la superfície terrestre. Però aquest cas és irrealitzable per les mateixes irregularitats del geoide terrestre i pel fregament amb l'atmosfera. Fou Newton qui va introduir aquest problema teòric del canó, en una edició de 1759 dels *Principia* (1687), per explicar per què la Lluna no queia damunt la Terra. Vol dir això que, des de la Terra, no es poden situar satèl·lits en òrbita? No. En el cas real del llançament d'un coet, l'empenta dura un cert temps, es controla l'orientació de la nau i l'entrada en òrbita té lloc quan ha assolit una certa altitud. La posada en òrbita d'un satèl·lit mitjançant un coet està a l'ordre del dia.

A *Sans Dessus Dessous* (1889), els artillers del famós Gun-Club de Baltimore (amb experiència en l'enviament de la nau-bala tripulada a la Lluna) pretenen modificar el propi eix de rotació de la Terra. L'objectiu és purament econòmic: explotar les mines d'hulla situades sota les aigües del mar. Pretenen aprofitar el retrocés del *Columbiad*, el monumental canó instal·lat, aquest cop, en una zona equatorial: la muntanya del Kilimanjaro. Un error en els càlculs (la pèrdua d'un humil zero) comporta el fracàs del projecte: l'eix terrestre només es desplaça tres micròmetres. Farien falta, com assenyala el mateix Verne, de l'ordre d'un trilió de canons com el *Columbiad* per dur a terme la titànica acció (José, Moreno, 1994; Moreno, José, 1999a). Amb tràgiques conseqüències, tot s'ha de dir, per a la humanitat.

Al final de l'obra hi ha tot un dossier científic on es presenten, detalladament, tots els càlculs que donen suport a la idea: «Chapitre supplémentaire dont peu de personnes prendront connaissance». Es tracta d'un fet únic en les obres de Verne. Vint-i-quatre planes convenientment eliminades en la majoria de reedicions en circulació de la novel·la. La seva

paternitat correspon a l'enginyer de mines francès Albert Badoureau que rebé una compensació econòmica per la seva col·laboració. A la novel·la apareix encarnat com a Alcide Pierdeux. Serà qui desvetllarà l'errada comesa per J. T. Maston: «És cert que el problema de la modificació de l'eix terrestre està correctament plantejat i hauria d'haver estat exactament resolt. Però aquest oblit de tres zeros ha produït un error de *dotze zeros* en el resultat final» (cap. 20).

Malgrat aquesta assessoria directa pel que fa als aspectes tècnics, hi ha alguna errada important. Al final de la novel·la (cap. 20) es comenta que el projectil llençat, amb un explosiu fictici (la *meli-melonita*) molt més potent que la pólvora, es converteix en un petit planeta, retingut per l'atracció solar. Aquí l'assessor Badoureau comet una errada ja que en el capítol suplementari diu: «... descriu una cònica al voltant del Sol, com un nou planeta». Quan, en realitat, atesa la velocitat amb què és llençat (projectil de 180.000 tones llençat a 2.800 km/s), descriuria una òrbita hiperbòlica i abandonaria, sense remei, el Sistema Solar (la velocitat d'escapament del Sistema Solar és de 42 km/s).

Una altra errada, excusable en aquest cas pel desconeixement de l'època de l'estructura interna de la Terra, és no considerar que la Terra pugui deformar-se i que no es contempli l'aparició d'un terratrèmol important. Un efecte col·lateral seriós que a *De la Terre à la Lune*, amb una energia involucrada menor (uns  $10^{12}$  J en comparació amb els  $10^{21}$  J), sí que es té en compte: «La detonació del *Columbiad* fou acompanyada d'un veritable terratrèmol. La Florida va sentir sacsejar les seves entranyes» (cap. 26).

Sembla també que Badoureau oblida l'efecte de la rotació de la Terra, ja que un obús llançat horitzontalment des del Kilimanjaro cap al sud no pot, després de fer una volta a la Terra, impactar amb el flanc nord de la muntanya.

#### 4.4. Meteors i raigs verds

A *Le Rayon-Vert* (1882), Verne centra l'atenció dels lectors, per primer cop, sobre un fenomen, d'origen atmosfèric i encara no del tot ben explicat, associat amb el disc solar: el *raig verd*. És un relat romàntic. La jove Helena Campbell demana als seus antagonics pretendents: el sec i brutal Aristobulus Ursiclos i l'humanista Olivier Sinclair, veure el raig verd, l'últim raig de llum de la posta del sol, abans de prendre una decisió.

Una història menor que té el mèrit d'haver desfermat tota una al·lau d'observacions, articles (escrits per famosos científics com lord Kelvin), teories i llibres sobre el tema; tal era el poder mediàtic d'atracció cap a la ciència que les novel·les vernianes tenien. Resulta notable, com apunta Crovisier (2004), que aquest esdeveniment astronòmicometeorològic fos pràcticament ignorat abans de la publicació de la novel·la. Es desconeix quina degué ser la font d'informació de Verne en relació amb el fenomen. A l'obra, fa referència a un article inventat del diari *Morning Post* (cap. 3).

En altres novel·les, com *Les Indes Noires* (1877) i *Naufragés du Jonathan* (1908), també hi ha mencions del fenomen en escenes de sortides i postes de Sol. En canvi, a *Phare du Bout du Monde* (1905), on descriu una escena similar, el raig verd no apareix per enlloc. Al final del darrer capítol de la segona novel·la citada, es llegeix: «L'astre radiant acabava de prendre contacte amb l'horitzó. Ampliat per la refracció, fou, ben aviat, reduït a una semiesfera. Els darrers feixos il·luminaren el cel fins que no quedà més que un rivet ardent que es perdia sota les aigües. I llavors escapà aquest raig d'un verd lluminós, el color complementari del vermell desaparegut». Per a l'explicació del fenomen, Verne es decanta per la teoria (actualment refusada) del color complementari (O'Connell, 1960; Young, 2005).

*La Chasse au Météore* (1908) és una novel·la pòstuma apareguda tres anys després de la mort de Verne.<sup>4</sup> Dos astrònoms amateurs es disputen la paternitat del descobriment d'un asteroide (no és, per tant, un meteor) completament d'or. Mentre, un científic boig, Zéphyrin Xirdal (personatge afegit per Michel Verne), construeix una màquina basada en el principi d'equivalència matèria-energia<sup>5</sup> amb la finalitat de controlar l'òrbita de l'objecte i la seva caiguda sobre la Terra.

Per acabar, citem altres obres no estrictament astronòmiques però amb alguna referència. A *L'Île Mystérieuse* (1875), trobem la següent descripció, aparentment errònia, del cel de l'hemisferi sud: «la Creu del Sud resplendia llavors en el Pol Sud del món» (cap. 3). Aquesta afirmació podria induir a pensar en la constel·lació de la Creu del Sud com una estrella brillant, equivalent, en l'hemisferi austral, a l'estrella Polar. No obstant això, més endavant Verne deixa les coses en el seu lloc: «Aquesta constel·lació no està situada tant a prop del Pol antàrtic com l'estrella Polar ho està del Pol àrtic» (cap. 13). Aquesta confusió també apareix a *Vingt Mille Lieues sous les mers* (1870): «En el zenit brillava l'admirable Creu del Sud, l'estrella polar de les regions antàrtiques» (cap. 15).

La novel·la *Étoile du Sud* (1884), malgrat el seu títol, no té res a veure amb l'astro-nomia com es podria pensar d'entrada: narra les aventures al voltant d'un fabulós diamant d'aquest nom.

## Conclusions

L'anàlisi del contingut científic d'obres literàries clàssiques és una manera alternativa (o, si més no, no gaire explotada) d'aproximar-se als coneixements científics d'una època a través dels seus autors.

Com a resum dels aspectes tractats, podem concloure:

– Tant per don Quijote-Cervantes com per Verne, l'astronomia és una de les disciplines científiques que cal conèixer per tenir una bona formació. Per un, són coneixements pràctics que l'ofici de cavaller andant requereix. Per l'altre, són la base d'una formació integral de tot ciutadà (una idea que no estaria malament que acabés per arrelar en la nostra societat moderna).

– Cervantes, i d'altres escriptors del Siglo de Oro, com Lope de Vega, utilitza sempre en les seves obres (*Quijote*, *Persiles*) l'arcaic model ptolemaic. Malgrat que al 1543 ja s'havia donat a conèixer el model heliocèntric de Copèrnic i al 1597 s'havia impartit el primer curs d'astronomia copernicana a la Universitat de Salamanca, aquestes noves idees trigarien uns cent anys a ser assumides pels escriptors (Gracián, *El Criticón*, 1651).

– Verne pren com a referència per a les seves explicacions astronòmiques i trames de les seves novel·les obres i articles de la rica tradició de divulgació astronòmica francesa: *L'Astronomie Populaire*, d'Arago, i obres de Flammarion, entre d'altres.

4. El text va ser profundament retocat (amb l'afegit de capítols i personatges) pel seu fill, Michel Verne. Ha estat recentment editat per la Société Jules Verne a partir del manuscrit original. I s'ha fet també l'edició catalana (*La caça del meteor*, Pagès editors, 2005).

5. El 1905, Einstein havia publicat, en un dels seus revolucionaris treballs, la coneguda fórmula que fonamentava aquesta equivalència entre la massa i l'energia:  $E = mc^2$ . Els estudiosos de l'obra verniana no han aconseguit encara aclarir com Michel Verne va arribar a aquesta idea, el profund significat físic de la qual es difondria molt lentament entre el públic.

– Les errades científiques que es poden trobar obeeixen, normalment, al desconeixement propi de l'època (per exemple, sobre els cometes a *Hector Servadac*). D'altres, en canvi, són fruit de la manca d'assessorament i de creences incorrectes (mètode de propulsió a *De la Terre à la Lune*; projectil en òrbita a *Les Cinq Cents Millions de la Béguin*), documentació errònia (visibilitat de l'eclipsi total a *Le Pays des Fourrures*), o d'errades dels mateixos col·laboradors (efectes de la modificació de l'eix de rotació de la Terra a *Sans Dessus Dessous*).

En qualsevol cas, totes les errades i incorreccions científiques trobades no treuen cap valor, ni un, a aquestes grans obres de la literatura universal. Permeten la confluència entre ciències i lletres, englobant-t'ho tot sota el nom de cultura.

#### Bibliografia i referències

- ARAGO, F. (1854-1857), *Astronomie Populaire*, París, T. Morgand.  
gallica.bnf.fr
- BALBUENA, L. (2004), *Cervantes, don Quijote y las matemáticas*.  
webpages.ull.es/users/imarrero/sctm04/modulo1/1/lbalbuena.pdf
- BERNAT, P., Pàgina de la Societat Catalana Jules Verne.  
www.astroosona.org/HistoriaCiencia/Verne/
- CERVANTES, M. de. (1994), *Don Quijote de la Mancha*, Barcelona, Planeta (ed. de Martín de Riquer).  
www.cervantesvirtual.com
- CROVISIER, J. (2004-2005), *L'astronomie de Jules Verne*.  
www.usr.obspm.fr/~crovisie/JV/verne\_gene.html
- DEKISS, J. P. (2001), *Jules Verne. Le rêve du progrès*, París, Gallimard, 169.
- EDDY, J. A. (1974), «A Nineteenth-century Coronal Transient», *Astron. Astrophys.*, 34, 235.
- FLAMMARION, C. (1862), *La Pluralité des Mondes Habités*, París, Flammarion.
- (1865), *Les Mondes Imaginaires et les Mondes Réels*, París, Flammarion.
- (1879), *Astronomie Populaire*, París, Flammarion.  
gallica.bnf.fr
- FONT, J. (1992), *Los modelos ptolomeico y copernicano del universo en los autores literarios del siglo de Oro. El caso de Lope de Vega* [no publicat].
- GRUPO FOLCHIA (2004), *La ciencia cortesana en la España de Felipe II*, Biblioteca Cervantes.  
www.cervantesvirtual.com/historia/ciencia/cienciafii\_023.shtml
- HALTEAD, F. (1939). «The Attitude of Lope de Vega toward Astrology and Astronomy», *Hispanic Review*, 7.
- HORTS, P. (2005), «Verne i l'astronomia», conferència dins el cicle *L'aventura de llegir: Jules Verne, somnis i realitat*, Barcelona, Biblioteca Nou Barris (4-5-2005).
- JOSÉ, J.; MORENO, M. (1994), *Física i ciència-ficció*, Barcelona, UPC.
- MARTÍNEZ, E. (ed.) (1999), *Felipe II, la ciencia y la técnica*, Madrid, Actas del Congreso.
- MORENO, M.; JOSÉ, J. (2001), «Verne: Crónicas del futuro desde el siglo XIX», Tercer Milenio, *Heraldo de Aragón*, p. 4.
- (2005a), «Donde se cuenta la relación del ingenioso hidalgo con los astros», *El País*, (5-5-2005).
- (2005b), «El cometa y la estrella de Navidad (I)», *El País*, (27-1-2005).
- (1999a), «Ni una nube de bombas atómicas cambiaría la inclinación del eje de la Tierra»,

- El País* (8-7-1999).
- (1999b), «Los tripulantes de la nave de Julio Verne no soportarían el cañonazo de salida», *El País* (21-1-1999).  
*Ciberp@ís, El País*, [www.elpais.es](http://www.elpais.es)
- NAVARRO, J. (2005a), «Jules Verne. La novel·la de la ciència», *Mètode*, 44, 85 (València, Universitat de València, febrer de 2005).
- (2005b), *Somnis de ciència. Un viatge al centre de Jules Verne*, València, Bromera.
- O'CONNELL, D. J. K. (1960), «The Green Flash», *Scientific American* (january 1960).
- SADAUNE, S. (2004), «Les 60 Voyages Extraordinaires de Jules Verne», *Ouest-France*.
- VERNE, J. (1864), «Edgar Poë et ses œuvres», *Le Musée des Familles*, 31, 7.  
[gallica.bnf.fr](http://gallica.bnf.fr)
- (1873), «Les Méridiens et le Calendrier», *Bull. Soc. Géog.*, 6, 423.  
[gallica.bnf.fr](http://gallica.bnf.fr)
- YOUNG, A. T. (2005), *An introduction to green flashes*.  
[mintaka.sdsu.edu/GF/](http://mintaka.sdsu.edu/GF/)
- ZVI HAR'EL's, *Jules Verne Collection* (obres de Verne en format electrònic).  
[jv.gilead.org.il/works.html](http://jv.gilead.org.il/works.html)