

# LA CANCIÓN DEL SOL Y DE LAS ESTRELLAS\*

**Sylvie Vauclair** es astrofísica, Dra. en Ciencias Físicas, investigadora en el **Observatorio Midi-Pyrénées**, Profesora en la **Universidad Paul Sabater** de Toulouse. Sus trabajos científicos se concentran en la formación y evolución de los elementos químicos que componen la materia del

Es un fenómeno ya conocido que las estrellas vibran, hecho que se ha verificado en el Sol hace 25 años y, algo más tarde, para las estrellas. Hay que tener en cuenta que el Sol es la estrella más próxima a la Tierra o, más exactamente, que ésta, al estar más próxima al Sol, permite facilitar su observación.

habrían conducido a la formación de una esfera ya Irreversible por efecto de la gravedad. Al aumentar la presión, la esfera se estabilizó convirtiéndose en autopresionada en la que la condensación provocó un aumento de temperatura. Al haber suficiente la cantidad de materia, la temperatura

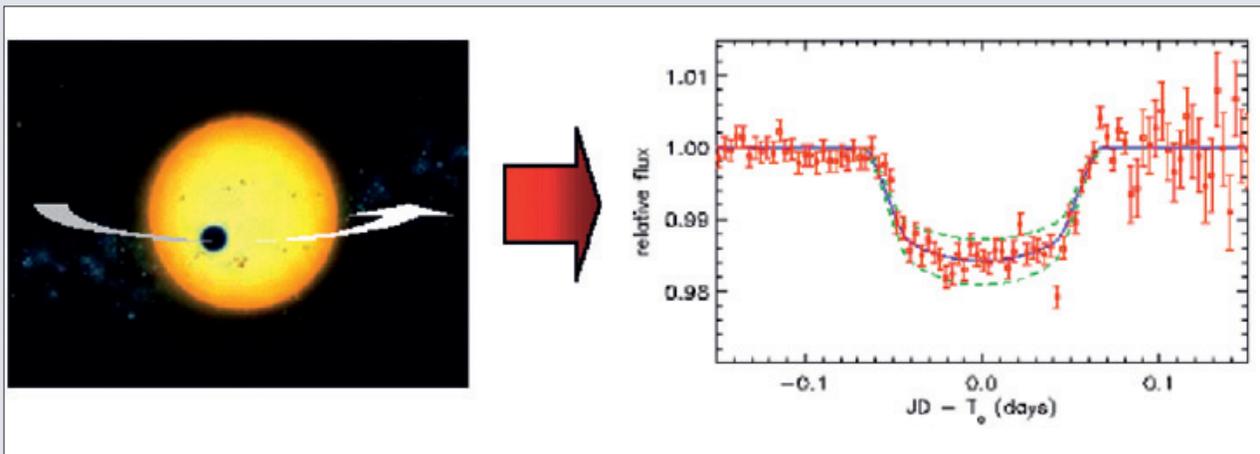


Fig. 1a. Simulación de un planeta pasando ante una estrella (DOC CNES). Tránsito: Debilitamiento de la luz de la estrella al paso del planeta

Universo. Ha recibido varios Premios y publicado más de 100 artículos científicos. Ha sido Presidente de la **Sociedad Francesa de Astronomía y Astrofísica**.

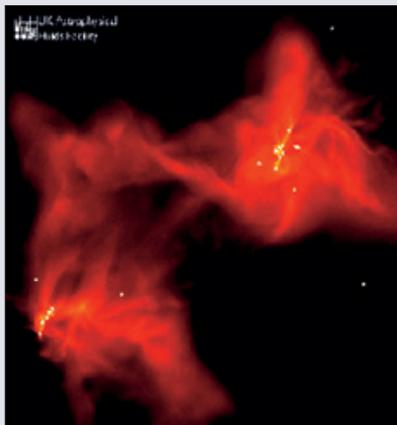


Fig. 1b. Formación de estrellas (Simulación de M. Bate).

Las estrellas se comportan, por lo tanto, como si fueran instrumentos musicales y sabido es que en un instrumento de cuerda, se necesitan unas cuerdas vibrantes, un arco para excitarlas y una caja de resonancia para mejorar y amplificar el sonido emitido por aquéllas.

Puede asimilarse el Sol a una caja de resonancia de naturaleza gaseosa equivalente al aire (es este caso, gas) contenido en la caja de un instrumento. Además, el Sol carece de una pared que encierre el gas en su periferia, en el seno de su galaxia.

El origen del Sol debe buscarse en las nebulosas procedentes del caos inicial. La explosión de estrellas (supernovas) habría provocado una onda de choque capaz de alcanzar la nebulosa de Sol produciendo condensaciones gaseosas, que, a su vez,

pudo llegar a ser tan elevada como para desencadenarse una reacción termonuclear y formarse así una estrella.

La reacción nuclear procede de la transformación del hidrógeno (en forma de deuterio y de tritio) en helio, que genera una energía de fusión nuclear. La estrella así formada es estable y tiene una vida de 10.000 millones de años. Ahora sabemos que las estrellas vibran pero no se las puede oír al no existir materia entre ellas y nosotros para transmitir el sonido.

En cuanto al Sol, sí existe alguna materia entre él y nosotros pero no la suficiente para permitir dicha transmisión. De todas formas, si nos llegase, tampoco podríamos oírla dado que nuestros oídos serían incapaces de captar tales frecuencias. Hay que recordar que las ondas electro-mag-

\* Reumen de **M. Guy Coutellier** de la Conferencia pronunciada por **Sylvie Vauclair** (Boletín informativo de l'UISBA, Unión des Ingenieurs et des Scientifiques du Bassin de l'Adour).



Fig. 2. Nebulosa Orión (Foto Hubble)

néticas, al igual que la luz, circulan por el Universo.

¿Cómo podemos entonces saber que las estrellas vibran? En realidad, se ve. El Sol es una masa gaseosa cuya densidad es próxima a la del agua y los sonidos pueden propagarse en esta masa y, al hacerlo, inducir las vibraciones en su superficie, vibraciones que son perceptibles.

En Astronomía, a este conocimiento interno del Sol se le conoce por Helio-sismología y la de las estrellas como Astero-sismología.

El término Sismología es equivalente al empleado para la Tierra cuando se estudian los seísmos y la técnica de las placas tectónicas. Los terremotos producen ondas sonoras detectables a grandes distancias del foco de origen y es posible deducir la naturaleza de las materias atravesadas por las ondas, mediante mediciones adecuadas como las empleadas en Geofísica.

Si bien es posible observar la superficie solar, no lo es tanto la observación de las estrellas por formarse en

las nebulosas y aparecer como estrellas jóvenes cuyo color varía en función de la naturaleza de los gases que la componen y de su temperatura.

Para poder imaginar dicha formación, es posible, desde hace 50 años, establecer modelos mediante ordenador, que es lo que ha realizado **Matthew Bate**, de la **Universidad de Exeter** en Gran Bretaña. Considera una masa gaseosa que recibe una onda de choque. Aparecen torbellinos, a continuación unos fenómenos de condensación y finalmente, puede darse la formación de estrellas, que incluso pueden llegar a colisionar entre ellas (Figs. 1a y 1b).

Las imágenes de tales simulaciones se asemejan mucho a las tomadas de la nebulosa *Orión* por el telescopio espacial *Hubble*. En dicha nebulosa, se estarían formando estrellas (Fig. 2).

El Sol es una esfera de 700.000 km de radio y su núcleo central (compuesto de hidrógeno y helio) alcanza una temperatura de  $16 \times 10^6$  °C producida por la fusión nuclear. En él hay que distinguir una serie de capas concéntricas (Fig. 3):

- El núcleo:  $16 \times 10^6$  °C y un espesor de 250.000 km.
- Zona radiactiva: 245.000 km de espesor.
- Zona convectiva: 200.000 km de espesor (burbujas de gas).
- Fotosfera: 500 km de espesor.
- Cromosfera: 2.000 km de espesor.
- Protuberancias: materia que se escapa de la superficie solar y que puede alcanzar alturas hasta de 200.000 km (Fig. 4).

Las tres zonas exteriores (fotosfera, cromosfera y la de las protuberancias) son la sede de intensos campos magnéticos.

El Sol es una esfera asimilable a una caja de resonancia en la que se propagan ondas sonoras. El arco estaría constituido por las protuberancias que sacuden la superficie solar. Las ondas provocadas por estos choques pueden desplazarse al seno de la masa gaseosa que constituye el Sol.

Las fotografías adjuntas muestran claramente las protuberancias solares y son las responsables de las auroras

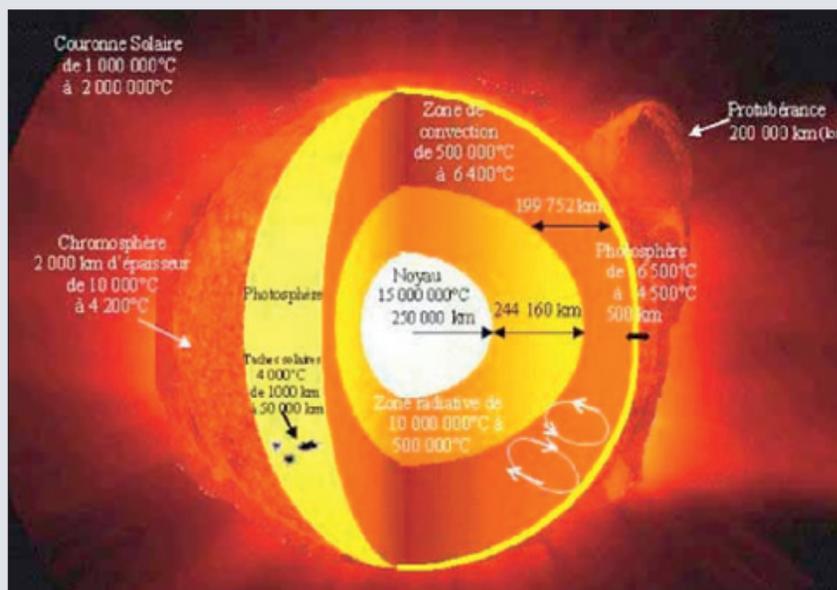


Fig. 3. Estructura del Sol.



Fig. 4. Detalle de las protuberancias

boreales visibles sobre la Tierra. La actividad solar, destacada por las protuberancias, varía en el tiempo y se ha establecido un ciclo de 11 años entre máximas, siendo el último fechado en el año 2000.

Pero, en realidad, ¿qué sucede en la superficie solar? Las protuberancias sacuden la superficie y desde la Tierra se pueden comprobar los armónicos de esos movimientos. Cuando un hilo, una superficie o una esfera vibran, las vibraciones tienen una frecuencia dada con una serie de armónicos. Finalmente, las oscilaciones de la superficie solar pueden calibrarse mediante los armónicos esféricos

en sonidos. Las oscilaciones del Sol tienen, por lo tanto, un sonido equivalente, que ha sido descubierto por **Alexander Kosovichev**, de la **Universidad de Stanford**, quien ofrece en <http://sun.stanford.edu/~sasha/sasha.html> (*solar sounds*) el sonido que pudiera emitir el sol, ¡pero con una frecuencia multiplicada por 42.000!

Partiendo del hecho de que el Sol es una estrella, puede imaginarse fácilmente que las estrellas deben oscilar y, en consecuencia, emitir teóricamente sonidos.

Esta idea de la “música de los planetas” no es nueva. **Franchino Gaffurius** (1451-1522) ya expuso una hi-

observados. Y ha sido precisamente el estudio de estos armónicos lo que ha permitido poder definir las distintas zonas que constituyen el interior del Sol con una precisión de 1/1000.

Los armónicos pueden transformarse

pótesis similar sobre los planetas pero desgraciadamente (se sabe ahora) los planetas no vibran.

Se plantea la cuestión de saber si existen planetas gravitatorios alrededor de otras estrellas que no sean el Sol y la respuesta es afirmativa. A partir de 1996, se han descubierto 196 planetas, pero ¿cómo pueden detectarse sabiendo que no son visibles desde la Tierra? En realidad, se intuyen a partir de mediciones y cálculos astronómicos complejos.

Veamos, por ejemplo, el caso de la estrella *Mu Ara* (cuya masa se estima 14 veces superior a la de la Tierra) situada a 50 años-luz de la Tierra, cerca de la cola de la constelación *Scorpio*. Desde diversos puntos fijos de la superficie terrestre se han hecho observaciones para poder localizar la estrella de forma permanente durante largos períodos a lo largo del día. Se han detectado:

- Anomalías en su trayectoria: si un planeta gravita cerca de una estrella, su trayectoria se ve afectada.

- Modificaciones en la luz de la estrella: si un planeta pasa ante la estrella, su luz también se modifica.

Los resultados obtenidos resultan muy sorprendentes por su coherencia según los puntos de observación muy dispersos sobre la superficie terrestre.

Hay tres planetas que gravitan alrededor de la estrella *Mu Ara*: el primero tiene un período de 2.000 años, el segundo de 600 años y el tercero, de 60 días. Pero lo más sorprendente es que hay un cuarto período de 8 horas que corresponde a las oscilaciones de la propia estrella. Por lo tanto, vibra y puede emitir un sonido que desgraciadamente es inaudible para nosotros.

Para localizar nuevos planetas, una misión europeo-brasileña lanzará el satélite *Corot* (“*CO*nvection et *RO*-Tation”) con el **CNES** como dirección. Este satélite (Fig. 5), que constituye una primicia mundial en su campo, se interesará igualmente en la sismología estelar para detectar y medir las vibraciones que se produzcan. ■



Fig. 5. Proyecto Corot (Documento CNES)