

# L'UNIVERS DES SCIENCES



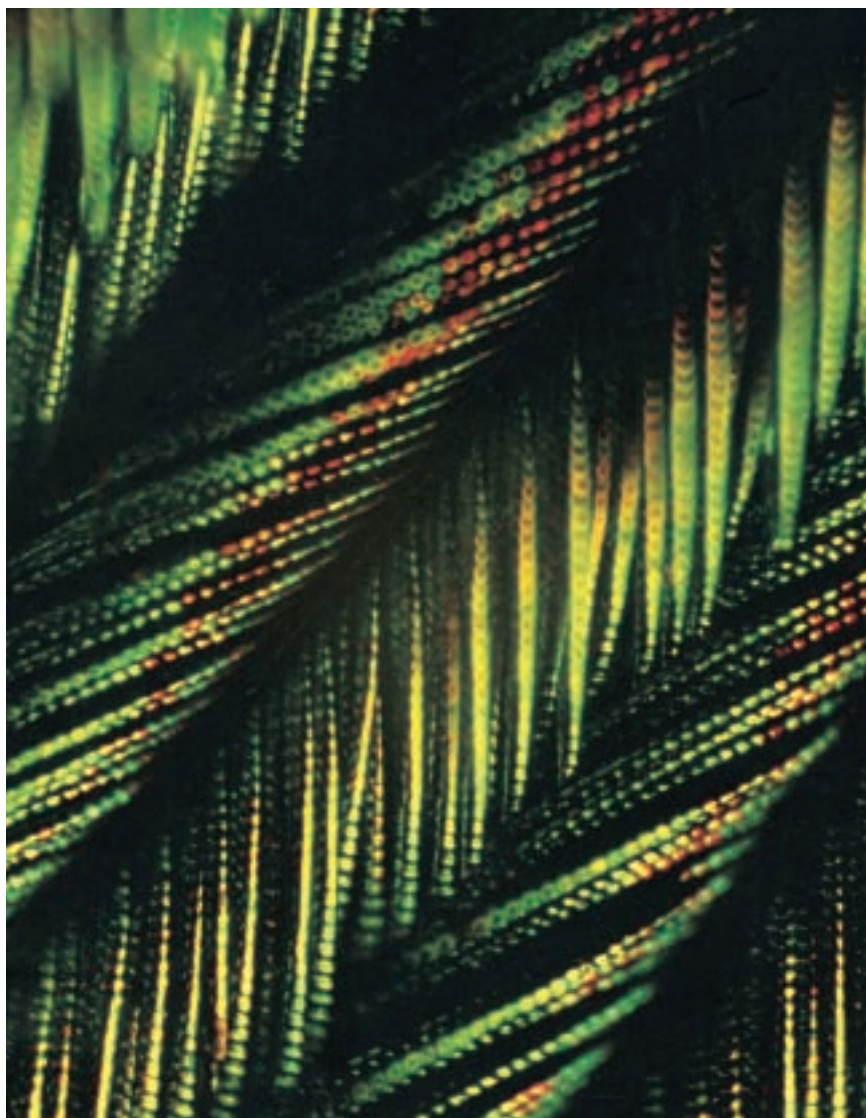
## LES ÉTOILES

Ce livre expose l'origine et la nature de nos connaissances sur les étoiles, avant de les décrire dans leur dynamique et leur devenir. Les objets célestes les plus insolites, géantes rouges, supernovae, pulsars et trous noirs, s'insèrent alors naturellement dans le récit de l'évolution stellaire.

272 pages - 220 F  
code 1892



Bon de commande en p.98



**8. PLUME DE PAON** observée au microscope optique sur fond noir, avec un éclairage latéral blanc. Les taches colorées correspondent aux cuvettes portées par les barbules. Les interférences sur les microlamelles des cuvettes engendrent ces couleurs.

rouge rubis à un vert émeraude. La présence d'eumélanine est indispensable pour assurer la diffusion de la lumière.

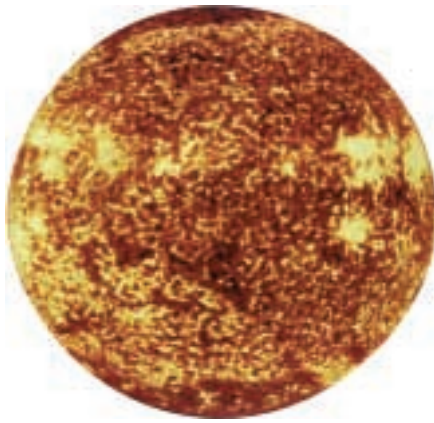
L'écartement des microlamelles est de l'ordre des longueurs d'ondes de la lumière, avec une précision au 1/10 000 de millimètre. Chez le paon, une substance incolore maintient l'écartement des microlamelles ; chez les colibris, ce sont de minces cloisons transversales.

Le monde des couleurs d'oiseaux reste largement inexploré. Il révèle des surprises. Par exemple, les tangaras sont de petits oiseaux tropicaux aux couleurs éclatantes. L'un d'eux, le guit-guid saïd (*Cyanerpes cyaneus*) est d'un bleu intense qui, comme chez la perruque ondulée, est produit par les barbes des plumes. Cependant celles-ci ont une structure originale : on n'y

observe pas de système de tubules, mais une structure en nid d'abeille, entourant des cavités, le centre de la barbule étant occupé par de la mélanine noire.

Les rapports entre l'épaisseur des parois et la distance les séparant sont semblables à ceux que l'on observe chez les colibris : on peut penser que cette structure est comparable à un système de microlamelles concentriques, réunies par des travées, réfléchissant du bleu.

Maurice POMARÈDE est agrégé de l'Université, professeur honoraire en classe de biologie-mathématiques spéciales et responsable de la Commission recherche ornithologique de la Confédération ornithologique mondiale.



# Pourquoi le Soleil brille-t-il?

ROLAND LEHOUCQ

*Le Soleil brille parce qu'il est chaud, résultat d'un équilibre entre deux forces : la gravitation et la pression.*

**P**our les Grecs de l'Antiquité, Hélios le dieu Soleil parcourait le ciel dans son char brûlant, prodiguant lumière et énergie aux mortels. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les physiciens pensaient que le Soleil était une sphère de matière chaude qui se refroidissait. Ils en déduisaient que le Soleil n'avait pas plus que quelques dizaines de millions d'années, en contradiction flagrante avec les données géologiques de l'époque. Cette «crise de l'âge» n'a été résolue qu'au début du siècle, à l'aide des outils de la physique nucléaire.

En examinant le Soleil à l'aide de la thermodynamique et de la physique nucléaire, nous dresserons un portrait de plus en plus précis du Soleil et plus généralement des étoiles. Nous verrons que la masse des étoiles ne peut-être trop grande, ni trop petite et que les réactions de fusion les empêchent de s'effondrer sur elles-mêmes.

## ENTRE L'ENVOI ET LA CHUTE

Le Soleil est une étoile, c'est-à-dire une importante masse de gaz chaud dont la cohésion est assurée par la gravitation : cette force tend à rapprocher toutes les particules. Sculptées par leur propre gravité, les étoiles sont sphériques, avec un léger renflement équatorial lorsqu'elles sont en rotation.

Pourquoi une étoile ne se contracte-t-elle pas en un point? Parce que la pression du gaz s'oppose à la gravité. À cette pression «classique» s'ajoute la pression de rayonnement due aux rebonds des photons

sur les particules matérielles (c'est cette pression qui repousse les grains de poussières des comètes pour former une queue courbe). Si toute pression venait à disparaître, le Soleil s'effondrerait sur lui-même en quelques minutes! Un équilibre s'installe à condition que la pression augmente en s'enfonçant vers le centre du Soleil, car les couches les plus profondes doivent supporter le poids de toute la matière qui les coiffe (voir la figure 1). De la même façon, la gravité terrestre fait que la pression de notre atmosphère augmente à mesure que l'on s'approche du sol.

On détermine aussi que la densité et la température croissent avec la profondeur : au centre du Soleil, la température est de 15 millions de degrés et la densité de 150 grammes par centimètre cube (la densité du plomb est de 11 grammes par centimètre cube). Plus une étoile est massive, plus sa masse est supportée par une pression intérieure élevée et plus son centre est chaud.

Toutefois, la pression du rayonnement, proportionnelle à la puissance quatrième de la température, croît bien plus vite que la pression du gaz, proportionnelle à la température. Pour des étoiles très massives, la température centrale serait trop élevée et la pression du rayonnement si grande que l'étoile serait soufflée par sa propre lumière : la limite supérieure de la masse d'une étoile est d'environ 100 fois la masse du Soleil.

## LE RAYONNEMENT MINE L'ÉQUILIBRE

Le fort contraste de température entre le centre du Soleil et sa surface, où il ne règne «que» 5 700 degrés, détermine son évolution. Ici comme ailleurs, la chaleur s'écoule des régions chaudes vers les régions froides, du cœur vers la surface. Arrivée en surface, cette énergie s'échappe sous forme de lumière. Le rayonnement résulte donc de l'action de la gravité qui comprime et chauffe en permanence les régions centrales. Ainsi, le Soleil brille parce qu'il est suffisamment massif pour que la gravité impose sa loi.

Cependant, cette égalisation des température est tenue en échec par le jeu de la gravité. L'énergie d'une étoile diminue sous l'effet de l'émission de rayonnement et il faut que le moteur gravité agisse pour maintenir sa température : l'étoile se contracte, ce qui augmente la pression et la température des régions centrales.

L'étoile se réchauffe en perdant de l'énergie! Sa capacité calorifique, c'est-à-dire la quantité d'énergie à lui fournir pour augmenter sa température absolue d'un degré, est négative.

## UNE ANALOGIE STELLAIRE : LE REMPLISSAGE DU SEAU

Une analogie mécanique nous aidera à comprendre ce comportement particulier. Nommons capacité volumique d'un seau le volume d'eau à y introduire pour augmenter son niveau d'un centimètre. Pour un seau normal, la capacité volumique est égale à la surface de sa section. Habituellement, les capacités calorifique et volumique sont positives : il faut apporter de l'énergie au gaz, ou remplir le seau, pour que la température, ou le niveau, augmente. Qu'en est-il d'un seau suspendu à un ressort?

Le remplissage du seau augmente sa masse ce qui allonge le ressort et le fait descendre. En choisissant un ressort

