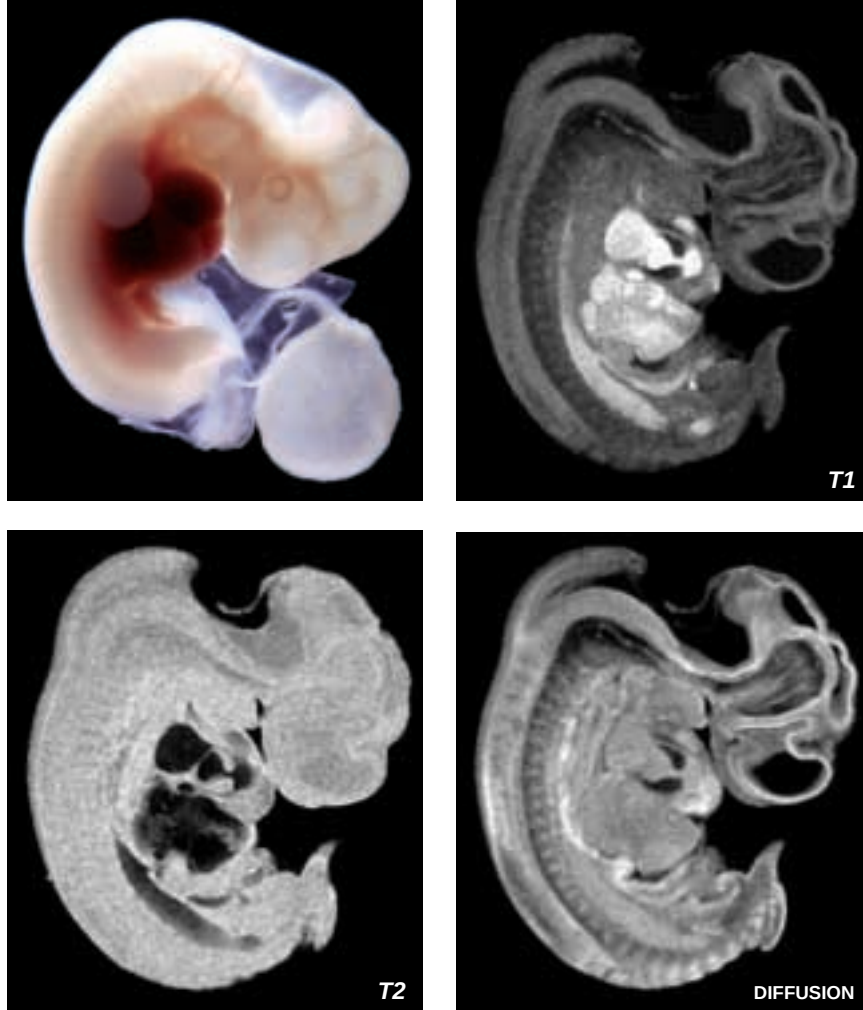




5. UN EMBRYON DE 41 JOURS (en haut, à gauche, en microscopie optique, avec son sac vitellin) a des tissus bien différenciés, qui apparaissent de diverses façons sur ces images obtenues par trois techniques différentes de microscopie par résonance magnétique. Selon les tissus, l'eau interagit différemment avec les molécules environnantes : ces trois techniques montrent l'eau à l'intérieur des échantillons, selon la nature de ces interactions. Les méthodes dites de pondération en T1 et en T2 sont deux façons de suivre comment les champs magnétiques des protons de l'eau excités par des ondes radio s'alignent avec un champ magnétique appliqué à l'échantillon. La méthode de pondération en T1 montre surtout les principaux vaisseaux sanguins, les compartiments du cœur et le foie. L'image par la méthode de pondération en T2 révèle les tissus qui ne font pas partie du système cardio-vasculaire, mais on n'observe aucun contraste. L'image obtenue par la méthode de pondération en diffusion est fondée sur le fait que, dans de nombreux tissus, l'eau diffuse mieux dans une direction que dans les autres ; elle est particulièrement utile pour l'étude des structures du système nerveux, notamment du cortex cérébral (les minces liserés blancs, en haut et à droite de l'image inférieure de droite).

qu'ils rencontrent, et ils forment une image contrastée sur l'écran de visualisation de l'ordinateur. Le logiciel nous permet de découper des images virtuelles dans toutes les directions et, même, de rendre les surfaces transparentes et de visualiser les structures internes. Nous pouvons isoler un organe pour l'examiner et le mesurer.

L'embryon virtuel sur le réseau Internet donnera aux chercheurs du monde entier de précieuses informations sur les embryons, et il leur permettra de s'entraîner pour mieux détecter des anomalies du développement par échographie ou par imagerie par résonance magnétique. Il mettra aussi des images de grande qualité à la disposition des biologistes

qui ne sont pas spécialisés en embryologie et des étudiants qui apprennent l'anatomie de l'embryon. Cette technique d'imagerie participera à la sauvegarde d'une collection exceptionnelle d'embryons humains.

Bradley SMITH est professeur dans le département de radiologie de la faculté de médecine Duke, à Durham.

Raymond F. GASSER, *Atlas of Human Embryos*, Harper & Row, 1975.

Ronan O'RAHILLY et Fabiola MÜLLER, *Developmental Stages in Human Embryos : Including a Revision of Stree-ter's Horizons and a Survey of the Car-negie Collection*, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C., 1987.

Les éclipses de Soleil

PIERRE GUILLERMIER • SERGE KOUTCHMY

Spectacle naturel extraordinaire, les éclipses restent un moyen unique d'étudier la couronne, l'atmosphère chaude qui ceinture le Soleil.

Le 11 août 1999, vers midi, le Soleil disparaîtra durant deux minutes, révélant la couronne qui entoure le disque solaire. Si la compréhension des mouvements de la Lune et de la Terre a apaisé les peurs ancestrales, nous restons émus lors de ces rares instants où le Soleil prend un aspect insolite et terrifiant. Les éclipses sont des spectacles grandioses qui attirent des milliers de passionnés sur les sites d'observation privilégiés par le passage de l'ombre de la Lune en plein jour.

Les éclipses de Soleil résultent du passage de la Lune entre le Soleil et la Terre. L'ombre de la Lune se projette alors sur la Terre, créant une tache d'ombre qui se déplace à quelques milliers de kilomètres par heure. En un lieu donné de la Terre, il se produit une éclipse totale tous les 370 ans : le spectacle est rare. Une seule fois au cours du XX^e siècle, l'ombre d'une éclipse totale de Soleil a traversé la France : le 15 février 1961 (en 1912, il y eut une éclipse presque totale). L'éclipse du 11 août 1999, la dernière du millénaire, se produira, en France, au milieu de la journée : le Soleil sera donc haut sur l'horizon. Les circonstances de cet événement ont été calculées depuis longtemps à la seconde près et, au sol, au kilomètre près.

Révélatrices de l'extraordinaire précision de la mécanique céleste, les éclipses totales de Soleil dévoilent aussi des parties du Soleil autrement inaccessibles : la chromosphère et la couronne, atmosphères ténues de gaz chauds qui se déversent en permanence dans le milieu interplanétaire (voir la figure 1). Certes, avec les sondes spatiales ou les instruments de radioastronomie, on observe la couronne en continu, mais de nombreux astrophysiciens considèrent encore que les éclipses sont des moments privilégiés : ce sont des instants où les parties de la couronne révélées diffèrent de celles observées par les sondes.

Après avoir examiné les conditions d'une éclipse de Soleil, nous détaillons les phénomènes que l'on observe du sol et, notamment ceux que l'on doit attendre lors de l'éclipse du 11 août prochain. Enfin, nous verrons comment l'étude des éclipses nous renseigne sur les mécanismes de chauffage de la couronne et sur l'élaboration des structures observées.

Les conditions géométriques

L'orbite de la Lune autour de la Terre est une ellipse. Au cours de son mouvement autour de la Terre, la Lune vient se placer à l'opposé du Soleil par rapport à la Terre, et elle est alors entièrement éclairée : c'est la pleine Lune. À l'inverse, lorsque la Lune se trouve entre la Terre et le Soleil, on ne voit plus sa face éclairée : c'est la nouvelle Lune. En éclairant une planète, le Soleil produit un cône d'ombre entouré de pénombre. Lorsque la Terre passe dans le cône d'ombre ou de pénombre de la Lune, il se produit une éclipse de Soleil : de la Terre, on ne voit plus du tout le Soleil (cône d'ombre) ou bien on n'en voit qu'une partie (cône de pénombre). Ainsi, les éclipses de Soleil se produisent au voisinage de la nouvelle Lune, lorsque la Lune est entre la Terre et le Soleil.

Pourquoi n'y a-t-il pas d'éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune, à peu près tous les mois ? Parce que l'orbite lunaire est inclinée de cinq degrés environ par rapport au plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil (l'écliptique). L'orbite de la Lune coupe donc l'écliptique en deux points opposés nommés nœuds. Tantôt la Lune est au-dessous du plan de l'écliptique, tantôt au-dessus : elle n'intercepte alors pas la lumière du Soleil.

Pour qu'il y ait une éclipse de Soleil, il faut que deux conditions soient réunies : la Lune doit être nouvelle et

elle doit être au voisinage d'un nœud. Or, la ligne des nœuds est orientée vers le Soleil tous les six mois environ (voir la figure 2). Ainsi, tous les six mois il se produit une éclipse de Soleil, car, à la période de passage du Soleil au voisinage d'un nœud, il y a au moins une nouvelle Lune. Au même passage, on peut même avoir une seconde éclipse, car, à la lunaison suivante, le Soleil ne s'est parfois pas trop éloigné du nœud.

Chaque année, on observe de la Terre au moins quatre éclipses, dont nécessairement deux de Soleil et deux de Lune (les éclipses de Lune se produisent à la pleine Lune, lorsque la Terre est entre la Lune et le Soleil) ; le nombre maximum d'éclipses par an est de sept et, dans ce cas, il y aura encore deux éclipses de Soleil et deux éclipses de Lune ; pour les trois éclipses restantes, toutes les combinaisons sont possibles.

Outre cette périodicité annuelle, on peut calculer la période de retour des mêmes conditions d'une éclipse, c'est-à-dire quand la Lune sera au même nœud de son orbite avec la même phase. C'est la période entre deux éclipses identiques. La période de retour de la Lune au nœud ascendant de son orbite est de 27 jours 5 heures et 5 minutes. La période de lunaison, qui s'écoule entre deux phases identiques de la Lune, est égale à 29 jours 12 heures et 44 minutes, c'est par exemple la période entre deux nouvelles lunes. Cette

1. LE 11 JUILLET 1991, l'ombre de la Lune passe sur le site de l'Observatoire de Hawaii. À l'aide d'un télescope de 20 centimètres de diamètre, les astronomes prennent ce cliché de la couronne solaire. Un filtre neutre d'atténuation radiale absorbe fortement les zones brillantes, les plus proches de la surface solaire, de sorte que les zones faibles de la couronne, les plus lointaines, apparaissent. Celles-ci sont déviées par rapport au plan équatorial (horizontal) en raison des fortes éruptions du Soleil à cette période. Telles des langues de feu, deux protubérances de gaz s'échappent de la surface (en rouge).