

salé, vestige de leurs passés plus chauds? Lors du dernier survol d'Europe, le 3 janvier 2000, le magnétomètre a mesuré un champ magnétique variable avec un pôle Nord magnétique qui se déplace. Ce dernier résultat corrobore l'hypothèse d'un champ induit et d'une surface à la conductivité analogue à celle de l'eau salée.

Les arguments théoriques et expérimentaux en faveur d'un océan global situé sous la surface d'Europe s'accumulent. Pourtant, la présence de cet océan n'est pas démontrée : la présence de glace chaude, sous la surface, conduirait à de nombreux effets analogues à ceux qui apparaîtraient si un océan est caché sous la glace de surface. Bien que la surface du satellite ait peu de cratères et qu'elle soit probablement jeune, on n'a pas la preuve que le satellite soit encore le siège d'une activité géologique. Europe aurait eu naguère un océan, qui serait aujourd'hui complètement gelé. La seule manière de s'en assurer sera de placer un engin spatial en orbite autour d'Europe.

La sonde *Europa Orbiter* de la NASA devrait quitter la Terre en 2003 et se mettre en orbite autour de Jupiter quatre ans plus tard. Après deux autres années, elle tournera autour d'Europe à une altitude moyenne de 200 kilomètres. En suivant précisément sa trajectoire et son altitude, on explorera le champ gravitationnel et la forme d'Europe avec suffisamment de détails pour détecter les marées solides, lors de l'orbite du satellite autour de Jupiter. Si Europe possède une mer interne, sa surface devrait monter et descendre de 30 mètres à chaque orbite de 3,6 jours ; sans océan, le renflement ne serait que de un mètre. Ainsi *Europa Orbiter* dénouera la question de l'existence d'un océan.

Entre-temps, une caméra embarquée photographiera le satellite, et un radar sondera la subsurface en quête de zones de fonte peu profondes. On espère que les ondes radar pénétreront dans la croûte de glace d'Europe, détecteront un océan sous-jacent, de la même manière que le lac Vostok, dans l'Antarctique, a récemment été découvert par radar, sous quatre kilomètres de glace froide (voir l'encadré de la page 51).

La vie semble nécessiter trois ingrédients fondamentaux : l'énergie, le carbone et l'eau liquide. Europe pourrait posséder les trois. Les effets de marées chaufferaient le manteau rocheux et

conduiraient à du volcanisme au fond de l'océan d'Europe. Dans les régions volcaniques des fonds océaniques terrestres, l'eau circule à travers la roche chaude et arrive dans la mer, enrichie en substances chimiques nutritives. Des communautés biologiques prospèrent autour de ces sources chaudes. Cependant, elles dépendent pour une grande part de l'écosystème de surface ; plus particulièrement, l'oxygène dissous dans l'eau de mer provient de la photosynthèse (voir *Les sources chaudes des fonds océaniques*, par John Edmond et Karen von Damm, *Pour la Science*, juin 1983). Sur Europe, une vie abyssale serait autonome. Les ressources d'énergie chimique disponibles seraient très limitées. Une vie microbienne pourrait sans doute se développer, mais pas des organismes biologiquement complexes et variés comme ceux qui peuplent les océans terrestres.

Si la mission *Europa Orbiter* confirme l'existence d'un océan de subsurface, on voudra l'explorer. Un petit module d'atterrissage automatique pourrait analyser un échantillon de glace à la recherche de composés organiques. Un robot sous-marin pourrait se frayer un chemin à travers la croûte de glace et explorer les eaux salines d'Europe afin de répondre à la lancinante question : sommes-nous seuls dans le Système solaire?

Robert PAPPALARDO et James HEAD sont chercheurs à l'Université Brown. Ronald GREELEY est professeur de planétologie à l'Université d'Arizona. Ils travaillent tous les trois dans l'équipe d'imagerie de *Galileo*.

Baerbel K. LUCCHITTA et Laurence A. SODERBLOM, *Geology of Europa*, in *Satellites of Jupiter*, sous la direction de David Morrison, University of Arizona Press, 1982.

Michael H. CARR et al., *Evidence for a Subsurface Ocean on Europa*, in *Nature*, vol. 391, pp. 363-365, 22 janvier 1998.

Ronald GREELEY et al., *Europa : Initial Galileo Geological Observation*, in *Icarus*, vol. 135, pp. 4-24, septembre 1998.

The New Solar System, 4^e édition, sous la direction de J. Kelly Beatty, Carolyn Collins Petersen et Andrew Chaikin, Cambridge University Press, 1998.

Une liste de sites sur Europe se trouve à l'adresse : www.pourlascience.com/numeros/pls-268/europe.htm

La narcolepsie

JEROME SIEGEL

Lorsqu'elles sont émuës, par exemple, les personnes qui souffrent de narcolepsie s'effondrent, paralysées, mais conscientes. La médecine découvre les causes de cette maladie handicapante.

Riant d'une histoire drôle que des amis lui racontent, une adolescente tombe soudain à terre, incapable du moindre mouvement. Elle entend ses parents qui rassurent ses amis : elle sera sur pied dans quelques minutes, disent-ils. Pourtant la crise se prolonge, et l'adolescente est gênée de voir ses amis partir. Ils lui disent au revoir, mais elle ne peut leur répondre. Elle ne peut ni parler ni bouger, mais sa vigilance est totale par ailleurs : elle perçoit, entend et se souvient de tout ce qui se produit autour d'elle. L'épisode dure cinq bonnes minutes ; puis, soudain, la jeune fille redevient capable de bouger, elle se relève et reprend une vie normale. Cette cataplexie aura été plus longue que les crises habituelles, qui ne durent que quelques secondes, mais elle n'est pas la plus grave : une fois, la jeune fille est restée en cataplexie pendant 25 minutes.

La maladie caractérisée par ces attaques est la narcolepsie. La cataplexie, ou perte de tonicité des muscles du squelette sans perte de conscience, est déclenchée par le rire, la gêne, un sentiment d'oppression en public, une colère soudaine, un effort physique, une relation sexuelle... Les personnes atteintes de narcolepsie sont anormalement somnolentes : quand on reste sans dormir pendant 48 heures, on ressent ce que vit quotidiennement un narcoleptique. Pourtant, malgré cette somnolence, les personnes atteintes de narcolepsie dorment mal la nuit et, si une courte sieste les ragaillardit, la somnolence revient nécessairement. Pis encore, les malades s'endorment à des moments dangereux : sans traitement, ils risquent des accidents de voiture, par exemple. Et, évidemment, ils ont des difficultés scolaires ou professionnelles.

Depuis quelques années, des médecins explorent cette maladie étonnamment courante. Avec mes collègues, par

exemple, nous avons identifié les régions cérébrales qui semblent intervenir dans la cataplexie : nous avons découvert que ces régions sont celles qui, normalement, nous empêchent de faire les gestes dont nous rêvons, au cours du sommeil (par exemple, ces régions nous empêchent de battre des jambes lorsque nous rêvons que nous courons). Nous avons également identifié une dégénérescence neuronale caractéristique, chez les personnes atteintes de narcolepsie. D'autres médecins ont isolé un gène dont la mutation provoque la narcolepsie chez le chien. La narcolepsie pourrait être une maladie auto-immune : le système immunitaire attaque le tissu cérébral sain comme s'il était d'origine étrangère.

La cataplexie et la somnolence s'accompagnent parfois d'autres symptômes extraordinaires : une «paralysie du sommeil» et des «hallucinations hypnagogiques», par exemple. La paralysie du sommeil est l'incapacité à produire le moindre mouvement lorsqu'on s'endort ou qu'on se réveille. Les individus normaux ont parfois, au cours de leur existence, quelques brèves périodes de paralysie du sommeil ; toutefois certains narcoleptiques souffrent quotidiennement de ce trouble. D'autre part, les hallucinations hypnagogiques sont des expériences semblables à des rêves qui interviennent en état de veille et incluent souvent des éléments de l'environnement. Elles ont généralement lieu lorsque les narcoleptiques sont particulièrement endormis. Chaque malade présente des formes particulières des divers troubles narcoleptiques ; les degrés de cataplexie et de somnolence, par exemple, varient selon les individus.

La narcolepsie est fréquente. Elle frappe généralement une personne sur 3 000, en moyenne, avec de fortes inégalités selon les pays : alors qu'une personne sur 500 000 seulement est atteinte

en Israël, une sur 600 l'est au Japon. La constitution génétique et l'environnement semblent expliquer ces variations. Les premiers signes de la narcolepsie surviennent habituellement entre 10 et 30 ans ; les symptômes s'aggravent pendant quelques années, puis sont stationnaires.

Sommeil et narcolepsie

La narcolepsie est associée à une anomalie du sommeil. Normalement, le cycle du sommeil comporte deux phases primaires : des phases de sommeil lent alternent avec des phases de sommeil paradoxal.

Lors du sommeil lent, les muscles sont relâchés, tout en conservant de la tonicité, la respiration est régulière, le cortex cérébral est le siège d'oscillations de grande amplitude, et la consommation d'énergie cérébrale est minimale. Le sommeil paradoxal, d'autre part, comporte la même perte de conscience de l'environnement que dans le sommeil lent, mais il est physiologiquement différent : la respiration et le rythme cardiaque sont irréguliers ; les yeux bougent rapidement ; le cortex envoie des impulsions rapides, irrégulières, de faible amplitude, analogues à celles qui se produisent lors d'un réveil actif ; des rêves frappants se produisent ; et le métabolisme cérébral est souvent supérieur à celui que l'on observe quand le sujet est éveillé. Au cours du sommeil paradoxal, les muscles du squelette (tels ceux du dos et des jambes) n'ont pas de tonicité, en dépit de contractions soudaines qui viennent rompre cette inactivité motrice.

Les individus en bonne santé commencent leur sommeil nocturne par un sommeil lent, le sommeil paradoxal intervenant environ 90 minutes après. En revanche, les personnes atteintes de narcolepsie s'endorment directe-

ment en sommeil paradoxal. Pour cette raison – et aussi parce que les narcoleptiques souffrent d'une perte de tonicité musculaire et d'hallucinations ressemblant à des rêves qui, normalement, interviennent seulement au cours du sommeil paradoxal –, des médecins ont supposé que les symptômes de la narcolepsie provenaient du déclenchement intempestif de certains aspects du sommeil paradoxal.

Bien que les troubles du sommeil soient l'un des symptômes majeurs de la narcolepsie, la cataplexie a souvent constitué le point de départ des études. En effet, la somnolence est un phénomène courant ; les narcoleptiques ne sont gênés que par l'intensité du phénomène, de sorte qu'on détecte difficilement si certains épisodes particuliers de somnolence chez des narcoleptiques sont anormaux. En revanche, les personnes en bonne santé ne souffrent jamais de cataplexies : ces troubles se quantifient aisément, ce qui permet de chercher les phénomènes neuronaux qui les déclenchent.

Des chiens narcoleptiques

Au début des années 1970, la recherche sur la narcolepsie a considérablement progressé quand on a étudié des chiens qui présentaient des symptômes très similaires à ceux des personnes atteintes de narcolepsie. À l'Université de Stanford, William Dement et Merrill Mitler reçurent une portée de dobermans (puis une portée de labradors), qui étaient tous narcoleptiques. La maladie semblait récessive : un chien n'était atteint que lorsqu'il héritait à la fois du caractère de son père et de celui de sa mère ; quand

1. LES CHIENS souffrent parfois de narcolepsie, comme les humains. Ces films montrent le début d'une crise de cataplexie, au moment où l'individu perd l'usage de ses muscles, tout en restant parfaitement conscient. Chez l'homme comme chez le chien, les muscles du cou sont touchés en premier, si bien que la tête tombe, puis le dos et les jambes perdent leur tonicité. La cataplexie est distincte des accès de sommeil dont sont également frappés tous les narcoleptiques : les gens entendent ce que l'on dit autour d'eux et s'en souviennent, et les chiens peuvent suivre des yeux un objet qui bouge.

