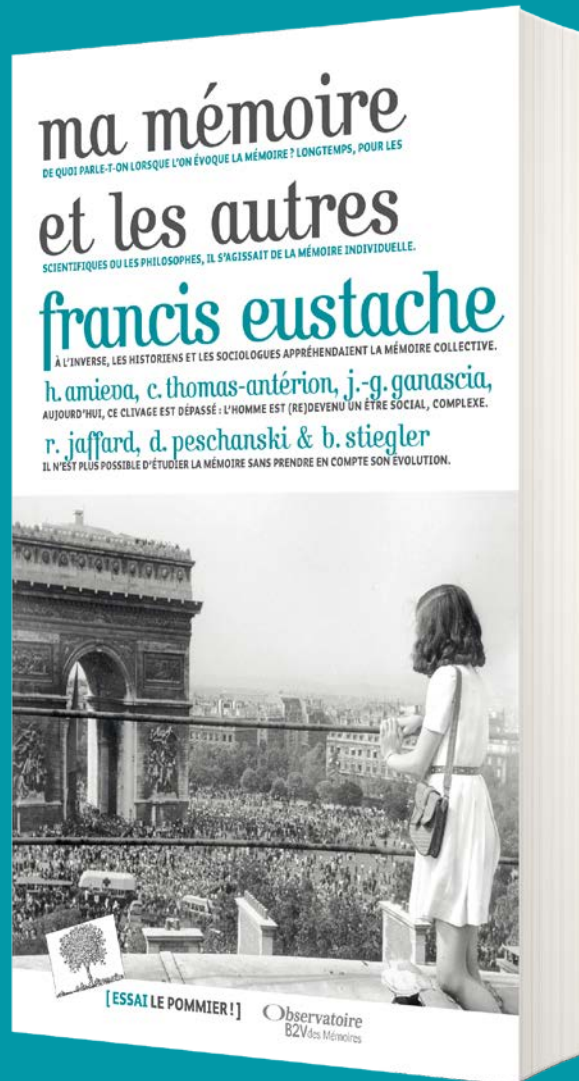


Livre
conseillé par
POUR LA
SCIENCE

La mémoire, une construction en partage



176 pages, 17 €

Aujourd'hui, dans notre monde hyperconnecté où des « événements-monde » bouleversent les devenirs individuels, le clivage entre mémoire individuelle et mémoire collective est dépassé.

Une réflexion pluridisciplinaire qui met en lumière la complexité de nos mémoires – individuelle, collective et partagée...

Retrouvez toutes nos nouveautés sur notre site
www.editions-lepommier.fr



L'ESSENTIEL

> Parmi les énigmes que pose la planète Jupiter, la formation des bandes atmosphériques s'étendant d'est en ouest intrigue les spécialistes de planétologie et de mécanique des fluides.

> En effet, d'après les simulations, de telles structures devraient être instables et disparaître rapidement.

> Deux modèles concurrents permettent d'expliquer la dynamique de l'atmosphère.

> Pour les départager, les chercheurs réalisent des simulations numériques et des expériences en laboratoire. La sonde *Juno*, en orbite autour de Jupiter depuis 2016, apportera aussi de précieuses informations.

LES AUTEURS



SIMON CABANES
postdoctorant
au Laboratoire
de météorologie
dynamique, à Paris



BENJAMIN FAVIER
chercheur
du CNRS à l'Irphé,
à Marseille



MICHAEL LE BARS
chercheur
du CNRS à l'Irphé,
à Marseille

Au cœur des bandes de Jupiter

POURQUOI L'ATMOSPHÈRE DE JUPITER PRÉSENTE-T-ELLE DES BANDES ? DEUX MODÈLES PROPOSENT UNE EXPLICATION À CETTE ÉNIGME. DES EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE ET LES DONNÉES DE LA SONDE *JUNO*, EN ORBITE AUTOUR DE JUPITER, DEVRAIENT ENFIN LES DÉPARTAGER.

Connie depuis l'Antiquité, Jupiter est devenue plus qu'un simple point lumineux errant dans le ciel nocturne grâce à l'invention de la lunette astronomique. Sous l'œil d'un de ces instruments (même d'amateur), la planète exhibe de nombreuses tempêtes et tourbillons, dont la spectaculaire Grande tache rouge, observée depuis plus de trois cents ans, mais aussi de magnifiques bandes de couleurs blanche, ocre et brune parallèles à l'équateur.

Dessinées pour la première fois par le prêtre et astronome italien Niccolò Zucchi en 1630, décrites et observées par maints astronomes (dont Jean-Dominique Cassini et Christian Huygens au XVIII^e siècle), les bandes joviennes sont maintenant photographiées avec une précision exceptionnelle par le télescope spatial *Hubble* (voir la photographie page ci-contre). Pourtant, elles continuent d'intriguer les planétologues, qui tentent de comprendre la formation et surtout la grande stabilité de ces structures qui couvrent des milliers de kilomètres à la surface de la planète.

Grâce aux données de la sonde *Juno*, actuellement en orbite autour de Jupiter, aux récents progrès dans le domaine des simulations numériques de l'atmosphère des planètes et des expériences en laboratoire, nous commençons à comprendre le mécanisme sous-jacent à ces bandes. Il serait d'ailleurs commun à toutes les planètes géantes gazeuses, comme le suggèrent les observations de Saturne.

Ces bandes sont constituées de différentes couches de nuages qui recouvrent l'intégralité de la planète et qui sont poussées par des vents violents mais persistants, alternativement dirigés vers l'est et vers l'ouest, avec des vitesses pouvant atteindre 600 kilomètres par heure. On parle alors de jets zonaux, c'est-à-dire d'écoulements localisés, intenses et circulant dans la direction est-ouest. Cette structure de jets zonaux alternés constitue la trace visible de l'activité intense dont Jupiter est le siège.

En dehors des observations menées depuis la Terre, de nombreuses informations relatives à Jupiter ont été collectées par des missions spatiales. L'exploration de la planète a débuté en 1973 avec le survol de la sonde *Pioneer 10* et,

L'atmosphère de Jupiter présente des structures étonnantes soulignées par une variété de couleurs, du blanc à l'ocre. Des jets zonaux s'étendent d'est en ouest, parsemés de cyclones dont le plus connu, la Grande Tache rouge est visible dans l'hémisphère sud.



> un an plus tard, de *Pioneer 11*. Ces deux appareils ont notamment mis en évidence la présence d'une vaste et puissante magnétosphère, hébergeant une intense ceinture de radiations. D'autres sondes ont ensuite partiellement renforcé nos connaissances de l'atmosphère et de la magnétosphère joviennes, lors de leur périple vers d'autres objectifs (*Ulysses* en 1992, *Cassini-Huygens* en 2000, *New Horizons* en 2007). À celles-ci, il faut bien sûr ajouter *Voyager 1* et *Voyager 2* qui ont découvert, lors de leur survol de Jupiter en 1979, la présence d'anneaux et de plusieurs satellites, ainsi que l'activité volcanique exceptionnelle à la surface de la lune Io.

Par le passé, seule la sonde *Galileo*, durant sa mission d'exploration du système jovien entre 1995 et 2003, est restée en orbite autour de Jupiter. *Galileo* a notamment envoyé une petite sonde dans l'atmosphère de Jupiter, qui a analysé la composition élémentaire des couches supérieures, en descendant progressivement jusqu'à être écrasée par la pression.

Dès lors, les yeux de tous les passionnés et scientifiques sont aujourd'hui rivés sur la sonde *Juno*, arrivée en orbite jovienne en 2016. Placée sur une trajectoire elliptique, pour limiter son passage dans la ceinture de radiations qui perturberait, voire endommagerait ses circuits, *Juno* effectue, à chaque passage, des survols à seulement 5 000 kilomètres au-dessus des nuages. Équipée d'une caméra couleur et de huit instruments scientifiques, elle devrait ainsi collecter de nombreuses informations sur l'atmosphère, sa composition, ses interactions avec le champ magnétique, mais aussi sur la dynamique des bandes zonales qui nous intéressent ici et peut-être prouver l'existence d'un noyau solide...

UNE PLANÈTE GÉANTE ET LÉGÈRE

Avec un rayon 11 fois supérieur à celui de la Terre, Jupiter est la plus grosse planète du Système solaire. Mais elle est aussi étonnamment légère, puisque sa masse n'est « que » 318 fois celle de la Terre, soit 4 fois moins que si leurs compositions étaient équivalentes. De fait, Jupiter est une géante dite gazeuse, constituée très majoritairement d'hydrogène et d'hélium. Ces éléments sont sous forme gazeuse dans l'atmosphère, où l'on trouve aussi des traces d'ammoniac (NH_3), d'hydrosulfure d'ammonium (H_4NS) et d'eau. En quantités certes infimes (moins de 1 %), ces composés n'en sont pas moins essentiels, car ils sont à l'origine des différentes couches de nuages que nous observons (voir la figure page ci-contre).

Nos connaissances de la structure plus profonde sont ensuite partielles et spéculatives. En descendant vers le centre de la planète, les gaz se transforment progressivement sous l'effet de la pression, d'abord en un brouillard de plus en plus dense, puis en un manteau liquide. Et plus

profondément, sans doute vers 7 000 à 11 000 kilomètres sous la surface nuageuse, les atomes d'hydrogène s'ionisent, formant un fluide conducteur dont les mouvements engendrent le puissant champ magnétique de Jupiter. Ce n'est finalement que dans les pro-

La dynamique interne de Jupiter reste encore mal connue

fondeurs extrêmes, à plus de 60 000 kilomètres sous la couche de nuages, que l'on rencontrerait peut-être une surface solide, marquant la présence d'un noyau rocheux d'une taille comparable ou supérieure à la Terre tout entière.

Par opposition à notre planète aux frontières nettes entre l'atmosphère, les océans, le manteau solide silicaté et le noyau de fer liquide puis solide, la quasi-intégralité de Jupiter serait ainsi constitué d'un continuum, dépourvu notamment de séparation franche entre l'atmosphère et l'intérieur de la planète. L'existence de ce continuum implique que la modélisation de la dynamique de Jupiter est très différente de celle de la Terre.

Sur Terre, les mouvements atmosphériques sont régis principalement par le chauffage solaire et l'absorption en surface, qui déterminent la météorologie de la planète et les mouvements des grandes masses nuageuses. La chaleur interne de la Terre, due à l'énergie emmagasinée lors de la formation de la planète, à la radioactivité, à des changements de phase, etc., est responsable des mouvements de convection dans le manteau et de la tectonique des plaques, ainsi que des mouvements dans le noyau liquide conducteur à l'origine du champ géomagnétique.

Sur Jupiter, ces deux sources de chaleur se combinent pour mettre en mouvement tout ou partie de la masse gazeuse et liquide d'hydrogène et d'hélium. Les bandes de la planète constituent la trace visible de ces mouvements; mais leur profondeur effective, leur source principale d'énergie et la façon dont l'énergie injectée se structure pour donner naissance à ces gigantesques bandes organisées restent très débattues.

Pour les physiciens qui s'intéressent aux processus géophysiques et atmosphériques,