

> cisailent l'atmosphère d'est en ouest, ou l'inverse. Des centaines de «vortex» ou «tourbillons» circulent au sein de ces bandes et y fusionnent parfois. Ces vortex sont des cyclones lorsqu'ils tournent dans le même sens que la planète (sens antihoraire dans l'hémisphère Nord, horaire dans l'hémisphère Sud), et inversement pour les anticyclones. Près de 90% de ces vortex sont des anticyclones, de forme ovale assez régulière. Les cyclones, moins nombreux, ont en général des contours erratiques, allongés et filamentaires.

Dans un environnement aussi extrême et chaotique, il est difficile de comprendre la persistance de la Grande Tache rouge, dont les observations ont surtout été limitées à la seule couche de nuages de l'atmosphère. Or sa structure en profondeur peut certainement nous en dire plus sur sa longévité. Une piste intéressante est de supposer que ce tourbillon n'est pas profondément ancré dans l'intérieur de la planète, mais qu'il s'agit plutôt d'une structure superficielle, «flottant» dans l'atmosphère.

SONDER JUPITER EN PROFONDEUR

Actuellement en orbite autour de Jupiter, la sonde *Juno* devrait nous fournir des informations cruciales pour résoudre cette énigme (voir l'encadré page 27). Ses instruments explorent de façon indirecte l'intérieur jovien jusqu'à quelques centaines voire quelques milliers de kilomètres sous les nuages. Cet exploit est toutefois modeste lorsqu'on le rapporte au rayon équatorial, qui est de l'ordre de 70000 kilomètres! Ces données aideront à ausculter la partie cachée du vortex et à mettre à l'épreuve l'idée que la Grande Tache rouge est un tourbillon flottant. Cependant, l'interprétation de ces nouvelles mesures est délicate et repose sur des modélisations qui impliquent des hypothèses encore débattues.

Pour renforcer la piste du tourbillon flottant, notre équipe a exploré des approches complémentaires à l'exploitation des mesures *in situ* de *Juno*. Nous avons conçu un dispositif expérimental et réalisé des simulations numériques dans des configurations simplifiées qui restituent à l'échelle du laboratoire certaines des conditions dominantes de la planète géante. Les résultats sont encourageants: nous montrons que les tourbillons flottants sont très stables et nous reproduisons certaines caractéristiques de la Grande Tache rouge, comme sa forme elliptique.

Pour former un tel tourbillon aussi bien dans une expérience de laboratoire que dans une simulation, quelques ingrédients sont indispensables. De façon générale, un tourbillon est une poche de fluide en rotation sur elle-même autour d'un axe bien défini, avec, à l'intérieur, des trajectoires fermées, circulaires ou elliptiques. Par

conséquent, ce système n'échange pas ou peu de fluide avec le milieu environnant.

Nous sommes familiers avec ce type de structures, observées par exemple lorsqu'on vide un lavabo, mais aussi dans le sillage des avions ou encore dans les rivières, en aval des ponts. Ici, nous nous intéressons cependant à des tourbillons de bien plus grande taille, de sorte que le fluide est soumis à un effet supplémentaire: la rotation de la planète (la Terre ou Jupiter), ce qui n'est pas le cas d'un tourbillon de vidange. Les tourbillons à grande échelle se rencontrent dans l'océan et l'atmosphère, et nous les voyons quotidiennement sur les cartes météorologiques.

La formation d'un tourbillon se comprend de la façon suivante: tout d'abord, les variations de pression dans le fluide engendrent des écoulements des hautes pressions vers les basses pressions, puis ceux-ci sont déviés par la rotation de la planète, ou plus précisément par la force de Coriolis (voir l'encadré page 28). Le fluide, qui converge vers une région de basse pression (dépression), se met à tourner autour de celle-ci du fait de cette déviation, et forme un cyclone. De la même façon, le fluide qui diverge depuis une zone de haute pression forme un anticyclone.

Dans la Grande Tache rouge, les vents soufflent à près de 680 kilomètres par heure

Dans les années 1960, à partir des connaissances sur les cyclones de l'atmosphère terrestre, le Britannique Raymond Hide a réalisé les premiers modèles visant à expliquer l'origine de la Grande Tache rouge de Jupiter. Il est parti d'un écoulement purement bidimensionnel en supposant que l'épaisseur de l'atmosphère est négligeable et repose sur une surface solide (ou du moins bien plus visqueuse), à l'instar de la surface des continents ou des océans sur Terre. La Grande Tache rouge serait alors ancrée sur un relief particulier de cette surface. Cette hypothèse intervenait à une époque où l'on avait une vision très limitée de la composition et de la structure de la géante gazeuse. Or la situation sur Jupiter est en fait très différente.

Sous les nuages joviens, il n'y a aucune surface solide, mais un mélange de gaz qui devient