La plupart des grains du panache vont retomber à la surface sous forme de neige, mais ceux qui sont animés des vitesses les plus grandes échappent à Encelade pour aller s'accumuler dans l'anneau E. Là, du gaz ionisé érode les grains de glace et libère les nanoparticules de silice. Celles-ci accumulent alors une charge électrique communiquée par le gaz ionisé et les électrons libres, et sont alors à la merci des très intenses champs électromagnétiques de Saturne. Enfin, accélérées par les vents solaires, certaines des nanoparticules atteignent des vitesses allant jusqu'à un million de kilomètres à l'heure (environ 0,1 % de la vitesse de la lumière) et filent vers les confins du Système solaire. Il est même possible qu'une petite fraction des échappées atteigne l'espace intersidéral.

Pour élaboré, élégant et, à notre avis, véridique que soit ce scénario, il ne résout pas ce qui est devenu le mystère central d'Encelade : quelle est la source de la chaleur interne nécessaire au maintien de son océan dynamique ? Cette chaleur, qui est essentielle pour que l'eau reste liquide, ne peut clairement pas être fournie par le Soleil. Les rayons de cet astre sont environ 99 % plus faibles sur Encelade qu'au voisinage de la Terre, ce qui confère à la lune glacée une température de surface proche de celle de l'azote liquide (–196 °C).

La moitié environ de la chaleur interne de la Terre provient de la lente désintégration des isotopes radioactifs de l'uranium, du thorium et du potassium. Ce chauffage radiogénique entretient depuis des milliards d'années des températures de plusieurs milliers de degrés à l'intérieur de la Terre. Bien qu'Encelade contienne probablement des concentrations comparables d'éléments radiogéniques, avec seulement 500 kilomètres de diamètre, cette minuscule lune perd sa chaleur interne beaucoup plus efficacement que la Terre. En l'absence d'une source complémentaire de chaleur, l'intérieur d'Encelade serait aujourd'hui complètement gelé.

La petite taille de la lune et sa faible gravité lui confèrent également une dynamique interne très différente de celle de planètes aussi grosses que la Terre : au sein d'Encelade, les plus basses pressions et les températures plus modérées limitent la compaction et la consolidation du matériau qui constitue son noyau, ce qui permet à l'eau de circuler à travers la roche poreuse et de produire des processus hydrothermaux au cœur même de la lune. Ce tableau est bien différent de celui de la Terre, où la rapide augmentation de la pression et de la température avec la profondeur a pour effet de restreindre la circulation de l'eau aux derniers kilomètres de croûte avant la surface.

Le chauffage de marée est peut-être assez puissant pour porter localement l'eau à plus de 100 °C dans le noyau poreux d'Encelade

On pourrait s'attendre à ce que le lessivage du noyau d'Encelade accélère son refroidissement, évacuant toute chaleur radiogénique et interdisant les hautes températures nécessaires à la formation de nanoparticules de silice. Mais il y a encore une source possible d'énergie, en dehors du chauffage dû à la radioactivité, qui pourrait expliquer l'activité hydrothermale en cours sur Encelade : le chauffage par les marées.

De la même façon que les marées océaniques de la Terre résultent de l'attraction exercée par la Lune et le Soleil sur notre planète, l'intérieur d'une planète ou d'une lune qui suit une orbite excentrique non circulaire se déforme périodiquement au fil de son déplacement. Ces déformations, dues à la variation des forces gravitationnelles subies par le corps en orbite, créent une friction dans ses couches internes, friction qui à son tour produit de la chaleur.

Le chauffage de marée serait particulièrement puissant dans le noyau poreux et imprégné d'eau d'un corps tel qu'Encelade. Et effectivement, les données de *Cassini* indiquent clairement que les forces de marée exercées par Saturne ont une forte influence sur la minuscule lune : la luminosité de ses jets, donc la quantité de matériau éjecté, varient périodiquement au fil de la révolution d'Encelade autour de la planète aux anneaux. À l'évidence, les fissures-cheminées qu'emprunte la vapeur d'eau chargée de fines particules liquides et solides pour traverser la glace ont elles-mêmes leurs parois tour à tour resserrées et écartées par les effets de marée, ce qui engendre aussi des quantités notables de chaleur.

Océan éphémère ou persistant ?

Ce que nous ignorons, c'est si l'océan observé aujourd'hui est un phénomène transitoire limité à quelques dizaines de millions d'années, ou une caractéristique persistante de la lune présente depuis des centaines de millions, voire des milliards, d'années. Tout dépend depuis combien de temps l'action des marées chauffe l'intérieur d'Encelade, ce qui dépend à son tour de la façon dont la

© Pour la Science - n° 471 - Janvier 2017