

# THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 596  
*Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences*  
Spécialité : Sciences de la Terre et des Planètes

Par

**Yann MUSSEAU**

## Implication des couplages intérieur-atmosphère sur la dynamique rotationnelle de Vénus

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 27 novembre 2025

Unité de recherche : Laboratoire de Planétologie et Géosciences, UMR CNRS 6112

### Rapporteurs avant soutenance :

Anne DAVAILLE  
Aymeric SPIGA

Directrice de recherche, Laboratoire FAST, CNRS  
Professeur, Sorbonne Université

### Composition du Jury :

Examinateurs : Henri SAMUEL  
Emeline BOLMONT  
Jeremy LECONTE  
Christophe SOTIN

Chargé de recherche, IPGP, CNRS  
Professeure associée, Université de Genève  
Chargé de recherche, Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, CNRS  
Professeur, Laboratoire de Planétologie et Géosciences, Université de Nantes

Dir. de thèse : Gabriel TOBIE  
Co-dir. de thèse : Caroline DUMOULIN

Directeur de recherche, Laboratoire de Planétologie et Géosciences, CNRS  
Maitresse de Conférence, Laboratoire de Planétologie et Géosciences,  
Université de Nantes

## Titre : Implication des couplages intérieur-atmosphère sur la dynamique rotationnelle de Vénus

**Résumé:** La rotation rétrograde de Vénus est la plus lente de toutes les planètes du système solaire. Il est communément admis que cet état résulte de l'équilibre entre les couples de forces créés par les marées solides et atmosphériques. L'objectif de cette thèse est d'exploiter ce lien afin d'extraire des informations sur l'intérieur de la planète et sa rotation.

Premièrement, le couple de forces de marée thermique est estimé à partir de simulations de dynamique atmosphérique. En calculant la réponse viscoélastique de l'intérieur aux marées gravitationnelles et à la charge atmosphérique, la viscosité actuelle du manteau inférieur de Vénus, permettant d'expliquer une rotation à l'équilibre, est estimé entre  $2 \times 10^{20}$  et  $6 \times 10^{21}$  Pa.s.

Deuxièmement, l'évolution passée de la rotation de Vénus est simulée en considérant

des variations simples de la viscosité et de la température. Ces travaux montrent qu'en l'absence de processus de dissipation supplémentaires, le frottement visqueux ne permet pas de ralentir la rotation de Vénus jusqu'à son état actuel à partir d'une période de rotation initiale inférieure à 24h.

Enfin, le couplage des marées thermiques avec la topographie et la vitesse de rotation est étudié à travers une série de simulations de dynamique atmosphérique. Les résultats indiquent que les variations du couple de marée sont principalement contrôlées par les variations à grande échelle de la topographie. La dépendance des marées thermiques à la vitesse de rotation présente un comportement général similaire à celui observé dans des études précédentes, mais diffère en valeurs en raison de l'utilisation d'un modèle plus récent et de la prise en compte de la topographie.

**Title:** Implication of interior-atmosphere couplings on the rotational dynamics of Venus

**Keywords:** Venus, Viscosity, Atmospheric tides, Solid body tides, Rotation, Topography

**Abstract:** Venus' rotation is the slowest of all the planets in the solar system and is in the retrograde direction. It is commonly admitted that such a rotation state results from the balance between the torques created by solid and atmospheric tides. The aim of this thesis is to exploit this link to extract information on both the interior and the rotation.

First, using atmospheric pressure simulations, the atmospheric thermal torque is estimated. Computing the viscoelastic response of the interior to gravitational tides and to atmospheric loading, the current viscosity of Venus' lower mantle is given between  $2 \times 10^{20}$  and  $6 \times 10^{21}$  Pa.s to explain a rotation in equilibrium.

Second, the possible past evolution of Venus' rotation is investigated by considering simple viscosity and thermal evolution paths. This work

shows that, in the absence of additional dissipation processes, viscous friction cannot slow down Venus' rotation to its current state from an initial rotation period shorter than 1 day.

Finally, the coupling of the atmospheric thermal tides with the topography and the rotation rate is studied through a series of atmospheric simulations. The results highlight the link between topography and thermal tides, showing that the variations of the torque over a day are mainly controlled by large scale topography. The dependence of thermal tides on rotation rate shows a general behavior similar to that found in previous studies, but differs due to the use of more recent simulations and the inclusion of topography.