SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

MAI 2010 N° 1112 MONDADORI FRANCE

SPERMATOZOÏDES
PLUS MALINS QU'ON NE LE PENSE

MIGRAINE
QUAND LA LUMIÈRE FAIT MAL

Elle sait fabriquer du verre, de la colle, du béton...

INTELLIGENCE DE LA NATURE

Les ingénieurs s'y intéressent enfin

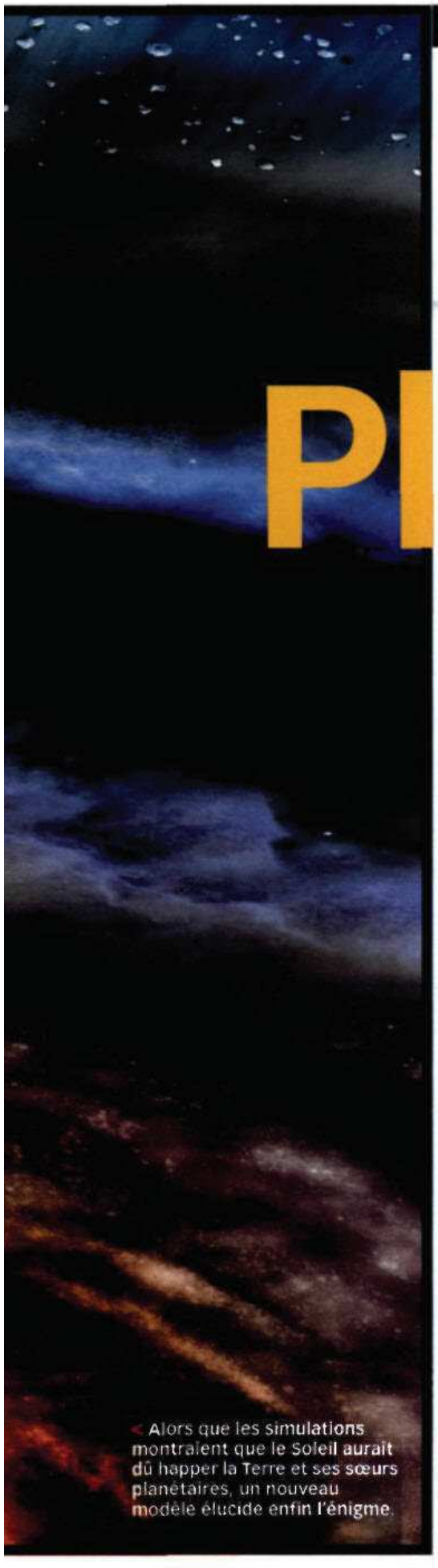
GRIPPE A
LES LEÇONS D'UN COUAC

BOMBE NUCLÉAIRE
LES CLÉS DU DÉSARMEMENT

France métro : 4,20 € - DOM surf : 4,80 € - DOM avion : 6,90 € - BEL : 4,70 € - CH : 8,50 FS - CAN : 6,50 $ CAN - D : 6,90 € - A : 5,30 € - ESP : 5,30 € - FIN : 6,20 € - GR : 4,50 € - ITA : 4,50 € - LUX : 4,70 € - MAR : 37 DH - TOM surf : 750 CFP - TOM avion : 1400 CFP - PORT.CONT : 4,50 € - TUN : 4,90 TND

T 02578 - 1112 - F: 4,20 €

Réseau



< Alors que les simulations montraient que le Soleil aurait dû happer la Terre et ses sœurs planétaires, un nouveau modèle élucide enfin l'énigme.

REPÈRES

Jusqu'à récemment, la naissance du système solaire – et de tous les systèmes planétaires – posait un problème insurmontable : en effet, d'après les modélisations informatiques, les planètes auraient dû être précipitées vers le Soleil avant même d'avoir atteint leur taille définitive, il y a 4,6 milliards d'années. Mais un nouveau modèle semble résoudre définitivement ce paradoxe.

Planètes

On sait pourquoi elles survivent à leur étoile

Par Román Ikonicoff

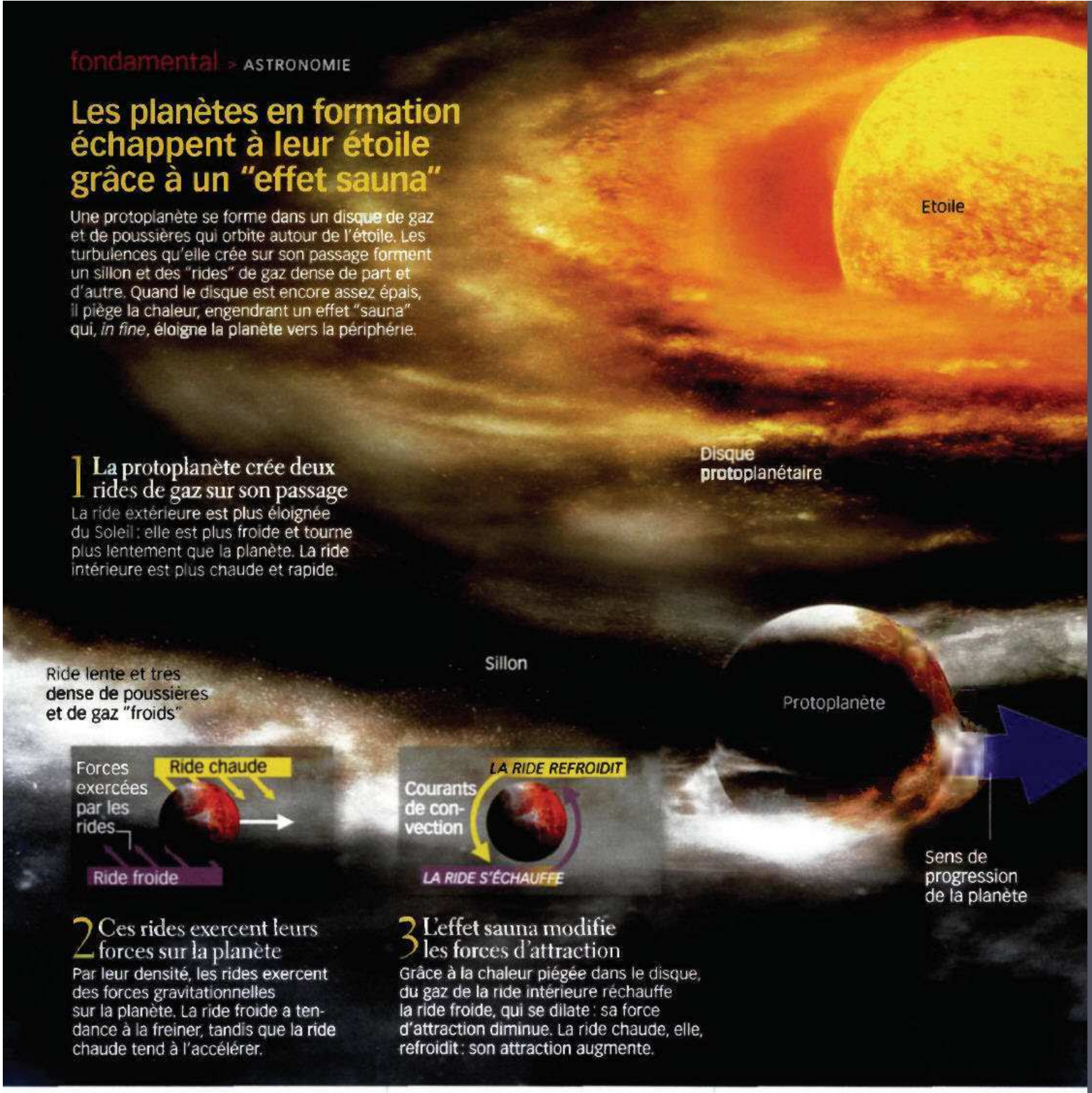
"La Terre sauvée". Le titre de la conférence donnée en janvier 2010 par le Brésilien Wladimir Lyra, le Néerlandais Sijme-Jan Paardekooper et l'Américain Mordecai-Mark Mac Low, lors du 215e meeting de la Société astronomique américaine (AAS), était un brin malicieux.

LA TERRE NE DEVRAIT PAS EXISTER

Les trois chercheurs annonçaient ni plus ni moins avoir sauvé la Terre – et toutes les autres planètes du système solaire – d'une chute inéluctable sur le Soleil. Date prévue de ce cataclysme? 4,6 milliards d'années... en arrière! Autrement dit, notre planète bleue aurait échappé à une catastrophe qui n'a tout bonnement pas eu lieu – et nous sommes là pour en attester! Au vrai, ce n'est donc pas la Terre que les trois scientifiques ont sauvée de la chute fatale... mais la communauté astrophysique. Car il faut savoir que depuis une vingtaine d'années, tous les modèles informatiques simulant la naissance du système solaire aboutissaient au même scénario catastrophe : toutes les planètes étaient précipitées dans la fournaise solaire bien avant d'atteindre l'âge de raison. Conclusion : Mars, Vénus, Saturne ou la Terre ne devraient pas exister. Pas plus que les "exoplanètes", ces centaines de planètes lointaines que les télescopes et satellites ont découvertes autour d'autres étoiles →

Les planètes en formation échappent à leur étoile grâce à un "effet sauna"

Une protoplanète se forme dans un disque de gaz et de poussières qui orbite autour de l'étoile. Les turbulences qu'elle crée sur son passage forment un sillon et des "rides" de gaz dense de part et d'autre. Quand le disque est encore assez épais, il piège la chaleur, engendrant un effet "sauna" qui, *in fine*, éloigne la planète vers la périphérie.



1 La protoplanète crée deux rides de gaz sur son passage

La ride extérieure est plus éloignée du Soleil : elle est plus froide et tourne plus lentement que la planète. La ride intérieure est plus chaude et rapide.

2 Ces rides exercent leurs forces sur la planète

Par leur densité, les rides exercent des forces gravitationnelles sur la planète. La ride froide a tendance à la freiner, tandis que la ride chaude tend à l'accélérer.

3 L'effet sauna modifie les forces d'attraction

Grâce à la chaleur piégée dans le disque, du gaz de la ride intérieure réchauffe la ride froide, qui se dilate : sa force d'attraction diminue. La ride chaude, elle, refroidit : son attraction augmente.

→ que le Soleil. Et pourtant, elles existent… Comme une épine dans le pied des calculs scientifiques.

Pendant des années, les astrophysiciens ont tout essayé pour sortir de l'embarras et élaborer un scénario enfin cohérent avec la réalité. Mais sans jamais parvenir à éviter la fiction d'une "catastrophe planétaire"… Du moins jusqu'ici. Car lors de leur conférence à l'AAS, Lyra, Paardekooper et Mac Low ont présenté un tout nouveau modèle qui permet aux planètes de sortir enfin indemnes… des calculs informatiques. Ouf! Voici Mercure, Jupiter, la Terre et toutes les exoplanètes enfin sauvées. Et les astrophysiciens enthousiastes : "*Ce nouveau modèle devrait devenir incontournable pour les chercheurs. Il est basé sur un mécanisme très robuste, et difficile à contester car il ne fait appel à aucune hypothèse artificielle*", atteste Alessandro Morbidelli, astronome à l'Observatoire de la Côte d'Azur, et coauteur en 2005 d'un modèle sur l'évolution postérieure du système solaire faisant aujourd'hui référence (voir S&V n° 1055, p. 78).

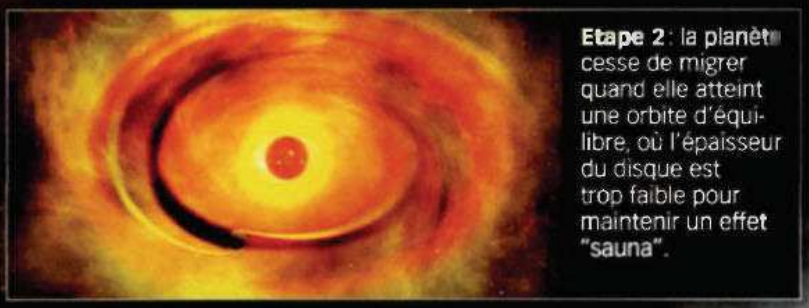
Où le bât blessait-il? Tout simplement dans le disque de gaz et de poussières, aujourd'hui disparu, qui a enserré les jeunes planètes pendant plusieurs millions d'années après la naissance du système solaire. Freinées par ce milieu dense, celles-ci ont dû progressivement perdre de la vitesse et donc de "l'altitude", se rapprochant dangereusement

D. FLORENTZ

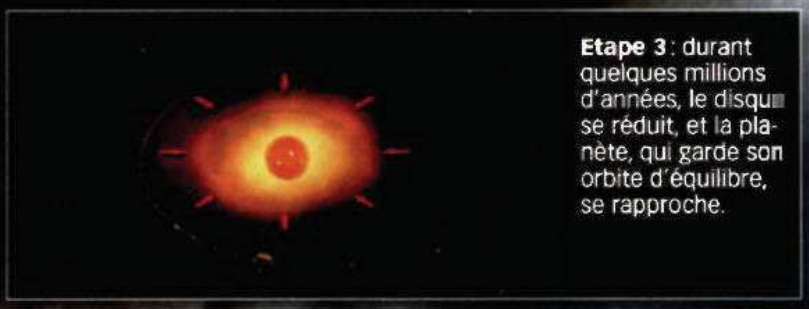
ebooks-land.net

En s'éloignant, la planète se sauve du pire

Etape 1 : grâce à l'effet "sauna", la planète migre, durant quelques centaines de milliers d'années, vers une orbite extérieure.



Etape 2 : la planète cesse de migrer quand elle atteint une orbite d'équilibre, où l'épaisseur du disque est trop faible pour maintenir un effet "sauna".



Etape 3 : durant quelques millions d'années, le disque se réduit, et la planète, qui garde son orbite d'équilibre, se rapproche.

Etape 4 : le disque s'est tellement dilué qu'il n'entraîne plus la planète : elle se stabilise sur son orbite définitive.

Ride rapide et dense de poussières et de gaz "chauds"

4 La planète accélère et s'éloigne de son étoile

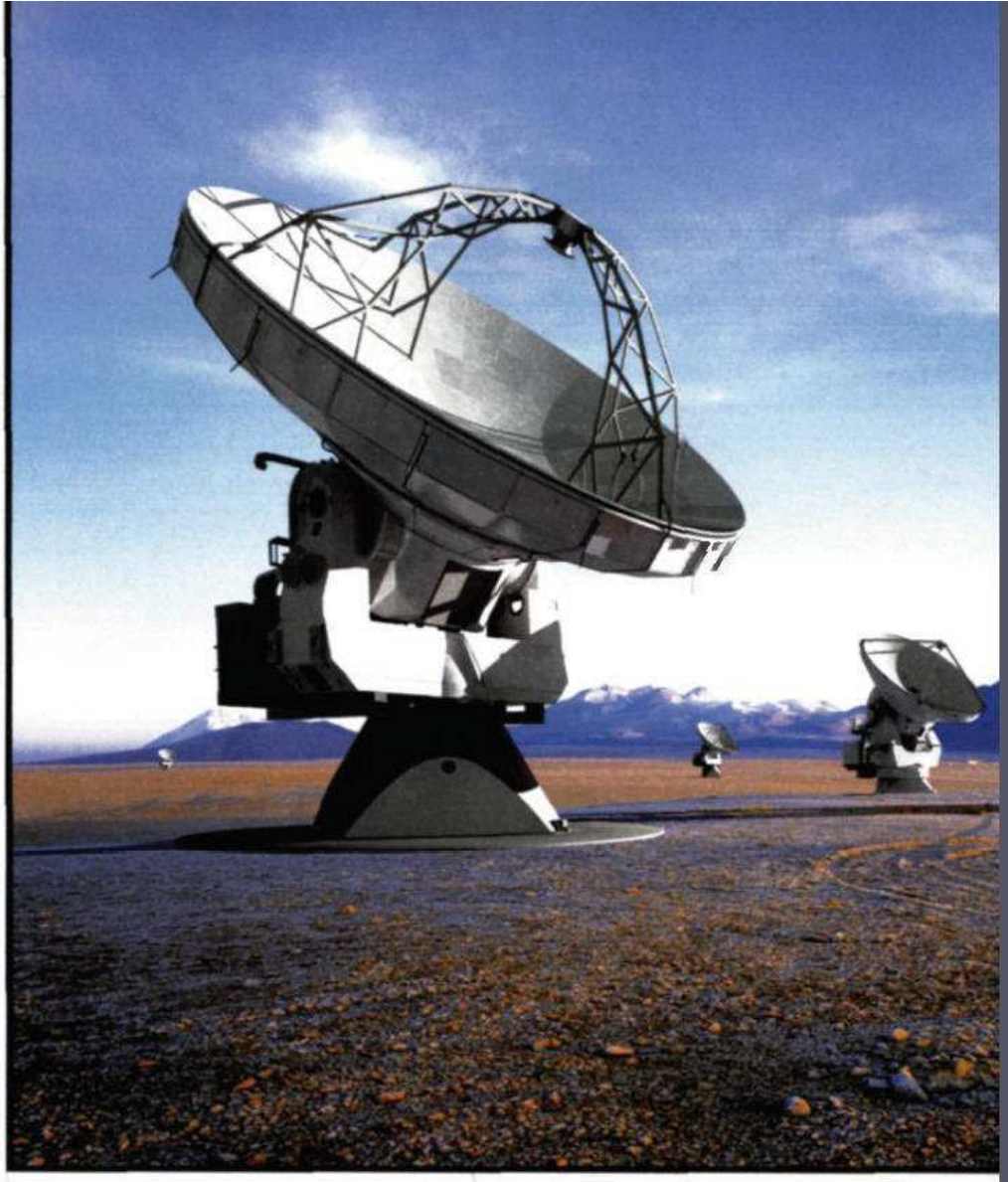
L'attraction exercée par la ride chaude (rapide) devient plus forte que celle de la ride froide. La planète gagne en vitesse : son orbite s'éloigne progressivement de l'étoile.

de leur étoile. Certes, la densité de ce disque gazeux, peu à peu absorbé par le jeune Soleil ou soufflé par le vent solaire, a diminué ; mais pas assez vite pour éviter que les planètes ne finissent brûlées vives moins d'un million d'années après leur naissance. Du moins, c'est ce que les modèles affirmaient jusqu'ici.

Mais une pièce du puzzle manquait aux astrophysiciens, que le nouveau scénario a réussi à dénicher : contre toute attente, les planètes, frêles bouchons de liège pris dans un tourbillon, ont pu remonter les vagues à contre-courant et s'éloigner du danger, à l'image du célèbre baron de Münchhausen s'extirpant lui-même de l'eau par les cheveux !

L'EFFET "SAUNA" PRIS EN COMPTE

Cet acte héroïque fut temporaire – l'effet d'entraînement du disque de gaz vers le Soleil a quand même repris le dessus. Il n'empêche, d'avoir pu s'éloigner du Soleil leur fit gagner un temps précieux de quelques millions d'années, suffisant pour changer le cours de l'histoire, le disque de gaz se dissipant avant qu'elles ne soient précipitées dans la fournaise. Mais comment les planètes ont-elles trouvé la force de fuir, même temporairement ? Grâce à la chaleur piégée à l'intérieur du disque, qui en a fait un véritable sauna. Et c'est justement cet effet sauna que les scientifiques avaient jusque-là négligé… →



> Dès 2011, les observations réalisées avec le radiotélescope Alma pourraient permettre de valider le nouveau modèle.

→ C'est en 2006 que Sijme-Jan Paardekooper et Garrett Mellema, de l'Observatoire de Leiden (Pays-Bas), ont mis le doigt sur cet "effet Münchhausen" planétaire. Alors qu'ils modélisaient le comportement d'une planète plongée dans un disque de gaz, les deux scientifiques ont eu l'idée de changer les paramètres thermiques du disque, comme l'explique Frédéric Masset, chercheur au Service d'astrophysique du Commissariat à l'énergie atomique : *"Au lieu de considérer, comme on le faisait d'habitude, l'hypothèse simplifiée d'un disque de gaz évacuant facilement sa chaleur vers l'espace, ils ont supposé, ce qui est bien plus réaliste, que son épaisseur et sa densité rendaient cette évacuation lente et difficile."*

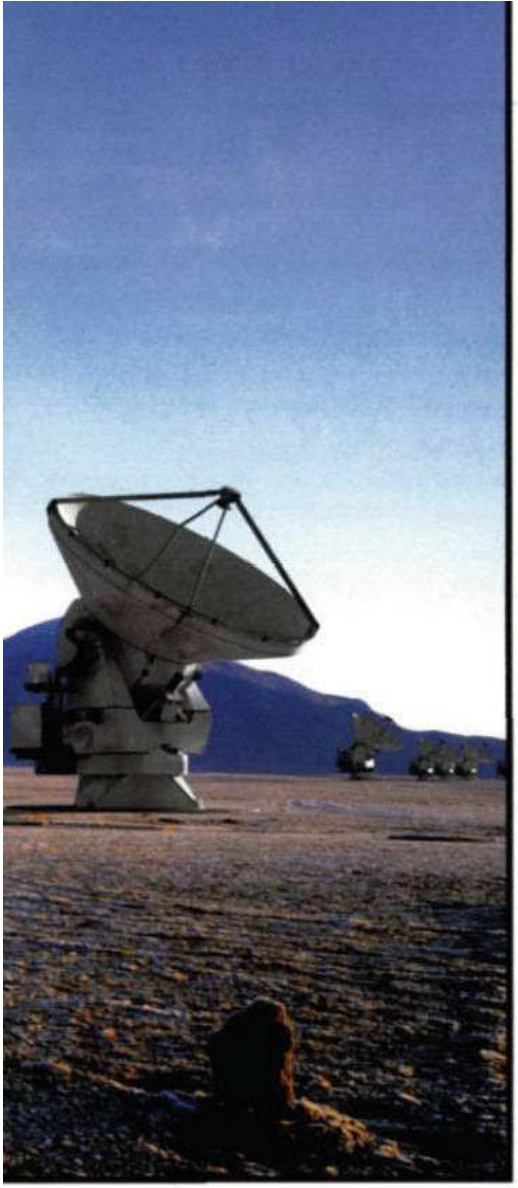
DES TURBULENCES DE GAZ

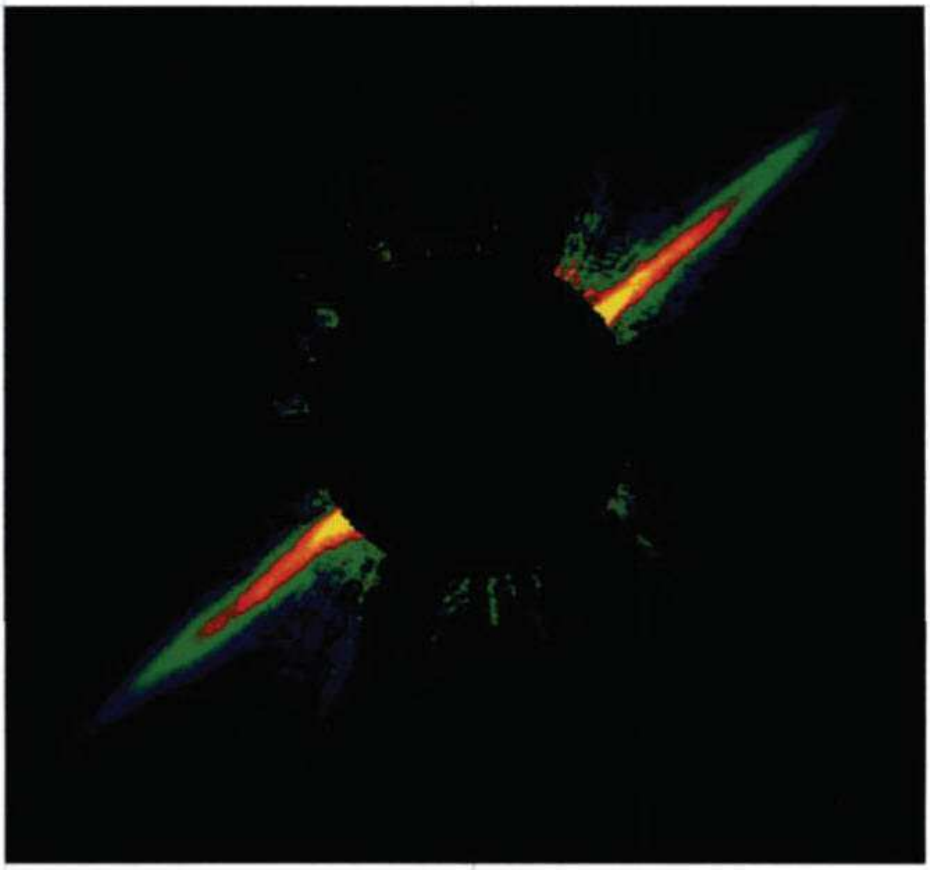
Forts de cette hypothèse, les chercheurs ont alors plongé une planète dans ce sauna gazeux, puis fait tourner la simulation… et ils ont observé que la planète se mettait à migrer vers l'extérieur du disque ! Pour la première fois, une simulation montrait comment les planètes avaient pu se sauver en fuyant vers l'extérieur. Restait à expliquer les raisons physiques de cette fuite à contre-courant. Ce fut notamment le travail de Frédéric Masset et de Clément Baruteau, actuellement astrophysicien à l'université de Californie, à Santa Cruz (Etats-Unis).

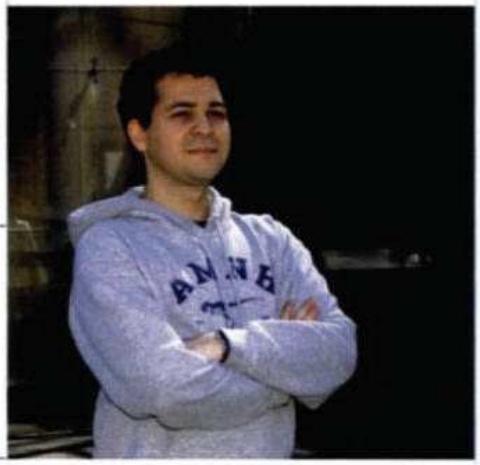
Avec ce scénario, les astronomes se sortent une sacrée épine du pied

En substance, elle découle du jeu de forces gravitationnelles qu'exerce le gaz sur la planète dans ce "sauna" cosmique. En effet, une planète plongée dans le disque crée des turbulences sur son passage qui chassent le gaz. Ce dernier forme alors deux "rides" de gaz dense, de part et d'autre de l'orbite planétaire, l'une extérieure et froide (car plus éloignée du Soleil) et l'autre intérieure et chaude (voir infographie). Or, par leur densité, ces rides exercent sur la planète des effets gravitationnels : la ride extérieure, située plus loin du Soleil, tourne plus lentement que la planète, son attraction tend donc à la freiner. Au contraire, la ride intérieure, plus proche du Soleil, avance plus vite que la planète, et tend à l'accélérer. Jusqu'ici, les astrophysiciens pensaient que c'était la ride lente (extérieure) qui l'emportait, freinant la course de la planète. Pourquoi ? Parce que, plus froide, sa matière est plus condensée, ce qui augmente sa force d'attraction. Mais le nouveau modèle montre que c'est l'inverse qui se produit : c'est la ride rapide (intérieure) qui domine – durant un certain temps – accélérant la planète et l'envoyant vers une orbite plus haute. Ce changement de rapport de force est justement dû à l'effet "sauna" : comme la chaleur ne s'évacue pas rapidement, un peu de gaz chaud de la ride intérieure a le temps de migrer et de chauffer la ride extérieure (froide). Celle-ci se dilate et perd de la densité : sa force d'attraction gravitationnelle diminue. L'inverse se produit dans la ride intérieure : son attraction augmente. Cette petite variation change tout : *in fine*, la planète est accélérée et se met à migrer vers une orbite plus haute, CQFD.

Las ! Sauna ou pas, rien n'indiquait encore qu'on puisse "sauver la Terre". Car plus le temps passait, plus le







^ Cachée par un masque noir, l'étoile AU Microscopii laisse apparaître son disque protoplanétaire, mais les planètes ne sont pas encore visibles.

"Nous avons obtenu un modèle sur cinq millions d'années où la Terre ne tombe pas sur le Soleil"

WLADIMIR LYRA, ASTROPHYSICIEN BRÉSILIEN

ESO - M.LIU, IFA-HAWAII/W. M.KECK OBSERVATORY - N.NEUHAUS

disque se diluait, et moins l'effet sauna devait se faire sentir, laissant la planète dans la configuration classique : un gaz – dilué mais encore "entraînant" – qui la pousse vers le Soleil…

DONNÉES CONCRÈTES DÈS 2011

"*En mars 2009,* raconte Wladimir Lyra, *Mordecai-Mark Mac Low m'a proposé d'intégrer cet effet* [sauna] *dans une simulation. Finalement, nous avons obtenu un modèle d'évolution sur cinq millions d'années où la Terre ne tombe pas sur le Soleil.*" Ainsi testé sur des planètes de masses égales à celle de la Terre, dix fois plus légères ou dix fois plus lourdes, et d'éloignement au Soleil variant entre 0,1 et 20 UA (1 UA est la distance moyenne Terre-Soleil, soit 150 millions de kilomètres), le modèle a été formel : grâce à l'effet sauna, la Terre, mais aussi toutes les planètes des systèmes solaires de l'Univers, ont été sauvées !

"*On tient-là un filon très puissant,* confirme Frédéric Masset, *mais il reste des questions copieusement ouvertes, notamment des effets que leur modèle a mis de côté mais qui pourraient modifier le rapport des forces en jeu… Néanmoins, cela ne devrait pas remettre en question leur solution générale au paradoxe du cataclysme planétaire.*" Maintenant, ce qui manque, c'est une véritable confirmation observationnelle de ces simulations informatiques. "*Idéalement,* avance Alessandro Morbidelli, *il faudrait observer des protoplanètes en phase de migration vers la périphérie du disque, ce qui est impossible avec les moyens actuels… Peut-être vers la fin du XXIe siècle ?*" En attendant, le projet de radiotélescope Alma, au Chili, devrait apporter quelques données concrètes à partir de 2011, confirmant que l'épaisseur et l'opacité des disques gazeux permettent la mise en place d'un effet sauna. De quoi alimenter ce nouveau filon dans lequel tous les astronomes vont dorénavant s'engouffrer. ▮

> EN SAVOIR PLUS

Système solaire, systèmes stellaires, de Thérèse Encrenaz, éd. Dunod, 2005.