

PAR JUPITER !

Les sujets qu'étudie l'astrophysicienne Ravit Helled se déploient dans l'espace et dans le temps à une échelle presque incommensurable.

Ses recherches portent plus particulièrement sur les géantes gazeuses, ainsi que sur l'origine et l'évolution des systèmes planétaires. Elle travaille au Centre d'astrophysique et de cosmologie théoriques de l'université de Zurich, et est également impliquée dans plusieurs missions spatiales de la Nasa et de l'ESA.

PROPOS RECUEILLIS
PAR HERBERT WRIGHT

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir planétologue ?

Ravit Helled : Au lycée, j'étudiais la physique et la littérature. J'avais dû écrire une rédaction sur la vie intelligente en dehors de la Terre. Ce sujet me fascinait au plus haut point, l'univers, la vie extraterrestre, et tout ce qui s'y rapportait. Je ne pensais pas pouvoir en faire mon métier, parce que je suis une femme pragmatique. Mais cette idée continuait de me trotter dans la tête. Je ne voulais pas atteindre 60 ans et me dire que j'avais peut-être laissé passer cette chance.

Est-il plus excitant d'étudier les géantes gazeuses comme Jupiter plutôt que les planètes telluriques comme Mars ou la Terre ?

Non, je trouve que toutes les planètes sont excitantes et extrêmement intéressantes à étudier. Les géantes gazeuses jouent un rôle essentiel, puisque ce sont elles qui déterminent la configuration des systèmes planétaires, pour simplifier les choses. Nous pensons que les comètes ont apporté près de 30 % de l'eau sur Terre, grâce à la présence de Jupiter. Les géantes gazeuses sont majoritairement constituées d'hydrogène et d'hélium. Leur composition nous permet d'obtenir de précieuses informations sur les disques protoplanétaires, la poussière qui compose le système solaire.

Est-ce que cela changerait quelque chose pour monsieur et madame Tout-le-Monde de comprendre les géantes gazeuses et les systèmes planétaires ?

Beaucoup de gens sont fascinés par ces questions : sommes-nous seuls ? Existe-t-il des planètes semblables à la Terre ? Y a-t-il d'autres formes de vie quelque part dans l'univers ? D'un point de vue philosophique, ces questions ont un impact sur la société. Il est primordial d'avoir un esprit scientifique et critique, et les implications sont loin de se limiter à la science. Quand vous êtes un scientifique, communiquer, mais aussi éduquer et sensibiliser le grand public est essentiel. Je pense qu'il est utile de comprendre la formation du système solaire, la diversité des systèmes planétaires et la singularité de notre propre planète. Vous prenez les différentes pièces d'un puzzle et vous essayez de les combiner pour former un ensemble cohérent. De façon générale, il est important de faire avancer la connaissance.

Vous êtes l'une des co-investigatrices de la mission Juno de la Nasa qui, en 2016, est arrivée aux abords de Jupiter, la plus grosse planète de notre système solaire, dont la masse équivaut à 318 fois celle de la Terre. Juno orbite maintenant autour de Jupiter et plonge à l'approche de la planète, survolant le sommet

de ses nuages à une altitude de seulement 4 200 kilomètres. Sur quoi portent vos recherches, précisément ?

Mes recherches se focalisent sur la formation de Jupiter, son évolution et sa structure interne. J'élabore des modèles de la formation de Jupiter en établissant un rapport entre l'origine de cette planète et sa composition globale et structure interne primordiale. Cela nous permet ensuite d'établir un modèle de l'évolution de la planète qui permet d'expliquer divers processus physiques et chimiques pouvant modifier sa structure interne. Grâce aux données transmises par Juno, nous modélisons également l'intérieur de Jupiter, en essayant d'établir un lien avec la façon dont cette planète s'est formée et évolue. Nous ne connaissons toujours pas sa composition exacte et ne savons pas comment les matériaux qu'elle contient sont distribués ni comment elle s'est formée. Si nous parvenions à répondre à ces questions, cela nous permettrait de mieux comprendre la formation d'une planète en général, ainsi que les origines de notre propre système solaire.

Même les ouvrages humains les plus gigantesques, comme la Grande Muraille de Chine, sont minuscules comparés aux planètes. Tout ce que nous construisons est-il insignifiant du point de vue de la physique ?

Si vous raisonnez à l'échelle des planètes, nous sommes effectivement insignifiants, puisque nous sommes des créatures qui vivons sur une petite planète parmi tant d'autres, qui, elle-même, tourne autour d'une étoile parmi tant d'autres. Cela ne représente qu'une infime partie de la galaxie, c'est indéniable. Et on peut passer aux échelons supérieurs, jusqu'à arriver à l'univers. Nous faisons partie d'un système infiniment plus vaste, qui s'inscrit dans une temporalité bien plus longue. Nous pouvons vivre jusqu'à l'âge de 100 ans si nous sommes chanceux, mais notre planète, elle, existe depuis plus de quatre milliards et demi d'années. Quand vous travaillez dans ce domaine, vous relativisez. Je ne dis pas que nous devons forcément nous sentir insignifiants, mais cela remet les choses en perspective.



1980
Naissance de Ravit Helled en Israël.

2007
Doctorat à l'université de Tel-Aviv avec une thèse sur la formation des planètes géantes.

2009
Chargée de recherche à l'université de Californie à Los Angeles, département de planétologie.

2016
Professeure à l'Institut des sciences computationnelles de l'université de Zurich.

« Il est de la responsabilité des médias et de la communauté scientifique de ne pas trop exagérer l'importance des dernières découvertes en matière de zones habitables autour d'une étoile. »

Et pourtant, une seule minuscule particule percutant un vaisseau spatial en plein vol peut provoquer la destruction de celui-ci...

Les risques sont relativement faibles, mais, statistiquement, près d'un véhicule spatial sur vingt peut échouer à seulement décoller de la Terre. Je pense que le jeu en vaut la chandelle. Parfois, il faut échouer pour faire des progrès. Les sommes investies dans la recherche scientifique ne sont pas si énormes en comparaison, et les résultats que nous obtenons en retour sont remarquables. Nous devons approfondir nos connaissances et travailler ensemble. Il y aura toujours de légers risques, mais nous avons beaucoup à gagner.

Vous participez actuellement aux missions spatiales Plato et Ariel, prochainement lancées par l'ESA, qui étudieront les exoplanètes (des planètes qui orbitent autour d'autres étoiles que le Soleil). Nous connaissons déjà plus de 4 000 exoplanètes, et il en existe d'innombrables autres. Cela ne revient-il pas à répertorier des grains de sable ?

Non. Il est nécessaire d'avoir un aussi grand nombre, parce que c'est la seule manière d'établir des statistiques et

de dégager des tendances. À l'heure actuelle, les planètes que nous détectons sont soit très proches, soit extrêmement éloignées des étoiles. Nous ignorons encore beaucoup de choses sur la nature des systèmes planétaires. Nous n'avons toujours pas trouvé de planète analogue à la Terre (une exoplanète qui serait semblable à la nôtre). Nous devons étudier davantage de systèmes et comprendre comment une étoile évolue en vieillissant pour remettre en perspective l'histoire de l'évolution de notre système solaire. Nous sommes très loin d'être arrivés à saturation.

Les médias font grand cas de la possible existence de petites planètes rocheuses se trouvant dans la zone soi-disant « habitable » autour d'une étoile, qui pourraient abriter la vie telle que nous la connaissons. Selon vous, est-ce un parti pris de leur part ?

Les médias font preuve d'une certaine partialité, c'est évident. Les planètes semblables à la Terre et les traces de vie extraterrestre frappent l'imagination du public. Il est de la responsabilité des médias et de la communauté scientifique de ne pas trop exagérer l'importance des dernières découvertes sur le sujet. Un scientifique s'efforce de rester prudent et multiplie les mises en garde. Mais parfois, la situation peut nous échapper.

Vous travaillez également sur la mission Juice, qui procédera à l'observation rapprochée des énormes lunes glacées de Jupiter en 2029. Pourrait-on découvrir des traces de vie dans les océans salés de lunes, comme Europe ?

Je serais la première à me réjouir de découvrir l'image d'une créature vivant dans les océans d'Europe. Mais on ne peut rien promettre. Nous aimerions simplement comprendre la situation de ce satellite. Et si nous avons de la chance, peut-être allons-nous trouver de la matière organique ou même détecter des biosignatures.

Dans vingt ans, des personnes pourraient vivre sur la Lune. Elon Musk parle même de construire une ville sur Mars. Au vu de la

propension de l'humanité à détruire son environnement, ne devrions-nous pas nous tenir éloignés de ces lieux ?

Je pense que cette question revêt une importance croissante depuis quelques années, d'autant plus que les entreprises privées ont fait leur entrée sur le marché des activités spatiales. Leur participation est une excellente chose, à mon avis, puisqu'elle a permis à ces secteurs de se développer et de devenir moins coûteux. Mais il faut rester prudent. Nous devons faire attention à notre propre planète et ne pas abuser d'elle, comme nous avons tendance à le faire. En tant que scientifique, mais aussi en tant que personne vivant sur Terre, je suis convaincue qu'il est primordial d'établir un accord commun à tous les pays du monde, qui définit ce qui est autorisé et ce qui ne l'est pas. Et cela ne saurait se faire sans coordination. Mais ce sont là des questions d'ordre politique, ce qui ne relève pas de mon domaine de compétences. La mission Juno prendra fin en 2021 lorsque la sonde plongera dans l'atmosphère de Jupiter et brûlera. Cela permet d'éviter de contaminer les éventuelles formes de vie présentes sur l'un des satellites joviens. Nous devrions appliquer cette approche qui vise à éviter tout risque de contamination à notre propre environnement planétaire, et probablement au-delà.

Si l'architecture s'attache à créer des espaces circonscrits sur Terre, l'astrophysique, elle, s'intéresse à ce qui se passe dans le vaste espace de l'univers. Selon vous, existe-t-il un lien entre les deux ?

On peut penser au rapport entre l'espace et la matière, qui me semble au centre de ces deux disciplines. Mais aussi à la manière dont nos opinions changent quand nous changeons de perspective, par exemple en observant un bâtiment de près ou de loin, ce qui permet d'apprécier la diversité des objets et la façon dont ils s'imbriquent. C'est également ce que font les astrophysiciens, mais à une échelle différente. ■

By Juno!

Astrophysicist Ravit Helled researches subjects on an almost unimaginably large scale in space and time. Her focus is on giant gas planets and the origin and evolution of planetary systems. Based at the University of Zurich's Center for Theoretical Astrophysics & Cosmology, she is also involved in several NASA and ESA space missions.

BY HERBERT WRIGHT

What inspired you to become a planetary scientist?

Ravit Helled: In high school, I studied physics and literature. I had to write an essay about intelligent life outside Earth. I was completely intrigued by the topic, the universe, life outside Earth and related subjects. I thought this can't really be a profession because I'm a practical person, but somehow it was still on my mind. I didn't want to be 60 and think back, maybe I lost that possibility. I really love what I do.

Are gas giants such as Jupiter more fun than the rocky planets such as Mars or Earth?

No, I think that all planets are fun and super-interesting. Giant planets are important because they basically shape the architecture of planetary systems. We think that comets ended up providing something like 30% of the water to the Earth, due to the fact that Jupiter was there. Mainly hydrogen and helium, their composition can reveal important information on proto-planetary disks, the dust environment of the solar system.

Does understanding gas giants and planetary systems make any difference to ordinary people?

Many people are intrigued by the questions: Are we unique? Are there Earth-like planets? Is there life in the Universe? From a philosophical point of view, it has an effect on society. Thinking scientifically and critically is important, and it reflects on much more than science. It's important as scientists to communicate and do public outreach activities. To me, it helps to understand the formation of the solar system, the diversity of planetary systems, and the uniqueness of our planet. You try to

make different parts of the puzzle into a coherent picture and put all the pieces together. It is important to advance knowledge in general.

You are an investigator on NASA's epic Juno mission, which in 2016 arrived at the solar system's largest planet, Jupiter, 318 times as large as the Earth. Juno now orbits Jupiter and swoops in to just 4,200 km above its cloud-tops. What exactly have you personally been studying?

My research focuses on Jupiter's formation, evolution and internal structure. I make models of the formation of Jupiter linking its origin with its bulk composition and primordial internal structure. We then also model the evolution of the planet accounting for various physical and chemical processes that can change its interior. Using Juno data, we also model Jupiter's interior and try to link it with Jupiter's formation and evolution. We still don't know the exact composition of Jupiter and how the material is distributed and how it was formed. Answering some of these questions regarding Jupiter can help us to better understand planet formation and the origin of our own solar system.

Even our biggest built structures such as the Great Wall of China are tiny compared to planetary scales. Is everything we make physically insignificant?

If you think about it in terms of planetary scale, we are insignificant because we are living creatures on one small planet around one star, and of course it's just one tiny part of the galaxy, and then we go to higher scales, until you reach the Universe. We are part of a much bigger system with a much longer time scale.

We live 100 years if we're lucky while the age of our planet is more than 4.5 billion years. Working in this field puts things in perspective. I wouldn't say that we should feel insignificant, but it puts things in proportion.

Yet a single small-scale particle impacting a spacecraft in flight could destroy it...

The chances are pretty low, but just launching from the Earth, statistically about one out of 20 can fail. I think it's worth it. Sometimes we have to fail in order to make progress. Relatively, the money that is put to science is not huge, and what we get in return is significant. We should advance our knowledge and we should work together. There are always small risks but the gain is huge.

You are working on ESA's upcoming PLATO and ARIEL space missions to examine exoplanets (planets orbiting other stars). We already know over 4,000 exoplanets and there are countless more. Isn't this work like making a catalogue of grains of sand?

No. You need this large number because that's the only way to do statistics and find trends. Currently the planets we detect are either very close or extremely far from the stars, and we still don't

Vue d'artiste (illustration spéculative) d'une formation de planètes. Même si on ne sait pas avec certitude comme les planètes se forment, la théorie qui prévaut est celle d'une formation par accrétion et condensation d'un nuage de gaz et de poussières sous l'influence de la gravitation.

Artist's impression (a speculative representation) of planetary formation. Even if we don't know with certainty how planets are formed, the prevailing theory is that they are formed during the collapse of a nebula into a thin disk of gas and dust.

have the complete picture about the nature of planetary systems. The Earth analogue [an exoplanet just like ours] is still being searched for. We need to look at more systems, and understand how things change with the age of the star so we can put the evolutionary context in perspective. We are not at all close to saturation.

The media boosts reports of small, rocky planets in the so-called 'habitable zone' around a star, where life as we know it could exist. Is this media bias?

I think clearly there is some bias. Earth-like planets or signatures of life beyond the Earth catch the public imagination. It is the responsibility of the media and the scientists not to inflate topical findings too much. A scientist tries to be quite careful, and we offer caveats. But sometimes things can get out of proportion.

You are working on the JUICE mission, which will look close-up at Jupiter's big icy moons in 2029. What about the possibility of life in the salty oceans of moons like Europa?

I would love to see an image of a creature in the oceans of Europa, but nobody promises that. It's more like

“It is the responsibility of the media and the scientists not to inflate findings regarding the so-called ‘habitable zone’ around a star too much.”

we want to understand the conditions of this satellite and maybe if we're lucky we can find organic material or even bio-signatures.

In 20 years, people may be living on the Moon, and Elon Musk talks about building a city on Mars. Because humanity tends to trash places, should we leave these places untouched?

I think this has become more and more important in recent years, especially as there are private companies that have entered the space business. To me, their involvement is great because it makes the fields grow and it makes it cheaper. But we have to be careful. I think we have to watch our own planet and not abuse it, as we tend to do. As a scientist and as a person living on this planet I think it is important to have a global, unified agreement on what is allowed and what is not allowed. Co-ordination is definitely required there. That enters into politics, which is not what I'm doing. The Juno mission will end in 2021 by burning up in Jupiter's atmosphere so you don't have the risk of hurting potential life on any Jovian satellites. This contamination-avoiding approach should be applied within our planetary environment and probably beyond.

Architecture is about enclosing local space, astrophysics is about what happens in universal space — do you see any connection at all?

The connection might be the link between space and material, I think that this is important in both fields. Also how our view changes when we change the perspective, for example looking at a building from near and far, appreciating the diversity of objects, and how they come together. This is also done in astrophysics, only the scales are different. ■

NASA'S JUNO MISSION

Juno is a NASA space probe orbiting the planet Jupiter. It was launched from Cape Canaveral Air Force Station on August 5, 2011 and entered a polar orbit of Jupiter on July 5, 2016 to begin a scientific investigation of the planet. Juno's mission is to measure Jupiter's composition, gravity field, magnetic field, and polar magnetosphere.