

## Habitabilité des systèmes planétaires et des objets du système solaire

La notion d'habitabilité à l'échelle du système solaire, voire de l'Univers dans son ensemble, est un thème de recherche en plein essor. Cette notion est pourtant mal comprise ou interprétée, même au sein de la communauté scientifique, et souvent réduite à celle de la zone dite habitable (c'est-à-dire, compatible avec la présence d'eau liquide stable en surface) autour d'une étoile. Or, l'observation d'un nombre toujours croissant de nouvelles exoplanètes, ainsi que l'exploration plus poussée des environnements du système solaire comme ceux de Mars ou de Titan, ou encore les avancées faites dans la compréhension des milieux extrêmes terrestres font de cette notion d'habitabilité un concept transversal entre différents domaines scientifiques : définition et caractérisation du vivant, conditions d'apparition et de maintien, diversité des environnements possibles, planétaires mais pas seulement. Dans ce cadre, des enseignants-chercheurs en planétologie, en géologie, en physique et en chimie de l'Université Paris-Saclay ont travaillé sur la plupart de ces thématiques (exobiologie, atmosphères, Intérieurs et surfaces planétaires) et y ont développé une expertise reconnue au niveau international. L'objectif de ce cours est donc d'offrir un tour d'horizon de l'ensemble des problématiques liées à l'habitabilité des systèmes planétaires et des objets du système solaire, tout en détaillant davantage l'étude des surfaces et des atmosphères planétaires.

### Intervenants

Emmanuel MARCQ, Maître de Conférences à l'Université de Versailles Saint Quentin

Hélène MASSOL, Maître de Conférences à l'Université à l'Université Paris Sud

Frédéric SCHMIDT, Maître de Conférences à l'Université Paris Sud

Cyril SZOPA, Professeur à l'Université de Versailles Saint Quentin

### Programme (prévisionnel)

#### 1. Notions de base et grands principes de l'habitabilité (C. Szopa)

- Définition habitabilité/vie
- Ressources nécessaires à l'habitabilité/vie
- Chimie prébiotique
- Environnements du système solaire et hors système solaire potentiellement habitables
- Quels outils pour caractériser l'habitabilité ?

#### 2. Habitabilité des surfaces planétaires (F. Schmid & H. Massol)

##### 2.1. Apparition de la vie sur Terre et habitabilité sur les autres planètes (F. Schmid):

- la classification du vivant / évolution
- enregistrement directe : les fossiles
- enregistrement indirecte : fugacité d'oxygène, ...
- systèmes biologiques extrémophiles actuels : dorsales, croûte profonde...
- surfaces "analogues" dans le système solaire : Mars, Europe, ...

##### 2.2 Habitabilité et évolution géodynamique (H. Massol)

- évolution thermique et schéma de la géodynamique d'une planète (noyau, manteau, croûte)
- régime de convection du manteau et tectonique
- rôle de l'eau dans la convection
- conditions d'habitabilité en surface

#### 3. Atmosphères planétaires et habitabilité (E. Marcq)

- *Introduction* notion d'habitabilité, diagramme de Forget-Leconte

- *Grandeurs essentielles* températures d'équilibre et effectives, échelle de hauteur, vitesses thermique et d'échappement
- *Échappement atmosphérique* Exosphère, mélange atmosphérique, processus thermiques et non-thermiques, fractionnement isotopique
- *Structure verticale des atmosphères* effet de serre, divergence de l'effet de serre, convection et gradients adiabatiques, stratosphère, temps radiatif, thermosphère
- *Dynamique atmosphérique* origine, équation primitive du vent, circulation méridienne et cellules de Hadley, régimes géostrophique et cyclostrophique, outils de modélisation.

### Logistique

Les cours ont lieu en visioconférence. Chaque enseignant vous enverra des précisions sur les horaires de son cours et un rappel du lien de visioconférence un peu avant le cours. Les grandes lignes du cours sont présentées dans le tableau suivant. Pour toute question contactez l'enseignant référent (cyril.szopa@latmos.ipsl.fr)

	mardi 5 janvier	mercredi 6 janvier	jeudi 7 janvier	vendredi 8 janvier
Matin	CS - Généralités	FS - Géologie	EM - Atmosphères	HM - Habitabilité et évolution géodynamique
Salles de visio	<a href="https://uvsq-fr.zoom.us/j/96797210863?pwd=cDFzTnczNnlweXpXdG5iVXdLWTFaQT09">https://uvsq-fr.zoom.us/j/96797210863?pwd=cDFzTnczNnlweXpXdG5iVXdLWTFaQT09</a>	<a href="https://eu.bbcollab.com/guest/b75fb93d94a546ba9beb881cc72e7356">https://eu.bbcollab.com/guest/b75fb93d94a546ba9beb881cc72e7356</a>	<a href="https://uvsq-fr.zoom.us/j/91715345898?pwd=NVpOS25CZkZ1QzFueExHbkNTQ0FVUT09">https://uvsq-fr.zoom.us/j/91715345898?pwd=NVpOS25CZkZ1QzFueExHbkNTQ0FVUT09</a>	
Après midi	CS - Généralités		EM - Atmosphères	
Salles de visio	<a href="https://uvsq-fr.zoom.us/j/96797210863?pwd=cDFzTnczNnlweXpXdG5iVXdLWTFaQT09">https://uvsq-fr.zoom.us/j/96797210863?pwd=cDFzTnczNnlweXpXdG5iVXdLWTFaQT09</a>		<a href="https://uvsq-fr.zoom.us/j/98391361903?pwd=Z3BOTmxhM0ZCbHZQK2ZLVkM2UE1pUT09">https://uvsq-fr.zoom.us/j/98391361903?pwd=Z3BOTmxhM0ZCbHZQK2ZLVkM2UE1pUT09</a>	
CS : Pr Cyril Szopa	FS : Pr Frédéric Schmidt	HM : Dr Hélène Massol	EM : Dr Emmanuel Marcq	

### Prérequis

Ce cours est un cours d'ouverture. Il s'adresse donc à tout doctorant en astronomie, physique, chimie, géologie ou biologie ayant des connaissances de base en planétologie et/ou exobiologie.