

Titan et la mission Dragonfly, à la recherche des origines de la vie

Floriane Michel, Lycée La Pléiade de Pont-de-Cheruy

La description d'une future mission sur Titan, l'un des satellites de Saturne. Cette mission pourrait se révéler riche de promesses pour étudier un milieu qui ressemble à la Terre primitive avant l'apparition de la vie. Une opportunité pour tenter de reconstituer la genèse de la vie dont les traces sur Terre ont disparu.

Après avoir reçu la visite de la mission Cassini-Huygens en 2005, Titan, l'immense satellite de Saturne découvert en 1655 par Christiaan Huygens, va à nouveau recevoir de la visite !

Titan a la particularité d'être le seul objet du Système solaire autre que la Terre avec un liquide qui coule à sa surface. En effet, il y pleut du méthane, neige du méthane, sa surface possède des lacs et des mers de méthane, d'éthane et d'acétylène. Ces informations ont pu être collectées par la mission Cassini-Huygens qui nous a fourni les premières images d'un monde avec des paysages qui paraissent presque terrestres. La présence de méthane liquide pose la question de la présence d'un cycle autour du méthane, tel que celui autour de l'eau sur Terre et en fait donc un objet d'étude prioritaire pour les astrobiologistes et l'origine de la vie. Dans le cadre de son programme New Frontiers⁽¹⁾, la NASA a donc décidé d'envoyer un nouveau visiteur : Dragonfly.

Pourquoi Titan ?

Titan est très particulier dans le Système solaire. Parmi les satellites et les planètes rocheuses, c'est le seul dont on ne peut pas voir la surface dans le visible tant son atmosphère est dense. Titan pourrait être ce qui ressemble le plus à une Terre primitive, avant que n'y apparaisse la vie. Or nous ne comprenons encore pas les étapes qui amènent à cette apparition, la majorité des indices permettant de la comprendre ayant, sur Terre, été effacé par la vie elle-même. L'atmosphère et le sol de Titan, encore vierges de tout être vivant sont donc un fantastique laboratoire

pour comprendre la chimie de l'apparition de la vie, la chimie prébiotique.

L'atmosphère si dense de Titan est comme sur Terre composée en majorité de diazote. La température sur place est de 94 kelvins, environ -180 °C au sol ; il n'y a donc pas d'eau liquide mais du méthane liquide. Celui-ci, présent jusque dans les hautes couches de l'atmosphère, y est décomposé par la lumière (UV) et se recombine en molécules organiques qui retombent sur la surface.

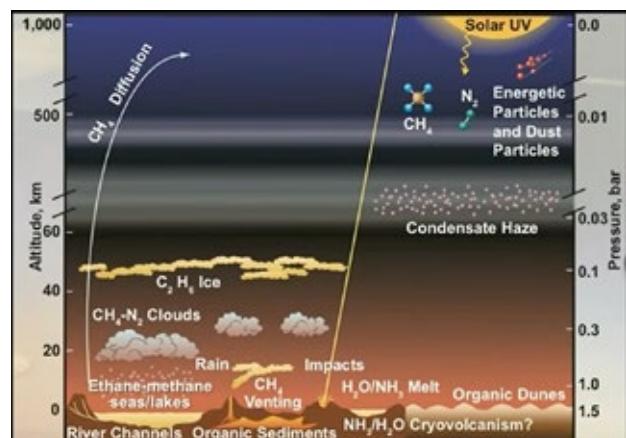
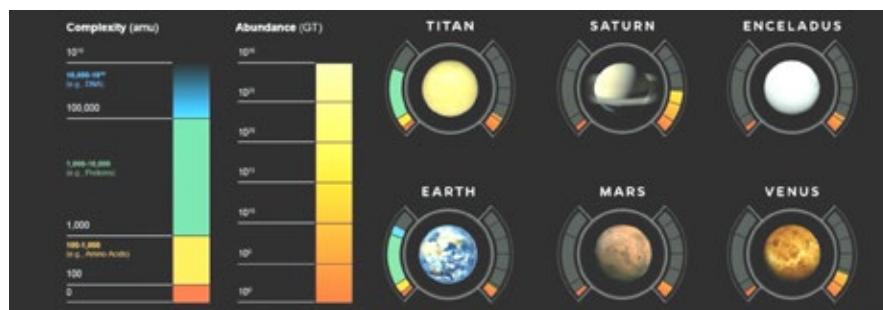


Fig.1. Le cycle du méthane sur Titan, analogue au cycle de l'eau sur Terre.

Cette chimie complexe autour de composés carbonés, combinée à la présence d'un liquide et d'énergie (par le Soleil) est très prometteuse pour étudier l'apparition de la vie. Ce cycle autour du méthane sur Titan en fait, après la Terre, l'objet ayant la plus grande quantité de carbone et les molécules les plus complexes du Système solaire (voir figure 2).



La surface de Titan, cartographiée grâce à la mission Cassini-Huygens et ses 127 survols, ressemble à celle de la Terre par les paysages et la diversité des formations qu'elle possède : lacs et rivières de méthane, désert avec des dunes de composés organiques mais également des volcans qui crachent de l'eau provenant de l'océan présent sous la surface. C'est donc toute une variété de paysages et formations « rocheuses » qui sont à explorer !

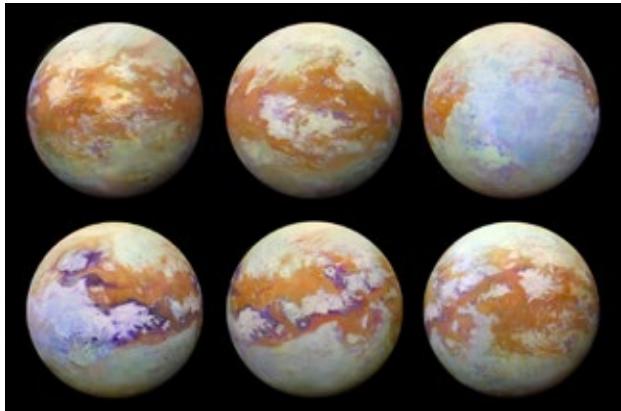


Fig.3. Images de Titan faites en infrarouge par la mission Cassini-Huygens.

Le drone Dragonfly

Il fallait donc choisir un objet capable de se déplacer facilement pour explorer le plus de zones différentes et qui ne reste pas bloqué dans des boues présentes à la surface de Titan.

Dragonfly ressemble à un drone mais en beaucoup plus grand. Il a la taille d'un rover martien : plus de deux mètres d'envergure, 450 kg, huit hélices et des patins qui lui permettront de se poser sur différents types de surface. Il est capable de parcourir environ 10 km par charge de batterie et a donc la mobilité nécessaire, contrairement à un rover, pour étudier différents types de paysage. Il est prévu que le drone parcourt environ 175 km lors de sa mission qui devrait durer environ 3 ans sur place. Le choix du drone permet d'exploiter le fait que l'atmosphère de Titan est quatre fois plus dense que celle de la Terre et la gravité de $1,35 \text{ m.s}^{-2}$, soit l'équivalent $0,14 \text{ g}$. Il est donc bien plus facile de faire voler un engin sur Titan que sur la Terre : la force nécessaire pour le soulever est plus faible et la portance créée par le mouvement des hélices est plus grande.

L'énergie solaire disponible sur Titan est cent fois plus faible que sur la Terre pour deux raisons : le satellite est beaucoup plus loin du Soleil que la Terre, mais son atmosphère filtre encore dix pour cent des rayons qui y arrivent. Dragonfly ne peut donc pas compter dessus et dispose d'un générateur thermoélectrique à radio-isotope, ici le plutonium

238. Ce générateur produira environ 120 watts d'électricité au moment du départ de la Terre. Une fois arrivé sur Titan huit ans plus tard, les ingénieurs tablent sur une puissance d'environ 70 W. Durant la nuit sur Titan, le générateur rechargea une batterie qui permettra à Dragonfly de voler le jour suivant. Les pertes thermiques produites serviront quant à elles à garder les composants à une température de fonctionnement. Pour cette raison, (presque) tous les composants se trouvent à l'intérieur du drone et seules les caméras disposent de petites fenêtres (voir figure 5, les cercles noirs que l'on peut voir sous Dragonfly).

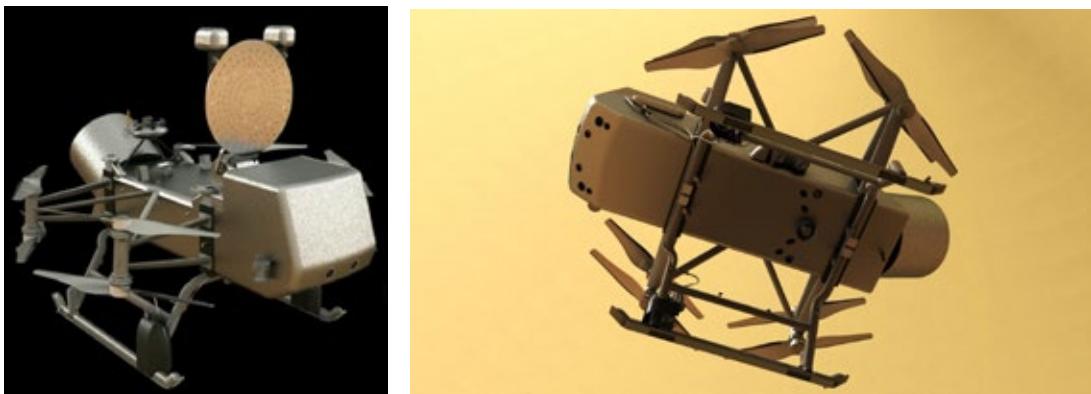
Un jour sur Titan est l'équivalent de seize jours terrestres, soit l'équivalent de huit jours de lumière et de huit jours de nuit. Étant donné que Dragonfly naviguera grâce à ses caméras, il est important qu'il y ait des contrastes pour distinguer les variations d'altitude. Il est donc prévu que les vols aient lieu plutôt les matins.

Le drone prendra son envol jusqu'à une altitude de 500 m puis fera une première partie de vol de prospection pour choisir un lieu d'atterrissement pour une étape à venir. Il ira ensuite se poser sur la zone choisie par les scientifiques lors des repérages précédents (voir figure 6).

Dragonfly dispose d'un spectromètre gamma et neutron pour analyser la composition du sol en dessous de lui-même sans avoir à faire de prélèvement. Il donne la proportion en différents atomes carbone, azote, hydrogène et oxygène. Cela permet de faire une première classification du sol qui peut ensuite être complétée par d'autres analyses. Pour celles-ci, il existe deux sources de prélèvement possible : l'une est une prise d'air, pour analyser l'atmosphère pendant les phases de vol et ainsi obtenir son profil par exemple, l'autre provient des pieds du drone où est installé un foret. Ce foret permet de rompre les glaces du sol et de les transformer en poussières qui seront ensuite aspirées. Celles-ci sont amenées vers une des cuves de prélèvement organisées sur un carrousel.

Celui-ci permet ensuite de diriger l'échantillon vers le spectromètre de masse et de faire une analyse des molécules qui le compose. Les résultats sont transmis à la Terre via une antenne montée sur le haut du drone. Celle-ci doit pouvoir tourner dans toutes les directions pour pouvoir communiquer dans la bonne direction.

Les ingénieurs en ont donc profité pour y ajouter deux caméras qui permettront de prendre des photos panoramiques (les deux petites boîtes que l'on voit sur l'antenne sur la figure 4).



*Fig. 4 et 5.
Images de Dragonfly.*

Les scientifiques ayant besoin de mettre les analyses en contexte, Dragonfly dispose de toute une gamme de capteurs météorologiques, sismiques et géologiques. Ils permettront de mesurer la température, la pression, la vitesse du vent, la constante diélectrique des matériaux... Le sismomètre donnera une idée de l'activité sismique de Titan et ainsi d'en connaître plus sur sa structure interne.

Une série de caméras complète l'arsenal de Dragonfly. Microscopique, panoramique, caméra de vol, basse résolution, très haute résolution... elles permettront de voir Titan sous toutes les coutures et de faire atterrir le drone dans les zones les moins accidentées.



Fig.7. Remplissage d'une cuve du carrousel.

Dragonfly devrait être lancé en 2027 et atterrir sur Titan après plus de sept ans de voyage. La zone

prévue pour l'atterrissement est proche de l'équateur sur des dunes dans une zone peu accidentée. C'est l'option préférée des scientifiques car c'est à cet endroit qu'a atterri Huygens en 2005. En raison de la période de l'année, les conditions météorologiques devraient être similaires au moment de l'atterrissement, ce qui évite les mauvaises surprises. Titan étant à environ 1,5 milliard de km de la Terre, les signaux de communication mettront entre 70 et 90 minutes pour faire le voyage, ce qui ne laisse que très peu de marge pour réagir en cas de problème.

Dragonfly est une mission originale et pionnière dans son genre dont nous suivrons l'aventure avec beaucoup de curiosité !

Source de toutes les figures : APL (applied physics Laboratory).

Un grand merci à Athena Coustenis pour sa relecture !

À écouter : l'émission Du vent dans les synapses sur France Inter où elle est interviewée sur cette mission.

(1) New Frontiers est un programme de la NASA qui finance des projets dans le Système solaire avec un coût plafonné à un milliard de dollars.

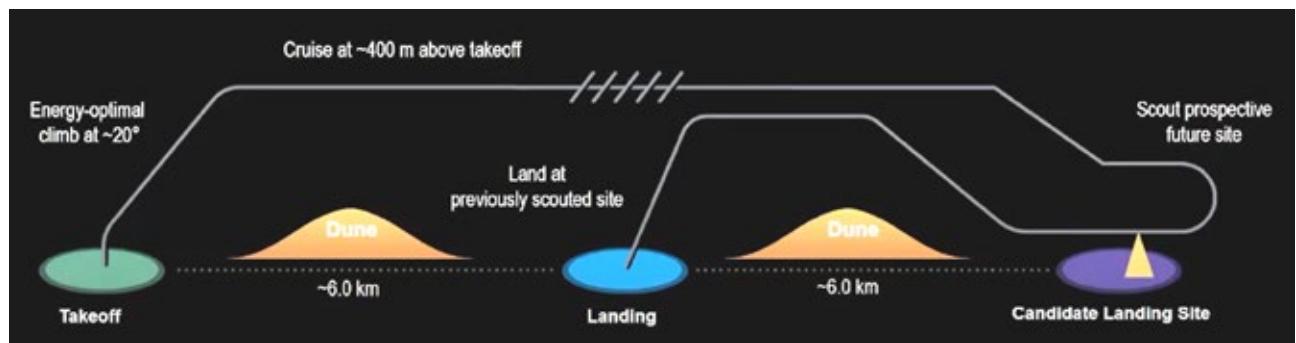


Fig.6. Plan de vol de Dragonfly.