

Titan, une lune d'hydrocarbures ?



Image recomposée de Titan vu par la sonde Cassini en novembre 2015

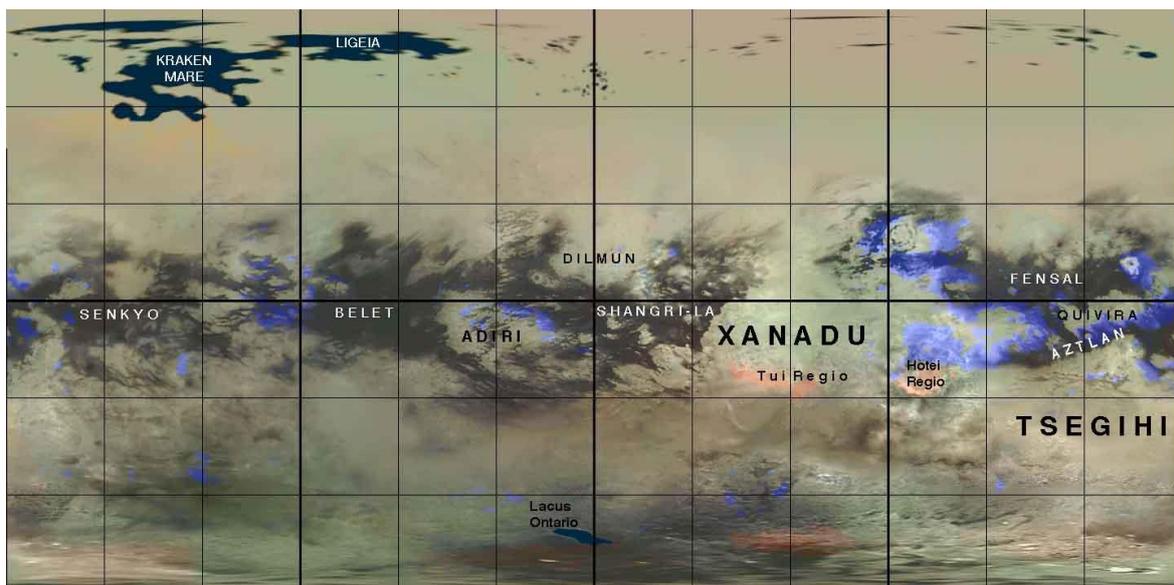


Blocs de glace d'eau observés par le module Huygens à la surface de Titan

L'éthane a pu être trouvé à l'état de traces dans plusieurs nuages interstellaires, et dans certaines comètes. Ce composé se trouve partout sur **Titan** (la plus grande des "lunes" de la planète Saturne), dans des lacs d'éthane, dans l'atmosphère et dans la mer Punga Mare (380 km de long). Cette atmosphère de Titan est au **point triple du méthane**, comme l'atmosphère de la Terre est au point triple de l'eau.

La chaleur dégagée par la sonde Huygens lors de l'impact du 14 janvier 2005 a provoqué un notable dégagement de méthane gazeux. Titan présente une atmosphère uniforme d'azote-méthane. Il ne pleuvait pas lorsque la sonde Huygens s'est posée sur Titan, mais l'ESA (l'Agence Spatiale Européenne) n'exclut pas que des averses (pluie ou neige) d'éthane, de méthane, et d'autres hydrocarbures, y compris d'azote en hiver vers -210°C (il y a des saisons sur cette planète). Simplement, l'aridité du sol absorberait rapidement ces précipitations, à la manière des déserts terrestres.

Sources : Wikipedia et <http://pravarini.free.fr/gaz-ethane.htm>



<https://astrochemia.wordpress.com/2014/03/09/titan-du-methane-a-la-vie/>

Les lacs de Titan

Titan, une lune d'hydrocarbures ?

PREMIERE PARTIE : LES HYDROCARBURES

Chimie des hydrocarbures

Méthane et Ethane appartiennent à une famille appelée les hydrocarbures, molécules ne contenant que des atomes de carbone et d'hydrogène et à une sous-famille appelée les alcanes.

La formule brute des alcanes est C_nH_{2n+2} où n est un nombre entier.

- Donner les formules brutes des quatre premiers alcanes.
- Rechercher à l'adresse suivante : <https://encyclopedia.airliquide.com/fr> les noms de ces alcanes, à l'aide de sa formule puis cliquer sur le nom pour accéder à la forme spatiale de la molécule.
- Relever la formule développée (à droite de la fenêtre).
- Compléter le tableau suivant :

Nom				
Formule brute				
Formule développée				

- Repérer les atomes de carbone et d'hydrogène et trouver combien de liaisons chacun de ces atomes peut former.

- Construire les modèles moléculaires des deux premiers.
- On dit que le carbone est « tétraédrique » dans ces molécules, expliquer ce que cela signifie.

Titan, une lune d'hydrocarbures ?

Les hydrocarbures et la vie

La **chimie prébiotique** s'est donné comme mission l'étude de l'apparition **des premières « briques » du vivant : acides aminés, sucres, nucléosides (composants de l'ADN) ...** Les conditions d'émergence, considérées par les chimistes pour de tels composés, sont souvent celles d'une **Terre primitive, chaude et riche en eau liquide.**

Néanmoins, **l'étude de Titan par la mission Cassini-Huyghens**, offre des **pistes différentes pour l'apparition d'autres molécules prébiotiques.**

- 1- Rechercher la signification du terme prébiotique dans ce contexte :

- 2- Rappeler quels sont les éléments chimiques constitutifs des molécules du vivant (molécules organiques) sur Terre :

Rappelez ceux qui constituent les **hydrocarbures de Titan** :

- Peut-on les qualifier de molécules organiques ? Justifier d'après le cours.
- Que manque-t-il pour obtenir la diversité des molécules constitutives du vivant ?

- 3- L'**acide cyanhydrique** est universellement présent dans l'univers. Les données issues de la mission Cassini ont confirmé la présence de ce composé dans l'atmosphère de Titan et les chercheurs se sont aperçus que la surface de Titan aussi abritait du cyanure d'hydrogène **dans ses sédiments, ramené de l'atmosphère par les pluies de méthane** qui tombent sur Titan au printemps.

- Rechercher la formule de l'acide cyanhydrique : pourquoi intéresse-t-il les scientifiques travaillant sur les molécules prébiotiques ?

Titan, une lune d'hydrocarbures ?

4- Une découverte importante a été que l'atmosphère de Titan, est alimentée par un flux constant d'oxygène en provenance d'Encelade, autre lune de Saturne, qui émet une grande quantité d'eau via des geysers. Cassini a également constaté que dans la partie supérieure de l'atmosphère de Titan (1000 kilomètres au-dessus de la surface) se forme une brume constituée d'hydrocarbures et d'espèces azotées de grande taille.

On disposerait donc de tous les éléments chimiques nécessaires pour obtenir des molécules organiques sur Titan. Une équipe de chercheurs (dont ceux du laboratoire de planétologie de Grenoble, du LATMOS de Versailles et le *Lunar and Planetary Laboratory* de l'université de l'Arizona) a ainsi déterminé quels types de molécules peuvent se former lorsque de l'oxygène est présent dans la brume de Titan.

- En laboratoire, l'atmosphère de la lune de Saturne a été simulée en activant les molécules analogues de celles de Titan avec une énergie similaire à celle du soleil, pour produire une matière solide (appelée Tholins) qui a pu ensuite être analysée par différentes méthodes.



Photographie (à gauche) du montage de l'expérience PLASMA développée au LISA et permettant de synthétiser des analogues d'aérosols de Titan, vus au microscope électronique (à droite). (crédits : C. Brassé/P. Coll/LISA)

- Définir en une phrase simple ce que sont les tholins.

Wikipedia + <http://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-tholin-10364/>

On a découvert que les réactions chimiques pouvant se dérouler dans l'atmosphère de Titan permettraient la formation des molécules organiques complexes comme des acides aminés (la **glycine** et l'**alanine**) et des bases nucléotidiques (= bases azotées : **cytosine, adénine, thymine, et guanine**) qui sont les bases de la molécule d'ADN de la vie sur Terre.

- Rechercher à quoi correspondent les bases azotées citées ci-dessus en recherchant la composition et la structure de la molécule d'ADN.
 - En utilisant les fonctionnalités du **logiciel Rastop**, réaliser une capture d'écran d'**une des six molécules ci-dessus**, légendée et titrée, montrant qu'il s'agit d'une molécule organique (reprendre le cours et ce qui a été fait dans ce TP).
- La découverte de ces molécules obtenues en laboratoire a alors conduit les chercheurs à la conception de simulations (calculs de mécanique quantique), le but étant de voir si ces molécules pouvaient conduire à la création de polymères propices à la formation de réactions prébiotiques, conduisant à une forme de vie.

Résumer cette première partie par un schéma, réalisé à partir de vos réponses précédentes et/ou adapté de ce que vous avez pu trouver lors de vos recherches, et commenté.

Titan, une lune d'hydrocarbures ?

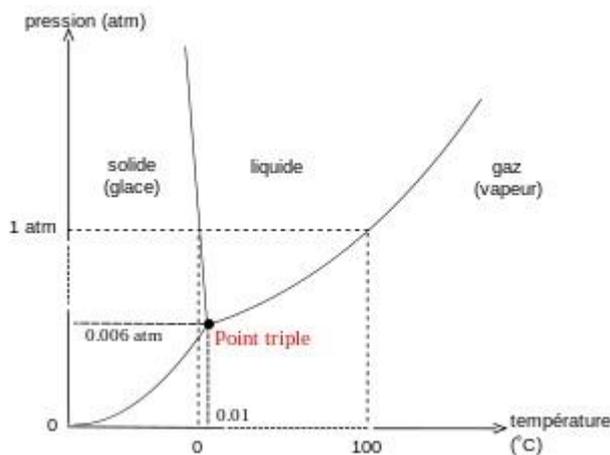
DEUXIEME PARTIE : LE POINT TRIPLE

Un **point triple** est un point du diagramme de phase température-pression d'une substance chimique pure où peuvent coexister trois phases différentes. Ce point est unique, c'est-à-dire que les trois phases ne peuvent coexister qu'à une température et une pression bien précises, dénommées « la température et la pression du point triple ».

Source : Wikipedia

+ revoir la partie du cours de SVT correspondante

Exemple de diagramme de phase



À pression atmosphérique normale, l'eau bout à 100°C et gèle à 0°C.

Ces températures de changement d'état de l'eau sont simples à retenir (le choix de l'échelle Celsius a été prévue pour ça), mais ne sont valables qu'à la pression atmosphérique normale de 1 atmosphère (1 atm).

En jouant sur la température et la pression, on peut noter pour chaque couple (température, pression) l'état dans lequel se trouve l'eau : gazeux, liquide ou solide, d'où le nom de ce type de graphique, diagramme de phase.

Vous avez vu précédemment que les molécules de la vie sont présentes à la surface de la Terre du fait des conditions de pression et de température qui permettent d'avoir de l'eau à l'état liquide.

- Reporter sur le graphe les conditions de P et T de la surface terrestre et de Titan : quel est l'état possible de l'eau sur cette lune ?

- Relever les coordonnées du point triple de l'eau.

- Pourquoi les axes présentent-ils des pointillés ?

Titan, une lune d'hydrocarbures ?

Observation du point triple du cyclohexane

Les coordonnées du point triple du cyclohexane sont : 279,48 K (6,33 °C) ; 5,388 kPa (53,88 mbar)

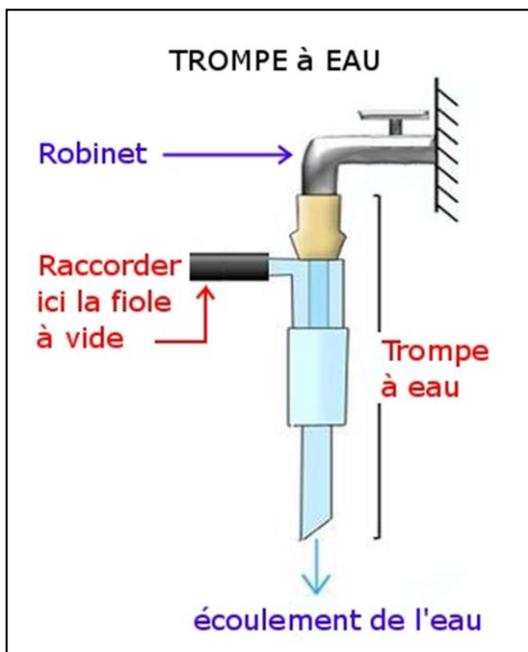
- Est-il possible d'observer les trois états du cyclohexane, sans rien faire de particulier ? Pourquoi ?

- Quelles conditions expérimentales faut-il mettre en œuvre pour l'observer ?

-

-

Une **trompe à eau** est un équipement de laboratoire qui permet de faire le vide dans une enceinte confinée. La plus faible dépression atteignable est liée à la pression de vapeur saturante de l'eau, laquelle dépend beaucoup de la température de l'eau :



T (°C)	P (mbar)	P (mmHg)
10	~12	~9
20	~23	~17
30	~42	~31
40	~74	~55

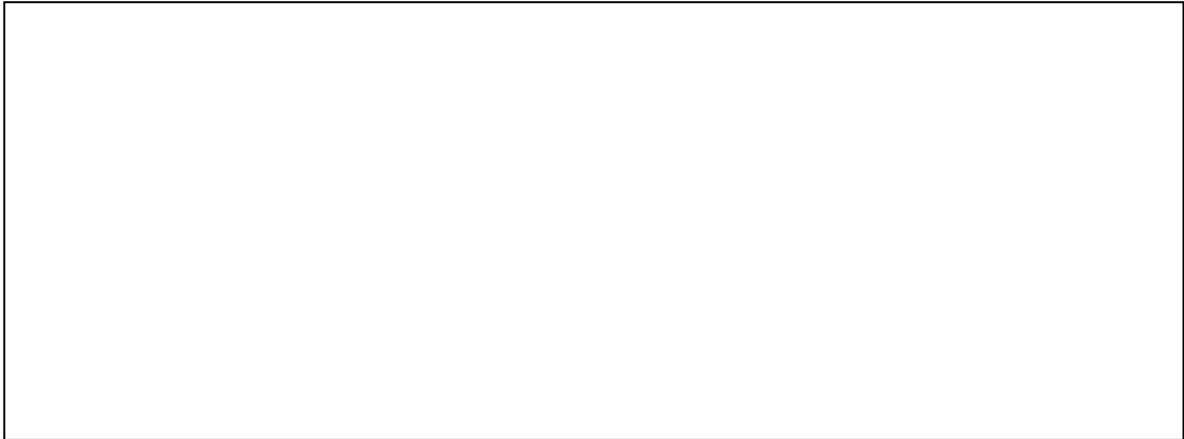
- Etablir un protocole expérimental permettant d'observer le point triple du cyclohexane.

-

-

Titan, une lune d'hydrocarbures ?

- Réaliser l'expérience et au moment opportun réaliser un **videogramme** à l'aide de votre Smartphone afin de participer au « concours du plus beau point triple » ainsi que des clichés.
- Insérer un cliché titré et légendé dans le cadre ci-dessous.



Quelques données sur Titan et son atmosphère

Vous avez également constaté que les **brumes de Titan et sa surface** ont une composition permettant d'envisager l'existence de molécules prébiotiques du fait des molécules présentes et des conditions de pression et de température :

Retrouvez ces arguments à partir des données suivantes :

Composition moyenne : $C_2H_6=76$ à 79% , méthane $CH_4 = 5$ à 10% , propane $C_3H_8 =7$ à 8% , acide cyanhydrique $HCN=2$ à 3% , acétylène $C_2H_2=1\%$ et diazote $N_2=0,3\%$ [2009].

Pression atmosphérique $=1,5$ bar et $T= -179/-210^\circ C$

Point triple du méthane ($P = 117$ hPa et $T = -182,47^\circ C$ [90,68 K]) inférieur à la pression atmosphérique terrestre ($1\text{ atm}=1013,25$ hPa), donc le CH_4 liquide ou solide ne peut exister à notre pression atmosphérique "normale".

Extrait du diagramme de phase du méthane avec une échelle logarithmique de la pression.

