

## ► POM de comète et POM d'ailleurs...

### Sources

Heliocentric evolution of the degradation of polyoxymethylene : application to the origin of the formaldehyde ( $H_2CO$ ) ex-tended source in Comet C/1995 01 (Hale-Bopp),

Nicolas Fray, Yves Benilan, Nicolas Biver, Dominique Bockelée-Morvan, Hervé Cottin, Jacques Crovisier, Marie-Claire Gazeau

Icarus, volume 184, issue 1, september 2006, 239-254,

### Notes

#### Nuage moléculaire :

Les nuages moléculaires sont des nébuleuses interstellaires qui ont une densité et une taille suffisante pour former de l'hydrogène moléculaire à partir d'hydrogène atomique ou ionisé. Des turbulences animent ces nuages et créent les conditions de formation des étoiles.

#### Sublimation :

Passage d'un corps de l'état solide à l'état gazeux, sans passer par l'état liquide. Cette transformation s'effectue dans des conditions particulières de pression et de température.

#### Coma :

Enveloppe visible autour du noyau des comètes développée à l'approche du Soleil. Constituée de poussières et de gaz neutres, cette sphère a un diamètre de plusieurs centaines de milliers de kilomètres.

#### Unité astronomique :

Distance moyenne entre la Terre et le Soleil soit environ 150 millions de kilomètres.

Les comètes comptent parmi les corps les plus mystérieux du Système Solaire. Elles se sont formées à partir du matériau contenu dans un [nuage moléculaire](#) qui s'est effondré sur lui-même pour donner naissance à notre Soleil et à son cortège de planètes.



Comète Hale-Bopp en avril 1997  
(© Nicolas Biver)

Les comètes sont des petits corps qui circulent autour du Soleil sur des orbites très elliptiques. Elles sont composées d'un noyau solide, principalement constitué de glaces et de poussières. Lorsqu'elles s'approchent du Soleil, leur surface s'échauffe, la glace se [sublime](#) provoquant des jets de gaz qui entraînent des molécules

qui s'ionisent et des poussières. Tout cela forme la [coma](#), et les deux queues caractéristiques qui sont parfois visibles à l'œil nu. L'une de ces queues est formée par les ions et l'autre par les poussières.

En raison de leur petite taille, la plupart des comètes n'ont probablement pas subi de processus de [différentiation](#). Leur orbite excentrée ne les expose qu'occasionnellement aux rayonnements solaires. La matière des comètes n'a probablement pas été modifiée depuis la formation de notre système solaire et pourrait donc avoir conservé la trace des conditions physiques et chimiques qui régnaient alors.

Depuis la Terre, une vingtaine de petites molécules a pu être identifiée dans la [coma](#) et dans les queues des comètes. L'eau, le monoxyde et le dioxyde de carbone sont les plus abondants. De faibles concentrations de composés organiques volatils comme le méthane, le méthanol, le cyanure d'hydrogène et l'acide carboxylique ont aussi été détectés. Cependant, d'après les toutes premières analyses *in-situ* faites par les sondes Giotto et Véga lors de l'exploration de la comète de Halley en 1986, les comètes pourraient contenir des structures moléculaires bien plus élaborées.

Depuis plus d'une dizaine d'années, l'abondance du formaldéhyde ( $H_2CO$ ) intrigue les observateurs. La [sublimation](#) de formaldéhyde gelé à partir du noyau n'explique pas totalement les quantités détectées. Il se formerait progressivement à l'intérieur même de la [coma](#) représentant, en jargon cométaire, [une source étendue](#). La transformation, dans les conditions cométaires, d'aucun autre composé gazeux ne peut expliquer ces observations.

► Dans la coma de la comète

Notes

**Différentiation :**

Lors de la formation d'une planète, la différenciation se produit si, sous l'effet de la gravité et des sources de chaleur interne, le matériau se fluidifie provoquant la ségrégation des atomes lourds, comme le fer et le nickel, qui vont s'accumuler dans le noyau. Inversement, les matériaux légers migrent vers la surface et constituent la croûte. Le corps planétaire doit avoir un diamètre d'au moins cinq cents à mille kilomètres.

**Source étendue :**

Les réactions chimiques dans la coma provoquent l'émission de molécules détectables à distance. Ce phénomène s'étend dans une région de plusieurs centaines de milliers de kilomètres de diamètre créant une source étendue. Le noyau est considéré, par opposition, comme une source ponctuelle de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de diamètre.

**Polymère :**

C'est un enchaînement répété de petites molécules identiques. Il peut former de très grandes molécules se repliant parfois sur elles-mêmes.

**Matière réfractaire :**

Substance qui demeure solide aux températures extrêmes que peut rencontrer naturellement une comète ou un astéroïde. Réfractaire s'oppose à volatil.

\* Par l'équipe « comètes » de l'Observatoire de Paris-Meudon.

Le polyoxyméthylène, appelé aussi POM ( $-(CH_2-O)-_n$ ), a souvent été évoqué pour expliquer l'origine du formaldéhyde dont il est un [polymère](#). L'hypothèse de sa présence dans le matériau du noyau cométaire est invérifiable pour l'instant. En effet, la matière organique qui existe à l'état solide dans le noyau ne peut pas être détectée par des mesures à distance. Cette [matière réfractaire](#) ne se révèle que par les produits volatils provenant de sa dégradation sous l'action de la chaleur ou du rayonnement ultraviolet.

Les auteurs ont mis au point, au laboratoire, des dispositifs expérimentaux pour reproduire des conditions semblables à celles qui règnent dans le noyau cométaire lorsqu'il se rapproche du Soleil. Ils étudient ainsi les produits de la [thermodégradation](#) ou de la [photodégradation](#) de différentes molécules organiques solides comme le POM. Ils comparent les résultats obtenus avec les observations faites sur les comètes et essaient de déterminer indirectement la nature de la [matière réfractaire](#) qu'elles abritent.



Fig 1 : Dispositif expérimental développé au LISA pour l'étude de la photodégradation de molécules d'intérêt cométaire. Expérience S.E.M.A.PH.OR.E. cométaire (Simulation Expérimentale et Modélisation Appliquées aux PHénomènes ORganiques dans l'Environnement cométaire).

La sonde Giotto a mesuré la distribution du formaldéhyde en fonction de la distance au noyau dans la [coma](#) de la comète de Halley. L'ajout, dans les modèles mathématiques, d'une faible proportion de POM dans la composition des grains cométaires donne des résultats compatibles avec ces mesures. De plus, l'évolution du taux de production de formaldéhyde en fonction de la distance au Soleil a été estimée\* à l'aide de télescopes terrestres dans la [coma](#) de la comète Hale-Bopp. Là aussi, les résultats obtenus sont compatibles avec l'hypothèse des auteurs et avec les résultats d'autres laboratoires utilisant des analogues de glace cométaire.

Ces résultats concordants, obtenus pour deux comètes différentes, renforcent l'hypothèse de la présence de POM dans les comètes. Cette question sera probablement tranchée grâce aux mesures de la sonde européenne [Rosetta](#) qui arrivera, avec son atterrisseur Philae, au voisinage de la comète Churyumov-Gerasimenko en 2014.

► POM, POM, POM, POM...

Notes

**Thermodégradation :**  
Dégradation de molécules sous l'effet de la chaleur.

**Photodégradation :**  
Dégradation de molécules sous l'effet de la lumière.

Contacts chercheurs

Hervé COTTIN et  
Nicolas FRAY

Laboratoire Inter-Universitaire  
des Systèmes Atmosphériques,  
UMR 7583 du CNRS  
CRETEIL

[fray@lisa.univ-paris12.fr](mailto:fray@lisa.univ-paris12.fr)

[cottin@lisa.univ-paris12.fr](mailto:cottin@lisa.univ-paris12.fr)

+ sur les comètes

[Site Internet du LISA](#)

[Site « comètes » de  
l'Observatoire de Paris-  
Meudon](#)

+ sur le CNES

[Site Internet du CNES](#)

[Site Internet missions  
scientifiques](#)

© CNES 2005

Reproduction possible à des fins non commerciales, sous réserve d'autorisation de notre part.

Conformément à la loi 78-17 "Informatique et Libertés" (art. 34 et art.36), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données vous concernant, en ligne sur ce bulletin.

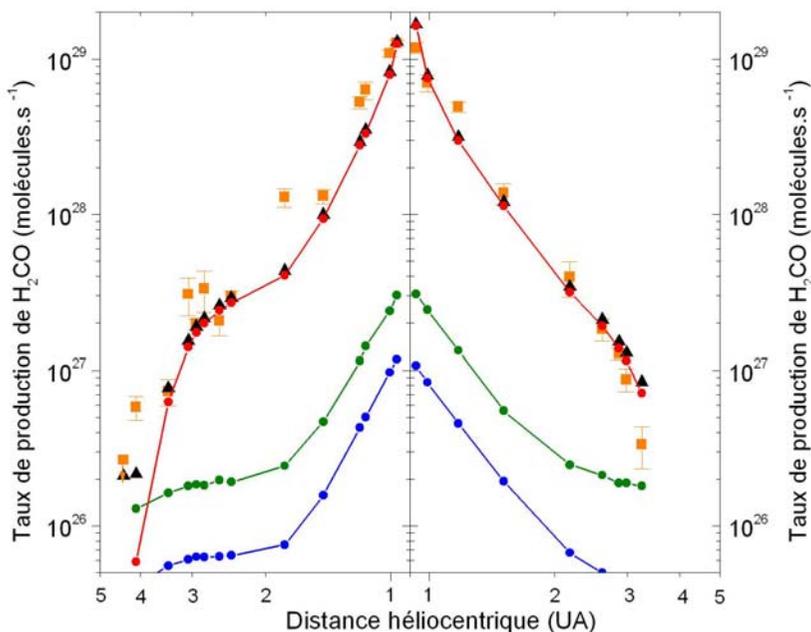


Fig. 2 : Evolution du taux de production de H<sub>2</sub>CO dans la comète Hale-Bopp en fonction de la distance héliocentrique.

- Taux de production de H<sub>2</sub>CO observés
- ▲ Taux de production total de H<sub>2</sub>CO calculés
- Taux de production de H<sub>2</sub>CO par dégradation thermique du POM (calcul)
- Taux de production de H<sub>2</sub>CO par dégradation photolytique du POM (calcul)
- Taux de production de H<sub>2</sub>CO par sublimation des glaces du noyau (calcul)

D'autres sources étendues cométaires retiennent l'attention : celles produisant respectivement les radicaux cyanogènes et la molécule de monoxyde de carbone. La phase **réfractaire** organique, face cachée des comètes, se dévoile peu à peu au travers des sources étendues. Sa composition indiquera les conditions qui régnaient à l'origine de notre Système Solaire. « Les comètes sont les archives du système solaire et la chimie est la pierre de Rosette qui permettra de décrypter le message qu'elles nous transmettent. » (Hervé Cottin).

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication : **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction : **Pierre Tréfouret** ■ Rédacteur en chef : **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction : **Martine Degrave** ■ Diffusion du magazine: **INIST diffusion** ■

Abonnement

Vous voulez vous abonner à la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à : [Abonnement version Française](#)

Vous voulez vous abonner à la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à : [Abonnement version Anglaise](#)

Désabonnement

Vous voulez vous désabonner de la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à : [Désabonnement version Française](#)

Vous voulez vous désabonner de la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à : [Désabonnement version Anglaise](#)