

QUESTION AUX EXPERTS

Pourquoi le ciel nocturne est-il noir et non pas brillant ?

La clé de l'énigme réside dans l'âge fini de l'Univers et dans le fait que les étoiles ne brillent pas éternellement.

Karen KWITTER



L'Univers semble statique. Dans toutes les directions, des astres distants nous envoient de la lumière. Dès lors, pourquoi leurs signaux ajoutés ne rendent-ils pas la voûte céleste brillante la nuit ? Cette question intrigue les astronomes depuis longtemps. Elle constitue le « paradoxe d'Olbers », car elle a été posée pour la première fois par l'astronome allemand Heinrich Olbers en 1823.

Olbers a formulé son paradoxe en ces termes : si l'on suppose que l'Univers est infini et qu'il contient une infinité d'étoiles (ou de galaxies) uniformément réparties, alors chaque direction d'observation devrait aboutir à la surface d'une étoile. La lumière qui nous parvient des astres devrait donc rendre le ciel nocturne aussi brillant que la surface d'une étoile. Or ce n'est pas le cas. Pourquoi ?

De nombreuses réponses ont été proposées à cette question bien plus profonde qu'il n'y paraît. L'une d'elles consiste à supposer que le milieu entre les étoiles, voire entre les galaxies, est rempli de gaz et de poussière qui absorbent la lumière des astres lointains. Mais cela ne résout pas le paradoxe d'Olbers, car la lumière absorbée par la poussière finirait par l'échauffer, de sorte que, *in fine*, elle rayonnerait autant que les astres lointains...

Une autre idée invoque l'expansion de l'Univers. La dilatation de l'espace allonge les longueurs d'onde des photons, les particules dont est constitué tout rayonnement électromagnétique. Cet effet, d'autant plus

prononcé que les photons proviennent d'un objet lointain, décale le spectre lumineux vers les grandes longueurs d'onde, c'est-à-dire vers le rouge.

Les longueurs d'onde du visible deviendraient ainsi... invisibles, puisqu'elles se situeraient dans l'infrarouge. Toutefois, le rayonnement ultraviolet des astres lointains devrait, lui, être décalé vers le visible. Or on constate que la luminosité du ciel nocturne dans le visible ne correspond pas à la somme du rayonnement ultraviolet des astres lointains. L'expansion de l'Univers ne suffit donc pas à expliquer pourquoi la nuit est noire.

Un univers infini, mais pas infiniment vieux

On considère aujourd'hui que le paradoxe d'Olbers s'explique par deux faits. Le premier est que, même si l'Univers est infiniment grand, il n'est pas infiniment vieux. Estimé par plusieurs méthodes, son âge est de l'ordre de 14 milliards d'années. Les données du satellite *Planck* ont d'ailleurs livré la valeur la plus précise à ce jour : 13,8 milliards d'années.

Ce point est essentiel : comme les ondes électromagnétiques se propagent à une vitesse finie d'environ 300 000 kilomètres par seconde, nous ne percevons la présence d'un astre lointain que si sa lumière a eu le temps de nous parvenir.

Ce délai de propagation des ondes lumineuses ne nous est pas familier, car, pour les distances habituelles, il est trop petit. Lorsque

nous assistons à un concert depuis un balcon suspendu, par exemple, la lumière indiquant que le chef d'orchestre situé à 30 mètres a levé sa baguette nous parvient en moins d'un dixième de millionième de seconde, ce qui est imperceptible. En revanche, lors des missions *Apollo*, les astronautes présents sur la Lune recevaient les messages du centre de contrôle situé sur Terre avec un décalage nettement perceptible de 1,26 seconde.

Ainsi, le temps de propagation augmente avec la distance et nous ne captions donc aucun signal lumineux émis à une distance supérieure à celle que la lumière a pu parcourir en 13,8 milliards d'années.

L'autre fait qui contribue à l'obscurité nocturne est que les étoiles et les galaxies ne sont pas éternelles. D'une part, elles n'ont pas toujours existé ; d'autre part, elles finissent toutes par pâlir, puis par cesser de briller.

La combinaison de l'âge de l'Univers et de la durée de vie finie des sources lumineuses qui le peuplent conspire avec la vitesse de la lumière pour limiter la portée de notre regard sur l'Univers. Ainsi, au contraire de ce que supposait Olbers, il nous sera toujours impossible de percevoir simultanément les émissions lumineuses de tous les astres lointains – puisque tous les rayonnements émis ne nous ont pas encore atteints et qu'une partie des sources de lumière se sont déjà éteintes. ■

Karen KWITTER est astronome au Williams College, dans le Massachusetts (États-Unis).



Abonnez-vous à POUR LA SCIENCE

OFFRE DÉCOUVERTE
12 n^{os} par an
4,90€
PAR MOIS
SEULEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'Industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

☒ **OUI**, je m'abonne à **Pour la Science** formule Découverte.
Je règle par prélèvement automatique de 4,90€ par mois et
je complète l'autorisation ci-contre. **J'économise 24% par mois.**
(IPV4E90)

MES COORDONNÉES

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____

Ville : _____

Tél. Pour le suivi client (facultatif) : _____

E-mail obligatoire : _____

@ _____

J'accepte de recevoir les informations de *Pour la Science* ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 31/01/2017 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à *Pour la Science*. Votre abonnement en prélèvement est reconduit automatiquement et peut être interrompu par simple lettre.

MANDAT DE PRÉLÈVEMENT SEPA En signant ce mandat SEPA, j'autorise Pour la Science à transmettre des instructions à ma banque pour le prélèvement de mon abonnement dès réception de mon bulletin. Je bénéficie d'un droit de rétractation dans la limite de 8 semaines suivant le premier prélèvement. Plus d'informations auprès de mon établissement bancaire.

TYPE DE PAIEMENT : PAIEMENT RÉCURRENT

Titulaire du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Désignation du compte à débiter

BIC (Identification internationale de la banque) _____

IBAN _____
(Numéro d'identification international du compte bancaire)

Établissement teneur du compte

Nom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Date et signature

Organisme Créancier

Pour la Science - 8 rue Férou - 75006 Paris

N° ICS FR92ZZZ426900

N° de référence unique de mandat (RUM)

Joindre un RIB

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

SCIENCE & GASTRONOMIE

Imperméabilité au gras

L'observation du glaçage des navets élimine une idée reçue sur la pénétration du beurre dans le légume.

Hervé THIS

On dit que les blancs en neige sont plus fermes quand ils sont salés ; que l'huile d'olive pénètre moins dans les frites que les autres huiles ; que l'ail bleuit quand il est posé sur des tomates que l'on confit ; que la viande se contracte au réfrigérateur ; que les légumes qui séjournent dans l'eau perdent leur goût... Cette litanie est lancinante. Le nombre de ce que l'on nomme les « précisions culinaires » est si considérable (plus de 25 000) qu'il est vain d'espérer régler ces questions dans un délai raisonnable, d'autant que les tests réservent des surprises.

Nous avons exploré le « glaçage » des navets, type de cuisson répandu et censé faire pénétrer la matière grasse à l'intérieur des légumes. Est-ce vraiment le cas ?

Dans la cuisine française, on distingue deux glaçages : à blanc et à brun. Dans les deux cas, les navets sont épluchés, éventuellement divisés, placés dans une casserole avec de l'eau (à hauteur), du beurre et du sucre. La cuisson est censée évaporer l'eau, faire entrer le beurre dans les navets et couvrir ces derniers d'une pellicule brillante : incolore pour le glaçage à blanc, brune pour le glaçage à brun, en raison d'une caramélisation du sucre.

Mais le beurre entre-t-il vraiment dans les tissus végétaux ? Ces derniers sont de divers types. Les principaux sont le tissu parenchymateux, où les cellules végétales sont jointives, et les tissus conducteurs, qui propagent la sève (brute, c'est-à-dire aspirée du sol, ou élaborée, c'est-à-dire chargée de sucres et d'acides aminés synthétisés dans les feuilles). Par ailleurs, à la membrane des

cellules végétales s'ajoute une paroi faite de celluloses, de pectines et d'autres composés, qui forme un ciment intercellulaire. Comment le beurre pénétrerait-il dans le légume ?

« Assurons-nous bien du fait, avant que de nous inquiéter de la cause », a écrit Fontenelle ! Aussi, avant de nous préoccuper des mécanismes éventuels de pénétration de la matière grasse, nous avons glacé des navets en les pesant à intervalles réguliers. Leur masse était constante, aux incertitudes de mesure près (près de 0,5 gramme en plus ou en moins pour 100 grammes de navet, en raison de l'adhérence de l'eau et de la matière grasse à la surface des navets). Était-ce une indication suffisante ? Non, car les navets auraient pu absorber la matière grasse et perdre de l'eau.

De l'eau en moins, mais pas de gras en plus

Puis, quand toute l'eau de glaçage a été évaporée, nous avons vu la masse des navets diminuer, jusqu'à atteindre 60 % de la masse initiale ! La variation était inattendue, car des navets cuits dans de l'eau ont une masse qui ne change pas. Manifestement, les navets perdent leur eau quand ils ne sont accompagnés que de sucre et de matière grasse, la seule eau restante étant la leur.

Mais la matière grasse ? Pour savoir si elle pénétrait, nous avons repris les expériences en colorant en rouge, à l'aide d'un colorant hydrophobe, la matière grasse – beurre ou huile. Le glaçage à blanc étant atteint, nous avons ouvert les navets et observé un beau blanc immaculé. Même pour les légumes un

peu âgés, creux, où la matière grasse aurait pu s'introduire par capillarité.

Pourquoi alors les cuisiniers ont-ils imaginé cette migration de la matière grasse ? Parce que le volume de beurre diminue lors de la cuisson, en raison de l'évaporation du petit-lait (jusqu'à 18 %) et d'éventuelles projections ? On ne le saura sans doute jamais. En tout cas, l'absence de pénétration a été testée plusieurs fois, toujours avec le même résultat.

Ce qui demeure, c'est cette spectaculaire perte d'eau des navets, après que l'eau de glaçage a été évaporée, pour les glaçages à blanc, et *a fortiori* pour les glaçages à brun. On comprend alors que les légumes prennent non seulement un goût supérieur, en raison des diverses réactions chimiques qui accompagnent le brunissement (souvenons-nous que du sucre est présent), mais aussi une consistance plus ferme, moins aqueuse : 40 % de perte d'eau, ce n'est pas rien.

Une précision culinaire réfutée sur 25 000. Plus que 24 999 ! Mais c'est ainsi que la cuisine, assise sur des techniques avérées, sera plus belle et donnera de meilleurs résultats. ■

LES ENFANTS N'AIMENT PAS LES NAVETS.



© Jean-Michel Thiriet



Hervé THIS, physicochimiste, est directeur du Centre international de gastronomie moléculaire AgroParisTech-Inra et directeur scientifique de la fondation Science & culture alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez la rubrique
Science & gastronomie sur
www.pourlascience.fr