



Entre le demi et le magnum

HERVÉ THIS

Le Champagne vieillit plus vite dans les petites bouteilles.

Le magnum de Champagne est un seigneur : les amateurs lui reconnaissent des qualités qu'ils ne trouvent pas dans les demi bouteilles. Ont-ils raison ? Le Champagne conservé couché évoluerait mieux parce que le bouchon serait humidifié en permanence et qu'ainsi il conserverait mieux ses propriétés hermétiques. Est-ce exact ? Au Centre interprofessionnel des vins de Champagne (CIVC), Michel Valade, Isabelle Tribaut-Sohier et Félix Bocquet ont examiné ces questions de conservation. Leurs expérimentations... débouchent sur une compréhension nouvelle du rôle des bouchons lors du vieillissement du vin.

Le Champagne est un vin qui mousse, par opposition à tous ces vins « tranquilles », dont les bulles sont presque un défaut. Qui mousse, mais pourquoi ? Parce que des levures introduites dans le vin en consomment le sucre, libérant du dioxyde de carbone dans l'espace clos de la bouteille ; celui-ci se dissout dans le liquide et le fait pétiller, quand saute le bouchon. Ce dernier est donc la clef du Champagne, avec la bouteille, puisqu'ils retiennent le gaz.

Longtemps, on a supposé que le bouchon était hermétique : le vin ne reste-t-il pas dans la bouteille ? Le vin, oui, mais pas le gaz : les œnologues savent que les bouteilles de Champagne perdent de leur pression au cours du vieillissement. L'observation de ce dégazage les a poussés à analyser plus finement le rôle des bouchons. Au cours de la fabrication, avant la pose des bouchons qu'ouvriront les gourmets, les producteurs utilisent des capsules munies d'un joint ; ils doivent choisir entre des joints de liège et des joints de plastique. Les œnologues ont comparé les deux systèmes de bouchage... et observé que la

perméabilité n'est pas régulière avec les joints de liège, ce qui explique les variations de bouteille à bouteille.

Avec les joints synthétiques, la régularité est supérieure, mais faut-il ainsi bloquer le passage des gaz ? Les jurys de dégustation ont clairement établi que les vins évoluent alors moins vite : ils ont moins ces goûts de fruits cuits, souvent associés à une oxydation. Une oxydation, mais pourquoi ? L'oxygène diffuserait-il à travers les bouchons ? Le rapport surface du bouchage sur volume de liquide expliquait-il les différences entre les demi bouteilles, les bouteilles et les magnums ?

Naguère, les dégustateurs avaient eu l'impression de telles différences, mais impression ne vaut pas démonstration. Pour étudier les différences entre des bouteilles de différentes tailles, les œnologues ont comparé le même vin de Champagne, tiré dans des conditions identiques et bouché de façon clas-

par les levures. Seuls restent l'azote et du dioxyde de carbone.

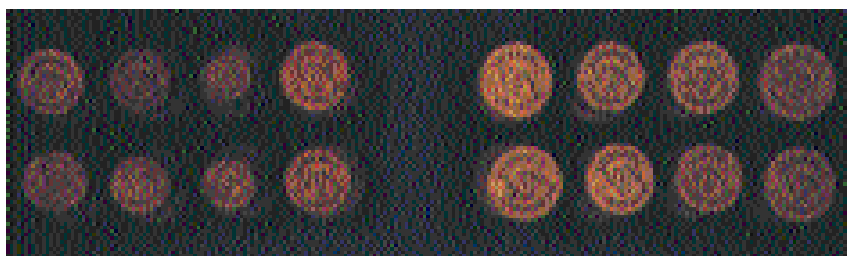
L'évolution du vin s'expliquait-elle alors par des échanges gazeux avec l'atmosphère, malgré le bouchon ? Les dosages montrèrent que, lors du vieillissement, la quantité d'oxygène qui entre par le bouchage est proportionnellement supérieure quand la capacité de la bouteille est faible : la quantité d'oxygène est approximativement identique pour les trois types de bouteilles, mais le volume de liquide qui réagit avec cet oxygène est inférieur pour les petites bouteilles. Si l'on comprend que le dioxyde de carbone quitte la bouteille, pourquoi l'oxygène entre-t-il ? Parce que sa pression partielle à l'extérieur des bouteilles (un cinquième d'atmosphère environ) est supérieure à la pression partielle dans le champagne (elle y est nulle).

La position de stockage, elle, n'a pas d'influence, sauf sur l'état des bouchons : les propriétés mécaniques du bouchon sont mieux conservées quand

les bouteilles sont conservées debout. Plus précisément, la force à exercer pour extraire le bouchon est supérieure, et les bouchons reprennent leur forme de champignon quand ils sont retirés des bouteilles, car le vin, quand il est au

contact du bouchon, pénètre progressivement dans le liège et altère ses propriétés mécaniques.

Enfin le CIVC a exploré l'influence de la Lune sur l'enrichissement en sucre des raisins avant la récolte. On s'en doutait, mais les premiers résultats l'indiquent : il n'y a pas d'effet !



Bouchons de bouteilles conservées couchées (à gauche) et debout (à droite).

sique par des capsules à joint de liège. Puis, après un vieillissement de un an, ils ont soumis les vins à un jury de dégustation : le vin des magnums paraît toujours plus jeune que celui des bouteilles, et le vin des demi bouteilles est plus évolué.

Des échanges avaient-ils lieu entre de l'oxygène présent dans le petit volume de gaz emprisonné lors du bouchage et le liquide ? Non, car les dosages ont montré que l'oxygène emprisonné dans ce volume ou dissous dans le vin est tout entier consommé

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 août 1998, avec la chronique Info Science de Marie-Odile Monchicourt.

L'or des musulmans

L'origine du métal qui compose les pièces indique l'évolution des zones d'influence.

Au VII^e siècle, alors que l'Europe est appauvrie, et que les empires byzantin et perse sont déchirés par des conflits incessants, les musulmans, partant d'Arabie, entreprennent la constitution d'un vaste empire. Les monnaies d'or frappées au cours de cette conquête témoignent de la progression de l'islam, et leur composition chimique indique l'origine de l'or : on précise ainsi quelles dynasties ont dominé les différentes régions productrices, et à quelles périodes.

Sous Abû Bakr, à qui Muhammad confie la direction de la prière en 632, année de sa mort, les musulmans entreprennent des expéditions militaires. Ils défont les Byzantins, et les Sassanides en Perse. En 650, ils ont conquis la Mésopotamie, la Palestine, la Perse, la Syrie, l'Égypte, Chypre et lancent leurs premières attaques en Ifriqiya (la Tunisie actuelle). Après la prise de

Carthage en 679 et celle de Cordoue en 711, les musulmans, que leur religion réunit malgré leurs divisions politiques, contrôlent tout le commerce en Méditerranée.

Le dinar, pièce d'or frappée pour la première fois au type arabisant par Abd al-Malik, qui règne de 685 à 705, devient «la» monnaie du commerce en Méditerranée et permet aux musulmans de financer leur conquête. D'où provenait l'or nécessaire à sa fabrication ?

Nous avons analysé le métal des dinars frappés à plusieurs époques et dans différentes régions, et nous avons comparé les concentrations des impuretés présentes. Cette comparaison n'est significative que pour quelques éléments chimiques : pendant la purification à haute température du minerai d'or, de nombreuses impuretés sont oxydées et évaporées, dans des proportions qui dépendent des conditions opératoires. Quelques éléments ne subissent pas ces transformations et restent donc intégralement dans le métal, mais ils y sont présents en très petites quantités.

Comment doser les monnaies sans les endommager ? Nous utilisons deux techniques. Le bombardement du métal

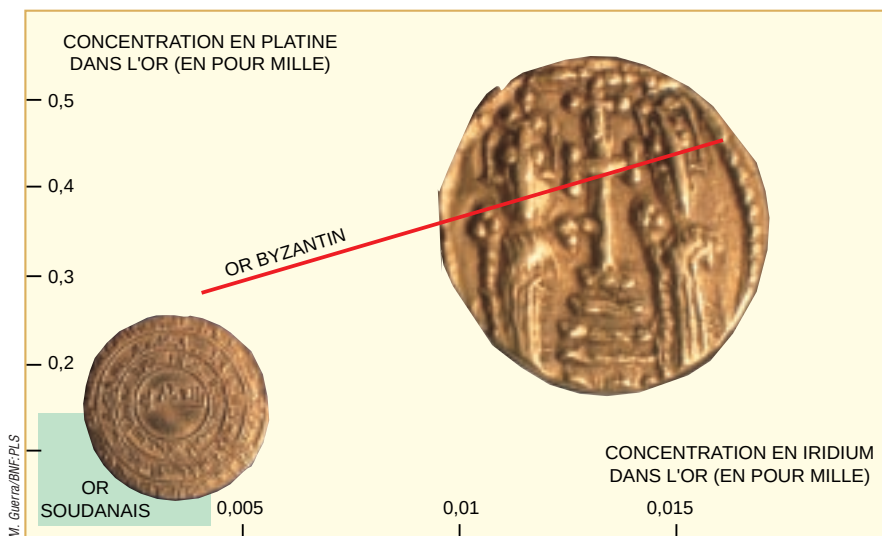
avec des protons transforme les différents éléments présents en isotopes radioactifs (un isotope d'un élément chimique est un atome dont le noyau contient le même nombre de protons, mais un nombre différent de neutrons). La désactivation naturelle de ces isotopes produit un rayonnement gamma à une énergie caractéristique de l'élément initial et dont l'intensité dépend de l'abondance de celui-ci. Nous analysons aussi, par spectrométrie de masse, des échantillons d'un microgramme seulement, prélevés par un laser et ionisés dans un plasma.

Après la prise de Carthage aux Byzantins (en 679), les musulmans frappent leur monnaie en Ifriqiya. L'or de ces dinars contient une forte proportion de platine, et le rapport entre les concentrations en iridium et en platine y est constant : c'est de l'or byzantin. Les pièces byzantines, récupérées par les conquérants, ont été fondues et refrappées, sans doute par le même personnel et dans les mêmes ateliers que sous la domination byzantine.

Les dinars frappés par la deuxième dynastie musulmane installée en Ifriqiya, les Aghlabides, le sont avec deux types d'or. La comparaison avec des dinars frappés en Égypte à la même période montre que le premier or aghlabide, frappé de 802 à 833, provient d'Égypte. Les pièces frappées après cette date, en revanche, contiennent peu de platine et beaucoup de gallium : l'or qui les compose provient certainement du Soudan (Mali, Niger et Mauritanie actuels). On date ainsi le début du contrôle (qui reste toutefois partiel) qu'exercent les Aghlabides sur les routes commerciales transsahariennes.

Au XI^e siècle, la dynastie Almoravides, originaire de l'Ouest saharien, réunit l'ensemble du Maghreb et de l'Andalousie sous sa domination. Les dinars almoravides, frappés en Espagne et dans les ateliers africains situés sur les plus importantes pistes transsahariennes, sont tous en or du Soudan. Ce résultat confirme que l'exploitation des riches gisements aurifères du Soudan procure assez d'or aux Almoravides : pour battre monnaie, ils n'ont besoin ni des réserves ni des mines d'or des territoires qu'ils ont conquis, notamment dans la péninsule ibérique.

Maria GUERRA, CEB IRAMAT-CNRS, Orléans



Les concentrations en platine et en iridium permettent de distinguer les différentes origines de l'or utilisé par les musulmans pour frapper leur monnaie au cours de leur conquête, du VII^e au XI^e siècle. À leur arrivée dans l'actuelle Tunisie, les musulmans frappent des pièces «arabo-latines» (à droite) en récupérant l'or des pièces byzantines. Le platine et l'iridium y sont assez abondants et, surtout, leurs concentrations varient proportionnellement (droite rouge). Les pièces frappées plus tard avec de l'or du Soudan (Mali, Mauritanie, Niger) contiennent peu de platine et d'iridium (rectangle vert). Elles contiennent en revanche une forte proportion de gallium.

Un vieux pluviomètre

Des sédiments lacustres enregistrent les variations de pluviosité depuis 6 000 ans.

La Terre se réchauffera-t-elle dans les prochaines décennies ? Si oui, quelles seront les conséquences sur le climat des différentes régions ? Une partie des réponses à ces questions réside dans les climats du passé, que les paléoclimatologues tentent de reconstituer, bien souvent à partir d'indices indirects, tels que les pollens fossiles, témoins de la végétation. Pour la première fois, des sédimentologues ont reconstitué directement des évolutions passées de la pluviosité en Afrique centrale : l'assèchement responsable du recul de la forêt tropicale lui est antérieur de plus de 1 000 ans.

Depuis la fin de la dernière glaciation, il y a 12 000 ans, la pluviosité a fortement varié en Afrique centrale. Une phase très humide a culminé il y a 9 000 ans. L'analyse des pollens fossiles, qui indique quelles espèces végétales sont présentes et en quelles proportions, révèle que la forêt tropicale humide couvrait à cette époque l'ensemble de la région. Puis le climat est devenu globalement plus sec. Il y a 2 800 à 3 000 ans, les arbres ont commencé à reculer, au profit de la savane. Cette transformation est plus ou moins marquée : la forêt a disparu des zones les plus sèches, elle a moins régressé dans les plus humides.

Cette transformation du paysage a-t-elle pour origine une brusque variation climatique ou n'est-elle que l'aboutisse-

ment d'un processus engagé depuis plus longtemps ? Pour trancher entre les deux possibilités, Dominique Schwartz, Jacques Bertaux et leur collègues de l'ORSTOM ont recherché les informations enregistrées par deux lacs, Sinnda et Kitina, situés au Sud du Congo, en prélevant des carottes de sédiments empilées au fond en couches régulières. La partie organique de ces carottes, surtout des restes des algues, des plantes aquatiques et de la végétation des rives, permet de dater les différentes couches par la méthode du carbone 14. Les minéraux contenus dans les sédiments, quartz, kaolinite et gibbsite, ont été arrachés des sols environnant par le ruissellement de l'eau de pluie. Dans la forêt tropicale, le ruissellement et l'érosion sont faibles : en l'absence de modification profonde de la végétation, l'abondance des particules minérales varie quasi proportionnellement à l'écoulement, donc à la pluviosité.

La mesure, par spectrométrie infrarouge, des variations de concentration en minéraux au cours du temps révèle une baisse progressive du ruissellement depuis plus de 4 000 ans. Comme cette diminution du ruissellement est antérieure à la modification de la végétation autour des lacs (qui n'a pas plus de 3 000 ans), elle n'a qu'une seule origine possible : la réduction de la pluviosité.

Pas de catastrophe climatique donc, mais un assèchement progressif du climat, dont les conséquences sur la végétation sont apparues avec un décalage d'au moins 1 000 ans. Le recul de la forêt n'est pas directement proportionnel à la pluviosité : les espèces de milieu humide n'ont commencé à disparaître que lorsque la pluviosité est passée au-

BRÈVES

Matériau composite

Au début du deuxième millénaire avant notre ère, les habitants de la ville de Mashkan-shapir, en Mésopotamie (à moins de 100 kilomètre de Bagdad aujourd'hui), manquaient de pierre pour moudre le grain. Selon Elisabeth Stone, de l'Université de l'État de New York, ils ont alors fabriqué un matériau synthétique qui présente les mêmes qualités de texture et de résistance que le basalte, en chauffant à 1 200 °C de la boue alluviale, qu'ils laissaient ensuite refroidir pendant plusieurs dizaines d'heures.

Popeye avait raison

Les chercheurs américains ont montré que les enzymes particulièrement puissantes contenues dans les feuilles des épinards pouvaient neutraliser des explosifs comme le TNT. La nitroréductase de l'épinard digère et transforme les composés explosifs en des molécules bénignes.



Davies & Starr, Inc. Liaison International

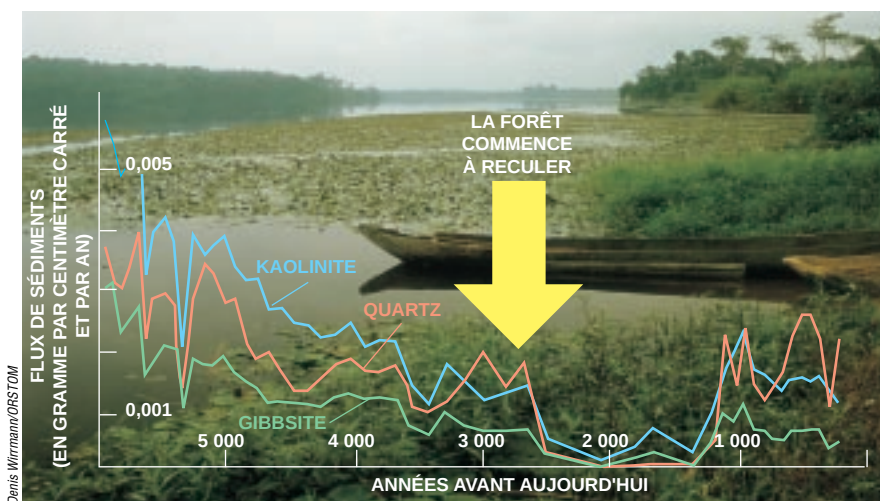
Premier choix

Les théoriciens des nombres ont lancé un défi : trouver le plus grand nombre de nombres premiers en progression arithmétique (dont la différence de deux nombres consécutifs est constante). Le record établi en mars 1998 est de 10 nombres premiers dont la différence est égale à 210. Le premier des « premiers » est 1009969724697142476377866558796984032958919004180360341775890434170334888215906. Les informaticiens pensent que ce record tiendra longtemps : pour trouver une progression arithmétique de 11 nombres premiers il faudra un temps de calcul mille milliards de fois supérieur.

Réchauffement de Triton

Le réchauffement global n'est pas propre à la Terre : sur Triton, l'un des satellites de Neptune, des astronomes ont noté une augmentation de la température de cinq pour cent entre 1989, époque du passage de la sonde *Voyager* à proximité, et aujourd'hui. Pour cette dernière détection, les astronomes ont attendu que Triton passe devant une étoile de la constellation du Sagittaire. Lors de ce passage, la mesure de la quantité de lumière de l'étoile absorbée par l'atmosphère de Triton, a permis d'y calculer la pression et la température.

Suite page 22



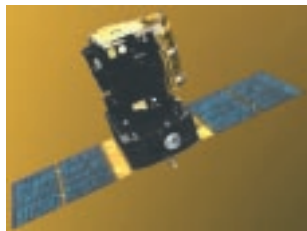
Les flux de sédiments minéraux (kaolinite, quartz et gibbsite) entraînés par le ruissellement au fond du lac Kitina, au Sud du Congo, pendant les 6 000 dernières années suivent les variations de la pluviométrie. Celle-ci a commencé à décroître bien avant que les conséquences de l'assèchement ne fassent reculer la forêt tropicale au profit de la savane.

La fin de la tonte

On pourra bientôt récupérer la laine des brebis sans les tondre. Une société australienne produit une protéine dont l'injection aux moutons fait tomber la toison en une semaine dans un filet dont on a préalablement enveloppé l'animal. Cette protéine a été isolée chez une race de moutons qui la produit naturellement. La laine ainsi obtenue est de longueur plus homogène qu'avec la tonte mécanique, et les animaux ne sont plus blessés par les lames des tondeuses.

Contact perdu avec SOHO

Les contrôleurs au sol ont perdu le contact avec l'Observatoire héliosphérique SOHO. Quand les communications sont interrompues, le programme du satellite le place en mode d'urgence (réorientation par rapport au Soleil) pour qu'il recharge ses batteries. La procédure a apparemment échoué et les efforts pour



rétablir le contact ont été vains. Lancé le 2 décembre 1992, SOHO avait terminé sa mission d'étude du Soleil en avril 1998, mais les astronomes espéraient observer le maximum d'activité solaire de l'an 2000.

Le sperme déshydraté

Comment conserver facilement la semence des souris transgéniques nécessaires aux biologistes? Les biologistes japonais ont la solution : en déshydratant le sperme de souris. La semence est conservée trois mois sous vide, à une température de quatre degrés, puis utilisée. Mode d'emploi : ajoutez de l'eau, coupez les têtes de spermatozoïdes et injectez-les dans des ovules à l'aide d'une micropipette. Sur 46 œufs implantés dans des souris femelles, 14 se sont développés normalement et ont donné naissance à des souris normalement constituées.

Des molécules froides

En refroidissant les atomes, les physiciens obtiennent des condensats de Bose-Einstein, où les atomes se confondent en un superatome. Les molécules sont plus difficiles à refroidir. En refroidissant d'abord des atomes de césium, puis en les associant deux à deux, des physiciens d'Orsay ont obtenu des molécules à une température de 300 microkelvins. Le condensat de molécules est en vue!

Suite page 24

Une pépinière de planètes?

Découverte d'un disque de poussières froides dans la constellation du Centaure.

Il y a près de cinq milliards d'années, les planètes de notre Système solaire se sont formées dans un disque de poussières. Aussi, la découverte d'un disque autour de l'étoile β de la constellation du Chevalet du peintre (β -Pictoris), voici une quinzaine d'années, indiqua pour la première fois qu'il pouvait exister des planètes autour d'une étoile autre que le Soleil.

Depuis, plusieurs planètes ont été décelées indirectement hors du Système solaire, par les perturbations du mouvement des étoiles autour desquelles elles orbitent, mais aucune planète n'a été vue directement (en mai 1998, le Télescope spatial *Hubble* aurait observé une planète dans la constellation du Taureau, mais ce résultat n'a pas été confirmé). Aussi, la recherche de disques de poussières a été l'un des domaines de recherche actif de ces dernières années. À l'aide de caméras qui enregistrent le rayonnement infrarouge, installées sur le télescope Keck, à Hawaii, une équipe d'astronomes américains vient de photographier, dans la constellation du Centaure, un disque plus froid que celui de β -Pictoris.

Comment détecter les disques de poussières? Les astronomes savent que les étoiles qui émettent plus de rayon-

nement infrarouge que la moyenne sont probablement entourées d'un disque de poussières : ces dernières, chauffées par le rayonnement visible de l'étoile, rayonnent des infrarouges. En 1984, le satellite *IRAS* a détecté de nombreuses étoiles qui présentent un tel excès dans l'infrarouge. HR 4796 est l'une d'elle. Comme plus des deux tiers des étoiles de notre Galaxie, HR 4796 est une étoile double.

Au télescope Keck, les astronomes ont observé ce système dans l'infrarouge car, à ces longueurs d'onde, l'étoile émet peu de lumière : l'éventuel disque de poussière ressort. La première image de ce système stellaire a révélé un disque autour de l'une des étoiles du système avec un trou dans sa partie interne.

À quoi est dû ce trou? Une particule de poussière en orbite circulaire perd de l'énergie et tombe en spirale vers l'étoile. Deux mécanismes peuvent bloquer cette chute. D'une part, la captation des poussières par une planète, d'autre part, l'élimination par collisions internes. Lorsque deux poussières entrent en collision, elles sont divisées en poussières beaucoup plus fines, pour lesquelles la gravitation devient négligeable ; elles sont alors éjectées du système par le rayonnement. Aussi, l'absence de poussières à proximité de l'étoile indique la présence possible d'une planète, mais surtout que les poussières ne sont pas produites dans cette région.

La double particularité de cette découverte tient à la grande taille de ce vide et à la jeunesse du système. Le trou interne a un diamètre de 50 unités astronomiques, c'est-à-dire la taille du Système solaire. Ensuite, l'âge de HR 4796 a été déterminé

précisément. Le résultat a surpris les astronomes : une dizaine de millions d'années, alors que β -Pictoris est âgée de 200 millions d'années. Ce disque est d'âge intermédiaire entre des disques autour d'étoiles en formation, comme les étoiles *T-Tauri*, âgées de quelques millions d'années à peine, et des disques autour d'étoiles plus âgées, comme β -Pictoris. Dans des disques de poussières de cet âge, des planètes pourraient s'être formées il y a peu de temps. Avec le démarrage du VLT, le très grand télescope européen, et les techniques d'interférométrie à très longue base, les astronomes pensent observer des détails des disques, dont des planètes.

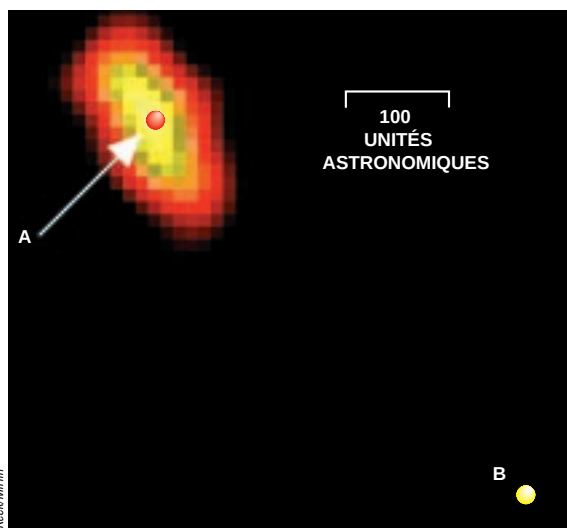


Image en fausses couleurs du disque autour de l'étoile HR 4796A (B désigne l'emplacement du compagnon, HR 4796B). Le disque rayonne dans l'infrarouge à une longueur d'onde de 19,2 micromètres. L'émission résulte de poussières chauffées par l'étoile. La forme allongée de l'émission indique que le disque est observé presque par la tranche.