

La face cachée de l'ambre

Carol Ann O'Hare est journaliste scientifique.

Comment observer des insectes emprisonnés depuis 100 millions d'années dans de l'ambre opaque? Depuis peu, les paléontologues ont recours à la technique d'imagerie en rayons X du synchrotron.



LA MOUCHE SUR CET ÉCRAN mesure 0,9 millimètre de long et est invisible à l'œil nu. Prise au piège dans de la résine translucide, il y a plus de 100 millions d'années, elle a pu être identifiée par les paléontologues du laboratoire Géosciences de Rennes, grâce à la microscopie optique. Cette technique est aujourd'hui complétée par l'utilisation des rayons X du synchrotron.

IMAGES EN TROIS DIMENSIONS RECOLORISÉES : une blatte, *Batola nicoleis*, de 1 millimètre de long (ci-dessous)...



... UNE NOUVELLE ESPÈCE D'ARAIGNÉE du Crétacé mesurant 1 millimètre de long (ci-contre)...

... ET UNE FOURMI qui mesure 1,5 millimètre et qui n'a pas encore été nommée (ci-contre).



L'AMBRE, en France, provient de deux gisements de Charente-Maritime. Le premier, en haut, est situé en bord de mer, le second dans une carrière de sable. Chaque morceau d'ambre est extrait du sol rocheux ou récolté après tamisage du sable.

Pour observer les organismes emprisonnés dans l'ambre fossile, la loupe binoculaire et le microscope optique font aujourd'hui figure d'instruments du passé. Un des spécialistes français de cette discipline, Didier Néraudeau, du laboratoire Géosciences de Rennes, emploie désormais un des générateurs de rayons X les plus puissants au monde: le synchrotron. Et les résultats sont au rendez-vous. Cette technologie a permis cette année d'obtenir des images tridimensionnelles de plumes de 2,3 millimètres de long, incluses dans l'ambre et datant de l'époque où coexistaient dinosaures à plume et premiers vrais oiseaux [1]. Cela a permis d'étudier avec précision l'agencement des barbes, ces filaments qui constituent ces vestiges de plume.

«L'avantage du synchrotron, c'est que l'on peut rechercher très rapidement les organismes emprisonnés dans des morceaux de résine d'environ 5 centimètres de diamètre. Nous ne sommes plus obligés de fragmenter l'ambre en miettes pour rendre possibles nos observations. Nos trouvailles s'enchaînent», explique Didier Néraudeau. Ainsi, le paléontologue et son équipe ont découvert un acarien d'à peine 0,8 millimètre ou encore une guêpe frôlant les 4 millimètres et un gastéropode, seul escargot identifié à ce jour dans l'ambre du Crétacé*.

Tout commence en 1999, lorsque Didier Néraudeau fouille une carrière en Charente-Maritime et découvre le plus ancien gisement français d'ambre. Datant

du Crétacé, ce dernier recèle une impressionnante quantité d'animaux en tous genres. Des plus vieilles fourmis connues sur Terre jusqu'aux araignées et crustacés en passant par les mouches, ce sont en tout près d'un millier d'animaux fossilisés que réussit à déboucher l'équipe rennaise!

Sonder la matière opaque

Pour les identifier, les paléontologues utilisent d'abord des loupes binoculaires et des microscopes optiques.

Mais ces techniques limitent leurs observations aux insectes emprisonnés dans l'ambre translucide, dit «clair». Ce type d'ambre est en effet le seul à laisser passer la lumière. Or, sur les 100 kilogrammes de résine fossilisée dont disposent les paléontologues, moins de 20% font partie de cette catégorie. Le reste de l'ambre, dit «opaque», ne peut être étudié. Mais en 2006, Didier Néraudeau, épaulé par Paul Tafforeau, spécialiste de microtomographie appliquée aux fossiles, et Malvina Lak, doctorante au laboratoire Géosciences de Rennes, commencent à utiliser l'installation européenne de rayonnement synchrotron (ESRF).

* Le Crétacé est la période géologique s'étendant de 145 millions à 65 millions d'années.

[1] V. Perrichot et al., Proc. Biol. Soc., 275, 1197, London, 2008.

Le synchrotron permet d'identifier rapidement de nombreux organismes

puissants faisceaux de lumière capables de sonder la matière. Produits à partir d'un anneau de 844 mètres de long, dans lequel circulent des électrons à très haute énergie, ces faisceaux sont composés de rayons X. Dix mille milliards de fois plus intenses que les rayons X des instruments de radiographie classique, comme le scanner médical, les faisceaux de lumière synchrotron alimentent une quarantaine de stations, les «lignes de lumière», où les chercheurs pratiquent leurs explorations. Chacune est spécialisée dans un domaine ou une technique particulière d'analyse.

Pour l'ambre, deux techniques sont employées successivement. La microradiographie permet de localiser les animaux. Tous les blocs d'ambre ne recèlent pas d'organismes, en effet: la densité la plus courante est en moyenne de deux ou trois insectes pour une trentaine de morceaux. Les rayons X du synchrotron traversent l'échantillon d'ambre et projettent sur un écran les images radioscopiques qui révèlent la silhouette des prisonniers de la résine. Ces dernières sont filmées par une caméra.

Afin d'améliorer cette technique, l'équipe de Rennes a eu l'idée de radiographier les morceaux d'ambre plongés dans de l'eau. En effet, la surface des morceaux d'ambre présente des fissures et autres imperfections qui perturbent la trajectoire des rayons X. L'eau et l'ambre ont des densités très proches et



LES MORCEAUX D'AMBRE recelant des organismes sont classés et répertoriés (en haut). Avant leur analyse aux rayons X, ils sont placés dans des tubes contenant de l'eau ou du gel. Ainsi, la trajectoire des rayons n'est pas perturbée.

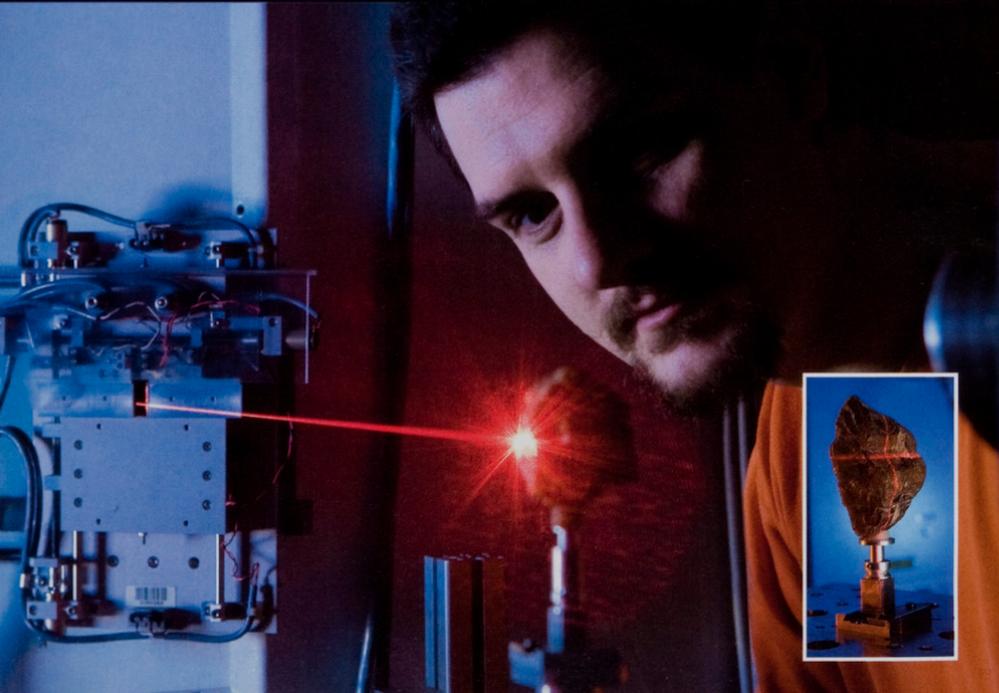


L'AMBRE TRANSLUCIDE, à gauche, et l'ambre opaque, à droite, proviennent du même gisement: une carrière de sable, ancienne forêt de conifères (ci-contre). Sur les 100 kilogrammes d'ambre extraits, moins de 20% sont translucides. Pour le moment, seuls 7 kilogrammes ont été passés au crible par les paléontologues. Une trentaine de morceaux d'ambre contiennent en moyenne deux ou trois insectes.





CE PALÉONTOLOGUE place les échantillons d'ambre en face d'un détecteur haute résolution afin de réaliser une radiographie. Il peut ainsi savoir si les échantillons d'ambre opaque abritent des insectes. Si tel est le cas, l'échantillon est, comme ci-dessous, soumis à la ligne de lumière du synchrotron pour la microtomographie : cette étape permet d'obtenir des images en trois dimensions des insectes.



⇒ donc des indices de réfraction presque équivalents : les déformations et les contours de l'ambre s'estompent, permettant ainsi de détecter plus facilement les fossiles. L'atout du synchrotron réside dans le fait qu'il permet d'identifier très rapidement une grande diversité et quantité d'animaux. Lors de sa première manipulation, Malvina Lak a pu localiser plus de 350 animaux, tous de très petites tailles, dans 2 kilogrammes d'ambre opaque, et en seulement quelques jours ! Par comparaison, en trois ans de thèse, Vincent Perrichot, aujourd'hui à l'université du Kansas, en avait identifié 650 avec les techniques classiques.

Un spécimen de référence

Vient ensuite l'étape de microtomographie. Après avoir repéré où se cachent précisément les insectes, le morceau d'ambre qui les abrite est soumis au même rayonnement intense du synchrotron, mais, cette fois-ci, l'échantillon est placé sur un support qui tourne sur lui-même. Cela permet d'obtenir des images de l'insecte sous tous les angles et de construire une représentation en trois dimensions ⇒



LE DÉTECTEUR pour la microtomographie est composé d'un microscope optique, à droite, avec ses objectifs, sur lequel vient se superposer un scintillateur (à gauche) qui convertit les rayons X du synchrotron en lumière visible.



DANS LE SYNCHROTRON DE L'ESRF, les électrons produisent des faisceaux de lumière qui alimentent des lignes de lumière, ci-dessus, avant de venir éclairer l'ambre. Pour cela, les électrons circulent dans un anneau de 844 mètres de diamètre, situé dans le bâtiment ci-dessous.



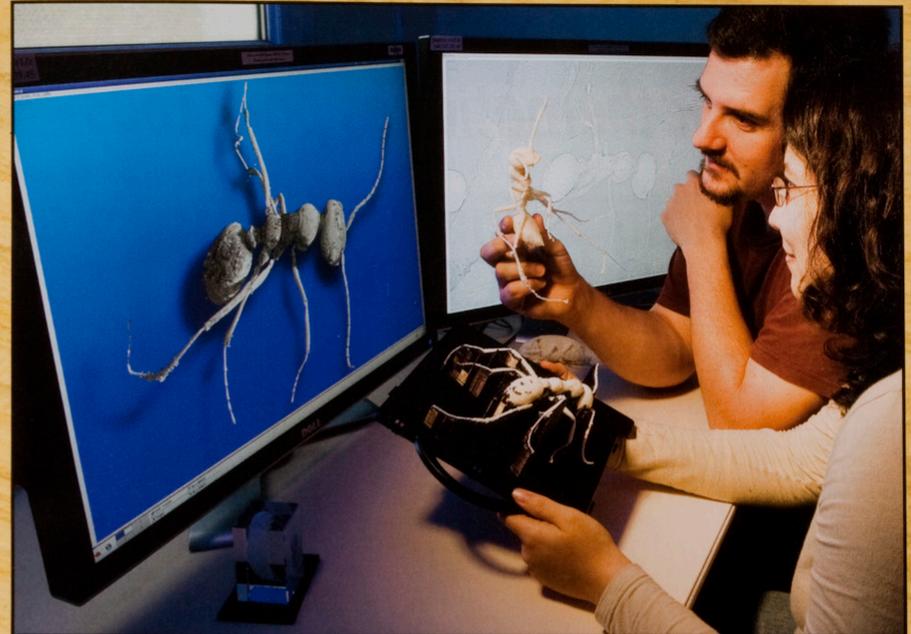


CES SIX SPÉCIMENS, représentés en trois dimensions, ont été trouvés dans l'ambre opaque et sont tous de nouvelles espèces du Crétacé (de gauche à droite et de haut en bas) : un myriapode, une araignée, un coléoptère, une forme de crustacé, une guêpe et un rameau de conifère.

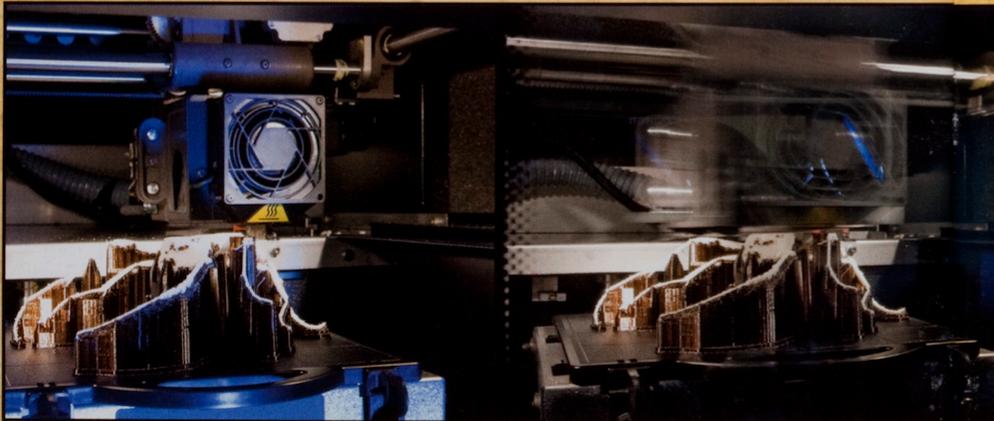
de l'organisme. Une fois ces images tridimensionnelles réalisées, les chercheurs peuvent éventuellement concevoir une statue de l'insecte en plastique d'une vingtaine de centimètres de long environ, à l'aide d'une imprimante 3D. À l'instar d'une imprimante classique, elle produit une réplique du modèle numérique de l'insecte, mais en relief. Grâce aux coupes en trois dimensions de l'animal obtenues avec la microtomographie, l'imprimante dépose de la résine blanche en couches successives de moins d'un millimètre d'épaisseur. La superposition de ces feuilles de résine donne ainsi forme à la statue.

L'université de Rennes possède déjà plus d'une dizaine de ces insectes modélisés. Un gadget? Pas vraiment. Ils permettent aux paléontologues de manipuler ces organismes dans tous les sens et d'apprécier les particularités morphologiques de l'insecte, comme la nervure des ailes, les poils sur les pattes..., autant de détails qui étaient jusqu'à présent difficiles à observer sur un écran d'ordinateur. À terme, l'objectif est de classer ces trouvailles par genre, espèce et famille, car « presque tous les insectes découverts sont de nouvelles espèces », précise Malvina Lak. Chaque nouvelle espèce identifiée doit être classée et représentée par un spécimen de référence. Les modèles géants en trois dimensions ont l'avantage d'être accessibles directement aux chercheurs des autres équipes sans qu'ils aient à refaire toutes les étapes d'analyse synchrotron et servent ainsi de spécimens de référence. ■ C.A.O.

Reportage photos :
Pascal Goetgheluck / Double vue



À PARTIR DES MODÉLISATIONS INFORMATIQUES (sur l'écran), les paléontologues construisent des répliques en plastique des insectes. Plus faciles à manipuler, ces modèles servent à décrire en détail la morphologie de chaque découverte.



UNE RÉPLIQUE de l'insecte en relief d'environ 20 centimètres de long est réalisée à l'aide d'une imprimante 3D. Cette dernière dépose sur un support en plastique de fines couches successives de résine blanche de moins d'un millimètre d'épaisseur.