

# Des insectes reprennent forme

Carol Ann O'Hare est journaliste.

Reportage photos : Pascal Goetgheluck.

*Comment faire parler des fossiles emprisonnés dans l'ambre depuis des millions d'années ? Avec un appareil de radiographie en trois dimensions ultrapuissant, le synchrotron. La technique permet de décrire avec une grande précision les caractères morphologiques d'insectes peu connus.*



*Malvina Lak, du laboratoire Géosciences de Rennes, observe un modèle de fourmi imprimé en trois dimensions. L'original est dans un fragment d'ambre.*

**P**our observer les organismes emprisonnés dans l'ambre fossile, la loupe binoculaire et le microscope optique font aujourd'hui figure d'instruments du passé. Didier Néraudeau et ses collègues du laboratoire Géosciences de Rennes, spécialisés dans l'étude de l'ambre, utilisent désormais l'un des générateurs de rayons X les plus puissants au monde : le synchrotron. Et

les résultats sont au rendez-vous. Cette technologie a permis, en 2008, 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 plumes et premiers oiseaux modernes [1]. De quoi étudier avec précision l'agencement des barbes, des filaments qui constituent ces vestiges de plumes.

« L'avantage du synchrotron, c'est que l'on >>>

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

**\*LES CYANOBACTÉRIES** sont des bactéries capables de réaliser la photosynthèse.



*L'ambre est récolté par Didier Néraudeau, du laboratoire Géosciences de Rennes, et ses collègues dans deux sites de Charente-Maritime : sur les plages de l'île d'Aix (en haut), entre La Rochelle et l'île d'Oléron, et dans une carrière de sable du continent (ci-dessus).*

»» 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, grâce aux techniques d'imagerie du synchrotron, ce sont plusieurs centaines d'insectes, d'araignées, de crustacés et même de mollusques qui ont été découverts dans de l'ambre très opaque.

Ils s'ajoutent aux milliers d'arthropodes, annélides, bactéries, algues et champignons trouvés visuellement dans l'ambre translucide.

Tout commence en 1999, lorsque Didier Néraudeau fouille une carrière en Charente-

Maritime et découvre le plus ancien gisement français d'ambre. Datant du milieu du Crétacé (environ 100 millions d'années), ce dernier recèle une impressionnante quantité d'organismes en tous genres. Des plus vieilles fourmis connues sur Terre jusqu'aux plumes de dinosaures en passant par les cyanobactéries\* ou les amibes, ce sont en tout près d'un millier d'organismes fossilisés que réussit à débusquer l'équipe rennaise, en collaboration avec le synchrotron de Grenoble et le Muséum d'histoire naturelle de Paris !

**Ambre opaque.** Pour les identifier, les paléontologues utilisent d'abord des loupes binoculaires et des microscopes optiques. Mais ces techniques limitent leurs observations aux insectes ou aux micro-organismes (bactéries, amibes...) emprisonnés dans l'ambre translucide, dit « clair ». Ce type d'ambre est en effet le seul à laisser passer la lumière. Or, sur les 150 kilogrammes de résine fossile dont disposent les paléontologues, moins de 20 % font partie de cette catégorie. Le reste de l'ambre, dit « opaque », ne peut être étudié. Mais depuis 2006, Didier Néraudeau, en collaboration avec Paul Tafforeau et Carmen Soriano, spécialistes de la microtomographie appliquée aux fossiles de l'ambre, utilise l'installation européenne de rayonnement synchrotron.

Fonctionnel depuis 1994, ce synchrotron produit de puissants faisceaux rayons X capables de sonder la matière, à partir d'un anneau de 844 mètres de long, dans lequel circulent des électrons à très haute énergie. 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. En effet, 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, Paul Tafforeau 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 »»



*Ces plumes d'environ 1 millimètre de long, piégées dans l'ambre, appartenaient à un dinosaure ou à un oiseau archaïque du Crétacé.*

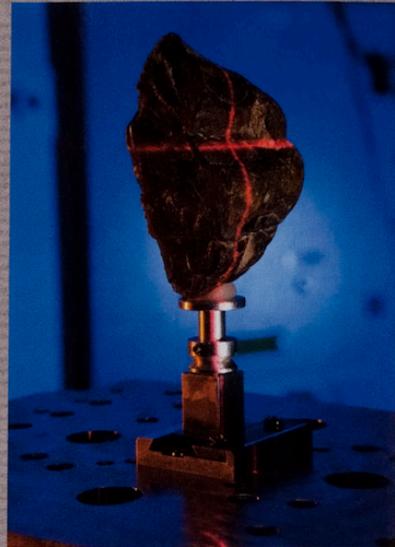
DIDIER NÉRAUDEAU ET VINCENT PÉRCHOUD/ESF, GRENOBLE/UMR 6118 CNRS



*Au laboratoire, Didier Néraudeau examine les échantillons d'ambre collectés sur différents sites afin de sélectionner ceux qui seront radiographiés.*



Paul Tafforeau, de l'ESRF à Grenoble, place les échantillons d'ambre opaque en face d'un détecteur haute résolution afin de réaliser une radiographie (ci-dessus). Il peut ainsi savoir s'ils abritent des insectes.



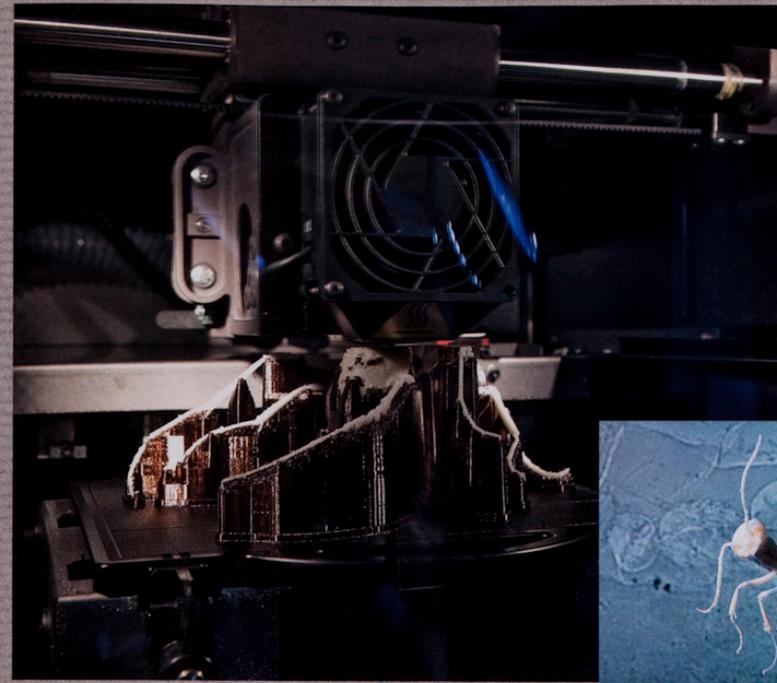
L'échantillon contenant des insectes est ensuite soumis à une microtomographie X (ci-dessus). Le détecteur (ci-contre) utilisé pour celle-ci se compose d'un microscope optique (à droite sur l'image) sur lequel vient se superposer un scintillateur (à gauche sur l'image) qui convertit les rayons X en lumière visible.

>>> des rayons X. L'eau et l'ambre ont des densités très proches et 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 une grande quantité d'animaux. Lors des expérimentations de 2009, Carmen Soriano et Paul Tafforeau ont localisé plusieurs centaines d'organismes, tous de très petites tailles, dans quelques kilogrammes d'ambre opaque ! Par comparaison, en trois ans de thèse, Vincent Perrichot, aujourd'hui enseignant-chercheur à Rennes, en avait identifié 650 avec les techniques classiques.

**Insectes modelés.** Vient ensuite l'étape de microtomographie. Le morceau d'ambre qui abrite un insecte est soumis à nouveau au rayonnement intense du synchrotron, mais cette fois-ci il est placé sur un support qui tourne sur lui-même. Cela permet d'obtenir des images de l'insecte sous tous les angles et d'en construire une représentation en trois dimensions. 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 tridimensionnelle. 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 grâce à la microtomographie, l'imprimante dépose de la résine en couches successives de moins de 1 millimètre d'épaisseur. La superposition de ces feuilles de résine donne ainsi forme à la statue.

Plus d'une vingtaine de spécimens ont ainsi été imprimés en trois dimensions. 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 genres, espèces et familles, car presque tous les insectes découverts sont de nouvelles espèces. 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. ■



Une réplique en relief de chaque insecte est réalisée à l'aide d'une imprimante qui dépose successivement de fines couches de résine de moins de 1 millimètre d'épaisseur (ci-contre). Plus faciles à manipuler que les modèles informatiques (sur l'écran, photographie ci-dessous), ces modèles permettent de décrire en détail la morphologie de chaque animal.



CET ARTICLE est la version revue et mise à jour par son auteur du texte paru dans le n° 425 de La Recherche.