

Le synchrotron de Grenoble a mis au jour des insectes de 100 millions d'années

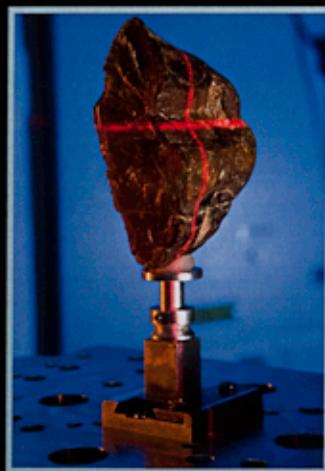
Un scarabée se cache dans ce caillou

Prenez un morceau d'ambre aussi opaque qu'un caramel au lait. Bombardez-le de rayons X ultrapuissants. Et vous obtiendrez des trésors de la faune et de la flore de la préhistoire.

Texte Pedro Lima - Photos Pascal Goetgheluck/Doublevue



A l'intérieur de ce bloc d'ambre ultra-opaque, de minuscules animaux préhistoriques sont emprisonnés. Six cent quarante nodules comme celui-ci ont été analysés au synchrotron de Grenoble.



Le faisceau de rayons X frappe la cible

Pour être étudié, chaque bloc d'ambre opaque est positionné au millimètre, entre la sortie du faisceau de rayons X généré par le synchrotron et le capteur. Il ne doit ensuite plus bouger ! Tous les morceaux d'ambre opaque ne contiennent pas forcément un trésor. Pour trouver les bons candidats, les chercheurs passent d'abord les tas de cailloux au crible de la radiographie « classique », qui repère des formes animales ou végétales.



La quête commence dans une carrière

Deux kilos d'ambre opaque ont été récoltés, sous forme de petits nodules, dans des carrières ou des gisements côtiers de la Charente-Maritime. Ces sites remontent au milieu du crétacé, il y a cent millions d'années ! Comment le sait-on ? En recherchant des marqueurs chronologiques : des espèces de pollens, de spores ou d'organismes aquatiques tels que des foraminifères, qui n'ont existé qu'à cette époque.



L'ordinateur produit une incroyable image virtuelle

Les rayons X d'une des lignes de lumière du synchrotron révèlent un coléoptère, du sous-ordre Polyphaga, de 4 mm de long. Au total, 1 500 radiographies en contraste de phase sont prises durant la rotation de l'échantillon, puis un algorithme reconstitue le volume coupe par coupe. On obtient ainsi une vue tridimensionnelle de l'insecte sur ordinateur. Cette technique non destructive d'analyse en trois dimensions, c'est la microtomographie.



Une « imprimante » sort un modèle en trois dimensions

Grâce à un dispositif appelé « imprimante 3D », à base de fils plastiques déposés et moulés à chaud, les chercheurs obtiennent des répliques de grande taille des organismes observés par la microtomographie. Ces modèles leur permettent d'étudier la morphologie externe des animaux, et de les mettre à la disposition de la communauté scientifique, sans devoir refaire la manipulation au synchrotron, coûteuse et risquée pour les échantillons.



Le laser permet de découvrir les organes internes

Comble du luxe, le scarabée est gravé dans le cristal ! L'objectif : admirer ses structures internes. Il est sculpté au laser dans un bloc de verre, appelé cristal optique, plus dense que le verre classique. Le rayon laser le frappe et produit une « brûlure », sous la forme d'un point blanc. Des millions de points donnent corps à l'insecte. Cette technique est complémentaire de celle de l'imprimante 3D, qui ne réplique que l'enveloppe extérieure de l'animal. ■■■

La scène se déroule il y a cent millions d'années, quelque part dans l'immense delta qui recouvrait les Charentes actuelles. Le paysage est constitué de mangroves, d'îles arborées et de bras de rivières. Dinosaures, crocodiles et tortues foulent les sols marécageux... Au pied d'un immense conifère, toute une minifaune grouille : fourmis, araignées et acariens. Tout à coup, c'est le drame. S'échappant d'une blessure ouverte sur le tronc de l'*Agathoxylon*, une coulée de résine s'abat sur le peuple des herbes. Affolés, les plus gros, comme les libellules, se débattent et réussissent à s'échapper, perdant au passage une patte, une aile ou une antenne. Mais pour les moins chanceux, et les plus petits, c'est la fin. Les voilà emprisonnés dans la résine, qui se transforme peu à peu en ambre.

Leur attente va durer cent millions d'années, jusqu'à ces journées de 1999 au cours desquelles le géologue Didier Néraudeau, du laboratoire Géosciences de l'université de Rennes, récolte dans les Charentes 2 kg d'ambre opaque : des dizaines de fragments,

Accouplement, parasitisme : l'ambre restitue des scènes de vie

pour certains aussi petits... qu'un petit pois. C'est le point de départ d'une renaissance pour les insectes du crétacé. Avec Malvina Lak, qui prépare sa thèse au laboratoire rennais, le paléontologue a l'idée de solliciter un collègue, Paul Tafforeau, qui travaille dans un tout autre univers : les locaux high-tech et aseptisés du synchrotron européen de Grenoble (ESRF), un accélérateur de particules appliqué à l'observation intime de la matière. Paul Tafforeau l'utilise pour faire parler des trésors fossiles. C'est lui, par exemple, qui a percé les structures du célèbre crâne hominidé Toumaï, l'un de nos plus lointains ancêtres, exhumé au Tchad en 2001.

L'ambre des Charentes constitue un autre défi. Les blocs fossilisés de couleur jaunâtre (les nodules), épais et sombres, ne sont guère plus transparents qu'une barre de chocolat ! Pourtant, le rayonnement X généré par l'accélérateur de particules va en venir à bout. Grâce à sa puissance un milliard de fois supérieure à celle exploitée pour les radiographies médicales, le faisceau de rayons X scrute l'intérieur de l'ambre, sans l'endommager. Le processus se déroule en deux étapes. La première consiste à rechercher la présence des inclusions (les animaux fossilisés) au moyen de la radiomicrographie, c'est-à-dire l'emploi d'images radio, en deux dimensions. Puis, une fois les animaux repé-



Le synchrotron de Grenoble produit des rayons X qui permettent d'observer la matière à l'échelle des atomes. Un outil exploité par le paléontologue Paul Tafforeau (ci-dessous). Une fois reconstitués en 3D, les animaux – ici un hyménoptère – sont découpés virtuellement, révélant des détails cachés par le repli d'une patte ou une antenne.



rés, une microtomographie en 3D, une sorte de scanner, permet de les visualiser.

Alors, sous les yeux émerveillés des paléontologues, les insectes retrouvent leur forme avec un luxe de détails inespérés. « L'intégralité de l'architecture des animaux est visible, comme les ailes, les nervures, les pattes ou les antennes, admire Didier Néraudeau. Mais aussi leur ornementation, tels que les poils, les tubercules ou les écailles. La préservation de ces moindres détails pourrait faire croire qu'ils sont morts hier ! »

Dans les morceaux d'ambre produit par l'arbre, du plancton... marin !

Au total, en explorant 640 nodules, les chercheurs ont découvert 356 animaux : guêpes, mouches, fourmis, araignées et même acariens, la plupart de très petite taille – un des acariens mesure 0,8 mm de long et l'une des guêpes ne dépasse pas 4 mm. Pour Didier Néraudeau, la moisson est exception-

nelle : « La faune du crétacé est bien connue pour ses organismes marins et les vertébrés. Par contre, pour les insectes et la microfaune terrestre, tout reste à découvrir, car les gisements sont plus rares. » Ainsi, sur les 356 bestioles trouvées, au moins la moitié constituent des genres nouveaux. Mieux, les rayons X ont révélé des « scènes de vie » surgies du fond des âges : accouplement entre diptères, parasitisme d'acariens sur des insectes, pollen déposé sur la patte d'un insecte ou ver nématode s'échappant de l'anus d'un diptère. Autant d'informations précieuses pour préciser les relations entre espèces. Sans oublier l'identification de l'arbre producteur de la résine, qui donne une idée du paysage. L'étude est toujours en cours et, en novembre dernier, les chercheurs ont fait une découverte inattendue dans leurs morceaux d'ambre : du plancton... marin ! Les arbres produisant l'ambre étaient donc sans doute en bord de mer, fouettés par les embruns. ■