



Muséum
National
d'Histoire
Naturelle



île de France
www.iledefrance.fr

INSTITUT DE FRANCE
FONDATION
SIMONE ET CINO DEL DUCA

ACCÈS SCIENTIFIQUE À LA TOMOGRAPHIE À RAYONS X



Présentation et modalités de fonctionnement, administratives et pratiques du plateau technique d'Accès Scientifique à la Tomographie à Rayons X du Muséum national d'Histoire naturelle.

Objectifs

Le principal objectif du plateau AST-RX est de permettre la numérisation par microtomographie et nanotomographie de spécimens des sciences naturelles afin d'œuvrer à la valorisation et à la conservation des collections du MNHN. Le plateau est ouvert aux personnels de cette institution, ainsi qu'aux scientifiques et conservateurs extérieurs, désirant effectuer l'analyse tomographique des spécimens des collections du MNHN, dans des buts de recherche scientifique, de conservation, d'expertise, de formation ou de diffusion des connaissances. La numérisation de spécimens ne faisant pas partie des collections du MNHN, ou plus largement la numérisation d'objets du patrimoine culturel, est aussi possible.

Les capacités techniques de l'équipement autorisent l'analyse tomographique de spécimens de dimensions variables (de l'infra-millimétrique à plusieurs dizaines de centimètres) et de différentes densités (organes, insectes, ambre, ossements et dents actuels ou fossiles, minéraux, roches, végétaux...) permettant un très large panel d'applications.

Présentation

Le plateau technique d'Accès Scientifique à la Tomographie à Rayons X (AST-RX), est rattaché à l'UMS CNRS/MNHN 2700 « Outils et méthodes de la systématique intégrative » dirigée par Sarah Samadi. Ce plateau a un opérateur et responsable technique, Marta Bellato, un responsable du service Accès Scientifique à l'Imagerie (ASIM) dédié à la formation et au traitement des données d'imagerie, Patrica Wils, ainsi que deux responsables scientifiques, Antoine Balzeau et Isabelle Rouget. Le fonctionnement du plateau est assuré par ces personnels.

L'équipement du plateau comprend un tomographe permettant des analyses en microfoyer et en nanofoyer. Il s'agit du modèle « v|tome|x L 240-180 » de la société GE Sensing & Inspection Technologies phoenix x|ray. Le tomographe X est localisé au rez-de-chaussée du bâtiment 140, îlot Poliveau au 43 rue Buffon, 75005 Paris. Principales caractéristiques du « v|tome|x L 240-180 » : deux tubes interchangeables (tube RX microfoyer 240kV/320W avec une détectabilité théorique jusqu'à 1 μm et tube RX nanofoyer 180kV/15W avec une détectabilité théorique jusqu'à 500 nm), détecteur de 400 \times 400 mm avec une matrice de 2024² pixels (taille de pixel : 200x200 μm).

Modalités de fonctionnement

L'accès au tomographe X est validé après évaluation « au fil de l'eau » des projets par les responsables techniques et scientifiques du plateau. La soumission des dossiers se fait par voie électronique (à remplir sur <http://formulaire.mnhn.fr/ast-rx/numerisation>).

Constitution du formulaire de demande d'accès :

1. Titre du projet ;
2. Liste des participants : un porteur de projet et collaborateurs. Le porteur du projet d'acquisition tomographique doit également être le porteur du projet scientifique ou muséographique nécessitant ces acquisitions ;
3. Un résumé (qui pourra, pour les projets retenus et sauf avis contraire du porteur de projet, être mis en ligne sur le site internet du plateau et dans les documents de diffusion produits par le plateau) ;
4. Apports de la méthode. Détails sur les intérêts des analyses tomographiques : quel est l'apport de la tomographie pour votre projet ? Quelles structures souhaitez-vous mettre en évidence ? Quels types d'analyses de post-traitement seront utilisés ? etc. ;
5. Cadre du projet. Explications sur le cadre plus large dans lequel s'inscrit le projet : master, thèse, programme de recherche financé (ANR, ERC, PICS, etc.), conservation préventive, exposition, restauration, etc. ;
6. Matériel et méthodes : détails sur le matériel à numériser et besoins techniques (nombre et taille des spécimens, photographies des spécimens, tout paramètre d'acquisition connu). Obligatoire : Numéros d'inventaire pour les spécimens du MNHN. Période souhaitée pour la numérisation et éventuellement indisponibilités ;
7. Informations administratives : gestionnaire de collection, de facturation.

Évaluation

La complétude du dossier et le suivi de la procédure de soumission sont des critères de recevabilité des dossiers. En particulier en ce qui concerne les projets portant sur des spécimens provenant des collections du MNHN, les gestionnaires de collections concernés, et donc la direction des collections du MNHN, doivent impérativement être consultés avant la soumission du formulaire d'accès, via l'interface Colhelper (<http://colhelper.mnhn.fr/>). Il est indispensable d'obtenir l'accord du gestionnaire de collections en ce qui concerne l'accès, la numérisation et l'étude des données numériques du (des) spécimen(s). Il est **impératif de renseigner les numéros d'inventaire tels qu'informatisés dans la base de données des collections MNHN** pour les spécimens MNHN afin de permettre la sauvegarde des données numériques produites. Pour les spécimens de collections hors MNHN, l'accord du chargé de collection de l'institution non MNHN doit également être obtenu en amont du dépôt de dossier.

L'évaluation des dossiers est effectuée par les responsables techniques et scientifiques du plateau qui vérifient la pertinence et la faisabilité des projets (adéquation technique et opérationnelle de la demande avec le matériel et le temps d'acquisition).

Un calendrier prévisionnel est continuellement généré sur une période de quelques semaines pour effectuer des numérisations dans un délai court tout en laissant au plateau une certaine latitude dans l'organisation des différentes sessions. Une liste d'attente est constituée en prévision d'éventuels désistements. En cas de planning chargé, la priorité sera donnée aux demandes 1) des étudiants en Master et aux doctorants 2) des personnels MNHN, puis 3) des extérieurs. L'appel à projets pourra éventuellement être clos si le nombre de demandes retenues dépasse la capacité de numérisation du plateau sur la période concernée.

Tarification

Il est important de rappeler que le porteur du projet doit être celui qui réalise le travail d'analyse des données et les travaux de recherche (ou l'exploitation muséographique le cas échéant) qui en découlent. Un devis est proposé par l'opérateur en fonction du nombre d'acquisitions ou de spécimens à numériser, du temps estimé de numérisation, de l'appartenance ou non de ces spécimens aux collections MNHN, et de l'origine des crédits financiers :

Porteur du projet	Spécimen(s) MNHN	Collection Externe	Code tarification	Prix
personnel MNHN	X		A	125 euros/demi-journée ou 250 euros/journée
		X	B	300 euros/acquisition
externe	X		B	300 euros/acquisition
		X	C	600 euros/acquisition

Ainsi, un demandeur payant avec une source de crédits internesⁱ et travaillant sur des spécimens issus des collections du MNHN devra s'acquitter d'un forfait (tarification A, 125 euros la demi-journée ou 250 euros la journée) quelque soit le nombre de spécimens numérisés pendant cette période. En conséquence, un visiteur Synthesys pourra bénéficier de la tarification A.

Un demandeur payant avec une source de crédits internes et souhaitant numériser des spécimens n'appartenant pas aux collections du MNHN devra s'acquitter de la tarification B (300 euros par acquisition). Un demandeur payant avec des crédits extérieurs et voulant numériser des spécimens des collections du MNHN devra aussi s'acquitter de la tarification B.

Un demandeur payant avec des crédits extérieurs et voulant numériser des spécimens hors collection MNHN se verra appliquer la tarification C (600 euros par acquisition). Une réduction de 10% pourra être accordée au-delà de 10 acquisitions.

NB : tout paiement sera assujéti à un taux de TVA de 20%, sauf pour les transferts de crédits internes au MNHN, auquel cas la TVA ne s'applique pas.

ⁱ La catégorie « crédits internes » comprend les crédits affectés au Muséum ou à une unité de recherche sous tutelle du Muséum. Toute autre source de crédits sera considérée comme « extérieure ».

Comité des utilisateurs

Le comité des utilisateurs a un rôle de suivi et de conseils concernant la politique de service et de développement du plateau technique, ainsi que sa gestion technique, scientifique, administrative et financière. L'avis du comité de pilotage peut également être requis en cas de demande d'accès problématique (matériel hautement sensible, très grand nombre de spécimens risquant d'immobiliser le plateau technique, etc.). Le comité des utilisateurs comprend les responsables techniques et scientifiques du plateau, le directeur de l'UMS 2700, un membre de la Direction des Collections, un membre de la Direction de la Recherche, de l'Expertise et de la Valorisation, ainsi que des personnes internes et extérieures au MNHN choisies pour leurs compétences dans le domaine de l'imagerie scientifique.

Modalités administratives

L'accès au tomographe X se fait par soumission des dossiers par voie électronique, sur <http://formulaire.mnhn.fr/ast-rx/numerisation>).

- Une fois la validation du dossier par les responsables techniques et scientifiques de la plateforme AST-RX, un **devis** (complété à partir des informations fournies lors de l'enregistrement en ligne de la demande d'acquisition) sera envoyé au porteur de la demande.
- Le porteur devra nous retourner (adresse mail : ast-rx@mnhn.fr) pour acceptation cette proposition tarifaire dûment complétée et accompagnée du bon de commande correspondant.

Nous attirons l'attention sur le fait qu'un projet ne sera pas planifié et finalisé qu'à réception de ces documents.

- Les dates retenues pour les acquisitions, en accord avec vos disponibilités indiquées lors de l'enregistrement en ligne ainsi que le planning du plateau et ses priorités seront communiquées par voie électronique au porteur de la demande.
- Une fois les acquisitions terminées, **l'attestation de service fait** sera envoyée au porteur du projet qui devra nous le retourner dûment complétée et signée en vue la clôture du dossier administratif du projet.

Devenir des données d'imagerie acquises

Pour les spécimens provenant des collections du MNHN : les données numériques produites sont transmises par le plateau exclusivement au service gestionnaire des données numériques de la Direction des Collections par le biais de l'interface Tomographix (<http://tomographix.mnhn.fr/>). Ce service mettra ensuite ces données à disposition du chargé de collection, qui les fera suivre au porteur de projet ayant obtenu des créneaux d'acquisition sur le plateau technique.

Pour les spécimens provenant de collections extérieures : les données numériques produites sont transmises par le plateau au porteur de projet ayant obtenu des créneaux d'acquisition sur le plateau et le porteur de projet devra ensuite fournir une copie au conservateur en charge du ou des spécimen(s). Les images issues du scan des objets de collections du Muséum national d'Histoire

naturelle sont la propriété du Muséum national d'Histoire naturelle. Le droit d'utilisation de ces images est donné à usage unique, et pour le but défini dans la demande initiale d'autorisation d'utilisation. Toute nouvelle utilisation de tout ou partie des images est soumise à demande d'autorisation auprès de la Direction des Collections du Muséum national d'Histoire naturelle. Le porteur de projet et ses collaborateurs s'engagent à abandonner tous les droits relatifs à la diffusion et à la reproduction des images. Le porteur de projet et ses collaborateurs ne sont aucunement autorisés à diffuser les données numérisées auprès d'autres institutions ou laboratoires de recherche. L'utilisation de ces données numérisées à but lucratif (vente d'images, de modélisation 3D, de répliques 3D, etc.) est strictement interdite.

Diffusion des résultats scientifiques

Les responsables scientifiques et techniques, ainsi que les membres du comité des utilisateurs de la plateforme, sont tenus de respecter la confidentialité des travaux présentés dans tous les dossiers soumis pour évaluation. Ils ne peuvent être co-auteurs d'aucun travail sur seule justification de leur activité au sein du plateau technique et pour lequel ils n'auraient pas apporté une contribution scientifique réelle et conséquente.

Les publications issues d'un travail effectué au sein du plateau technique doivent faire apparaître le plateau et l'UMS 2700 dans les remerciements, sous les termes « **AST-RX, plateau d'Accès Scientifique à la Tomographie à Rayons X du MNHN, UMS 2700 Outils et méthodes de la systématique intégrative CNRS-MNHN, Paris** ». Chaque porteur de projet retenu pour numérisation au plateau AST-RX doit faire parvenir la liste exhaustive de ses travaux utilisant ces données (publications et communications à des congrès, etc.) aux responsables scientifiques ou à l'opérateur du plateau. Un exemplaire des publications dont tout ou partie du travail a été effectué sur la plateforme AST-RX doit être adressé dès parution aux responsables scientifiques ou responsables techniques de la plateforme, sous forme de TAP ou de fichiers PDF.

Modalité pratiques

Les informations ci-dessous sont données à titre indicatif pour aider les futurs utilisateurs, en particulier ceux n'ayant pas d'expérience de l'imagerie, à mettre en adéquation leurs attentes avec les possibilités techniques du plateau technique AST-RX. Nous restons à votre entière disposition pour vous fournir toute information que vous n'auriez pas trouvée dans l'ensemble des documents mis à votre disposition ou sur le site internet <http://ums2700.mnhn.fr/ast-rx/presentation>.

- Le tomographe acquiert un ensemble de radiographies (l'objet numérisé faisant une rotation complète sur lui-même) dont est ensuite extrait, après reconstruction informatique, un ensemble de coupes en 2 dimensions définissant l'ensemble de l'objet. L'intérêt principal de ces coupes étant de pouvoir observer **les structures internes** du spécimen numérisé.

Rq : Un scanner surfacique, comme il en existe plusieurs au MNHN, permet d'enregistrer toutes les informations de surface (forme externe, topographie et parfois couleur) d'un spécimen, mais non les informations internes à l'objet.

- Une contrainte importante préalable à la numérisation d'un objet est la réalisation d'un **support** (ou porte-échantillon) dans un matériau radiotransparent pour optimiser l'acquisition. En pratique, l'objet doit être positionné avec sa plus grande extension en orientation verticale. Les spécimens devront être conditionnés au préalable par le porteur de projet ou le chargé de collection responsable de ce matériel, en concertation avec l'opérateur du plateau technique.
- L'ensemble de la procédure d'acquisition pour un spécimen (préparation du porte-échantillon, réglages du scanner, acquisition des données) peut varier de 30 minutes à plusieurs heures. Le nombre d'acquisitions réalisables en une journée dépend donc de la nature des spécimens (densité, taille, résolution souhaitée) et des possibilités de conditionnement sur le porte-échantillon (regroupement de plusieurs spécimens de taille réduite par exemple). L'estimation du temps nécessaire à la réalisation complète d'un projet ne peut donc être que du **ressort de l'opérateur**. Il est ainsi indispensable de renseigner au mieux les champs « apports de la méthode » et « matériel et méthodes » du formulaire d'accès afin de faciliter cette étape d'estimation des coûts et du temps de la prestation.
- La taille du détecteur (400 × 400 mm) limite celle des spécimens à numériser. Des acquisitions multiples sont possibles (détecteur mouvant), jusqu'à un champ d'acquisition théorique maximal de 800 × 600 mm, mais elles sont coûteuses en temps et produisent des données beaucoup plus volumineuses (de 4 à 12 fois plus volumineuses).
Les dimensions de la cabine qui abrite le tomographe limite aussi celle des spécimens à numériser. La hauteur maximale d'un spécimen est de 120 cm.
- L'acquisition peut ne porter que sur une zone d'un spécimen (« tomographie locale ») pour détailler une zone d'intérêt précise, pour obtenir une meilleure résolution, etc. Néanmoins, l'acquisition locale nécessite autant de temps qu'une acquisition « normale ».

La résolution finale des données est, entre autres, dépendante de la taille de l'objet numérisé. Ainsi, lorsqu'une zone de 10 cm environ est numérisée, la résolution des données sera de l'ordre de 58 microns (de 6 microns pour une zone de 1 cm, etc.). Il est possible d'améliorer ces valeurs en mode d'acquisitions multiples.

- Les données obtenues se présentent sous forme d'un ensemble de coupes successives définissant le volume de l'objet numérisé. Ce sont des images (format Tiff) en 16 bits (pour conserver les informations de contraste). Le poids final des données n'est pas dépendant de la taille de l'objet numérisé mais de la résolution obtenue. Ainsi, la numérisation d'un objet en mode normal correspond à un ensemble de données brutes d'un volume moyen de l'ordre de 5 à 20 Go pour un scan sans déplacement du détecteur.

Le temps de reconstruction des données (passage de l'ensemble des radiographies à l'ensemble des coupes en 2D définissant tout l'objet) est de quelques minutes (pour un scan sans déplacement du détecteur).

- Le travail de post-traitement (analyse des images, segmentation, modélisation 3D, FEA, mesures, etc.) ne pourra en aucun cas être réalisé au sein du plateau technique AST-RX, ni par les opérateurs de l'appareillage. Seul un aperçu rapide des données et un pré-rendu 3D pourront être proposés par l'opérateur. Des formations et une aide à l'utilisation de différents logiciels de post-traitement et un accès des stations de travail performantes et équipés de logiciels dédiés peuvent être proposées via la structure « Accès Scientifique à l'Imagerie » (cf. <http://ums2700.mnhn.fr/ast-rx/ressources>).