



**HAL**  
open science

## Tomographie en archéologie

Théophane Nicolas, Isabelle Le Goff

► **To cite this version:**

Théophane Nicolas, Isabelle Le Goff. Tomographie en archéologie. Les Nouvelles de l'archéologie, 2020, Tomographie en archéologie, 159, pp.10-12. 10.4000/nda.9037 . hal-03153630

**HAL Id: hal-03153630**

**<https://inrap.hal.science/hal-03153630v1>**

Submitted on 15 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

## Tomographie en archéologie

Introspection d'artefacts et de micro-sites

Théophile Nicolas et Isabelle Le Goff

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/nda/9037>

DOI : [10.4000/nda.9037](https://doi.org/10.4000/nda.9037)

ISSN : 2425-1941

### Éditeur

Editions de la maison des sciences de l'homme

### Édition imprimée

Date de publication : 9 juillet 2020

Pagination : 10-12

ISBN : 978-2-7351-2662-0

ISSN : 0242-7702

Ce document vous est fourni par INIST - Centre national de la recherche scientifique (CNRS)



### Référence électronique

Théophile Nicolas et Isabelle Le Goff, « Tomographie en archéologie », *Les nouvelles de l'archéologie* [En ligne], 159 | 2020, mis en ligne le , consulté le 15 juillet 2024. URL : <http://journals.openedition.org/nda/9037> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/nda.9037>

---

Ce document a été généré automatiquement le 16 février 2023.



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

---

# Tomographie en archéologie

Introspection d'artefacts et de micro-sites

Théophane Nicolas et Isabelle Le Goff

---

- 1 Au même titre que la 3D, les usages innovants de l'imagerie RX commencent à émerger dans le milieu des sciences du passé à l'initiative d'archéologues, d'anthropologues biologistes, de paléopathologues ou de restaurateurs-conservateurs. Ces technologies, qui ne cessent de progresser, ouvrent une nouvelle ère pour la connaissance, la conservation et la diffusion des données archéologiques. Fondièrement interdisciplinaires, elles bouleversent les pratiques et font apparaître de nouvelles préoccupations, de nouveaux enjeux.
- 2 À la suite de sa découverte, en 1895, par Wilhelm Röntgen (1845-1923), la première étude par rayons X portait sur des momies humaines et animales (Koenig 1896), tout comme les premières applications de la tomographie dans les années 1970 (Lewin & Harwood-Nash 1977). De nos jours, les applications de l'imagerie RX ne sont plus pionnières dans le domaine de l'archéologie ; dans les années 2000, des réalisations prometteuses laissaient déjà entrevoir une véritable révolution que les progrès et la démocratisation des outils d'acquisition et de traitement de l'image confirment à présent.
- 3 La tomographie a d'abord suscité l'intérêt des géologues et sédimentologues (Denison *et al.* 1997 ; Hu *et al.* 2006 ; Ketcham & Iturrino 2005), avant d'être adoptée par les archéologues pour caractériser les matériaux et les modes de fabrication des objets (Boespflug *et al.* 1994 ; Kak & Slaney 1999 ; Ketcham & Carlson 2001 ; Treyvaud *et al.* 2013 ; Treyvaud 2010, 2015). Dans le domaine du patrimoine culturel, les exemples portent essentiellement sur des momies, des squelettes humains ou animaux anciens (Coqueugniot & Dutour 2015 ; Houle-Wierzbicki *et al.* 2015 ; Wu & Schepartz 2009 ; Ikram *et al.* 2015 ; Porcier *et al.* 2019), ou des objets exceptionnels (Hassmann *et al.* 2012 ; Bouttiaux & Ghysels 2015). Les travaux examinant d'autres types de mobilier, céramique ou métallique, ou concernant la micro stratigraphie des sols sont plus rares (Bouzakis *et al.* 2011 ; Huisman *et al.* 2014 ; Kahl & Ramminger 2012 ; Lee *et al.* 2008 ; Treyvaud 2010 ; Treyvaud *et al.* 2013).

- 4 L'usage de cette technologie s'est néanmoins développé à l'occasion de découvertes d'ensembles d'artefacts particulièrement complexes nécessitant un dégagement de leur gangue de terre en laboratoire, ce qui a conduit à leur prélèvement en « bloc ». L'idée d'employer la tomographie comme moyen d'étudier le mobilier et son contexte est ainsi née d'opérations de conservation ou de fouilles complexes (Stelzner *et al.* 2010 ; Re *et al.* 2015). Avec sa diffusion au domaine d'étude des incinérations, une étape supplémentaire est franchie : il ne s'agit plus seulement d'étudier un artefact en situation mais de percevoir et de fouiller autrement un dépôt cinéraire, véritable site archéologique en miniature (Anderson & Fell 1995 ; Harvig *et al.* 2012 ; Harvig & Lynnerup 2012 ; Le Goff *et al.* 2019, Le Puil-Textier *et al.* 2017 ; Minozzi *et al.* 2010).
- 5 Les méthodes d'imagerie médicale, qui permettent un accès non destructif à la structure interne d'artefacts souvent fragiles et une immédiateté de l'information, sont donc de plus en plus utilisées en archéologie. Bien qu'elle ouvre de nouvelles pistes de documentation et d'analyse, leur utilisation reste toutefois et la plupart du temps limitée à une simple visualisation. Or, les connaissances sur la structure interne de la matière ont considérablement progressé grâce à elles. Encore inimaginables il y a peu, elles permettent de voir l'invisible, de manipuler l'inaccessible, d'évaluer la fragilité, l'état de conservation et la possibilité de restauration d'un artefact archéologique. On soulignera notamment les possibilités augmentées de déceler les séquences d'un processus d'élaboration, de les rendre intelligibles en restituant des savoir-faire. Il devient possible de décomposer l'artefact, par exemple, en effaçant virtuellement les effets taphonomiques (déformation, fragmentation, destruction partielle, etc.) pour restaurer l'état initial et les différentes étapes de sa transformation, de disséquer un objet composite, ou d'en percevoir la structure...
- 6 Par la multiplication des échelles d'observation pour collecter les données, à la surface de l'objet comme au cœur de la matière, ces outils offrent de nouvelles perspectives d'étude jusqu'alors insoupçonnées dans le domaine de la recherche archéologique, de la conservation, de la médiation. Outre l'introspection de mobilier, de corps momifiés ou de couches sédimentaires, il est également possible d'examiner sous des angles d'observation inédits la structuration d'un dépôt composite, voire d'un micro-site extrait du terrain sous forme de bloc, et de percevoir les différents éléments qui le composent avec la même immédiateté d'accès.
- 7 Pour ce numéro entièrement dédié à l'usage de la tomographie en archéologie, et sans prétendre à l'exhaustivité, nous avons souhaité présenter un panorama d'études de cas qui traitent de matériaux variés ou d'échelles d'analyses diverses, afin d'illustrer les différents champs d'application de l'imagerie RX. Nous avons sollicité des chercheurs et chercheuses venues d'horizons différents, qui ont intégré l'exploitation des données tomographiques à leur démarche scientifique, en leur demandant de remettre en perspective le recours à ces technologies et leur apport dans leurs domaines respectifs. Ainsi, tout un chacun pourra jauger de leur portée en termes de nouveaux usages, de nouvelles perspectives de recherche et, surtout, d'enjeux.
- 8 En effet, le développement de l'imagerie RX permet aujourd'hui d'envisager l'extension de leur application à l'archéologie préventive. Sa démocratisation peut entraîner un changement de paradigme, au même titre que les outils 3D (photogrammétrie, etc.) intégrés récemment à la boîte à outils de l'archéologue. En modifiant la nature et la forme de ce qui est enregistré, en autorisant la sauvegarde pérenne d'un état et

d'interprétations formulées avant l'intervention ou la fouille, en permettant de collaborer à plusieurs et à l'analyse de grandes séries, ces outils bouleversent à la fois nos habitudes de travail et notre façon de considérer les vestiges archéologiques. En outre, ils transforment le processus d'étude d'un artefact : l'étude de l'intérieur d'un objet, qui passait auparavant pour un geste irréversible et non reproductible, devient un acte non destructeur. De même, grâce aux nouvelles possibilités de prévisualisation, ils modifient la mise au jour des micro sites dont la fouille, moins destructive, s'effectue en conscience et non plus à l'aveugle<sup>1</sup>.

- 9 La virtualisation des données, enfin, permet leur partage et leur analyse en temps réel entre plusieurs chercheurs, y compris à distance. Dès lors et au même titre que la *Digital rock analysis*, en passe de devenir un acte de routine pour l'étude des roches sédimentaires (Blunt *et al.* 2013 ; Liu *et al.* 2018), la notion « d'archéologie virtuelle », introduite à l'origine pour servir à l'enregistrement de fouilles ainsi qu'à leur répétition virtuelle à l'aide de technologies multimédias (Reilly 1991), devient envisageable.
- 10 Auparavant, il reste cependant des défis à surmonter :
  - Une application plus large de l'imagerie RX demande une formation, voire une sensibilité à la visualisation et à l'interprétation d'images en 3D. L'image tomographique n'étant pas une image photographique, son acquisition comme son post-traitement sont affaires d'interprétation et non de lecture.
  - La banalisation de son intégration dans les protocoles de fouille passe par le fait de poser explicitement la nouvelle dynamique de raisonnement comme les nouveaux principes d'acquisition documentaire. Les règles de formation des hypothèses sont en effet revisitées, la fouille devient une stratégie de lecture d'une réalité tangible, faite en conscience grâce aux possibilités de formalisation des interprétations offertes par les images tomographiques.
  - La multiplication des travaux sur des volumes très importants de données dématérialisées<sup>1</sup> indique que nous n'en sommes plus au stade des travaux exploratoires. Toutefois, la multidisciplinarité (physique, informatique, traitement de l'image, archéologie) pose des défis méthodologiques importants auxquels il faudra répondre.

---

## BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON T. & FELL C. 1995. « Analysis of roman cremation vessels by computerized tomography », *Journal of Archaeological Science*, vol. 22, n° 5 : 609-617.

BLUNT M. J., BIJELJIC B., DONG H., GHARBI O., IGLAUER S., MOSTAGHIMI P., PALUSZNY A. & PENTLAND C. 2013. « Pore-scale imaging and modeling », *Advances in Water Resources*, vol. 51 : 197-216. doi:10.1016/j.advwatres.2012.03.003

BOUTTIAUX A.-M. & GHYSELS M. 2015. « Sogolon la scrofuleuse : l'épopée de Soundjata passée aux rayons X », *Tribal art magazine*, n° 75 : 88-123.

BOUZAKIS K. D., PANTERMALIS D., EFSTATHIOU K., VARITIS E., PARADISIADIS G. & MAVROUDIS I. 2011. « An investigation of ceramic forming method using reverse engineering techniques: The case of

Oinochoai from Dion, Macedonia, Greece », *Journal of Archaeological Method & Theory*, vol. 18, n° 2 : 111-124.

COQUEUGNIOT H. & DUTOUR O. 2015. « Chapitre 17 : Apports de l'imagerie numérique 3D à l'étude de l'os ancien, normal et pathologique ». In : M. Balasse, J.-P. Brugal, Y. Dauphin, E. M. Geigl, C. Oberlin & I. Reiche (dir.), *Messages d'os. Archéométrie du squelette animal et humain*. Paris, Éditions des archives contemporaines : 255-267 (coll. « Sciences archéologiques »).

DENISON C., CARLSON W. D. & KETCHAM R. A. 1997. « Three-dimensional quantitative textural analysis of metamorphic rocks using high-resolution computed X-ray tomography; Part I. Methods and techniques », *Journal of Metamorphic Geology*, vol. 15, n° 1 : 29-44.

BOESPFLUG X., ROSS N., LONG B. F. & DUMAIS J. F. 1994. « Tomo-densitométrie axiale : relation entre l'intensité tomographique et la densité de la matière », *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 31, n° 2 : 426-434.

HARVIG L., LYNNERUP N. & AMSGAARD EBSEN J. 2012. « Computed tomography and computed radiography of late Bronze Age cremation urns from Denmark: an interdisciplinary attempt to develop methods applied in bioarchaeological cremation research », *Archaeometry*, vol. 54, n° 2 : 369-387.

HARVIG L. & LYNNERUP N. 2013. « On the volume of cremated remains: a comparative study of cremated bone volume measured manually and assessed by Computed Tomography and by Stereology », *Journal of Archaeological Science*; vol. 40, n° 6 : 2 713-2 722.

HASSMANN H., HEINTGES T., RASINK B., WINGHART S. & WULF F.-W. 2012. « Der bronzezeitliche Hortfund von Gessel, Stadt Syke, Landkreis Diepholz, Denkmalpflege », *Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen*, vol. 32, n° 1 : 23-28.

HOULE-WIERZBICKI Z., TREYVAUD G., RAGUIN E., AUGER R. & RIBOT I. 2015. « Development of the X-ray CT data base for the paleopathological analysis: Example of the St. Matthew protestant churchyard, Quebec City (1771-1861) », in *2<sup>nd</sup> International Conference on Tomography of Materials and Structures*, Québec, 29 juin-3 juillet 2015.

HU S., RAZA A., MIN K., KOHN B. P., REINERS P. W., KETCHAM R. A., WANG J. & GLEADOW A. J. W. 2006. « Late Mesozoic and Cenozoic thermotectonic evolution along a Transect from the North China craton through the Quinling orogen into the Yangtze craton, central China », *Tectonics*, vol. 25, n° 6. <https://doi.org/10.1029/2006TC001985>.

HUISMAN D. J., NGAN-TILLARD D., TENSEN M. A., RAEMAEKERS D. C. M. & LAARMAN F. J. 2014. « A question of scales: Studying Neolithic subsistence using micro CT scanning of midden deposits », *Journal of Archaeological Science*, vol. 49 : 585-594.

IKRAM S., SLABBERT R., CORNELIUS I., DU PLESSIS A., SWANEPOEL L. C. & WEBER H. 2015. « Fatal force-feeding or Gluttonous Gagging? The death of Kestrel SACHM 2575 », *Journal of Archaeological Science*, vol. 63 : 72-77.

KAHL W.-A. & RAMMINGER B. 2012. « Non-destructive fabric analysis of prehistoric pottery using high-resolution X-ray microtomography: a pilot study on the late Mesolithic to Neolithic site Hamburg-Boberg », *Journal of Archaeological Science*, vol. 39, n° 7 : 2 206-2 219.

KAK A. C. & SLANEY M. 1999 [1988]. *Principles of Computerized Tomographic Imaging*. New York [NY], Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Press.

KETCHAM R. A. & CARLSON W. D. 2001. « Acquisition, optimization and interpretation of X-ray computed tomographic imagery: Applications to the geosciences », *Computers and Geosciences*, vol. 27, n° 4 : 381-400.

KETCHAM R. A. & ITURRINO G. J. 2005. « Nondestructive high-resolution visualization and measurement of anisotropic effective porosity in complex lithologies using high-resolution X-ray computed tomography », *Journal of Hydrology*, vol. 302, n° 1-4 : 92-106.

KÖNIG W. 1896. *14 Photographien mit Röntgen-Strahlen, aufgenommen im Physikalischen Verein, zu Frankfurt a. M.* Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth.

LE GOFF I, CULOT S., BIGOT J.-J., HUART P. & POISSON A. 2019. « Nouvelles technologies numériques, nouveau regard porté sur les crémations ». In : S. Eusebe, T. Nicolas, V. Gouranton & R. Gaugne (dir.), *Archéologie : imagerie numérique et 3D : actes du 3<sup>e</sup> séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 26-27 juin 2018, Rennes*. <https://sstinrap.hypotheses.org/856>.

LE PUIL-TEXIER M., NICOLAS T., TAVERNIER C. 2017. « L'apport de l'examen tomodensitométrique à la fouille et l'analyse des dépôts de crémation en urne ». In : S. De Larminat, R. Corbineau, A. Corrochano, Y. Gleize & J. Soulat (dir.), *Rencontre autour de nouvelles approches de l'archéologie funéraire : actes de la 6<sup>e</sup> Rencontre du Gaaf, INHA, Paris, 4-5 avril 2014*. Reugny, Gaaf : 75-78.

LEE S. S., GANTZER C. J., THOMPSON A. L., ANDERSON S. H., KETCHAM R. A. 2008. « Soil surface-seal characterization using analysis of high-resolution computed tomography », *Soil Science Society of America Journal*, vol. 72, n° 5 : 1 478-1 485.

LEWIN P. K. & HARWOOD-NASH D. C. 1977. « X-Ray computed axial tomography of an ancient Egyptian brain », *International Research Communication System (Medical Science)*, vol. 5 : 78.

LIU T., JIN X. & WANG M. 2018. « Critical resolution and sample size of digital rock analysis for unconventional reservoirs », *Energies*, vol. 11, n° 7, 1798. <https://doi.org/10.3390/en11071798>.

MINOZZI S., GIUFFRÀ V., BAGNOLI J., PARIBENI E., GIUSTINI D., CARAMELLA D. & FORNACIARI G. 2010. « An investigation of Etruscan cremations by Computed Tomography (CT) », *Antiquity*, vol. 84 : 195-201.

NICOLAS T., GAUGNE R., TAVERNIER C., MILLET E., BERNADET R. & GOURANTON V. 2018. « Lift the veil of the block samples from the Warcq chariot burial with 3D digital technologies », communication orale, *Digital Heritage 2018 - 3<sup>rd</sup> International Congress Expo, IEEE, Oct 2018, San Francisco, United States*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01875702>.

PORCIER S., IKRAM S. & PASQUALI, S. (DIR.). 2019. *Creatures of Earth, Water, and Sky. Essays on Animals in Ancient Egypt and Nubia*. Leiden, Sidestone Press, 356 p.

RE A., CORSI J., DEMMELBAUER M., MARTINI M., MILA G. & RICCI C. 2015. « X-ray tomography of a soil block: a useful tool for the restoration of archaeological finds », *Heritage Science*, vol. 3, art. 4. 10.1186/s40494-015-0033-6.

REILLY P. 1991. « Towards a virtual archaeology ». In : S. Rahtz & K. Lockyear (dir.), *CAA90. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*. Oxford, Tempus Reparatum (coll. « BAT International Series », 565) : 133-139.

STELZNER J., EBINGER-RIST N., PEEK C. & SCHILLINGER B. 2010. « The application of 3D computed tomography with X-rays and neutrons to visualize archaeological objects in blocks of soil », *Studies in Conservation*, vol. 55, n° 2 : 95-106.

TREYVAUD G. 2010. « Doubles témoins de l'histoire, étude technologique en archéométallurgie », *ArchéoLogiques*, 23.

—. 2015. « The use of metals and metal products on urban and rural archaeological sites: reconstructing technologies employed by native american and european artisans in New

France », communication orale, *International Conference on Tomography of Materials and Structures*, Québec, Canada, 1<sup>er</sup> mai 2015.

TREYVAUD G., DUPRAS S. & AUGER R. 2013. « De l'Égypte à Québec, un quatuor d'Oudja à l'îlot des Palais », *ArchéoLogiques*, n° 26 : 145-163.

WU X. & SCHEPARTZ L. A. 2009. « Application of computed tomography in paleoanthropological research », *Progress in Natural Science*, vol. 19, n° 8 : 913-921.

## NOTES

1. Par exemple, la campagne de numérisation par scanner médical mobile portatif de 150 statuettes d'Afrique, d'Océanie et des Amériques, engagée en 2019 par le musée du quai Branly en collaboration avec Samsung Electronics France : [https://www.lexpress.fr/actualites/1/culture/au-quai-branly-des-statuettes-livrees-au-scanner\\_2079331.html](https://www.lexpress.fr/actualites/1/culture/au-quai-branly-des-statuettes-livrees-au-scanner_2079331.html)

---

## AUTEURS

### THÉOPHANE NICOLAS

Inrap Grand Ouest, UMR 8215 « Trajectoires : de la sédentarisation à l'état »

### ISABELLE LE GOFF

Inrap Hauts-de-France, UMR 7206 « Éco-anthropologie et ethno-biologie »