Art de bâtir à Dendara, éléments de liaison du grand appareil en grès de l'Égypte pharaonique

Pierre ZIGNANI
IRAMAT UMR7065 CNRS

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9852

Résumé : Dendara s'inscrit dans le développement d'une pensée architecturale de près de 3000 ans. L'exigence antique d'éternité stimula les bâtisseurs pharaoniques à tous les niveaux des matériaux et assemblages. Dans ce contexte, les techniques de liaisonnement ont contribué à renforcer la structure du temple et à assurer sa longévité jusqu'à nous.

Abstract: Dendara is part of the development of nearly 3,000 years of architectural design. The ancient demand for eternity has always stimulated Pharaonic builders at all levels of materials and assemblies. In a such context, bonding techniques helped strengthen the temple's structure and ensure its longevity right up to the present day.

Introduction

Connu pour son temple consacré à Hathor au cœur d'un téménos de 9 ha, Dendara était une métropole régionale (Dossiers d'archéologie 2022 ; Zignani & Tristant 2022, p. 91-109 et Zignani 2019, p. 162-169) dont le sanctuaire principal a été plusieurs fois renouvelé (Cauville 2022, p. 1-17). Fondé sous Ptolémée XII, il est le dernier ouvrage, de stature nationale, d'une civilisation qui a développé un art de bâtir cultuel dont la finalité lui était vitale (Zignani 2010, p. 35-42). Modélisant l'idéal du monde divin dans une résidence terrestre, le temple était un lieu d'exclusivité, isolé de l'espace civil par une typologie protectrice. Le souverain, en réalité un prêtre de haut rang, veillait au bien-être du dieu par un rituel quotidien d'offrandes, cadencé par un calendrier de fêtes. Ce culte soutenait l'équilibre de la société dans son univers.

Les textes décrivant la structure destinée à abriter le dieu renvoient à une forme de canon dont le cahier des charges recherchait la perfection et la durabilité : « un tra-

vail excellent pour l'éternité » (Cauville 1991, p. 95). Percevant le temps comme une force d'érosion et de destruction, l'Égypte a développé très tôt dans l'histoire de l'architecture, une compétence d'édifier en pierre. L'environnement s'y prêtait ; la géologie de la vallée du Nil offrait une abondance de carrières (Klemm & Klemm 2002, p. 631-633) échelonnées le long d'une voie fluviale avec un fort courant et un vent dominant inversé. Je laisserai ici le détail du grand appareil en grès qui fait actuellement l'objet d'observations et de recherches sur le travail en carrière, le transport, l'outillage et la mise en œuvre, tant en phase préparatoire que sur l'ouvrage[1]. Signalons l'emploi parcimonieux du granit aux endroits du bâti identifiés comme plus altérables, renvoyant à une préoccupation récurrente dans l'architecture civile, comme les seuils de portes (Zignani 2010, p. 314-315). Provenant des immenses carrières du Gebel Selsileh (Klemm & Klemm 2008, p. 180-201), le grès était extrait selon deux modes :

- La production de blocs de maçonnerie qui étaient relativement calibrés, sans être pour autant réguliers, grands parallélépipèdes d'un peu plus de 50 cm d'épaisseur (la coudée égyptienne) pesant souvent autour d'une tonne. Le façonnage était ajusté et achevé avec un minimum de perte sur l'ouvrage (Wright 1972, p. 73). Selon une pratique identifiée à la IIIe Dynastie (Arnold 1991, p. 50 et 266-267), les joints montants étaient sciés entre les blocs pour un contact parfait (Ubertini 2005, p. 24-25, Goyon *et al.* 2004, p. 294-297). Les lits d'attentes et de poses étaient dégauchis et aplanis avec un contrôle réglé par des repères carroyés (Zignani 2017, 441-449). Il en résulte un appareil trapézoïdal, parfois rectangulaire avec de petits décrochements d'assise (voir les façades : Zignani 2010, pl. 14-17). La non superposition des joints montants était soignée ; pendant le chantier, des repères sur les bossages bruts matérialisaient la position de ceux-ci sur les assises inférieures (Zignani 2010, p. 326-327). L'appareillage n'était pas destiné à être vu, disparaissant sous le décor pariétal sculpté et peint sur un fond badigeonné.

- L'autre forme d'exploitation concerne les blocs spécifiques : dalles structurelles, linteaux, tambours de colonnes, chapiteaux, abaques et les plafonds/paliers d'escaliers sur plan hélicoïde quadrangulaire (Zignani 2022, p. 233-234). Leurs plus grandes dimensions dictaient une commande avec un épannelage en carrière selon leurs formes afin d'alléger au maximum les éléments pour le transport, en gardant assez de matière pour les protéger lors de la manutention et la sculpture finale sur l'ouvrage.

En comparaison avec les sanctuaires précédents, mais aussi avec des monuments contemporains d'importance moindre, la technique constructive et la composition spatiale de Dendara sont exceptionnellement réfléchies illustrant une conception globalisante du sacré (Zignani 2008, p. 157-160). L'amélioration de l'art de bâtir reposa en grande partie sur celui de la liaison entre les éléments.

[1] Étude entreprise dans le cadre de la mission archéologique de l'Ifao à Dendara par Olivier Lavigne, tailleur de pierre-archéologue, Felix Relats Monserat, égypologue-archéologue (Université Paris IV, Sorbonne) et Pierre Zignani, architecte-archéologue (CNRS UMR 7065 Iramat/LMC).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

1 Liaison avec le sol

Bâtir, exerce une contrainte physique sur le terrain dont la réaction dépend de la nature du sol par rapport à la charge construite. Dans le contexte de sédiments fluviaux régulièrement saturés d'eau de la vallée du Nil, les maçons égyptiens développèrent avec l'essor d'édifices massifs une préoccupation géotechnique dans leur mode de fondation. De surcroit, les zones urbaines et cultuelles, objets de démolitions/reconstructions n'offraient pas de réactions d'appui constantes avec des stratigraphies d'occupations non linéaires. La réponse à la fin de la période pharaonique, est l'aménagement sous la maçonnerie de caissons en briques crues contenant un sable gros du désert (Zignani 2010, 315-325 ; Zignani *et al.*, 1998, p. 470-476 ; Zignani 1996, p. 454-460). L'emploi de sable en fond de fouille est plus ancien (Arnold 1991, p. 110-113) ; le caisson s'étant développé progressivement (Josephson 2005, p. 401-406). Dans l'univers pharaonique, chaque élément était considéré comme faisant partie d'un tout, interconnecté au divin, ainsi l'appellation antique du caisson de brique *meskhenet* exprime une structure littéralement matricielle permettant l'acte d'édifier (Chassinat 1928, p. 114 et Chassinat 1932, p. 48).

Le sable, par rapport au limon nilotique, a l'avantage d'être peu compressible et de ne pas gonfler à l'humidité, permettant d'améliorer et d'homogénéiser la portance du sol. Il fut aussi paré d'une connotation cosmogonique en référence aux temps primordiaux (Ricke 1935, p. 109-110). Au regard d'une culture bâtie ayant intégré le risque sismique dans ces formes et ses détails (voir ci-après), il est légitime de se demander s'il ne fut pas prêté au caisson rempli de sable un rôle d'isolant (Zignani 2009, p. 457). Le sable avait aussi le grand avantage de pouvoir régler la planéité de la première assise de fondation où les blocs étaient juste juxtaposés et calés pour définir l'horizontale du premier lit d'attente (Zignani 2010, p. 321, fig. 6/6). L'importance du travail de préparation du fondement de la maçonnerie est dénotée par l'abondance de ses actes consignés dans le rituel de fondation (Misuriello 2013, p. 51 et en particulier : Montet 1964, p. 74-75 et 99-100).

2 Liaison au sein de la maçonnerie

Tout l'effort dans l'assemblage de l'appareil était complété par l'ajout de détails renforçant la liaison. Ceux-ci se partagent en deux catégories, le mortier et l'agrafage.

2.1 Mortier

Le mortier requérait un travail préparatoire de la surface des assises selon un avancement du chantier en escalier (Zignani 2010, p. 328-331). Après avoir aplani le lit d'attente, les bâtisseurs entaillaient sa surface, sur environ 2 cm, en un réseau de canaux pour recevoir du mortier. Les joints montants en attente des assises en place étaient également démaigris, laissant sur les bords latéraux et supérieurs, un bandeau d'anathyrose. La cavité ainsi ménagée dans le joint vertical était en contact avec les canaux horizontaux. Dans le bandeau supérieur un conduit de quelques cm^2 de section était taillé pour verser un mortier qui allait se répartir dans les canaux horizontaux puis remplissait le vide à l'intérieur du joint vertical. Le lit de pose du bloc à venir

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

était aussi parfaitement aplani (sur la planéité du lit d'attente, voir : Zignani 2017, p. 443 et 448-449).

Longtemps, le mortier a été associé à un lubrifiant pour poser les blocs de l'appareil (Goyon *et al.* 2004, p. 293 ; Golvin & Goyon 1987, p. 110-111 ; Golvin & Larronde 1979, p. 179-180, Wright 1972, p. 75). La surcuisson de son principal composant, du gypse, fut interprétée comme un manque de maitrise dans l'art du feu (Lucas & Harris 1999, p. 75 ; Martinet 1992, p. 77-83 ; Choisy 1904, p. 59). L'observation des secteurs d'exploitation secondaire du temple d'Hathor (mur péribole) en carrière montre des blocs débités en place dont ne subsistent que quelques centimètres au-dessus lit d'attente. Les chocs du débitage par percussion du grès n'ont nullement altéré le scellement entre assises exposant une propriété particulièrement adhésive du liant. Le mot égyptien antique *sm3j* est particulièrement évocateur de la fonction de ce mortier, puisqu'il le traduit par « celui qui unit » (Aufrère 1991, p. 684). L'implication de Philippe Fluzin en collaboration avec Philippe Dillmann dans l'étude des archéomatériaux de Dendara a permis une première analyse montrant une matrice faite exclusivement de gypse assurant la lenteur de prise du mortier (Zignani 2010, p. 332). La fluidité du liant était la qualité essentielle qui permettait la pénétration au cœur de l'assemblage avec un matériau aussi absorbant que le grès, corroborant des observations sur d'autres temples (Niederberger 1999, p. 93 et Martinet 1992, p. 87).

2.2 Agrafage

Dès l'Ancien Empire, l'agrafage fut utilisé pour renforcer l'assemblage des blocs (Hölscher 1912, p. 43). Au temple d'Hathor, son usage est observable avec un soin rare, à la limite de la redondance, sur le mur péribole. L'élément central d'une assise large de trois blocs était relié aux pierres voisines par six agrafes en forme de double-queue d'aronde (Zignani 2008, p.126, fig. 4.6). Son emploi a été méjugé pendant longtemps en raison de l'absence ponctuelle d'agrafes dans des mortaises (Goyon *et al.* 2004, p. 305-306 ; Clarke & Engelbach 1930, p. 112-114). Il est probable que les agrafes en bois altérées, se soient désagrégées et aient disparu au fil du temps, en particulier dans les parties exposées aux éléments. Sur les vestiges très limités du temple de Montou à Ermant, j'ai cependant constaté que les mortaises étaient remplies de mortier et d'éclats de taille, donc n'avaient pas été pourvues d'agrafes, certainement en raison d'un défaut d'approvisionnement lors de la progression des maçons. Au temple d'Hathor comme au mammisi « romain », les mortaises vides sont situées exclusivement sur les secteurs de lits d'attente érodés par l'exposition au temps. Dans les secteurs longtemps ensevelis sous les occupations tardives, les assises peu altérées conservent des traces du mortier de pose et les agrafes en bois sont présentes (Zignani 2010, p. 332-336). L'expertise des archéobotanistes Hala Barakat et Claire Newton a mis en évidence l'utilisation de l'acacia nilotique pour ce détail, un bois endémique particulièrement résistant.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Les mortaises observables à la surface des corniches du temple ont, en revanche, été systématiquement destructurées à coups de ciseaux. Manifestement un effort intense a été nécessaire pour extirper les agrafes au fond de leurs logements. Cette activité secondaire de récupération fut limitée aux surfaces des corniches et n'a pas été observée sur les parties internes de la maçonnerie ou le crampon en bois est présent, ou sa mortaise intacte. Cela suggère que les agrafes du couronnement étaient convoitées en raison de leur matériau (Zignani 2010, p. 337-348). Différents détails rencontrés dans l'étude du monument dévoilent un mode opératoire composite d'agrafage : un crampon en métal dur posé sur un lit de mortier puis recouvert de plomb coulé. Deux pièces trouvées en remplois apportent des données nouvelles sur ces agrafes métalliques. Correspondant à la moitié d'une agrafe provenant d'un autre bâtiment, elles furent réemployées en calage de dalles structurelles du pronaos. Elles permettent d'illustrer un mode de fabrication particulièrement astucieux et rapide. Les deux pièces se présentent comme une barre d'un profil rectangulaire dont les petits côtés étaient fendus à chaud avec un écartement des deux bords. L'analyse archéométallurgique pilotée par Ph. Fluzin a révélé un fer d'une pureté exceptionnelle. L'homogénéité structurale du métal ainsi que sa très grande propreté inclusionnaire ont demandé un intense travail d'épuration par un martelage à chaud de la loupe issue de la réduction du minerai.

Cet effort apporte des qualités de ductilité et une meilleure résistance à la corrosion. Manifestement ces propriétés devaient être recherchées par les constructeurs soucieux de la préservation de leur ouvrage dans le temps. La surface des pièces était recouverte d'une fine pellicule de plomb. Ce film permet de restituer des agrafes fixées par du plomb, récupérées et passées au feu pour séparer le crampon du métal de scellement.

Les architraves d'un kiosque sur les terrasse du toit du temple d'Hathor montrent des dégradations des mortaises les liant entre elles qui sont identiques à celles des corniches. Cette observation atteste de l'usage de pièces métalliques de connexion entre les éléments structurels de l'entablement (Zignani 2010, pl. 11-13). Lors du démontage/remontage du temple de Kalabsha, des agrafes en plomb ont ainsi été observées au niveau des liaisons des architraves (Wright 1972, p. 76 et pl. 90-92). Le mammisi « romain » de Dendara apporte une variation puisque nous avons pu retrouver, après nettoyage, des queues d'aronde en plomb rentrées en force dans leurs logements des architraves de ses portiques (Figure 1).

L'utilisation du métal pour ces agrafes était motivée par sa résistance supérieure par rapport au bois, même si le métal requérait un investissement plus grand. Cela suggère que les constructeurs ont réservé l'utilisation du métal pour des liaisons structurellement exigeantes au sein d'un même bâti, comme les couronnements de maçonnerie, les liaisons d'architraves, les demi-chapiteaux et les murs d'ante. Cet usage démontre une compréhension réfléchie de la résistance de la structure en utilisant des queues d'aronde en bois pour le cœur de la maçonnerie et en optimisant l'usage du métal aux partie de la maçonnerie plus vulnérables aux sollicitations latérales : les tremblements de terre (Zignani 2009, p. 457-463).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984



Fig. 1 : Mammisi « romain », architrave façade angle nord-ouest, agrafe préformée en plomb et insérée par martelage.



Fig. 2 : Mammisi Romain, espace D, porte latérale ouest, platine de crapaudine prise dans un mortier secondaire.

3 Cales de bois et déformations géotechniques

Les monolithes particuliers préfabriqués en carrière furent ajustés dans la maçonnerie sur des cales en acacia nilotique, épaisses de 2 à 5 cm. Ces pièces de bois restaient en place après la pose et le vide ménagé par celles-ci était masqué avec l'exécution du décor par du mortier en parement (Zignani 2010, p. 355-362). Les cales (et le vide) se comportaient comme une articulation protégeant les ouvertures contre un éventuel tassement différentiel entre leurs jambages et l'effort tranchant exercé sur les linteaux. Une rupture du couvrement d'une baie condamnait le passage, donc la circulation et l'accomplissement du culte. La reprise d'un linteau étant particulièrement malaisée, cette gestion de dégradations du bâti conséquentes à des désordres géotechniques

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

met en lumière une approche développant des détails d'assemblage pour réduire les risques de dommages structurels au niveau des ouvertures. Cette préoccupation est à rapprocher de la mesure préventive et corrective du caisson de fondation.

Cette pensée connut un développement ultime avec un système unique de joint entre le naos et le pronaos du temple d'Hathor (Zignani 2010, p. 363-372). Les fondations de ce dernier sont à la fois indépendantes en terrain propre, et se superposent à celle du naos sur un grand côté. Malgré tous les soins développés dans leur ouvrage, les bâtisseurs étaient conscients qu'une telle juxtaposition était source de réactions d'appui différentielles et de dégâts avec un possible affaissement des maçonneries en fondation propre. Cette dégradation est visible au temple d'Horus à Edfou. À Dendara un système de joints et d'évidements a permis de gérer les mouvements des pans de la maçonnerie. La stabilité et l'intégrité de l'ensemble furent assurés par un chaînage sous forme de monolithes posés sur cales.

3.1 Liaison avec les ouvrants

Aujourd'hui disparues, les portes étaient essentielles dans la fonction du temple. Quelles que soient leurs tailles, ou leurs types, leur débattement se faisait exclusivement par l'emploi de pivot dans des crapaudines aménagées dans la maçonnerie (Zignani 2010, p. 220-224 et Koenigsberger 1936, p. 20-23, 31 et 39-40). Du métal était utilisé dans le système de pivotement, notamment dans la crapaudine basse où le fond de la cavité était pourvu d'une pièce en granit, dans laquelle était insérée une plaque métallique destinée à limiter l'usure et à faciliter la rotation du battant. Le pivot bas d'une porte (lui-même habillé de métal, Clarke & Engelbach 1930, p. 162-163) reposait sur cette platine. Il a eu une récupération systématique des éléments métalliques mais dans certaines crapaudines du temple d'Hathor, il est encore possible de voir sur la pierre des traces de plomb ou d'alliage cuivreux. L'ensemble de ces dispositifs au temple d'Hathor et au mammisi « romain » a fait l'objet de mesure par fluorescence X sous la conduite de Ph. Fluzin (env. 450 mesures conservées au LMC de l'Iramat) pour définir, à partir des oxydes ou des particules restantes, la nature des métaux employés.

Lors du relevé architectural du mammisi « romain », le nettoyage d'une crapaudine dans l'assise de réglage du portique sud a découvert une plaque métallique mais dans un remplissage secondaire de mortier (Figure 2), peut-être lié au recyclage du monument pharaonique en église (voir le schéma d'implantation de l'abside trilobée d'une église sur le parvis : Daumas 1959, pl. 99). Deux échantillons de mortiers prélevés ainsi qu'un fragment métallique, déposés au Pôle archéométrie de l'Ifao, sont à disposition dans le cadre d'études à venir sur les archéomatériaux du bâti pharaonique.

4 Conclusion

Épistémologiquement, l'égyptologie s'est constituée autour d'une épigraphie abondante dans les monuments et les artéfacts religieux négligeant quelque peu l'apport de l'architecture ; les monuments cultuels étant souvent relégués à n'être que des contenants, lourdes masses bâties supports de textes et figures. Pourtant édifier un temple relevait d'un véritable projet : modéliser le monde idéal et exclusifs des dieux. Dans

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

la longueur du monde pharaonique, le sanctuaire principal de Dendara et ses annexes révèlent une compétence d'édifier au terme de trois millénaires d'une pratique recherchant la perfection et l'éternité. La compréhension d'une telle architecture va au-delà de l'esthétique puisqu'elle était le projet d'un idéal divin où chaque élément avait une signification profonde, chargée de références. Tous les détails de liaisonnement montrent une compréhension avancée de la résistance de la structure par rapport aux facteurs environnementaux. L'objectif était de garantir la sécurité et la durabilité du bâti. Les premiers apports sur l'étude des archéomatériaux amené par le dédicataire de ce volume, soutiennent une connaissance antique très ingénieuse sur la technologie des matériaux selon les modes de liaisons contribuant à un projet dont la composition spatiale et l'architectonique répondirent, plus que jamais, à l'exigence d'« un travail excellent pour l'éternité ».

Bibliographie

Arnold, D., 1991. *Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry*. Oxford University Press, New York, Oxford.

Aufrère, S., 1991. *L'univers minéral dans la pensée égyptienne. Bibliothèque d'Étude* 105. Ifao, Le Caire.

Cauville, S., 1991. Les inscriptions dédicatoires du temple d'Hathor à Dendera. *Bulletin de l'institut français d'archéologie* 90 : 83-114.

Cauville, S., 2022. *Dendara. Les cent couronnes du pharaon*. Peeters, Leuven.

Choisy, A., 1904. *L'art de bâtir chez les Égyptiens*. E. Rouveyre, Paris.

Clarke, S., Engelbach, R., 1930. *Ancient Egyptian Masonry. The Building Craft*. Dover Publications, Inc., New York.

Daumas, Fr., 1959. *Les mammisis de Dendara*. Ifao, Le Caire.

Dossiers d'archéologie 413/2022. *Dendara. 200 ans de fouilles et découvertes*.

Golvin, J.-Cl., Larronde J., 1979. Étude des procédés de construction dans l'Égypte ancienne I. L'édification des murs de grès en grand appareil à l'époque romaine. *Annales du Service des antiquités de l'Égypte* 68, 165-190 et pl. 1-8.

Golvin, J.-Cl., Goyon, J.-Cl., 1987, *Les bâtisseurs de Karnak*. Presses du CNRS, Paris.

Goyon, J.-Cl., Golvin, J.-Cl., Simon-Boidot, Cl., Martinet, G., 2004. La construction pharaonique du Moyen Empire à l'époque gréco-romaine. Éditions Picard, Paris.

Hölscher, U., 1912. *Das Grabdenkmal des Königs Chephren. Veröffentlichungen der Ernst von Sieglin Expedition in Ägypten* 1. J.C. Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig.

Josephson, J. A., 2005. The use of "Sand-box" Foundations in Ancient Egypt. In P. Janosi (ed.), *Structure and Significance. Thoughts on Ancient Egyptian Architecture. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Denkschriften der Gesamstakademie* 33, Vienne : 401-406.

Klemm, D., Klemm, R., 2002. The building stones of ancient Egypt, a gift of its geology. *Journal of Africa Earth Sciences* 33 : 631-642.

Klemm, R., Klemm, D., 2008. *Stones & Quarries in Ancient Egypt*. British Museum Press, Londres.

Koenigsberger, O., 1936. *Die Konstruktion der Ägyptischen Tür. Ägyptologische Forschungen* 2. Verlag von J.J. Augustin, Glückstadt.

Lucas, A., Harris. J.R, 1999 (réédition de 1962). *Ancient Egyptian Materials and Industries*. Dover Publication, Inc., New York.

Martinet, G., 1992. *Grès et mortiers du temple d'Amon à Karnak (Haute-Égypte). Étude des altérations, aide à la restauration*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Misuriello, J., 2013. La double perception du sable en Égypte ancienne. *Techniques & Culture* [En ligne] 61, mis en ligne le 15 décembre 2016, consulté le 29 septembre 2022. URL : http :// journals.openedition.org/tc/7212 ; DOI : https://doi.org/10.4000/tc.7212 .

Montet, P., 1964. Le rituel de fondation des temples égyptiens. *Revue de philologie et d'archéologie égyptienne et copte. Kêmi* 17 : 74-100.

Niederberger, W., 1999. *Der Chnumtempel Neektanebos'* II. *Architektur und baugeschichtliche Einordnung. Elephantine* XX. *Archäologische Veröffentlichungen* 96, *Deutsches Archäologisches Institut Abteilung Kairo*, Mayence.

Ricke, H., 1935. Der "Höhe Sand" in Heliopolis. *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde* 7, 107-111.

Ubertini, Chr., 2005. *Restitution architecturale à partir des blocs et fragments épars d'époque ptolémaïque et romaine. Elephantine* XXXIV. *Archäologische Veröffentlichungen* 120, *Deutsches Archäologisches Institut Abteilung Kairo*, Mayence.

Wright, G.R.H., 1972. *Kalabsha. The preserving of the temple. Archäologische Veröffentlichungen* 2, *Deutsches Archäologisches Institut Abteilung Kairo*, Berlin.

Zignani, P., 1996, Monolithisme et élasticité dans la construction égyptienne. Étude architecturale à Dendera. *Bulletin de l'institut français d'archéologie* 96 : 453-487.

Zignani, P., Marchand, S., Morisot, C., Laisney, D., Thiébaut, Fr., Ubertini, Chr., 1998. Deux sondages sur les fondations du temple d'Hathor à Dendera. *Bulletin de l'institut français d'archéologie* 98 : 463-496.

Zignani, P., 2008. *Enseignement d'un temple égyptien.* Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

Zignani, P., 2009. Une culture sismique dans l'architecture des pharaons. De Djéser à la période gréco-romaine. I. Régen, Fr. Servajean (ed.), *Verba manent. Recueil d'études dédiées à Dimitri Meeks. CENiM* 2. Montpellier : 455-467.

Zignani, P., 2010. *Le temple d'Hathor à Dendara. Relevés et étude architecturale. Bibliothèque d'Étude* 146. Ifao, Le Caire.

Zignani, P., 2017. Contrôle de la forme architecturale et de la taille de la pierre. À propos du grand appareil en grès. *Cahiers de Karnak* 16 : 425-449.

Zignani, P. 2019, Dendara. *In* L. Coulon, M. Cressent (ed.), *Archéologie française en Égypte. Recherche, coopération, innovation. Bibliothèque* Générale 59, Ifao, le Caire : 162-169.

Zignani, P., 2022. Designing Vertical Circulation. The Lessons of the Monuments of Dendara. *In* A. Rickert, S. Schlosser (ed.), *Gestaltung, Funktion und Bedeutung antiker Treppenanlagen. Multiperspektivische Analyse einer transkulturellen Konstante. Kasion* 11. Zaphon, Münster : 227-239.

Zignani, P., Tristant, Y., 2022. Mission archéologique de l'Ifao à Dendara. Le territoire du temple. *Bulletin de la société française d'égyptologie* 207 : 91-109.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984