

Données nouvelles sur les appareils de maçonnerie des grandes pyramides

Franck Monnier

LES ÉLÉMENTS DE construction employés pour ériger les pyramides ne sont pas décrits de manière systématique dans les rapports de fouilles. Aux plus grandes d'entre elles, les limites de l'analyse sont conditionnées par la difficulté d'accéder à tous les niveaux des édifices, mais aussi par leur état. Un édifice démantelé, même partiellement, perd une grande partie des informations, tandis qu'un édifice en excellent état ne dévoile pas ce qu'il recèle. Nous devons donc composer avec un corpus de données hétérogènes et rarement complémentaires, et pour cette raison, très peu de chercheurs se sont essayés à dresser une typologie des maçonneries mises en œuvre ¹.

Une mission de photogrammétrie effectuée en automne 2018 ², avec l'autorisation des autorités égyptiennes et dans le cadre du tournage d'un documentaire, a livré un lot d'informations nouvelles ³. L'utilisation d'un drone a conduit à digitaliser la plupart des pyramides édifiées entre les règnes de Djoser et Mykérinos ⁴.

L'analyse attentive de ces données nous a permis de relever des mesures et des détails de construction, tous collectés et exposés dans cet article et qui, même s'ils sont loin de constituer un corpus exhaustif, viendront enrichir le dossier. Nous nous attarderons principalement sur quatre pyramides ayant livré un lot d'informations significatives : celles de Snéfrou à Meïdoum et Dahchour, et celle de Khéphren à Giza.

La pyramide de Meïdoum

La pyramide de Meïdoum, en étant éventrée et en grande partie démantelée, offre l'opportunité rare de tirer des enseignements précieux sur sa constitution interne [pl. 1a].

Le but ici n'est pas de redire ce qui a déjà été établi de longue date. On sait grâce à l'analyse magistrale de Ludwig Borchardt que la pyramide a été bâtie en trois phases successives ⁵.

Le premier stade (E1) respectait le principe de construction des pyramides à degrés de la III^e dynastie ⁶, consistant en tranches concentriques de maçonnerie en lits déversés, s'appuyant

¹ D. ARNOLD, *Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry*, New York, Oxford, 1991, p. 153-174.

² Photogrammétrie exécutée par la société française Iconem.

³ *Pyramids: Solving the mysteries*, produit par Label News et créé par le réalisateur François Pomès que nous remercions pour nous avoir accordé le droit de reproduire et utiliser librement les résultats de la photogrammétrie.

⁴ La technique est décrite dans Fr. MONNIER, « New survey of the upper chambers of Snefru's pyramids at Dahshur », *JAEA* 4, 2020, p. 1-18.

⁵ L. BORCHARDT, *Die Entstehung der Pyramide an der Baugeschichte der Pyramide bei Mejdum nachgewiesen*, *BÄBA* 1, Berlin 1928, p. 5.

⁶ J.-Ph. LAUER, *Histoire monumentale des pyramides d'Égypte I. Les pyramides à degrés (III^e dynastie)*, Le Caire, 1962.

l'une contre l'autre jusqu'à un tronc central. On éleva ainsi une pyramide à sept degrés jusqu'à près de 65 mètres de hauteur, puis on en ravala soigneusement les faces extérieures. On décida ensuite d'en augmenter les proportions en lui adjoignant une tranche supplémentaire de maçonnerie (état E2). D'une pyramide à sept degrés, il en advint une à huit degrés, qui fut elle aussi achevée, comme le prouve le parfait ravalement des parois de la tour. En dernier lieu, l'architecte de Snéfrou modifia radicalement l'édifice en lui adjoignant une enveloppe de maçonnerie appareillée cette fois en assises horizontales, de sorte qu'il acquière la forme toute nouvelle d'une pyramide à profil triangulaire. Le monument, dans son stade terminal, reposait sur une base carrée de 144,32 mètres (en moyenne) de côté, et culminait à 91,90 mètres⁷.

D'après notre analyse de la photogrammétrie, la hauteur des assises du massif interne E1 construit en lits déversés avoisine par endroit la valeur moyenne de 0,524 m, soit une coudée. Ailleurs, on relève 0,56 m. Les variations sont donc réelles, mais minimales au regard des édifices ultérieurs (voir ci-après). Les hauteurs des blocs des tranches E2 fluctuent davantage. Nous relevons des valeurs comprises entre 0,40 et 0,52 m environ, avec une moyenne approchant les 0,47 m dans certaines zones, soit des blocs légèrement plus petits qu'au premier stade de la construction.

Leur longueur approche les 1,5 m et leur largeur 0,8 m environ, mais avec des variations plus ou moins prononcées. La masse de ces éléments de construction avoisine donc les 1,3 tonne⁸. Les blocs de revêtement sont alors simplement équarris, avec des faces de joints et de parement parfaitement dressées. Ils sont disposés en carreaux et en boutisse d'une assise à la suivante afin d'assurer un liaisonnement de la maçonnerie. À ce que la brèche dans la face nord laisse entrevoir [pl. 2b], les pierres du massif interne sont très grossièrement taillées, rarement équarrées, les joints étant bourrés au mortier. La plateforme couronnant les degrés supérieurs affiche toujours des dalles de pavement soigneusement dressées, de faible épaisseur, appareillées afin de constituer un couronnement parfaitement horizontal [pl. 1b]. Le sommet de la pyramide E1 conserve lui aussi une partie de ses blocs de parement [pl. 2a]. Les assises les plus hautes étant ainsi disposées à l'horizontale, il est possible de distinguer que le passage des assises inférieures en lits déversés à celles horizontales du sommet est progressif. On perçoit quelques dalles de pavement d'une tranche E1 noyées dans la maçonnerie de la brèche de la face nord [pl. 2b]. On les avait laissées avant d'ajouter la tranche E2.

Les assises horizontales du stade E3 de la pyramide sont constituées de deux types de maçonnerie. Les blocs de parement sont faits de blocs de calcaire fin⁹, tous parfaitement taillés et dressés. Il en subsiste en bon état au pied des faces nord et ouest, ainsi qu'aux alentours de l'entrée de la face nord [pl. 3a]¹⁰. D'après Ali el-Khouli, la majorité d'entre eux auraient une hauteur variant entre 0,43 et 0,56 m¹¹. En fait, nous avons pu relever des valeurs comprises entre 0,34 m et 0,56 m [fig. 2], mais globalement, la hauteur des assises suit une grande régularité en comparaison avec les monuments ultérieurs (voir ci-après). Leur hauteur moyenne est peu élevée, 0,41 m, moins élevée que celle des massifs en degrés. Leur longueur peut

⁷ D'après W.M.Fl. Petrie (*Medum*, Londres, 1892, p. 6). V. Maragioglio et C. Rinaldi (*L'Architettura delle piramidi Menfite III. Il Complesso di Meydum, la piramide a Doppia Pendenza e la piramide Settentrionale in Pietra di Dahsciur*, Rapallo, 1964, p. 16) donnent 94,50 m.

⁸ En prenant comme masse volumique du calcaire employé la valeur commune de 2,2 tonnes/m³.

⁹ Ce calcaire fin provenait d'une source locale à Meïdoum mais aussi des carrières de Maasara (D. KLEMM, R. KLEMM, *The Stones of the Pyramids. Provenance of the Building Stones of the Old Kingdom Pyramids of Egypt*, Berlin, New York, 2010, p. 41).

¹⁰ A. EL-KHOSULI, *Meïdum*, ACER 3, Sydney, 1991, p. 11-13, pl. 52, 53, 61, 62.

¹¹ *Ibid.*, p. 12.

atteindre sans peine les deux mètres, et leur largeur, 1 m. Nous notons un léger décroissement de quelques centimètres de la hauteur des assises mais il est possible que ce qu'il en reste soit insuffisant pour rendre cette variation significative d'un point de vue statistique. La photogrammétrie a permis de dresser une vue frontale de ces assises au niveau de l'entrée de la face nord, mettant à jour celle proposée par Ali el-Khouli dans les années 90 [fig. 1] ¹².

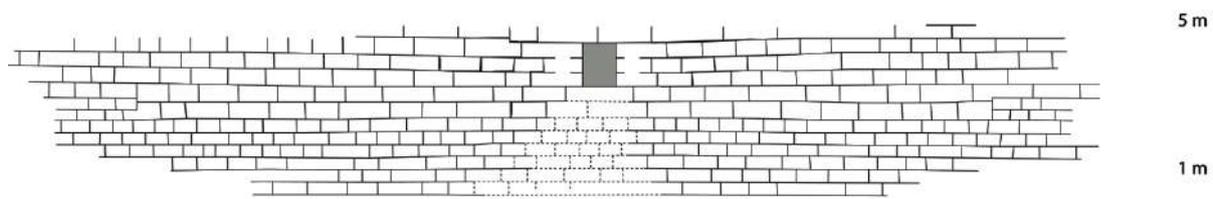


Fig. 1. Revêtement aux alentours de la face nord de la pyramide de Meïdoum, vue frontale vers le sud.



Fig. 2. Hauteurs des assises relevées sur les 19,50 premiers mètres visibles au centre de la face nord de la pyramide de Meïdoum.

Les lits des blocs de revêtement ne sont pas rigoureusement nivelés. La hauteur des pierres d'une même assise peut varier de quelques centimètres. Encore plus curieux, certaines peuvent être interrompues par un net décrochement. A l'ouest et à l'est de l'entrée de la face nord, deux assises se retrouvent ainsi brusquement brisées pour en former trois. De petits décrochements sont aussi visibles au pied de la pyramide. Ce type de disposition se retrouve de manière plus nette dans le cas de la pyramide « Rouge » (voir *infra*).

Selon Ali el-Khouli, les plus gros blocs seraient longs de 1,56 m et hauts de 0,82 m ¹³. Sans doute fait-il allusion aux *backing stones* et aux blocs noyés dans la maçonnerie. Ceux-ci sont en effet globalement plus volumineux que les blocs de parement, leur hauteur étant souvent double. En fait, tout est ici plus variable qu'au niveau du revêtement. De même qu'aux premiers stades de construction, la maçonnerie interne est faite de blocs seulement grossièrement équarris avec des joints comblés de mortier.

D'un point de vue qualitatif, les blocs de parement des pyramides à degrés E1 et E2 montrent qu'ils ont été parfaitement ravalés, tandis que ceux de la pyramide E3 n'ont été que rapidement

¹² *Ibid.*, pl. 53.

¹³ *Ibid.*, p. 12.

dressés¹⁴. Nous ne constatons aucun mouvement de maçonnerie qui ait pu provoquer des fissures ou des dommages, hormis quelques balafres en certains coins des degrés, certainement consécutifs au démantèlement, ainsi que des joints très ouverts aux alentours de l'entrée. Mais peut-être est-ce dû aussi au démontage de toute la maçonnerie supérieure. Globalement, tout montre une grande stabilité et aucune retouche (patches, réparations) n'est à signaler. Le mauvais état à la base d'un grand nombre d'assises n'est que superficiel, consécutif au dévalement des blocs le long des parois lors du démantèlement du monument¹⁵.

Une particularité de la face orientale du massif à degrés a souvent été discutée, mais sans avoir jamais trouvé d'explication satisfaisante. Il s'agit de deux légères saignées verticales taillées sur les 5^e et 6^e degrés de la pyramide E2, large de 4,90 m environ sur le 5^e, puis large de plus de 5,10 m sur le degré supérieur [pl. 3b, 4a-b]¹⁶. Leur profondeur est de quelques centimètres¹⁷. Leurs bords ne sont pas rigoureusement rectilignes. Le scan révèle que le tronçon inférieur s'arrête brusquement une assise au-dessus du palier de la pyramide E1 [pl. 4b].

La pyramide rhomboïdale de Dahchour-Sud

La pyramide de Dahchour-Sud, avec ses faces pliées à presque mi-hauteur, est un monument unique. Avec une base de 189,43 mètres de côté et une hauteur à l'origine de l'ordre de 104,71 mètres¹⁸, elle figure parmi les quatre plus grands monuments de ce type. Sa superstructure a fait l'objet de trois campagnes de mesures du XIX^e au XX^e siècle¹⁹. Toutes se sont focalisées sur les dimensions et les angles du monument. Quelques commentaires ont été posés au sujet des déformations de l'édifice et de son état²⁰. Mais encore rien n'a été entrepris pour relever les hauteurs des assises ou décrire leurs caractéristiques, ainsi que les nombreuses réparations qu'elles ont subies. En alliant la photogrammétrie à des prises de vue personnelles, nous avons été en mesure d'analyser le parement de la face est de la pyramide, près du coin nord-est [pl. 5].

Nous avons en premier lieu mesuré la hauteur de chaque assise [fig. 3]. Les pierres de parement étant inclinées vers l'intérieur, nous avons dû mesurer la hauteur à la verticale séparant leurs limites inférieure et supérieure, pour prendre ensuite en compte l'inclinaison de la face ainsi que l'inclinaison des lits de pose, et enfin parvenir à la véritable hauteur des assises (voir l'annexe).

Seul Petrie offre des données précises au sujet des faces. Selon lui, la face Est près du coin nord-est est inclinée de 55,2° en moyenne²¹. L'inclinaison des lits est très variable en cet endroit, de 6°41' à 8°42'²². Nous avons donc opté pour une valeur de 7°, très proche de la

¹⁴ Fr. MONNIER, *L'ère des géants. Une description détaillée des grandes pyramides d'Égypte*, Paris, 2017, p. 68.

¹⁵ Sur les théories relatives à l'état actuel du monument : *ibid.*, p. 73-76.

¹⁶ W.M.F. Petrie (*op. cit.*, p. 10) avait mesuré 4,95 m et 5,36 m respectivement (voir aussi *id.*, E.J.H. MACKAY, G.A. WAINWRIGHT, *Meydum and Memphis (III)*, BSAE-ERA 18, Londres, 1910, p. 1-2).

¹⁷ Deux ou trois pouces de profondeur selon Petrie (*ibid.*, p. 1).

¹⁸ J. DORNER, « Form und Ausmasse der Knickpyramide. Neue Beobachtungen und Messungen », *MDAIK* 42, 1986, p. 54. Un *survey* récent encore non publié a abouti à corriger légèrement ces valeurs (communication personnelle de Felix Arnold).

¹⁹ Nous devons la première à Flinders Petrie, la seconde à Hassan Mustapha et enfin la troisième à Josef Dorner.

²⁰ Pour une bibliographie sur la question, consulter Fr. MONNIER, A. PUCHKOV, « The building progress of the Bent Pyramid at Dahshur. A reassessment », *ENiM* 9, 2016, p. 15-36.

²¹ J. DORNER, *loc. cit.* ; W.M.F. PETRIE, *A Season in Egypt, 1887*, Londres, 1888, p. 30.

²² *Ibid.*, p. 29.

moyenne globale²³. La photogrammétrie offre des mesures avec une marge d'erreur de plus ou moins deux centimètres. Nous avons donc répété les mesures (jusque cinq au possible) sur une même assise afin de réduire cette incertitude. Concernant la partie supérieure, les mesures ont toutes été effectuées sur le coin nord-est, là où les blocs ont été proprement appareillés. Plus on s'éloigne du coin, et plus la disposition se montre chaotique (voir ci-après).

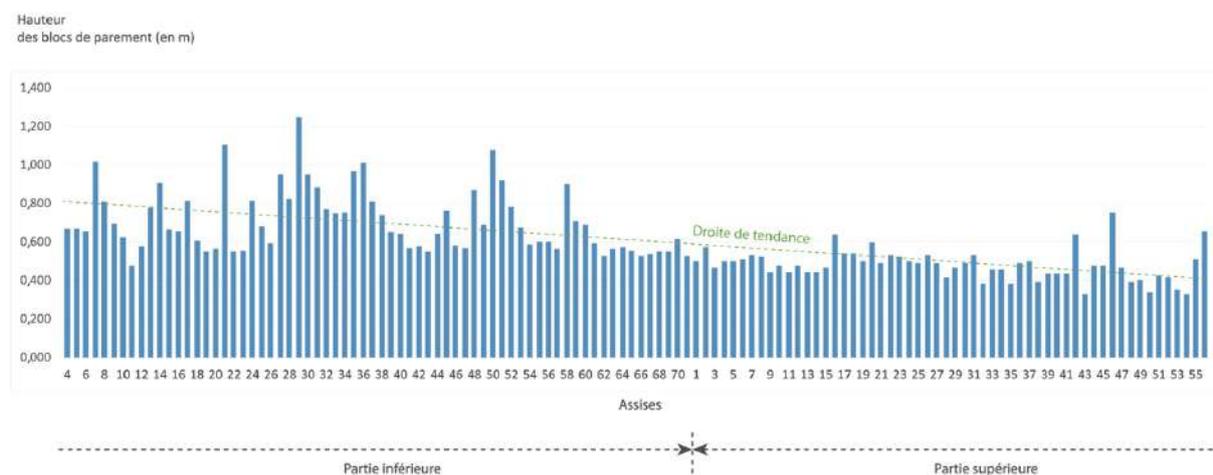


Fig. 3. Hauteurs des blocs de parement relevées à la pyramide rhomboïdale de Dahchour-Sud, sur la face orientale près de l'arête nord-est pour la partie inférieure, et sur l'arête nord-est pour la partie supérieure. Le nombre de mesures effectuées sur la partie supérieure est limité en raison de la disparition d'une part du revêtement.

Nous disposons ainsi avec cet ensemble de mesures (124 au total, 68 sur la partie inférieure et 56 sur la partie supérieure) d'une seconde série comparable aux mesures des rangs d'assises de la Grande Pyramide²⁴. Soulignons toutefois que les mesures de la Grande Pyramide ont été prises sur les *backing stones* et non sur les pierres de parement, qui ont disparu²⁵.

Nous avons débuté la numérotation des assises à 4 car les trois premières sont en partie ensablées et détériorées.

Il semble qu'une certaine particularité transparaisse dans les 60 assises les plus basses. On observe en effet une assise bien plus haute, à intervalles réguliers, toutes les 7 ou 8 assises. Il demeure toutefois difficile d'en tirer un enseignement puisque cette caractéristique ne répond pas à une règle rigoureuse. Elle disparaît d'ailleurs ensuite au fur et à mesure que l'on s'élève.

Maragioglio et Rinaldi affirment avoir mesuré des assises hautes de 1,85 m²⁶. Mais d'après notre relevé, la plus haute n'atteint que 1,25 m (29^e assise de la partie basse). Globalement, la hauteur des assises tend à diminuer. Les éléments les plus élevés auraient d'après les architectes italiens tous une hauteur avoisinant une coudée, c'est-à-dire 0,52 m²⁷. Dans les faits, il existe

²³ D'après nos calculs, une différence de 1° n'implique qu'une variation de 1% dans les résultats, ce qui est relativement négligeable.

²⁴ W.M.FI. PETRIE, *The Pyramids and Temples of Gizeh*, Londres, New-York, 1883, pl. 8 ; G. GOYON, « Les rangs d'assises de la Grande Pyramide », *BIFAO* 78, 1978, p. 405-413.

²⁵ Hormis quelques blocs de la première assise.

²⁶ V. MARAGIOGLIO, C. RINALDI, *op. cit.*, p. 58.

²⁷ *Loc. cit.*

deux assises hautes de seulement 0,33 m dans la partie supérieure. Et le grand désordre régnant dans la maçonnerie montre que cette valeur est très variable.

La hauteur moyenne des assises de la partie inférieure de la pyramide est ainsi de 0,71 m, puis de 0,48 m à la partie supérieure²⁸. La moyenne globale est de 0,60 m.

D'après les architectes italiens, la longueur moyenne des blocs de la partie inférieure est de 1,52 m, tandis que leur profondeur peut atteindre 2 m²⁹. Nous ne saurions confirmer ces valeurs. La première nous semble douteuse puisque Maragioglio et Rinaldi n'ont pu accéder aux différents niveaux pour prendre directement des mesures. Un échantillon de blocs pris aléatoirement sur la zone étudiée nous amène à la moyenne de 1,33 m pour la longueur, avec des valeurs variant entre 0,86 et 1,90 m. Nous pouvons toutefois établir qu'avec de telles dimensions, les blocs dépassant les 5 tonnes sont très communs dans la partie inférieure.

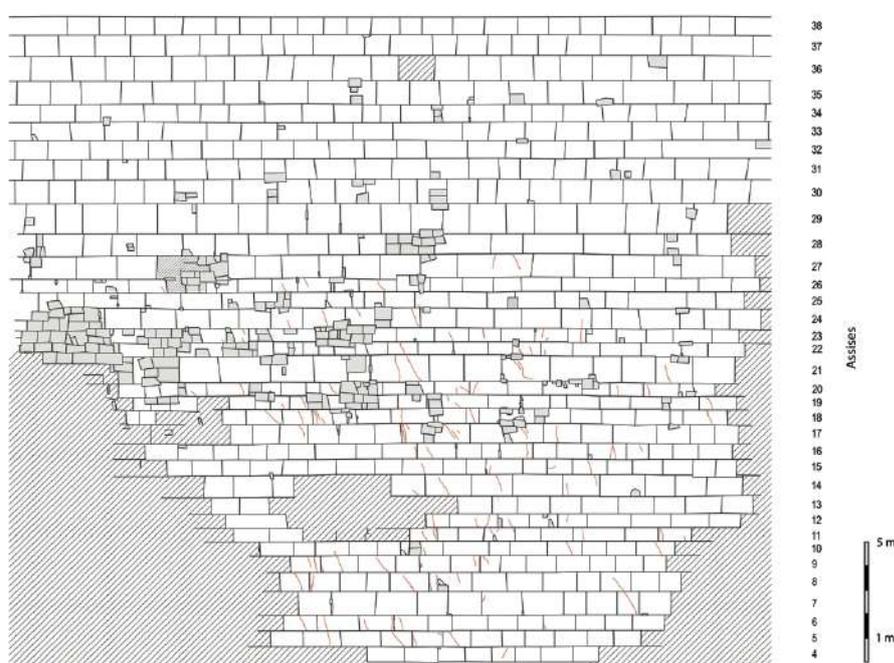


Fig. 4. Cartographie d'une zone du revêtement de la face orientale, près du coin nord-est, de la pyramide rhomboïdale. Les fissures sont en rouge et les réparations avec patches en gris. Les zones trop dégradées sont hachurées.

Le scan nous a également permis de dresser une cartographie de la partie basse de cette même zone, en relevant toutes les fissures ainsi que les nombreuses restaurations antiques [fig. 4]. Ce relevé systématique met en lumière l'importance des dommages et des réparations, sans aucun doute causés par des mouvements de la maçonnerie au cours de la construction. De très nombreux blocs sont fissurés. Mais ces fissures se prolongent rarement au-delà de chaque bloc.

²⁸ À ce qu'il est possible d'en juger, puisque les assises les plus hautes ne sont pas mesurables en raison de leur état.

²⁹ *Loc. cit.*

Ce qui semble induire qu'à cet endroit, la structure a subi un tassement, mais non un accident brutal. Ce mouvement est-il dû à un affaissement ayant eu lieu au centre de la face ?

Nous avons relevé quelques fissures sur la face nord. Mais cette dernière nécessiterait également un examen entier et attentif pour déterminer à quel point elle en est affectée.

Les rénovations sont certainement contemporaines de Snéfrou et non tardives, puisque nous avons pu observer l'usage d'un mortier rose très caractéristique également employé à l'intérieur du monument. On remarque que les Égyptiens ont retaillé en de multiples endroits le revêtement déjà posé afin d'y insérer des patchs et des blocs bien plus petits [fig. 5 et pl. 7-8]. Certains sont perceptibles jusqu'à plus de 20 mètres au-dessus du niveau du sol extérieur. On se retrouve donc parfois face à de véritables puzzles. Aux premières assises, certaines cavités sont désormais vides, les patchs ayant disparu. La face nord, la mieux préservée, contient également de très nombreuses réparations [pl. 7]. La photogrammétrie ne permet pas toujours de bien discerner les endroits où des patchs ont été insérés, aussi il est impossible de déterminer avec certitude jusqu'à quel niveau les Égyptiens les ont appliqués. Néanmoins, les éléments désormais à notre disposition conduisent à soulever la question du moyen avec lequel ils ont pu agir de la sorte. Existait-il encore une rampe enveloppante que l'on démontait progressivement pour parvenir à tous les niveaux, afin de les inspecter et éventuellement les réparer ? Une investigation complète pourrait permettre d'éclaircir ce point.

La partie supérieure ne semble pas comporter de réparations [pl. 6a-b]. En revanche, les assises sont disposées de manière extrêmement chaotique. Elles sont souvent brisées, c'est-à-dire qu'elles subissent des décrochements, se dédoublant pour ensuite n'en reformer qu'une un peu plus loin. Il semble en revanche que les coins ont fait l'objet d'un grand soin, ce qui conduit à penser qu'ils auraient été construits en premier lieu. Notre relevé des hauteurs donne donc des renseignements au sujet des blocs situés au coin nord-est, mais il est rendu caduc quand on s'en éloigne par cette disposition en apparence aléatoire des pierres et de leur forme.

Rien n'est dû à des problèmes structurels puisqu'aucune fissure n'est à déplorer. Les assises suivent des courbes ondulées aléatoires [pl. 6a-b]. Rien ne semble avoir été intentionnel, si ce n'est d'avoir voulu achever l'édifice avec des équipes travaillant côte à côte, sans qu'aucune ne soit soucieuse du niveau à respecter et de la manière avec laquelle elles allaient opérer la jonction. Ces pierres possédant les formes les plus hétérogènes nous font nous interroger sur la manière dont les ouvriers devaient les tailler et les manipuler afin qu'elles s'adaptent à leur lit et à sa voisine. Cela nous semble très délicat. Mais, sans doute pris par le temps, il apparaît que les constructeurs y ont trouvé un intérêt vis-à-vis d'une disposition ordonnée. Il semble évident ici que les pierres étaient retaillées sur place et non préparées à l'avance pour être directement posées.

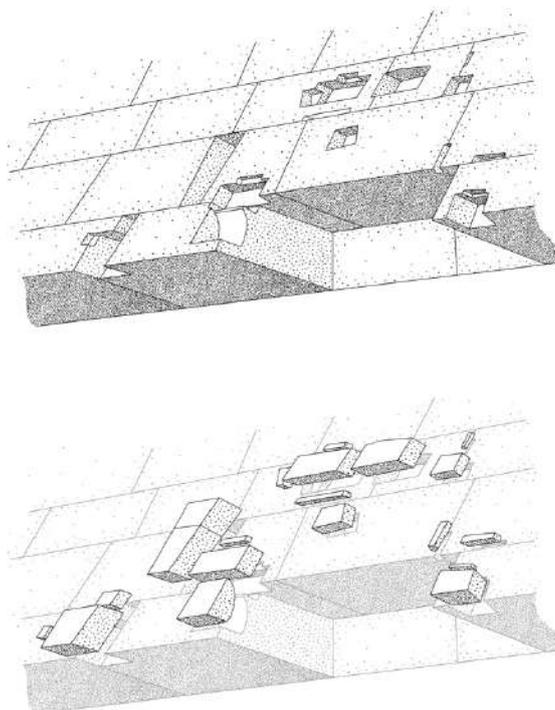


Fig. 5. Détails et dispositions de quelques patches et réparations observés sur la face nord de la pyramide rhomboïdale (Fr. Monnier [voir photo pl. 7a]).

On est donc bel et bien face à un édifice qui n'a pas respecté les exigences de perfection rencontrées ailleurs, tout au moins dans sa partie la plus élevée. Dans sa partie inférieure, des problèmes structurels sont patents. La multitude de fissures et de réparations l'atteste. Le grand paradoxe est que cette pyramide imparfaite s'est révélée être la plus à même de traverser le temps puisqu'il s'agit aujourd'hui de la mieux préservée sous son aspect extérieur.

La pyramide « Rouge » de Dahchour-Nord

D'après les rapports existants, la pyramide Rouge de Dahchour-Nord possède une base de 219,08 m de côté. Avec des faces inclinées de $44^{\circ} 44'$, sa hauteur originelle atteignait les 109,54 m³⁰.

Le dégagement de la base au centre de la face nord par Rainer Stadelmann a révélé que de nombreux blocs de parement des cinq premières assises figuraient toujours à leur place³¹ [pl. 9a-b]. La photogrammétrie a aidé à en relever les détails. Elle révèle ainsi une disposition particulièrement intéressante. Les assises sont certes horizontales, mais toutes brisées, c'est-à-dire que chacune d'entre elles subit un brusque décrochement (de 10 à 20 cm environ) [pl. 9b].

³⁰ J. DORNER, « Neue Messungen an der Roten Pyramide », dans H. Guksch, D. Polz (éd.), *Stationen. Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens Rainer Stadelmann gewidmet*, Mayence, 1998, p. 23-25 ; V. MARAGIOGLIO, C. RINALDI, *Piramidi Menfite III*, p. 126-127, tav. 18-19.

³¹ R. STADELMANN, « Die Pyramiden des Snofru in Dahschur. Zweiter Bericht über die Ausgrabungen an der nördlichen Steinpyramide », *MDAIK* 39, 1983, p. 225-241.

On observe de part et d'autre de l'axe central de l'édifice de tels décalages, de sorte qu'un effet escalier montant semble se dégager à partir du nord et du sud vers le centre [fig. 6]. Nous avons tenté de vérifier ce phénomène aux assises supérieures. Mais les blocs de parement ayant disparu, et les pierres de calcaire local ayant très nettement souffert de l'érosion et des détériorations survenues lors du démontage du revêtement, il est impossible de dresser un état des lieux précis à partir de la photogrammétrie seule. Une observation fine *in situ* est nécessaire.

Il nous semble opportun de faire un parallèle avec l'une des pyramides satellites du complexe funéraire de Khéops : la pyramide de reine G1c. Nous avons en effet remarqué que les blocs de son nucléus construit en gradins étaient disposés en marches d'escalier. Les pyramides de reines de Mykérinos, en revanche, sont toutes construites en assises rigoureusement horizontales. Il pourrait s'agir d'un témoin de la méthode de construction employée. Mais le fait que l'on constate des dispositions différentes d'un monument à l'autre nous interroge sur d'éventuelles techniques elles aussi différentes employées en construction.

Maragioglio et Rinaldi décrivent la pyramide « Rouge » comme étant composée d'assises horizontales de hauteurs constantes, variant entre 90 cm à la base et 60 cm au sommet³². Mais les assises décrites dans cet article étaient alors occultées par les sables. Nos mesures révèlent en fait que la première assise est haute de 1,04 m à 1,18 m.

Les suivantes sont moins hautes, et celles dénuées de leur parement sont impossibles à mesurer par ce moyen. Nous ne pouvons donc malheureusement offrir de relevés statistiques semblables à celui de la pyramide rhomboïdale.

La longueur moyenne des blocs calculée à partir d'un échantillon de blocs de parement conduit à la valeur de 1,19 m, avec un minima de 0,89 m et un maxima de 1,7 m.

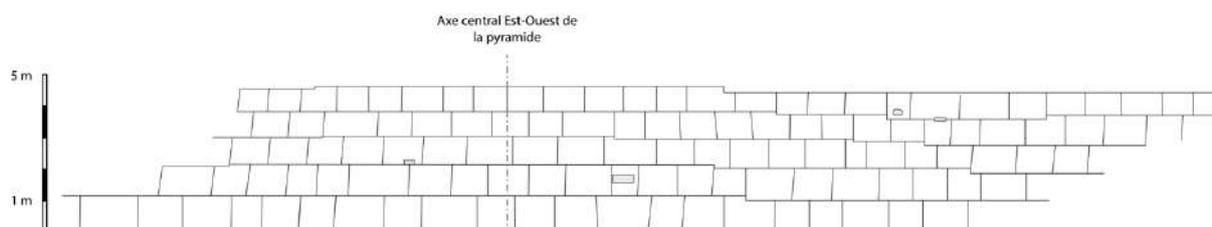


Fig. 6. Blocs de parement subsistants sur la face nord de la pyramide « Rouge ». Vue frontale vers l'ouest.

La pyramide de Khéphren

Selon Flinders Petrie, les côtés étaient longs de 215,16 mètres en moyenne³³. L'inclinaison du revêtement, proche de $53^{\circ}10'$, portait la hauteur de la pyramide à 143,8 mètres³⁴. Le massif de la pyramide est constitué de blocs en calcaire local³⁵, taillés selon des dimensions variables, leur hauteur diminuant globalement de bas en haut. Bien que ceux des premières assises aient des dimensions mégalithiques, la majorité ne dépasse pas quelques mètres cubes, ni même le mètre cube au tiers supérieur. Au vu de photographies et de la photogrammétrie, il semble que

³² V. MARAGIOGLIO, C. RINALDI, *op. cit.*, p. 126.

³³ W.M.FI. PETRIE, *Pyramids and Temples of Gizeh*, p. 97.

³⁴ *Ibid.* ; V. MARAGIOGLIO, C. RINALDI, *L'Architettura delle piramidi menfite V. Le Piramidi di Zedefrà e di Chefren*, Rapallo, 1966, p. 50.

³⁵ D. KLEMM, R. KLEMM, *Stones of the Pyramids*, p. 93-95.

le nucléus soit essentiellement composé de blocs avec des dimensions relativement homogènes [pl. 10]. Nous ne percevons pas cette différence qualitative soulignée par divers auteurs en comparaison avec la Grande pyramide ³⁶. La maçonnerie semble soignée, hormis là où les carriers se sont acharnés, et l'emploi d'un mortier pour combler les joints paraît évident.

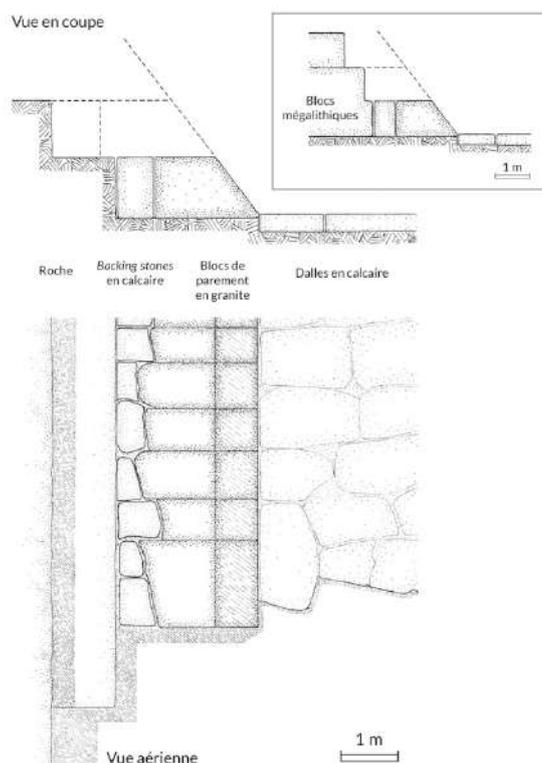


Fig. 7. Caractéristiques de quelques blocs de la première assise de la pyramide de Khéphren (face nord).

Petrie prétend que les premières assises de la pyramide de Khéphren atteignent une hauteur maximale de 1,58 m ³⁷. Tout dépend cependant de ce que l'on entend par assise. Celles-ci ne sont pas toujours constituées régulièrement d'un seul bloc, mais alternent parfois un bloc très haut et deux blocs superposés qui viennent s'y adosser. Ainsi, les deux premières assises comportent sur leur pourtour de nombreux mégalithes hauts de plus de deux mètres, par conséquent une valeur plus élevée que celle avancée par Petrie [fig. 7]. Il fallait alors au moins deux rangées superposées de blocs de parement pour les occulter. Ces énormes blocs avoisinant souvent les cinquante tonnes ne se trouvent qu'aux deux premières assises ³⁸. Nous ne

³⁶ V. MARAGIOGLIO, C. RINALDI, *op. cit.*, p. 46 ; M. VERNER, *The Pyramids*, New-York, 2001, p. 225.

³⁷ W.M.FI. PETRIE, *op. cit.*, p. 99.

³⁸ Nous en avons mesuré un de près de six mètres de long et d'une hauteur de 1,8 à 2 mètres.

reproduirons pas en intégralité les descriptions des premières assises puisque Petrie ³⁹, Maragioglio et Rinaldi ⁴⁰, Lehner et Hawass ⁴¹ l'ont déjà parfaitement fait.

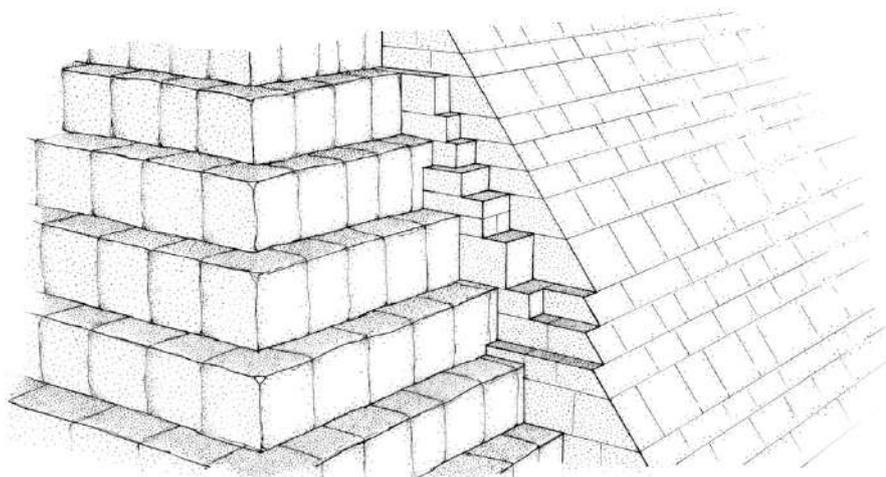


Fig. 8. Appareil de maçonnerie de la pyramide de Khéphren observé sur le tiers supérieur.

Les blocs des assises supérieures retrouvent des dimensions beaucoup plus conventionnelles et comparables à celles employées à la pyramide de Khéops. Il faut noter que la maçonnerie des deux monuments diffère nettement [pl. 10b-c]. À ce qu'il est permis de juger au vu des rares blocs de parement subsistants, là où ceux de la pyramide de Khéops sont de même hauteur que l'ensemble de l'assise ⁴², ceux de la pyramide de Khéphren sont souvent plus petits, deux blocs de parement correspondant à une hauteur d'assise ⁴³ [fig. 8]. C'est manifeste là où le revêtement est intact près du sommet. Parfois une rangée de blocs de parement chevauche deux assises du nucléus. On discerne des ajustements montrant que le revêtement et les *backing stones* ont été posés après les blocs du nucléus. Cela ne signifie pas pour autant que le nucléus fut achevé et que les Égyptiens ont disposé le revêtement en recommençant à partir du bas ⁴⁴. Nous l'interprétons comme une séparation du chantier. La construction du nucléus a pu être prise en charge par la majorité des ouvriers, tandis que des ouvriers plus spécialisés étaient affectés à la mise en place très précise des blocs extérieurs et au contrôle de la géométrie de l'édifice. Le nucléus a donc pu s'élever un peu plus vite (peut-être pas plus de deux assises d'avance) pour que le parement soit disposé contre lui.

³⁹ *Ibid.*, p. 96-99.

⁴⁰ V. MARAGIOGLIO, C. RINALDI, *op. cit.*, p. 46-50.

⁴¹ M. LEHNER, Z. HAWASS, *Giza and the Pyramids*, Le Caire, New-York, 2017, p. 190-194, 452-454.

⁴² G. GOYON, « Les rangs d'assises de la Grande Pyramide », *BIFAO* 78, 1978, p. 405-413.

⁴³ Il ne s'agit pas d'une règle stricte. Certaines assises accueillent un seul bloc de parement.

⁴⁴ Point de vue exprimé par Gilles Dormion (G. DORMION, J.-Y. VERD'HURT, *La chambre de Khéphren*, Arles, 2018, p. 61-66).

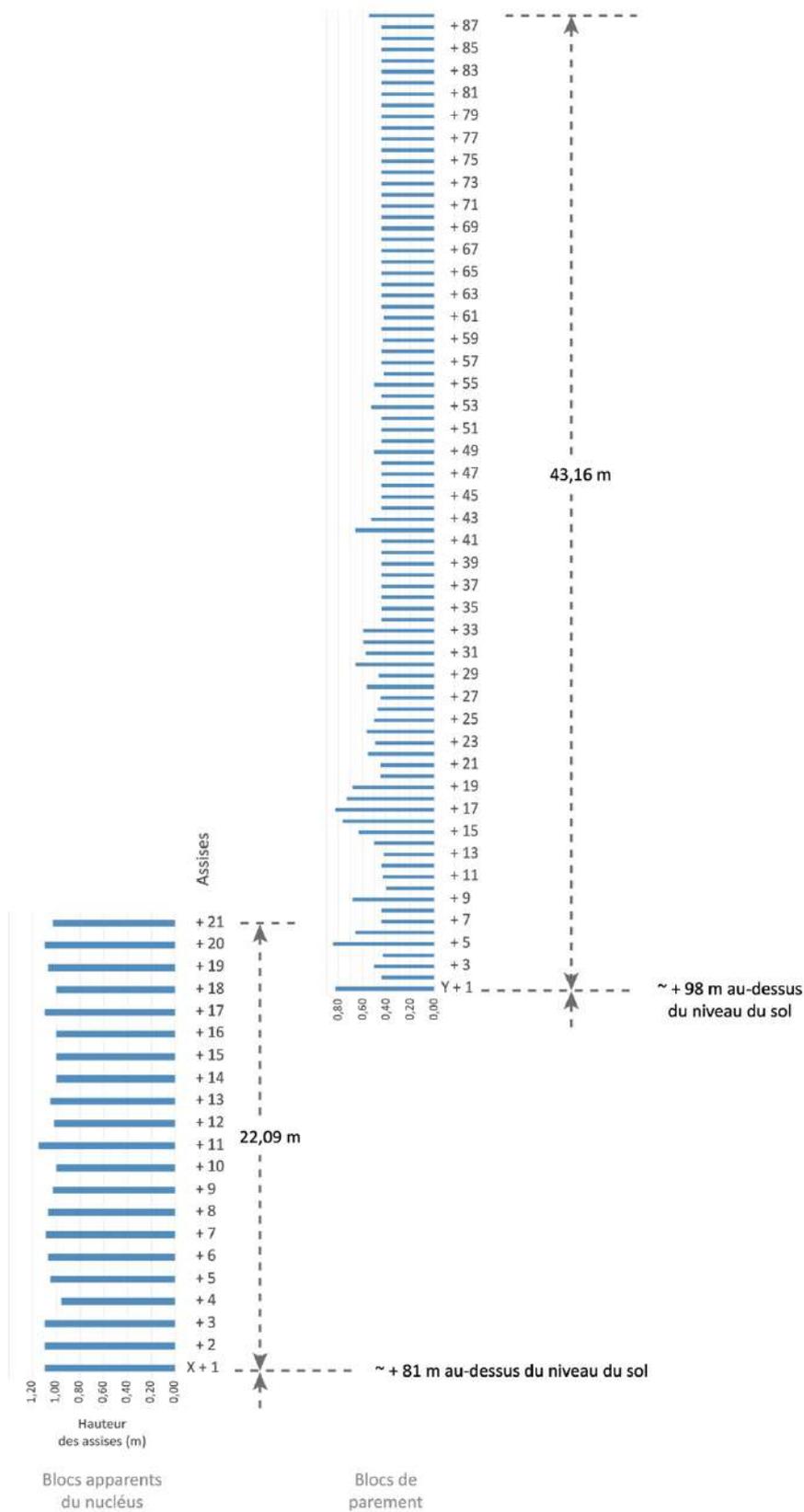


Fig. 9. Relevé de la hauteur des assises (blocs de parement et blocs du nucléus) sur la face nord, près du coin nord-est de la pyramide de Khéphren.

Certains blocs de parement sont ainsi hauts d'une trentaine de centimètres seulement⁴⁵. Ces blocs de revêtement sont, pour la plupart, plus profonds et plus larges. Les blocs situés à l'arrière des *backing stones*, c'est-à-dire ceux du massif proprement dit, avoisinent les 1,2 x 1 x 0,9 m, soit une masse de plus de deux tonnes⁴⁶. Précisons toutefois que leur largeur peut varier ponctuellement. Leur hauteur, d'une moyenne de 1,05 m, affiche une bien meilleure constance qu'à la pyramide de Khéops. Les différences ne s'arrêtent pas là puisque leurs faces extérieures sont proprement alignées, donnant l'apparence générale de gradins parfaitement disposés, tandis que chez Khéops, les blocs alternent grossièrement carreaux et boutisses, avec des formes et des dimensions très variables. Les blocs de parement subsistant près du sommet ont une épaisseur étonnamment régulière, avoisinant généralement les 0,45 m. Ces blocs sont parfois bien plus larges que haut. Nous avons par exemple relevé un bloc mesurant 2,78 x 0,52 x 1,2 m, soit une masse dépassant 3,5 tonnes. On pourrait donc, *a priori*, supposer que les blocs étaient peu épais, et donc plus petits, pour pouvoir être acheminés plus aisément jusqu'au sommet. Mais certains exemples comme celui-ci viennent contredire cette hypothèse.

Il faut toutefois ajouter que les traces d'exploitation subsistant près du coin nord-ouest de la pyramide révèlent que des blocs plus volumineux ont aussi été employés. De section carrée : 2,80 x 2,80 m⁴⁷, leur hauteur ne peut être déterminée avec certitude. De deux coudées environ selon Maragioglio et Rinaldi⁴⁸, nous l'évaluerions plutôt à un minimum de 1,50 m, ce qui concorderait davantage avec les proportions constatées.

Les chercheurs n'ont pas encore trouvé d'accord sur la datation de cette carrière. Certains estiment qu'elle est contemporaine de la pyramide⁴⁹, tandis que d'autres l'associent à des restaurations tardives du Nouvel Empire⁵⁰. L'existence d'une carrière très semblable, avec les mêmes caractéristiques, aux proches abords du coin nord-ouest de la pyramide de Mykérinos vient conforter le premier point de vue. Il est en effet exclu que les constructeurs de cette pyramide aient laissé une éminence rocheuse exploitable à quelques mètres seulement de l'édifice, que de lointains prédécesseurs auraient seulement ensuite choisi de tirer parti.

Conclusion

Un état des lieux exhaustif et précis des grandes pyramides de l'Ancien Empire demande encore à être établi. Mais les observations que nous avons rassemblées ici offriront, nous l'espérons, un lot de données précieuses, notamment sur la qualité de la mise en œuvre, les diverses techniques de construction adoptées et la pathologie des édifices. Il est patent que chaque pyramide de cette période possède ses propres particularités.

⁴⁵ Selon Maragioglio et Rinaldi (*op. cit.*, p. 50), la hauteur des blocs de parement décroît du bas vers le haut de 1,05 à 0,53 m. Ils n'ont donc pas été en capacité de mesurer les plus petits d'entre eux. Un des blocs de granite serait selon ces derniers auteurs profond de 2,50 m, long de 2,53 m et haut de 1,15 m (*ibid.*, p. 100 [obs. 3]). Nous n'avons personnellement pas pu le repérer pour confirmer ces données.

⁴⁶ Observation personnelle.

⁴⁷ *Ibid.*, 44. Les dimensions diffèrent parfois. Certains sont légèrement plus petits, d'autres au contraire sont bien plus grands. Nous en avons mesuré de 6 mètres de long, délimités par une diaclase et l'escarpement du nord.

⁴⁸ *Loc. cit.*

⁴⁹ G. GOYON, *Le secret des bâtisseurs des grandes pyramides. Khéops*, Paris, 1977, p. 105-108 ; Fr. MONNIER, *L'ère des géants*, 2017, p. 176.

⁵⁰ G. GOYON, J.-Cl. GOLVIN, Cl. SIMON-BOIDOT *et al.*, *La construction pharaonique du Moyen Empire à l'époque gréco-romaine. Contexte et principes technologiques*, Paris, 2004, p. 150-151 ; D. KLEMM, R. KLEMM, *Stones of the Pyramids*, p. 91.

Une description complète des fissures, des dommages et des réparations antiques, comme nous l'avons effectuée partiellement, nous renseignerait sur l'importance et la nature des dommages ayant affecté la pyramide rhomboïdale lors de sa construction. Une cartographie intégrale nous offrirait un ensemble d'informations qui permettrait une modélisation et l'identification du scénario qui en est la cause⁵¹.

Force est de constater que ces monuments emblématiques sont encore largement méconnus. Seules des descriptions architecturales et structurales seraient à même de combler les énormes lacunes et nous permettraient probablement de répondre à une grande part des nombreuses questions qu'ils soulèvent.

Annexes

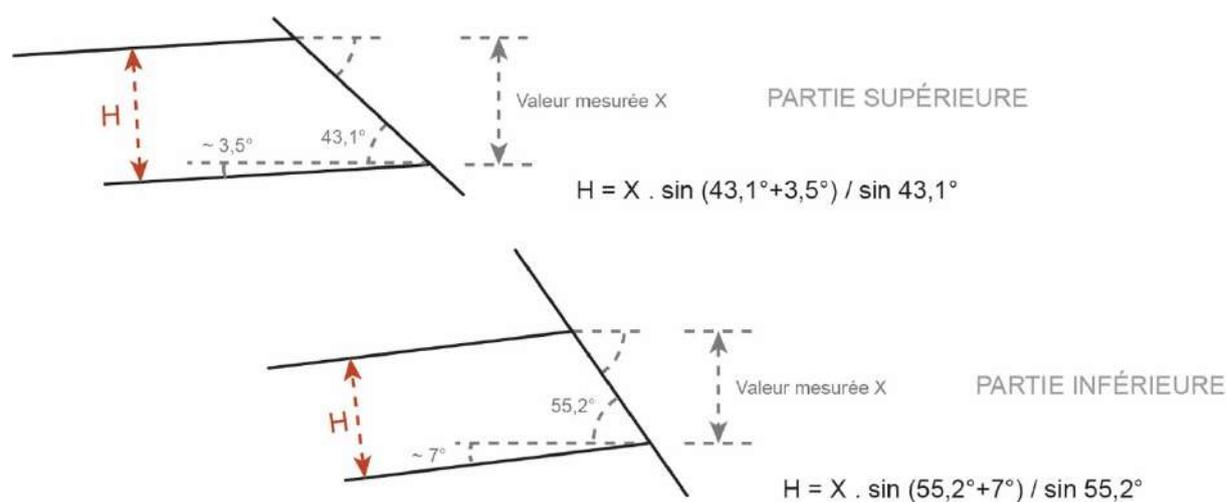


Fig. 10. Relations trigonométriques entre les mesures effectuées et les hauteurs réelles H des blocs de parement de la pyramide rhomboïdale.

⁵¹ Cet aspect a été abordé récemment dans le cas des pyramides de Dahchour. Mais les résultats de l'étude entreprise sont encore trop sommaires pour être éclairants et exploitables (A. KUKELA, V. SEGLINS, « The pyramids at Dahshur. The necessary innovations before pyramids' construction at Giza », dans K.O. Kuraszkiewicz, E. Kopp, D. Takács (éd.), *"The Perfection that Endures..."*. *Studies on Old Kingdom Art and Archaeology*, Varsovie, 2018, p. 247-252, pl. XLIX-LI).

Partie inférieure				Partie supérieure			
Assises	H corrigée	Assises	H corrigée	Assises	H corrigée	Assises	H corrigée
4	0,670	38	0,739	1	0,50	35	0,383
5	0,672	39	0,654	2	0,574	36	0,489
6	0,657	40	0,641	3	0,468	37	0,50
7	1,019	41	0,571	4	0,50	38	0,393
8	0,808	42	0,576	5	0,50	39	0,436
9	0,694	43	0,553	6	0,51	40	0,436
10	0,625	44	0,644	7	0,532	41	0,436
11	0,479	45	0,765	8	0,521	42	0,638
12	0,576	46	0,582	9	0,447	43	0,33
13	0,776	47	0,571	10	0,478	44	0,479
14	0,905	48	0,870	11	0,447	45	0,479
15	0,666	49	0,692	12	0,479	46	0,755
16	0,657	50	1,077	13	0,447	47	0,468
17	0,814	51	0,921	14	0,447	48	0,393
18	0,606	52	0,784	15	0,468	49	0,404
19	0,549	53	0,673	16	0,638	50	0,34
20	0,563	54	0,587	17	0,542	51	0,425
21	1,104	55	0,601	18	0,542	52	0,415
22	0,552	56	0,603	19	0,50	53	0,351
23	0,557	57	0,564	20	0,595	54	0,33
24	0,814	58	0,903	21	0,489	55	0,51
25	0,681	59	0,707	22	0,532	56	0,659
26	0,592	60	0,689	23	0,521		
27	0,951	61	0,592	24	0,50		
28	0,824	62	0,528	25	0,489		
29	1,247	63	0,564	26	0,532		
30	0,954	64	0,575	27	0,489		
31	0,883	65	0,555	28	0,415		
32	0,773	66	0,528	29	0,468		
33	0,748	68	0,549	30	0,489		
34	0,754	69	0,549	31	0,532		
35	0,967	70	0,614	32	0,383		
36	1,013	71	0,528	33	0,457		
37	0,811			34	0,457		

Tabl. 1. Récapitulatif des hauteurs H, en mètres, des blocs de revêtement, mesurées sur le côté oriental de la pyramide rhomboïdale [voir pl. 5 et fig. 3].



Pl. 1a. Vue aérienne de la photogrammétrie effectuée à la pyramide de Meïdoum (le Nord est en bas)
(© Label News).



Pl. 1b. Dallage subsistant sur la plateforme de la pyramide de Meïdoum (E2) (© Label News).



Pl. 2a. Sommet de la pyramide E1 de Meïdoum (© Label News).



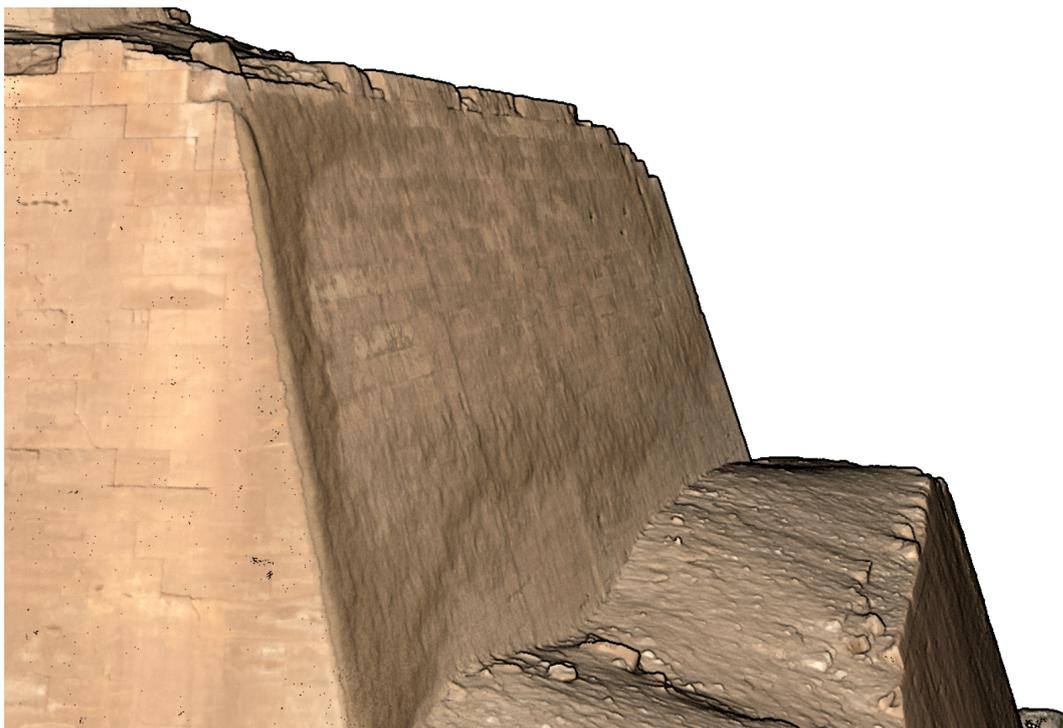
Pl. 2b. Brèche dans la pyramide de Meïdoum (© Label News). La flèche indique le dallage subsistant de la pyramide E1, noyé dans la maçonnerie du rajout E2.



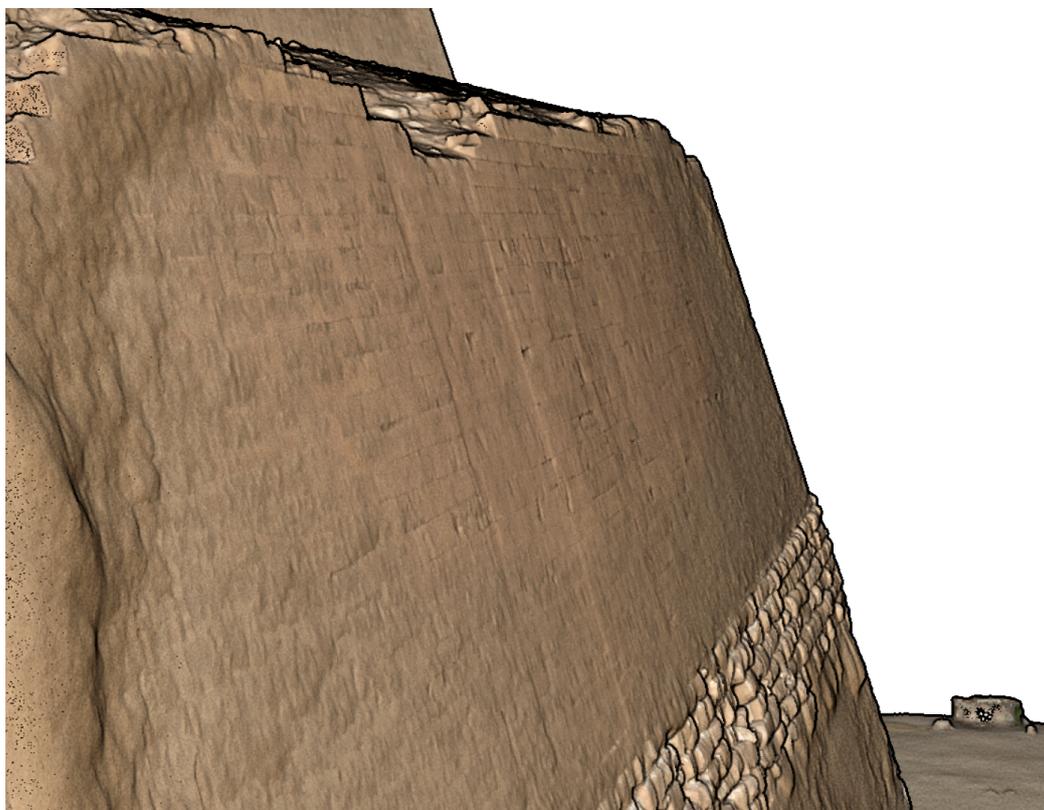
pl. 3a. Face nord de la pyramide de Meïdoum avec une partie du revêtement E3 subsistant (photo: Franck Monnier).



Pl. 3b. Vue vers l'ouest de la pyramide de Meïdoum (© Label News). Les deux rainures de la façade orientale ont été artificiellement éclaircies.



Pl. 4a. Rainure supérieure située sur la face orientale de la pyramide E2 de Meïdoum (© Label News).



Pl. 4b. Rainure inférieure située sur la face orientale de la pyramide E2 de Meïdoum (© Label News).



Pl. 5. Zone de la face orientale de la pyramide rhomboïdale à Dahchour, sur laquelle ont été prises les mesures des assises (encadré en rouge). Le cadre gris représente la zone cartographiée du revêtement (© Label News).



Pl. 6a. Partie supérieure de la face nord de la pyramide rhomboïdale (© Label News).



Pl. 6b. Assises en appareil irrégulier de la partie supérieure de la face nord de la pyramide rhomboïdale (© Label News).



Pl. 7a. Réparation avec patches au pied de la face nord de la pyramide rhomboïdale (photo : Franck Monnier).



pl. 7b. Réparations avec patches sur la face nord de la pyramide rhomboïdale (photo : Franck Monnier).



Pl. 8a. Réparations avec patches sur la face orientale de la pyramide rhomboïdale
(photo : Franck Monnier).



Pl. 8b. Réparations avec patches sur la face orientale de la pyramide rhomboïdale
(photo : Franck Monnier).



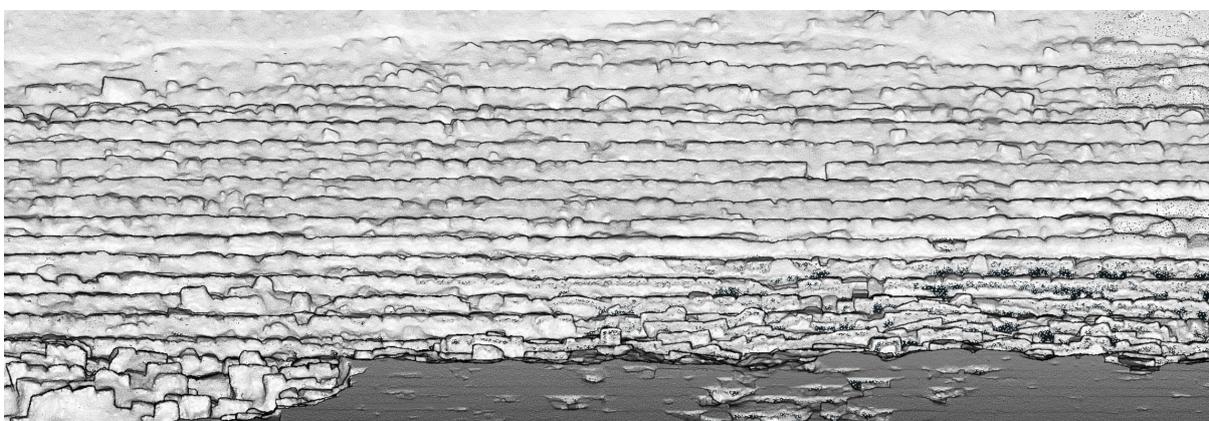
Pl. 9a. Revêtement subsistant au pied de la face orientale de la pyramide « Rouge »
(photo : Franck Monnier).



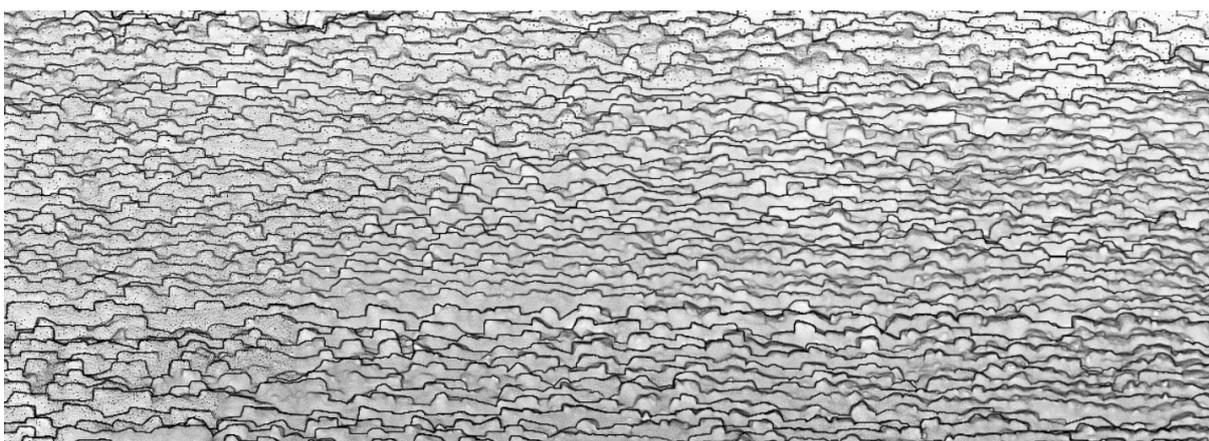
Pl. 9b. Revêtement subsistant au pied de la face orientale de la pyramide « Rouge »
(photo : Franck Monnier).



Pl. 10a. Appareil de maçonnerie de la pyramide de Khéphren (photo : Franck Monnier).



Pl. 10b. Appareil de maçonnerie du nucléus de la pyramide de Khéphren (© Label News).



Pl. 10c. Appareil de maçonnerie du nucléus de la pyramide de Khéops (© Label News).