

Critique de la contribution de Carlotti à l'étude métrologique de quelques monuments du temple d'Amon Ré à Karnak.

Quentin Leplat
Novembre 2024
Association ARTEFACT

Préambule	2
Optimisation méthodologique.....	2
Des critères d'analyses incomplets :	2
Un choix enfermant dans la taille des modules métriques recherchées.....	3
Les incertitudes d'interprétations	3
Le problème des erreurs de parallélismes.....	3
Absence de traitement statistique des données métrologiques.....	4
Exemple d'interprétation optimisée.....	5
Le temple du reposoir de Ramsès III	5
Le IX Pylône	8
Le kiosque de Taharka	9
L'analyse statistique des prises de mesures.....	11
Test statistique des reposoirs.....	11
Test statistique sur les pylônes.....	11
Test statistique sur les colonnes.....	12
Discussion.....	12
Conclusion.....	13

Préambule

Dans un article souvent cité, publié en 1995¹, Carlotti tente de déduire les modules métriques de divers monuments de Karnak. Bien que sa méthodologie ait parfois conduit à des résultats intéressants, elle présente certaines lacunes que nous proposons d'analyser de manière critique. Ces insuffisances méthodologiques méritent d'être mises en lumière afin de guider les futurs chercheurs travaillant sur ce sujet. Par ailleurs, des recherches récentes menées par divers spécialistes ont permis de révéler des principes architecturaux plus élaborés et manifestement cohérents, enrichissant notre compréhension de l'organisation des espaces sacrés égyptiens.

Optimisation méthodologique.

Nous allons établir une liste des points méthodologiques que nous avons optimisés, en détaillant les améliorations apportées. Cette analyse sera illustrée par des exemples pratiques, notamment en revisitant certaines interprétations proposées par Carlotti dans son article.

Des critères d'analyses incomplets :

Pour tenter de déduire les dimensions des temples, Carlotti applique la méthode de la grille modulaire, basée sur l'hypothèse que les mesures des édifices doivent correspondre à un nombre entier de coudées ou de modules de 2, 3 ou 5 coudées, par exemple. Il exclut délibérément l'analyse qu'il qualifie de « géométrique », arguant qu'elle aboutirait à de nombreux exemples fallacieux (pages 66-67). La méthode géométrique consiste à relier les dimensions globales d'un édifice à des formes géométriques élaborées, telles que des triangles équilatéraux, des cercles, des pentagrammes, des hexagones ou encore des carrés. Bien que cette méthode soit délicate à mettre en œuvre, elle n'est pas nécessairement plus problématique que la méthode modulaire employée par Carlotti. En réalité, une analyse méthodologique rigoureuse nécessite de combiner les deux approches, modulaire et géométrique, pour parvenir à une interprétation fiable.

Un exemple concret illustre les limites importantes de la méthode modulaire. En effet, cette méthode peut s'avérer inopérante dans les cas où l'architecte aurait conçu son édifice en utilisant des proportions fondées sur des nombres irrationnels tels que $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$. Dès lors si vous avez 50 coudées vous en aurez 111,8 si le rapport souhaité est $1/\sqrt{5}$. Vous ne pourrez pas trouver un nombre entier de coudée sur toutes les dimensions du monument. Ce qui est paradoxale, c'est que Carlotti s'appuie sur une étude géométrique de Lauffray² sur lequel ce dernier déduit un module d'une coudée de 54 cm.

Par ailleurs, Carlotti ne considère pas la possibilité que les dimensions rectangulaires d'un temple aient pu être conçues de manière à obtenir un nombre entier de coudées sur la diagonale ou sur la circonférence d'un cercle dont cette diagonale serait le diamètre. De telles hypothèses, pourtant pertinentes, sont désormais mieux documentées grâce aux travaux de David Lightbody³, qui a mis en évidence l'importance des cercles dans la conception des espaces sacrés égyptiens.

Bien que les cercles ne soient pas toujours visibles dans la structure finale, leur présence peut être symbolisée dans les proportions géométriques ou les périmètres. Par exemple, l'enceinte de Saqqarah mesure 3141 coudées royales, soit une valeur correspondant à 1000π en coudées. De manière similaire, le plateau de Gizeh présente une mesure globale de 6300 coudées, un chiffre qui relie deux longueurs de coudées attestées par le biais de la fraction approchante de $\pi \approx \frac{63}{20}$, comme nous l'avons démontré dans nos publications récentes⁴.

Cette approche ouvre de nouvelles perspectives sur la manière dont les anciens Égyptiens intégraient des concepts géométriques avancés, parfois implicites, dans l'architecture de leurs espaces sacrés.

Pour mener à bien une interprétation modulaire et géométrique rigoureuse, il est essentiel de travailler avec une grande précision dans les mesures et les analyses. Cela nécessite de disposer de plans détaillés avec des cotations

exactes. Toute divergence entre les interprétations proposées et les dimensions réelles peut entraîner des conclusions dépourvues de pertinence.

Ce qui peut sembler visuellement satisfaisant sur un plan peut, en réalité, s'avérer complètement erroné d'un point de vue mathématique. Par conséquent, la rigueur méthodologique et la fiabilité des données mesurées sont des conditions indispensables pour valider toute analyse des proportions et des rapports géométriques ou modulaires dans l'architecture des monuments égyptiens.

Un choix enfermant dans la taille des modules métriques recherchés.

Dans sa démarche visant à identifier les modules métriques unitaires, Carlotti limite ses recherches aux coudées comprises entre 52 et 54 cm. Cette approche conduit inévitablement à ne retrouver que des valeurs proches de cet intervalle, avec des variations imputables aux imperfections de mesure. Une telle méthode présente une limitation importante, car elle fixe arbitrairement les dimensions sans considérer l'éventail des unités de mesure disponibles dans l'Égypte ancienne.

Il est essentiel de ne pas restreindre les analyses à une seule gamme de valeurs, car les concepteurs pouvaient avoir recours à des unités de mesure alternatives. Par exemple, ils pouvaient utiliser la **petite coudée**, correspondant à 6/7 de la coudée royale, soit environ **44,88 cm**. De même, la **coudée Rémen**, définie comme la diagonale d'un carré d'une coudée royale de côté, équivaut à **74 cm**, et aurait pu servir dans des contextes spécifiques.

Par ailleurs, d'autres unités de mesure attestées en Égypte méritent également d'être prises en considération. Parmi celles-ci figurent le **Nébi**, d'une longueur de **70 cm**, ou encore la **règle de Kahun**, mesurant **67,13 cm**. Ces unités montrent la diversité des systèmes de mesure employés, souvent adaptés à des besoins spécifiques ou à des traditions locales.

Il est donc crucial d'adopter une approche plus ouverte dans l'analyse modulaire, en élargissant l'intervalle des valeurs possibles tout en tenant compte des particularités des monuments étudiés. Cependant, il convient également de garder à l'esprit que la **coudée royale** (environ **52,3 cm**) reste l'unité de mesure la plus fréquemment utilisée dans l'architecture sacrée de l'Égypte antique. Cette prudence méthodologique est essentielle pour éviter de tirer des conclusions biaisées ou limitées.

Les incertitudes d'interprétations

Carlotti (p. 72) propose des marges d'erreur dans ses interprétations afin de déduire les dimensions intentionnelles des monuments, en fonction des grilles modulaires qu'il identifie. Cependant, les tolérances qu'il applique s'avèrent incohérentes. Par exemple, il s'autorise une erreur de 10 cm pour des dimensions de l'ordre de 2,5 mètres et jusqu'à 20 cm pour des mesures de l'ordre de 10 mètres.

Une telle flexibilité dans les marges d'erreur compromet la rigueur méthodologique. Si des erreurs de conception existent, elles ne devraient pas dépasser une tolérance raisonnable d'environ 1/500^e de la cotation initiale, soit 2 cm pour une mesure de 10 mètres et 20 cm pour une mesure de 100 mètres. Dépasser ces seuils revient à introduire une subjectivité excessive dans les interprétations.

En effet, si l'on s'autorise des marges d'erreur trop importantes, il devient possible de justifier presque n'importe quelle hypothèse, ce qui réduit considérablement la validité scientifique des conclusions. Une interprétation modulaire crédible doit donc s'appuyer sur des tolérances strictement adaptées aux dimensions étudiées et conformes aux normes constructives de l'époque.

Le problème des erreurs de parallélismes

Avec la méthode des grilles modulaires, si les dimensions parallèles d'un rectangle varient de plus d'une coudée, il devient impossible d'identifier une unité de mesure unique correspondant à un multiple entier. En l'absence d'une base géométrique solide pour expliquer cette différence, il est préférable d'exclure ces dimensions de toute analyse métrologique.

Prenons l'exemple de la grande cour du temple de Karnak, pour laquelle Carlotti propose une coudée de 53,3 cm. Les mesures relevées indiquent une longueur de 100,84 m sur un côté et de 101,48 m sur l'autre. Une telle variation, avec un défaut de parallélisme de 64 cm, rend impossible l'utilisation d'une grille modulaire pour déduire une coudée unique et cohérente.

Dans de telles conditions, il faudrait envisager deux hypothèses :

1. Accepter que des coudées de valeurs différentes aient pu être employées, ce qui nécessiterait des preuves solides basées sur des indices géométriques et des éléments contextuels.
2. Reconnaître que ces écarts sont liés à des erreurs de construction ou à des déformations ultérieures, et ne pas intégrer ces dimensions dans l'analyse métrologique.

L'interprétation métrologique, pour être valide, doit reposer sur des dimensions fiables et cohérentes, assorties de justifications géométriques ou historiques permettant d'expliquer les éventuelles disparités observées.

La grande cour (pl. I)

Valeur métrique de la coudée : 0,533 m.

Grand module : 38 coudées royales³¹.

Petit module : 2 coudées royales.

	Cotes réelles	Coudées	Cotes restituées	Modules
l	81,13 m/ 81,17 m	152'	81,01 m	4
L	100,84 m/101,48 m	190'	101,11 m	5

Rapport : $152'/190' = 4/5$.

Nous avons pu déterminer une trame carrée de trente-huit coudées de côté qui peut, sans doute, être subdivisée en carrés de deux coudées de côté³².

En ce qui concerne la largeur de la grande cour, les cotations relevées présentent une très faible variation, avec un écart de seulement 4 cm sur plus de 80 mètres. Cette précision permet d'envisager l'identification d'une coudée donnant un nombre entier cohérent.

Carlotti propose une largeur de 152 coudées basées sur une unité de 53,3 cm. Cependant, si l'on utilise la coudée royale classique de $52,36 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$, on obtient un nombre entier de coudées plus précis et mieux aligné avec les dimensions traditionnelles égyptiennes.

Cette observation souligne l'importance de sélectionner les unités de mesure en tenant compte non seulement des dimensions relevées, mais également des unités attestées et de leur cohérence historique. Une analyse rigoureuse nécessite de privilégier les coudées les plus couramment utilisées en Égypte ancienne, à moins que des preuves solides n'indiquent l'emploi d'une unité différente.

$$\frac{81,13}{0,5236} = 154,94 \approx 155 \text{ plus précis que } \frac{81,13}{0,533} = 152,21 \approx 152$$

$$\frac{81,17}{0,5236} = 155,02 \approx 155 \text{ plus précis que } \frac{81,17}{0,533} = 152,28 \approx 152$$

Il est plus cohérent de retenir 155 coudées de $0,5235 \pm 0,0001 \text{ m}$ et non 152 coudées de 0,533 m.

Quant à la longueur elle varie beaucoup trop (64 cm) pour en déduire une coudée. Il faut peut-être envisager soit une grosse erreur de conception, soit une adaptation volontaire pour des raisons qu'il faut découvrir.

Absence de traitement statistique des données métrologiques

Il est relativement aisé de traiter les différentes mesures relevées dans un bâtiment à l'aide d'outils informatiques, qui permettent d'identifier les modules de mesure linéaires les plus fréquents. Cette approche s'est révélée particulièrement efficace, et il est difficile de justifier son omission dans une analyse métrologique rigoureuse.

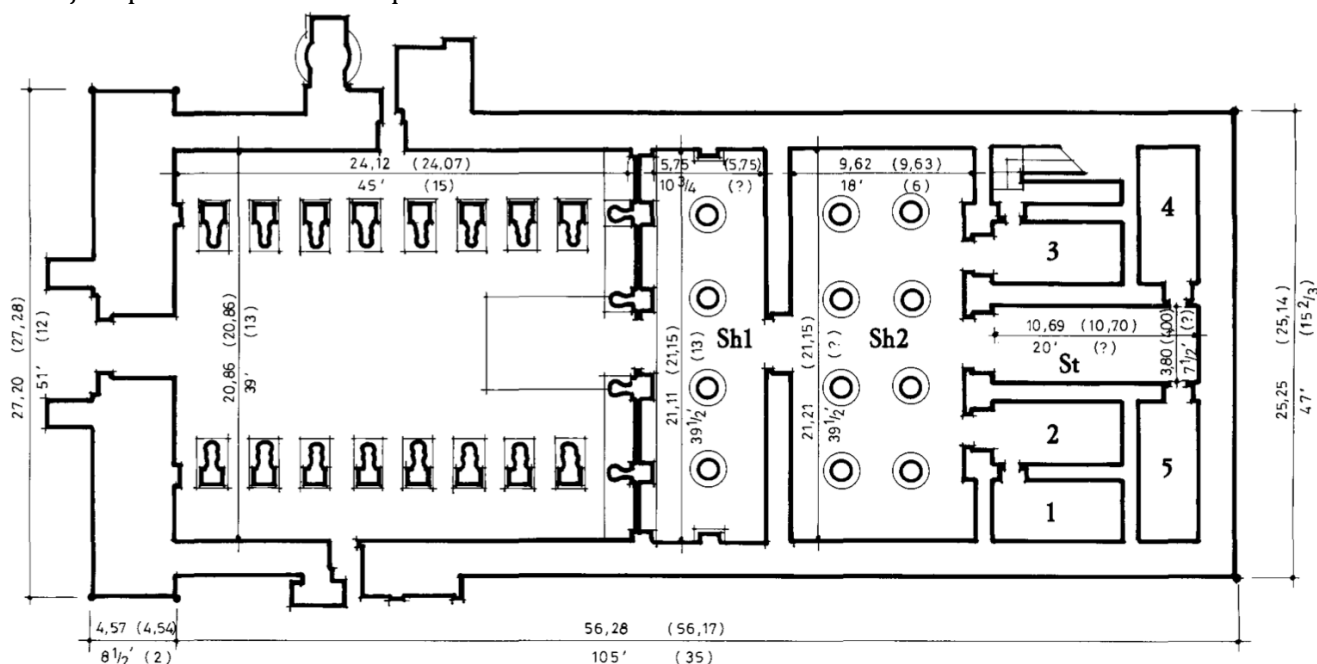
Bien qu'elle ne soit pas toujours indispensable, cette méthode devient essentielle lorsque les coudées ou unités de mesure possibles sont nombreuses. En utilisant un **métrogramme statistique**⁵, il est possible d'affiner l'interprétation des modules avec une approche probabiliste, en identifiant les unités les plus probables en fonction des données disponibles.

Cette démarche offre une validation quantitative des hypothèses proposées et renforce la crédibilité des conclusions, tout en limitant les biais liés à une sélection arbitraire des unités de mesure.

Exemple d'interprétation optimisée

Le temple du reposoir de Ramsès III

Voici déjà le plan et les cotations qu'a utilisé Carlotti.



Le temple reposoir de Ramsès III (pl. IV)

Valeur métrique de la coudée : 0,535 m.

Module : 3 coudées royales.

Les dimensions extérieures

— Le temple :

	Cotes réelles	Coudées	Cotes restituées	Modules
I	25,25 m	47'	25,14 m	15 2/3
L	56,28 m	105'	56,17 m	35

Dans son analyse de ce monument, Carlotti propose une coudée de 53,5 cm (0,535 m) mais semble passer à côté de l'essentiel en appliquant sa méthode. Il se concentre uniquement sur les dimensions internes du temple sans prendre en compte la façade, qui est plus large. Cette omission fausse la cohérence des conclusions.

Analyse des dimensions :

1. Longueur du temple :

Carlotti traite une longueur de 56,28 m comme équivalente à 105 coudées de 0,535 m, mais cela introduit une erreur significative de 11 cm, ce qui ne correspond pas à un nombre entier de coudées :

$$56,28 \div 0,535 = 105,196$$

2. Largeur du temple :

Pour la largeur de 25,25 m, Carlotti ajuste arbitrairement cette valeur en soustrayant 9 cm afin d'obtenir 47 coudées de 0,535 m, bien que cette approximation reste imprécise :

$$25,25 \div 0,535 = 47,196$$

Problèmes méthodologiques :

- La précision obtenue n'est pas suffisante pour justifier l'utilisation d'une coudée de 53,5 cm. Les écarts mesurés sont trop importants, et les ajustements arbitraires pour tenter de corriger ces incohérences manquent de rigueur.
- Carlotti omet de publier l'ensemble des mesures des salles intérieures du temple et sélectionne uniquement celles qui semblent les plus susceptibles de correspondre à 53,5 cm, tout en tolérant des marges d'erreur relativement élevées. Cela introduit un biais méthodologique dans l'interprétation.
- Il tente de justifier cette coudée en cherchant des fractions (demi ou quart de coudées) pour des mesures comme 5,75 m, où il préfère 10,75 coudées de 53,5 cm à 11 coudées de 52,3 cm. Une telle approche, combinée aux marges d'erreur choisies, risque de produire des résultats arbitraires et non fiables.

Une alternative plus cohérente :

En reconsidérant les dimensions, une coudée de 52,6 cm (0,526 m) apparaît bien plus adaptée et cohérente avec les mesures relevées :

1. **Longueur** : $56,28 \div 0,526 = 106,996$ (≈ 107 coudées)

2. **Largeur** : $25,25 \div 0,526 = 48,003$ (≈ 48 coudées)

Cette alternative fournit des résultats beaucoup plus précis, avec des écarts négligeables, et respecte la nécessité d'obtenir des multiples entiers de coudées dans les dimensions principales du monument.

Bilan :

L'interprétation de Carlotti manque de rigueur en raison de marges d'erreur excessives et d'ajustements arbitraires pour justifier une coudée de 53,5 cm. Une analyse plus précise, intégrant une coudée de 52,6 cm, offre des résultats mathématiquement plus satisfaisants et cohérents avec les dimensions relevées. Une telle approche renforce la crédibilité des conclusions et met en évidence l'importance d'une méthodologie robuste pour l'analyse métrologique des monuments égyptiens.

Mais est-ce vraiment la bonne explication ? Nous ne pouvons en être certains, car dans tous les cas envisagés, les valeurs qui émergent ne sont pas simples. Par exemple, le rapport entre 107 et 48 est très proche de $1/\sqrt{5}$. Mais il se rapproche davantage de $67/30$, une bonne approximation de $\sqrt{5}$. Cependant, en divisant les cotations par ces nombres, on n'obtient pas une mesure proche de la coudée royale habituelle. À la place, on obtient un module de **84 cm**, qui correspond à 1,6 coudées ou $8/5$ d'une coudée royale de 52,5 cm.

$$56,28 \div 67 = 1,6 \times 0,525 = 84$$

Avec ce module de 84 cm appliqué à la largeur, l'erreur est de **5 cm**, bien inférieure aux **11 cm** proposés par Carlotti. À ce stade, envisager l'usage d'une coudée royale de 0,525 m reste plausible, mais cela manque de certitudes car des indices supplémentaires sont nécessaires.

Le ratio $67/30 = 2,2333$ est une approximation rationnelle de $\sqrt{5}$, et cette observation mérite d'être approfondie en tenant compte de l'ensemble de la structure.

Dimensions principales du temple

Le temple mesure **60,85 m** de long et **27,2 m** de large. Le rapport entre ces deux cotations est donné par :

$$60,85 \div 27,2 = 2,237 \approx \sqrt{5} \text{ (erreur } < \text{ à } 2\text{cm)}.$$

Cela suggère que le temple a été pensé dans des proportions proches de $1/\sqrt{5}$. Cette constatation incite à rechercher la valeur de la coudée en fonction des dimensions du monument, en tenant compte notamment de la façade, qui mesure **27,2 m**. En utilisant une coudée royale de 0,523 m, on trouve :

$$27,2 \div 0,523 = 52,00 \text{ coudées}$$

Avec une coudée de 0,5236 m, l'erreur est de **2,7 cm**, ce qui reste très faible. À ce stade, il semble raisonnable de considérer qu'une coudée comprise entre 52,3 cm et 52,5 cm a été utilisée pour la conception géométrique de ce temple.

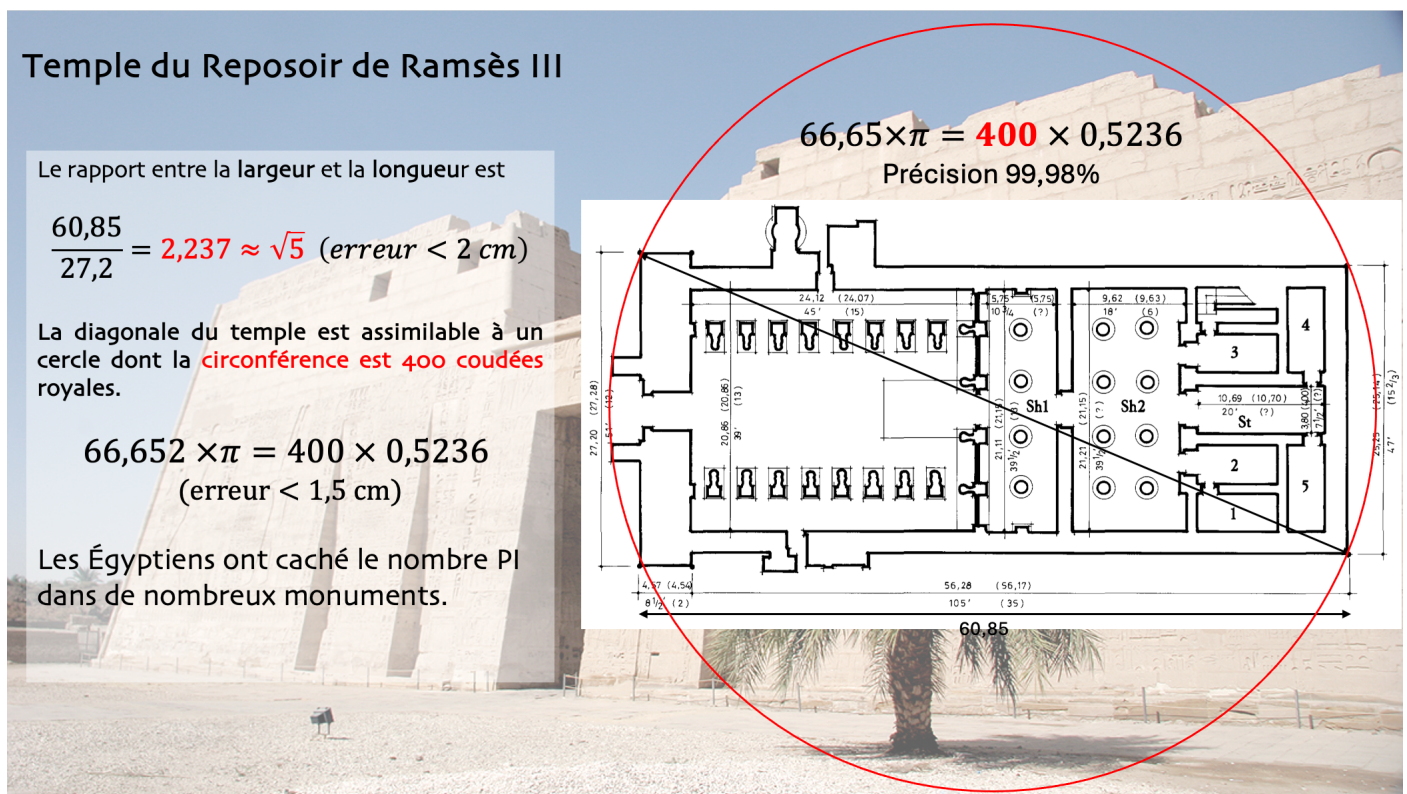
Étude de la diagonale

Pour approfondir l'analyse, il convient d'étudier une mesure que la méthode de Carlotti n'envisage pas : la diagonale du temple. La diagonale d'un rectangle est un élément essentiel de sa géométrie et constitue une valeur métrologique significative. Dans ce cas, la diagonale du temple mesure **66,65 m**, soit :

$$66,65 \times \pi = 127,3$$

De manière remarquable, le périmètre d'un cercle dont cette diagonale est le diamètre est exactement de **400 coudées** de 0,5236 m, avec une erreur négligeable de :

- **4 cm** sur la circonférence (0,02%)
- **1,4 cm** sur la diagonale.



Bilan

Il apparaît clairement que les proportions du temple, notamment son ratio global proche de $\sqrt{5}$ et l'exactitude des dimensions rapportées à une coudée de 0,5236 m, suggèrent une conception géométrique soignée. En revanche, l'hypothèse de Carlotti reposant sur une coudée de 0,535 m présente des incohérences méthodologiques et des marges d'erreur excessives. L'analyse de la diagonale et de son rôle dans la géométrie du monument renforce l'idée que les concepteurs utilisaient des principes mathématiques avancés, intégrant à la fois des proportions rationnelles et des valeurs liées à $\sqrt{5}$. Une coudée royale comprise entre 52,3 cm et 52,5 cm semble être l'unité la plus plausible pour ce temple.

Le IX Pylône

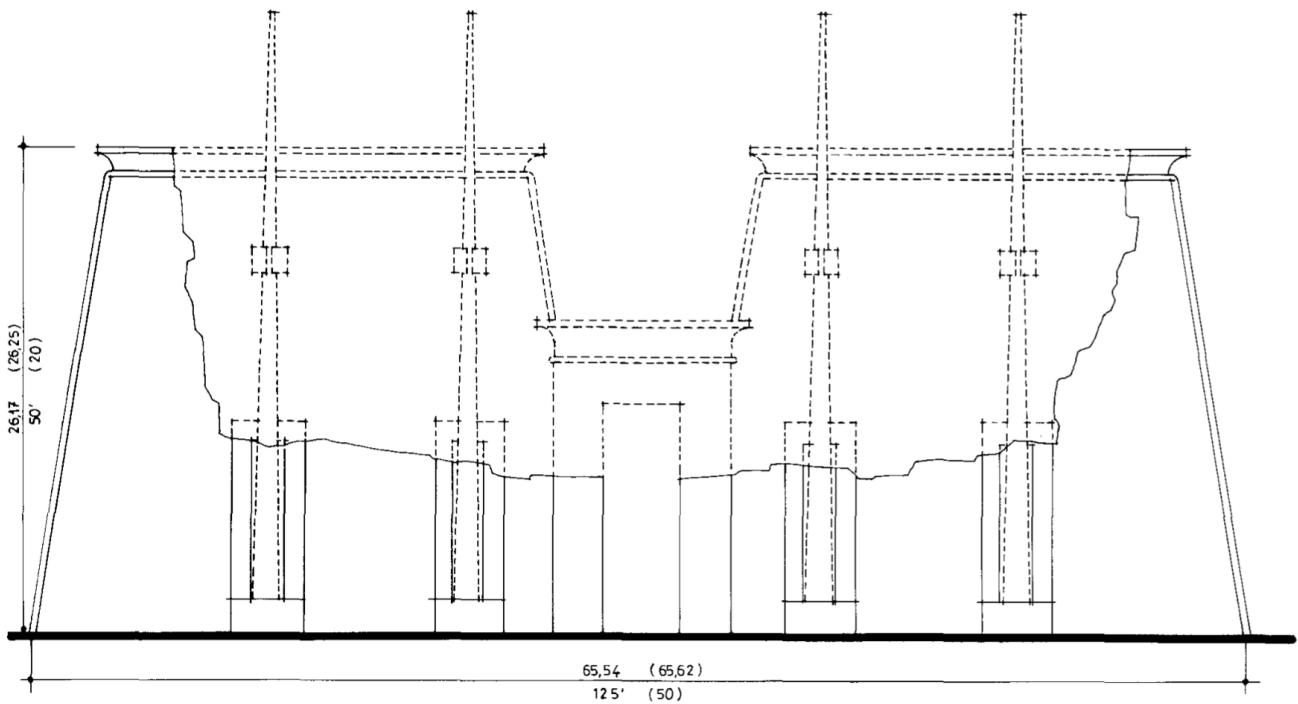
Prenons un autre exemple d'interprétation proposé par Carlotti, portant sur le neuvième pylône de Karnak. L'auteur en déduit une coudée de 0,525 m.

Le IX^e pylône (pl. XXIV - XXV)

Valeur métrique de la coudée : 0,525 m.

Module : 2 1/2 coudées royales.

	Cotes réelles	Coudées	Cotes restituées	Modules
l	11,87 m	22 1/2'	11,81 m	9
L	65,54 m	125'	65,62 m	50
H	26,17 m	50'	26,25 m	20



Elevation Sud

Cependant, son interprétation montre des incohérences avec la réalité des mesures relevées. Carlotti attribue à la hauteur de 26,17 m une valeur de 50 coudées, ce qui est cohérent, car cela correspond à 50 coudées de 0,5234 m. Cependant, pour la largeur, il propose une mesure de 125 coudées, ce qui donne une valeur pour la coudée de 0,5243 m. Cela conduit à une moyenne de 0,52386 m pour ces deux dimensions. Quant à la profondeur de 11,87 m, Carlotti propose 22,5 coudées de 0,525 m, alors qu'il est plus exact de considérer 22 coudées et 2/3, avec une coudée mesurant 0,52367 m.

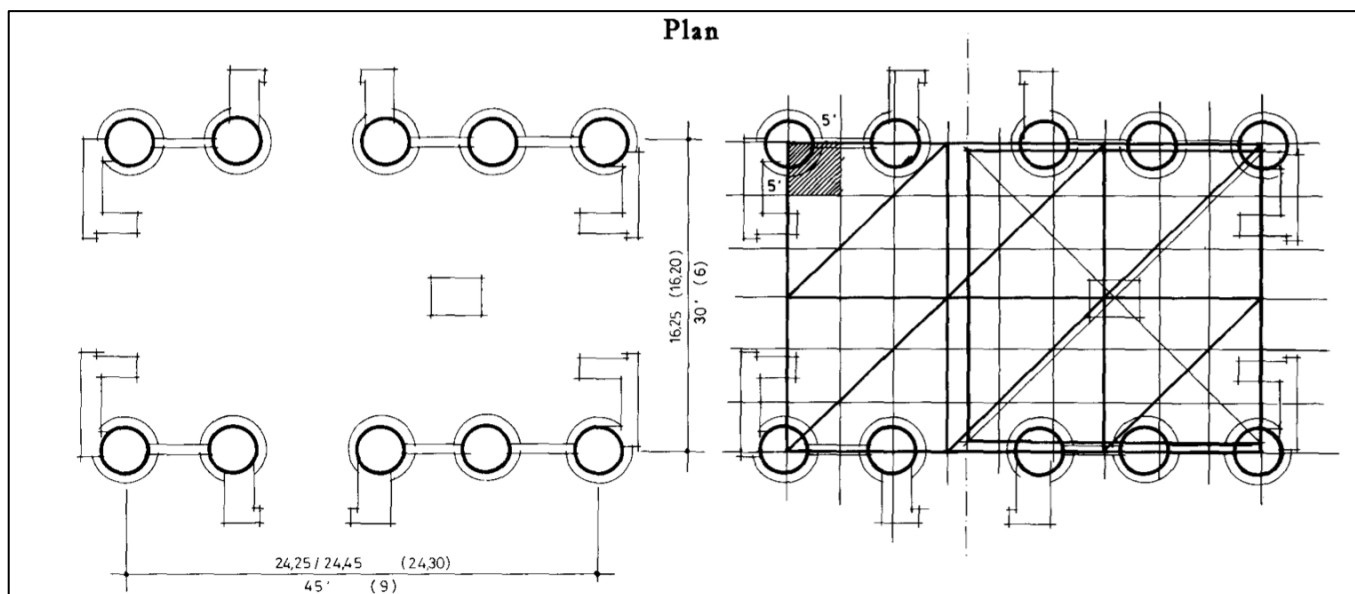
De toute évidence, c'est une coudée de 0,5236 m (avec une tolérance de $\pm 0,0005$ m) qui est employée ici, et non une coudée de 0,525 m. Cette conclusion s'appuie sur la cohérence des dimensions relevées et leur alignement avec une unité de mesure bien documentée.

La question qui se pose est alors : pourquoi Carlotti choisit-il une coudée de 0,525 m ? Cette hypothèse semble introduire des ajustements inutiles et des marges d'erreur qui ne sont pas justifiées par les données. Une analyse plus rigoureuse aurait permis de confirmer l'utilisation d'une coudée de 0,5236 m, cohérente avec les pratiques métrologiques égyptiennes.

Le kiosque de Taharka

Carlotti propose que les dimensions du kiosque reflètent l'usage d'une coudée de 54 cm. Cependant, il est difficile de comprendre sur quelles mesures précises il s'appuie. L'auteur mentionne avoir pris exceptionnellement la base des colonnes comme référence, car cela donnerait des nombres entiers de coudées. Cette démarche introduit déjà un biais méthodologique, car elle sélectionne les dimensions en fonction de l'hypothèse à démontrer.

De plus, son schéma ne correspond pas à cette approche, car la grille qu'il utilise se trouve centrée sur les colonnes, et non sur leur base. Enfin, Carlotti néglige une variation significative dans les longueurs mesurées, qui oscillent entre 24,25 m et 24,45 m. Une telle variation, bien que subtile, n'est pas négligeable et remet en question la validité de son hypothèse.



Étudions un peu ses résultats

Le kiosque de Taharqa (pl. XV)

Valeur métrique de la coudée : 0,54 m.

Grand module : 5 coudées royales (réformées?).

Petit module : 2 1/2 coudées royales (réformées?).

Dimensions de l'édifice à l'axe des colonnes :

	Cotes réelles	Coudées	Cotes restituées	Modules
l	16,25 m	30'	16,20 m	6
L	24,25 m/24,45 m	45'	24,30 m	9
H ³⁷	18,87 m	35'	18,90 m	7

Rapports : $l/L = 2/3$, $l/H' = 6/7$, $H'/L = 7/9$.

$$\frac{16,25}{0,54} = 30,09 \text{ (erreur 5 cm), } \text{pourtant : } \frac{16,25}{0,5236} = 31,03 \text{ (erreur < 2 cm)}$$

Une coudée à 0,5236 donne un nombre entier de coudée plus précis. Pourquoi l'auteur a-t-il choisi une coudée de 54 cm ? Parce qu'elle lui permet de caler des rapports simples de 2/3, 6/7 ou 7/9, ce qui est intéressant, mais uniquement si cela est précis.

$$\frac{18,87}{0,54} = 34,944 \text{ (erreur 3 cm), pourtant : } \frac{18,87}{0,5236} = 36,038 \text{ (erreur 2 cm)}$$

Là encore, Carlotti aurait pu choisir une coudée de 0,5236 cm et non une coudée de 0,54.

Pour la longueur qui est 24,25 et 24,45 si nous en prenons la moyenne comme l'a fait l'auteur dans ses calculs :

$$\frac{24,35}{0,54} = 45,09 \text{ (erreur 5 cm), pourtant : } \frac{24,35}{0,5236} = 46,505 \text{ (46,5 coudées, erreur 3mm)}$$

En conclusion, il semble tout aussi évident que la coudée royale de 0,5236 mètres ait été employée ici, même si les valeurs qui en résultent ne sont pas aussi simples que 30, 35 et 45, mais plutôt 31, 36 et 46,5. Le principal écueil réside dans le fait de ne pas s'autoriser des corrections trop importantes pour faire apparaître des rapports simples. Dans ce cas précis, l'auteur semble avoir abusé de telles corrections pour soutenir son hypothèse.

Nous n'allons pas multiplier les exemples, car le lecteur aura désormais compris qu'il est tout à fait possible de proposer d'autres interprétations pour un bon nombre des analyses proposées par Carlotti.

L'analyse statistique des prises de mesures

Test statistique des reposoirs

Nous avons soumis une série de 43 mesures prises par Carlotti sur les reposoirs de la barque sacrée, situés dans la chapelle jubilaire (pages 78 à 83). Ces mesures ont été analysées afin de rechercher des unités modulaires comprises entre 0,25 m et 0,75 m. Carlotti interprète ces mesures comme des multiples entiers de coudées de 0,523 m, 0,524 m, 0,525 m et 0,54 m. Nous avons donc testé chaque cotation pour vérifier si elle correspondait à un multiple entier de coudées, avec une tolérance de 0,01. Par exemple :

- Une mesure comprise entre 11,99 et 12,01 coudées est considérée comme positive.
- Une mesure comprise entre 11,98 et 12,02 coudées est considérée comme négative.

Le tableau des résultats détaillés figure en annexe. L'analyse révèle que les concepteurs ont effectivement utilisé des coudées de 0,524 m et 0,525 m, mais également une coudée de 0,527 m que Carlotti n'avait pas identifiée, préférant l'interpréter comme une coudée de 0,525 m. En revanche, aucune coudée comprise entre 0,53 m et 0,54 m n'a été détectée comme significative par notre analyse métrique.

L'analyse statistique a également mis en évidence :

- Une demi-coudée de 26,2 cm, confirmant l'usage fréquent de subdivisions précises.
- Une mesure de 30 cm, correspondant à 4/7 de la coudée de 52,5 cm, renforçant l'hypothèse de l'utilisation de cette unité.
- Une mesure de 34,3 cm, particulièrement intéressante, qui émerge comme la première unité en termes de fréquence et de précision. Cette unité est liée à la coudée à 6 palmes selon la relation suivante :

$$\frac{52,36}{7} \times 6 \div \frac{2,618}{2} \approx 34,3$$

Cette relation met en évidence l'implication du nombre d'or. Cela peut surprendre, mais ce n'est pas réellement étonnant pour la majorité des spécialistes de l'architecture ancienne. Bien que ce type de proportion soit peu représenté dans les temples testés, plusieurs égyptologues ont démontré que le nombre d'or constituait un nombre sacré pour les Égyptiens. À ce sujet, nous renvoyons notamment aux travaux de Guyla Priskin, dont les publications explorent cette thématique en détail, bien que nous ne les abordions pas dans le présent article.

Nous avons par ailleurs réalisé un second test en élargissant la tolérance à 0,02. Avec cette précision élargie, c'est la coudée de 0,524 m qui émerge comme unité dominante, avec 12 occurrences sur 43. Ces résultats confirment notre première analyse, tout en réaffirmant la présence significative de l'unité de 34,3 cm, qui semble dériver directement de cette coudée.

Test statistique sur les pylônes.

Sur les 23 mesures relevées sur les pylônes du temple, il est statistiquement difficile de faire émerger une coudée clairement identifiable. Étant donné les dimensions considérablement plus grandes de ces structures, nous avons soumis cette série de mesures à un test avec une précision au 1/10e de millimètre. Les résultats révèlent d'abord des modules métriques de 29,12 cm, 25,55 cm, 40,6 cm, 31,4 cm et 74,8 cm.

Parmi ces valeurs, les trois premières sont difficiles à interpréter en termes d'unité standardisée, tandis que la mesure de 74,8 cm correspond précisément à 10 palmes de la coudée royale. En affinant l'analyse à une précision au millimètre près, la mesure de 40,6 cm apparaît le plus fréquemment (4 occurrences), suivie de 31,4 cm (3 occurrences) et 27,2 cm (3 occurrences). Notons que la mesure de 31,4 cm représente exactement les 3/5 d'une coudée de 0,5233 m.

Nous avons également effectué un dernier test sur des unités de plus grande taille, comprises entre 0,7 m et 2,2 m. Ce test met en évidence un module métrique de $2,092 \pm 0,001$ m, qui correspond à 4 coudées royales. Une telle mesure peut être qualifiée de "toise", étant donné son utilisation potentielle pour des dimensions de grande envergure.

Il ressort clairement que la coudée royale, dans ses différentes subdivisions, est l'unité de mesure la plus redondante sur les pylônes. Aucune autre unité de mesure connue, y compris celles comprises entre 53 et 54 cm, ne se distingue de manière significative d'un point de vue statistique.

Test statistique sur les colonnes

Dans les pages 88 à 90, Carlotti tente de déduire les coudées utilisées dans les dimensions des colonnes. Cependant, les tests effectués à l'aide du métrogramme n'ont permis de détecter aucune des unités qu'il propose. Les corrections qu'il applique pour tenter de trouver des coudées entières sont si importantes qu'elles compromettent la pertinence de l'analyse probabiliste et statistique. Par exemple, Carlotti ajoute 11 cm à une hauteur de colonne mesurant 10,55 mètres, une correction qui invalide toute robustesse méthodologique dans ses conclusions. Les coudées qu'il déduit de ces ajustements ne présentent aucune signification statistique.

Par ailleurs, notre propre analyse statistique fait émerger une mesure de $72,7 \pm 0,1$ cm. Bien que cette mesure apparaisse dans les données, elle est peu significative d'un point de vue probabiliste et ne correspond à aucune fraction précise d'une coudée ou d'une autre unité de mesure connue dans l'Égypte ancienne. Ainsi, l'étude des colonnes dans le cadre de l'analyse proposée par Carlotti n'apporte aucun élément exploitable d'un point de vue métrologique.

Discussion

L'un des aspects regrettables de la publication de Carlotti est qu'elle donne l'illusion que la coudée était un instrument métrologique imprécis. Dans un autre de ses articles, Carlotti conclut qu'en raison de l'architecture étudiée, il ne serait pas pertinent de rechercher une valeur précise pour la coudée royale. Si cette conclusion repose sur des observations empiriques, elle ignore néanmoins un point fondamental : la coexistence, en Égypte ancienne, de plusieurs coudées légèrement différentes ne traduit pas un manque de précision des Égyptiens, mais reflète au contraire une pratique commune et intentionnelle de combiner différentes unités de mesure. Chacune de ces coudées était dimensionnée avec une rigueur notable.

Les artefacts retrouvés confirment l'existence, dans un même contexte spatial et temporel, d'au moins trois coudées précises ¹:

- **$0,5236 \pm 0,0005$ m,**
- **0,525 m,**
- **$0,5278 \pm 0,0005$ m.**

On trouve également des coudées plus longues, proches de **53 cm** et **54 cm**, bien que celles-ci soient plus rares. Ces variations ne doivent pas être perçues comme des anomalies, mais comme des choix métrologiques sophistiqués, nécessitant une théorie approfondie sur leur usage combiné.

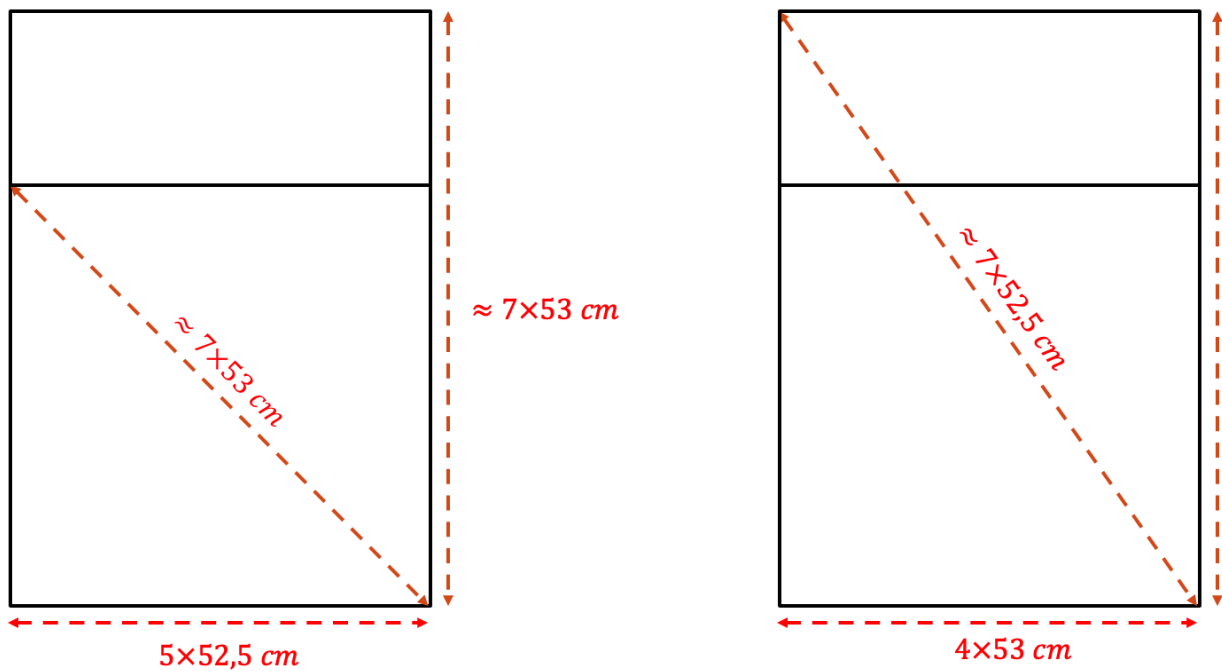
Un exemple significatif provient du plateau de Gizeh, où j'ai démontré dans un article et une conférence que les Égyptiens ont utilisé simultanément les coudées de **52,36 cm** et **52,5 cm** pour encadrer les trois pyramides. Cette pratique repose sur l'usage de fractions approchantes des nombres irrationnels, notamment dans les rapports géométriques fondamentaux :

- **Entre la diagonale et le côté d'un carré**
- **Entre le diamètre et la circonférence d'un cercle.**

Pour illustrer, traçons un carré de 5 coudées de **52,5 cm**. La diagonale de ce carré correspond à 7 coudées de **53 cm**. Ce rapport $7/5=1,4$ constitue une approximation simple, bien que peu précise, de $\sqrt{2}$

¹ En effet, au sein de même tombe il fut retrouvé à plusieurs reprises deux coudées de tailles différentes. C'est le cas de la tombe d'Apéria (52,3 et 52,5 cm) et la tombe de Sennefer (52,3 et 52,8 cm).

Exemple d'application pratique de la coudée à 7 palmes pour approcher les racines carrés de 2 ($7/5 \approx \sqrt{2}$) et 3 ($7/4 \approx \sqrt{3}$) avec deux exemplaires de coudées royales de 52,5 et 53 cm.



Conclusion

Le bilan de notre analyse constitue une avancée significative, car il contribue à améliorer les méthodologies utilisées par les historiens de l'architecture soucieux de reconstituer les modules métriques employés par les concepteurs de l'Égypte ancienne. Cette étude propose également une révision importante des travaux de Carlotti, réalisés il y a une trentaine d'années, et qui méritaient une réévaluation critique. Bien que Carlotti ait correctement identifié certaines mesures utilisées, ses lacunes méthodologiques l'ont conduit à négliger des modules métriques plus évidents et simples.

Notre étude établit que la coudée royale majoritairement employée se situe entre **52,3 cm et 52,7 cm**, une précision qui dépasse les estimations traditionnelles situées entre 52 cm et 54 cm. Ces résultats corroborent les travaux d'auteurs récents tels que Dieter Arnold⁶ et Antoine Pierre Hirsch⁷, dont les évaluations convergent vers des valeurs similaires.

Un point notable à retenir est que les Égyptiens utilisaient visiblement plusieurs variantes de la coudée royale, présentant des écarts mineurs. Cette diversité ne résulte pas d'une incapacité à maintenir une cohérence métrologique, mais reflète des pratiques courantes dont les raisons demeurent à explorer. Ces variations pourraient avoir été liées à des usages spécifiques ou à des adaptations culturelles et techniques que des études ultérieures devront approfondir.

Annexes

Reposoirs des barques sacrées de la chapelle jubilaire										
Mesure testés										
Cotations	0,343	0,525	0,527	0,524	0,699	0,6	0,262	0,53	0,535	0,54
6,81	19,85	12,97	12,92	13,00	9,74	11,35	25,99	12,85	12,73	12,61
4,8	13,99	9,14	9,11	9,16	6,87	8,00	18,32	9,06	8,97	8,89
6,55	19,10	12,48	12,43	12,50	9,37	10,92	25,00	12,36	12,24	12,13
3,62	10,55	6,90	6,87	6,91	5,18	6,03	13,82	6,83	6,77	6,70
4,65	13,56	8,86	8,82	8,87	6,65	7,75	17,75	8,77	8,69	8,61
5,28	15,39	10,06	10,02	10,08	7,55	8,80	20,15	9,96	9,87	9,78
3,12	9,10	5,94	5,92	5,95	4,46	5,20	11,91	5,89	5,83	5,78
3,59	10,47	6,84	6,81	6,85	5,14	5,98	13,70	6,77	6,71	6,65
6,76	19,71	12,88	12,83	12,90	9,67	11,27	25,80	12,76	12,64	12,52
4,51	13,15	8,59	8,56	8,61	6,45	7,52	17,21	8,51	8,43	8,35
2,26	6,59	4,30	4,29	4,31	3,23	3,77	8,63	4,26	4,22	4,19
4,19	12,22	7,98	7,95	8,00	5,99	6,98	15,99	7,91	7,83	7,76
3,9	11,37	7,43	7,40	7,44	5,58	6,50	14,89	7,36	7,29	7,22
6,29	18,34	11,98	11,94	12,00	9,00	10,48	24,01	11,87	11,76	11,65
5,77	16,82	10,99	10,95	11,01	8,26	9,62	22,02	10,89	10,79	10,69
7,2	20,99	13,71	13,66	13,74	10,30	12,00	27,48	13,59	13,46	13,33
5,25	15,31	10,00	9,96	10,02	7,51	8,75	20,04	9,91	9,81	9,72
3,65	10,64	6,95	6,93	6,97	5,22	6,08	13,93	6,89	6,82	6,76
4,2	12,24	8,00	7,97	8,02	6,01	7,00	16,03	7,93	7,85	7,78
5,23	15,25	9,96	9,92	9,98	7,48	8,72	19,96	9,87	9,78	9,69
4,2	12,24	8,00	7,97	8,02	6,01	7,00	16,03	7,93	7,85	7,78
5,235	15,26	9,97	9,93	9,99	7,49	8,73	19,98	9,88	9,79	9,69
3,98	11,60	7,58	7,55	7,60	5,69	6,63	15,19	7,51	7,44	7,37
6,95	20,26	13,24	13,19	13,26	9,94	11,58	26,53	13,11	12,99	12,87
2,4	7,00	4,57	4,55	4,58	3,43	4,00	9,16	4,53	4,49	4,44
4,37	12,74	8,32	8,29	8,34	6,25	7,28	16,68	8,25	8,17	8,09
4,17	12,16	7,94	7,91	7,96	5,97	6,95	15,92	7,87	7,79	7,72
5,97	17,41	11,37	11,33	11,39	8,54	9,95	22,79	11,26	11,16	11,06
5,36	15,63	10,21	10,17	10,23	7,67	8,93	20,46	10,11	10,02	9,93
2,63	7,67	5,01	4,99	5,02	3,76	4,38	10,04	4,96	4,92	4,87
4,8	13,99	9,14	9,11	9,16	6,87	8,00	18,32	9,06	8,97	8,89
4,47	13,03	8,51	8,48	8,53	6,40	7,45	17,06	8,43	8,36	8,28
16,25	47,38	30,95	30,84	31,01	23,25	27,08	62,02	30,66	30,37	30,09
24,35	70,99	46,38	46,21	46,47	34,84	40,58	92,94	45,94	45,51	45,09
18,87	55,01	35,94	35,81	36,01	27,00	31,45	72,02	35,60	35,27	34,94
6,34	18,48	12,08	12,03	12,10	9,07	10,57	24,20	11,96	11,85	11,74
17,83	51,98	33,96	33,83	34,03	25,51	29,72	68,05	33,64	33,33	33,02
6,85	19,97	13,05	13,00	13,07	9,80	11,42	26,15	12,93	12,80	12,69
5,8	16,91	11,05	11,01	11,07	8,30	9,67	22,14	10,94	10,84	10,74
4,22	12,30	8,04	8,01	8,05	6,04	7,03	16,11	7,96	7,89	7,81
6,04	17,61	11,50	11,46	11,53	8,64	10,07	23,05	11,40	11,29	11,19
8,09	23,59	15,41	15,35	15,44	11,57	13,48	30,88	15,26	15,12	14,98
5,27	15,36	10,04	10,00	10,06	7,54	8,78	20,12	9,94	9,85	9,76

Pylones des temples de Karnak										
Mesures testés										
Cotations	2,091	2,092	2,093	2,094	1,047	1,046	1,54	1,57	0,4488	0,5235
15,14	7,24	7,24	7,23	7,23	14,46	14,47	9,83	9,64	33,73	28,92
110,84	52,98	52,98	52,96	52,93	105,86	105,97	71,97	70,60	246,97	211,73
14,5	6,93	6,93	6,93	6,92	13,85	13,86	9,42	9,24	32,31	27,70
99,88	47,74	47,74	47,72	47,70	95,40	95,49	64,86	63,62	222,55	190,79
12,55	6,00	6,00	6,00	5,99	11,99	12,00	8,15	7,99	27,96	23,97
95,8	45,79	45,79	45,77	45,75	91,50	91,59	62,21	61,02	213,46	183,00
10,4	4,97	4,97	4,97	4,97	9,93	9,94	6,75	6,62	23,17	19,87
62,61	29,93	29,93	29,91	29,90	59,80	59,86	40,66	39,88	139,51	119,60
7,72	3,69	3,69	3,69	3,69	7,37	7,38	5,01	4,92	17,20	14,75
36,4	17,40	17,40	17,39	17,38	34,77	34,80	23,64	23,18	81,11	69,53
4,2	2,01	2,01	2,01	2,01	4,01	4,02	2,73	2,68	9,36	8,02
15,7	7,50	7,50	7,50	7,50	15,00	15,01	10,19	10,00	34,98	29,99
10,56	5,05	5,05	5,05	5,04	10,09	10,10	6,86	6,73	23,53	20,17
63,17	30,20	30,20	30,18	30,17	60,33	60,39	41,02	40,24	140,75	120,67
9,25	4,42	4,42	4,42	4,42	8,83	8,84	6,01	5,89	20,61	17,67
47,73	22,82	22,82	22,80	22,79	45,59	45,63	30,99	30,40	106,35	91,17
11,87	5,67	5,67	5,67	5,67	11,34	11,35	7,71	7,56	26,45	22,67
65,54	31,33	31,33	31,31	31,30	62,60	62,66	42,56	41,75	146,03	125,20
26,17	12,51	12,51	12,50	12,50	25,00	25,02	16,99	16,67	58,31	49,99
11,97	5,72	5,72	5,72	5,72	11,43	11,44	7,77	7,62	26,67	22,87
66,6	31,84	31,84	31,82	31,81	63,61	63,67	43,25	42,42	148,40	127,22
4,57	2,18	2,18	2,18	2,18	4,36	4,37	2,97	2,91	10,18	8,73
27,2	13,00	13,00	13,00	12,99	25,98	26,00	17,66	17,32	60,61	51,96

Références :

¹ Jean François CARLOTTI 1995, Contribution à l'étude métrologique de quelques monuments du temple d'Amon Ré à Karnak, Extrait des cahiers de Karnak n°10

² J. Lauffray, « La chapelle d'Achôris. Les travaux du Centre franco-égyptien de 1972 à 1977 », Karnak VI, Le Caire, 1980, p. 5-8, et La chapelle d'Achôris à Karnak, vol. I, Étude architecturale, Paris, 1995.

³ Lightbody, Egyptian Tomb Architecture: The Archaeological Facts of Pharaonic Circular Symbolism, 2008.

⁴ Leplat Quentin, Le génie des arpenteurs égyptiens, conférence mai 2024.

https://www.academia.edu/121533482/LE_GE_NIE_DES_ARPENTEURS_E_GYPTIENS

⁵ Notice du métrogramme :

<http://:https://messagedelanuitdestemps.org/wp-content/uploads/2017/04/Analyse-des-unités-v1.0.pdf>

Lien pour télécharger le métrogramme : <https://www.messagedelanuitdestemps.org/outils-de-metrologie-statistique>

⁶ Dieter ARNOLD, Th Encyclopedia of Ancient Egyptian Architecture, 2003, Princeton University Press, p 61

⁷ Antoine Pierre Hirsch, Dr en philosophie de Toronto, Ancient Egyptian Cubits – Origin and Evolution, Thèse 2013, page 50