

■ **EN DEUX MOTS** ■ Depuis 1994, une équipe d'archéologues fouille un site sous-marin de la baie d'Alexandrie où reposent les vestiges du célèbre phare. Ils reconstituent un puzzle de plusieurs milliers de blocs de pierre. La reconstitution de la porte monumentale, de près de 13 mètres de haut, permet de proposer une nouvelle restitution de l'édifice fondée sur les principes des géomètres et architectes grecs.

# Le phare d'Alexandrie concentré de géométrie

À quoi ressemblait le phare d'Alexandrie? Effondrée il y a plus de cinq siècles, cette « Merveille du monde » continue de fasciner. Un jeu de puzzle minutieux et le réexamen de textes médiévaux permet aujourd'hui aux archéologues d'en proposer une nouvelle reconstitution.

**Isabelle Hairy**  
est ingénieur d'études  
au Centre d'études  
alexandrines du CNRS  
(UMS1812) et responsable  
des études sur le site  
sous-marin de Qaitbay.  
isabelle.hairy@cea  
.com.eg

« **A**lexandrie la Grande », rivale de Rome, et qui compta jusqu'à 300 000 citoyens « libres » selon le recensement rapporté au I<sup>er</sup> siècle avant notre ère par Diodore de Sicile, a aujourd'hui presque totalement disparu. [1] Que reste-t-il des monuments de légende, si souvent décrits par des auteurs tels que Strabon, Philon, Pline l'Ancien ou Flavius Josèphe? Le visiteur contemporain chercherait en vain le musée, la bibliothèque, le tombeau d'Alexandre, et même le phare, une des Sept Merveilles du monde, qui continuent pourtant à faire sa réputation.

Le phare, en particulier, a continuellement éveillé l'imagination des hommes. Mais que savait-on réellement de lui? Son édification commença au début

du III<sup>e</sup> siècle avant notre ère, sous le règne de Ptolémée Sôter, et s'acheva au début de celui de son successeur, Ptolémée II Philadelphie. Il était situé sur un îlot à la pointe Est de l'île de Pharos qui lui donna son nom, selon le témoignage de Strabon, qui visita la ville en 24 av. J.-C. En 1435, Cyriaque d'Ancône livra la dernière description connue du « très haut » bâtiment dont il ne restait que des ruines. Un séisme avait eu raison de lui en 1375, en provoquant un glissement de terrain qui avait jeté à l'eau une partie de la maçonnerie. Enfin, en 1477, selon le chroniqueur contemporain Ibn Iyās, le sultan Qaitbay fit construire sur son emplacement le fort mamelouk encore visible aujourd'hui.

Après cinq siècles de quasi-oubli, et de timides tentatives de fouilles dans les années 1960, c'est



**AU PIED DU FORT MÉDIÉVAL DE QAITBAY**, les archéologues fouillent depuis une dizaine d'années un enchevêtrement de blocs de pierre : les vestiges du phare construit 300 ans avant notre ère et effondré à la fin du XIV<sup>e</sup> siècle. © STÉPHANE COMPOINT

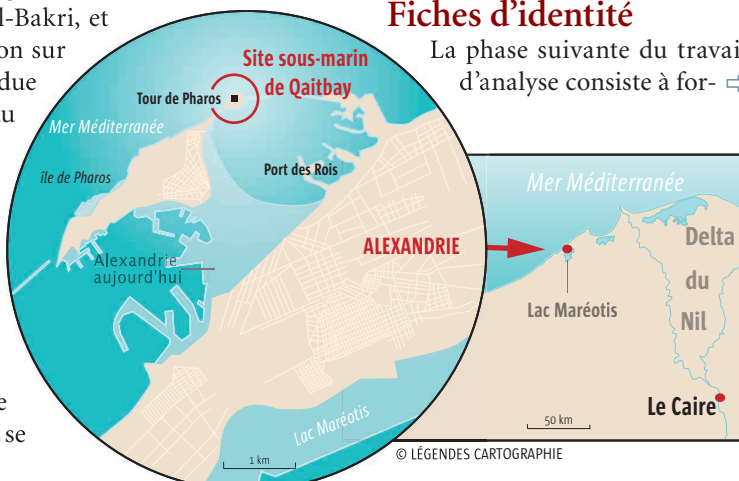
paradoxalement la volonté de protéger ce fort dont la construction avait scellé la fin du phare qui relança, en 1994, l'intérêt pour ce dernier. L'immersion d'une série de blocs de béton pour la construction d'un brise-lames qui allait recouvrir une partie du site antique déclencha en effet une campagne d'information, menée par la cinéaste Asma el-Bakri, et conduisit à une nouvelle intervention sur le site sous-marin. Celle-ci a été rendue possible par le perfectionnement du matériel de plongée et l'évolution des techniques de fouilles subaquatiques mais, surtout, par la présence de partenaires scientifiques sur le terrain, en l'occurrence l'équipe du Centre d'études alexandrines, dirigée par Jean-Yves Empereur, qui conduisit les opérations avec l'aide de l'Institut français d'archéologie orientale. Depuis lors, les campagnes se

succèdent à raison de deux missions par an, chacune d'environ deux mois.

L'examen direct des pièces sous l'eau, réparties sur une surface de 1,3 hectare, a nécessité la mise en place de moyens techniques diversifiés. Pour commencer, il a fallu cartographier le site, c'est-à-dire repérer la place de chaque pièce antique (lire « Des fouilles sous-marines », p. 46). Ce travail, encore en cours actuellement, fait état de 2 843 blocs identifiés au 31 juillet 2005.

## Fiches d'identité

La phase suivante du travail d'analyse consiste à for- ➔



**L'ÎLE DE PHAROS**, sur laquelle était construit le monument, lui a donné son nom. Des mouvements tectoniques et l'intervention humaine ont modifié le paysage depuis 2 000 ans (en beige, les limites antiques).

© LÉGENDES CARTOGRAPHIE

[1] A. Bernand, *Alexandrie la Grande*, Hachette, 1994.

[2] I. Hairy, dans J.-Y. Empereur, *Le Phare d'Alexandrie, la Merveille retrouvée*, Gallimard, 2004.

[3] P.M. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, Oxford, 1972, p. 20.

⇒ mer des séries à partir du matériel enregistré. Ce travail est effectué en deux étapes. Dans la première, nous produisons, en parallèle à la cartographie, une fiche d'identité pour chaque pièce localisée. Outre la position exacte du bloc (profondeur, orientation et localisation relative), cette fiche en répertorie les principales caractéristiques : matière, couleur, dimensions, géométrie, décor, et éventuellement identification de sa fonction. Les notes prises sous l'eau sont complétées par des croquis, des photographies ou des vidéos.

## Obélisque et tabernacles

À partir de l'inventaire, les sériations, obtenues par opposition d'un caractère discriminant à un autre, mettent en évidence certaines composantes du site. Dans un premier temps, on lie ainsi entre eux les fragments d'une même pièce, ce qui mène à la reconstitution d'un monument spécifique, naos\*, statue ou obélisque, ou à celle d'un élément architectural entrant dans un nouvel assemblage. Ensuite, nous recherchons des liens de parenté entre les groupes d'objets semblables : quel linteau fonctionne avec quel piédroit ? Quelle statue avec quelle base ? C'est le premier pas vers une explication plus globale du site. Car, si les composantes sont souvent d'un genre bien connu, c'est de leur assemblage que naît l'originalité.

Nous avons ainsi reconstitué, au fil des campagnes de fouilles, un obélisque de Sêti I<sup>er</sup>\*, un sarcophage baïnoire, une colonne honorifique monumentale,

## TECHNIQUE Des fouilles sous-marines

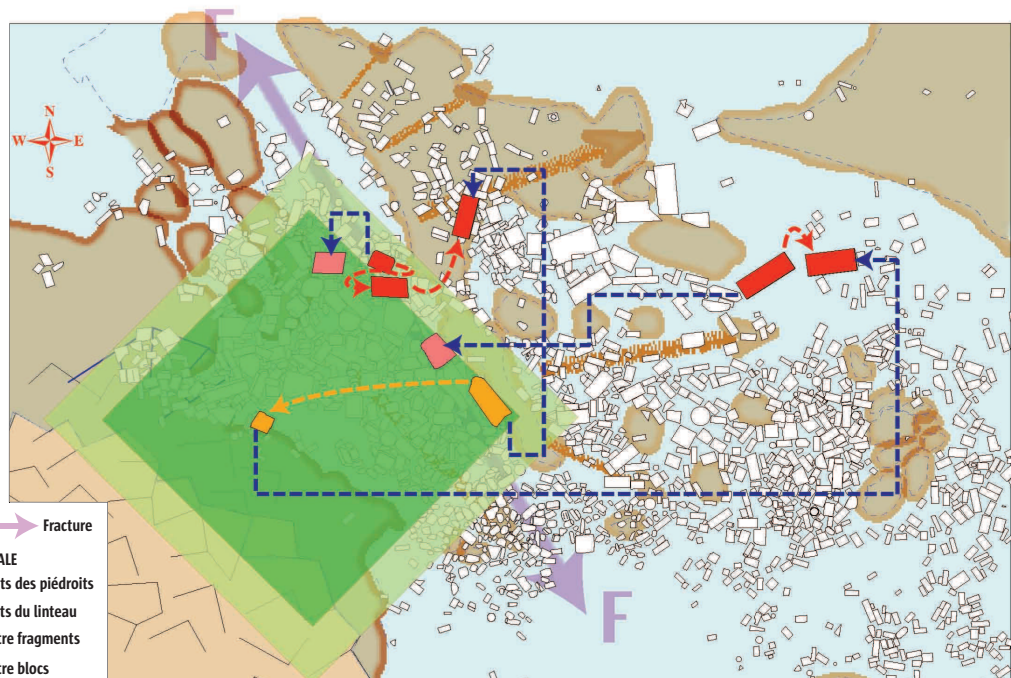
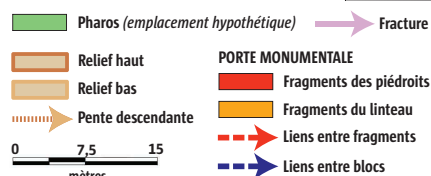


**AU FOND DE L'EAU**, les archéologues relèvent la position et la forme des blocs. Ils ont adapté des méthodes utilisées dans les fouilles terrestres, avec des repères métalliques disposés au sol et des bouées en surface.

**LA CARTOGRAPHIE A ÉTÉ MISE EN ŒUVRE** à l'aide de méthodes traditionnelles telles que la triangulation, mais également grâce à des adaptations de systèmes utilisés en contexte terrestre comme le carroyage métallique ou le levé photographique à l'aide de repères marqués au sol. Nous avons aussi réalisé des levés en topographie directe à l'aide d'un tachéomètre, qui mesure les angles et les distances, et d'une bouée reliée à une gueuse manipulée sous l'eau par un plongeur. Depuis septembre 2001, le CEALex a encore perfectionné son procédé de repérage grâce à l'emploi d'un appareillage utilisant un système acoustique. Les mesures d'angles et de distances

**Fig.1** Reconstitution virtuelle de la porte monumentale

**LE RACCORDEMENT DES BLOCS** antiques et de leurs fragments (en blanc) est réalisé virtuellement à partir des informations collectées au fond de l'eau. On voit ici une proposition de reconstitution de la porte du phare. Les archéologues ont aussi relevé la topographie du sol, qui a été modifiée par au moins un séisme important : une fracture (flèche en violet) s'est produite alors que l'extrémité de l'île a glissé vers le nord-est. Cette analyse permet aussi de proposer un scénario pour l'effondrement de la porte. La position initiale de celle-ci indique l'emplacement probable du phare (en vert).

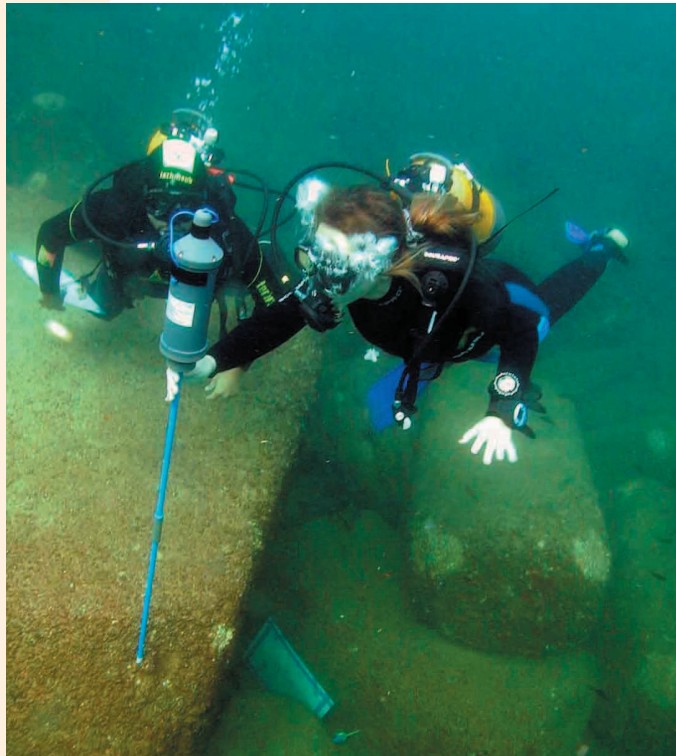




effectuées directement sous l'eau sont stockées dans un pointeur qui enregistre les informations qui lui sont renvoyées par une base origine du repère cartésien. Les points sont ensuite déchargés sur ordinateur grâce à une interface informatique qui restitue automatiquement le plan levé au cours de la matinée.

La succession des étapes est primordiale dans ce contexte d'immersion particulièrement agressif. En effet, ouvert au nord et à l'ouest sur la pleine mer, le site subit, après chaque période de mauvais temps, des modifications de sa configuration que seul un travail méthodique permet de démêler. Nos interventions, pourtant nécessaires à l'étude, sont parfois responsables de ces désordres, puisqu'elles perturbent la stabilité acquise face aux éléments naturels. Ce phénomène a été observé dans certaines zones particulièrement exposées du site, où l'accumulation des pièces archéologiques sur plusieurs niveaux oblige au déplacement des couches supérieures afin d'atteindre les blocs cachés. À d'autres endroits, les désordres sont causés par l'effondrement de parties en surplomb des plateaux où reposent les pièces antiques ; cela donne une idée des changements que le relief a subis depuis l'Antiquité.

Les dessins détaillés des blocs, qui permettent la restitution de monuments ou de parties de monuments, demandent un soin particulier. En amont de ce travail, comme pour les exercices de croquis ou de moulage des inscriptions et des décors, il y a un nettoyage minutieux du bloc. Sous l'eau, les pierres sont recouvertes d'une concrétion animale et végétale de plusieurs centimètres d'épaisseur, qu'il faut retirer à l'aide d'un grattoir métallique afin d'atteindre la surface à observer. Le temps passé sur les dessins est en outre augmenté par une visibilité d'ordinaire mauvaise en raison de la pollution, par une mer souvent agitée et par un accès difficile à toutes les faces d'un bloc, ce qui nécessite des procédures de levage.



**UN POINTEUR ACOUSTIQUE** permet de faire des relevés topographiques précis de la position des blocs. Ici, pendant que l'un des plongeurs manipule le pointeur pour la prise des mesures, son coéquipier note les références des points pris sur le bloc.

une paire de colonnes papyrifformes, un naos monolithique, un autre naos en granite, une vasque en diorite de plus de 2 mètres de diamètre, plusieurs statues anthropomorphes parmi lesquelles se trouvent deux colosses, et enfin une porte monumentale de style dorique. Ces éléments rendent compte de la présence d'aménagements réalisés aux époques clés de l'histoire de la ville : le début de la période ptolémaïque, l'époque impériale, la période romaine tardive, et la période médiévale [2]. Ils montrent également le remploi de monuments d'époque pharaonique, obélisques, sphinx, ou naos, provenant d'autres sites de l'Égypte antique. À Alexandrie, comme ailleurs, les plus belles pièces de l'art égyptien étaient précieusement conservées afin d'agrandir les abords des nouvelles constructions. Ce procédé tendait à assimiler le pouvoir des anciens à celui des nouveaux souverains régnants. Pour le reste des pièces identifiées, le style hellénique est majoritairement représenté.

## Sept fragments immergés

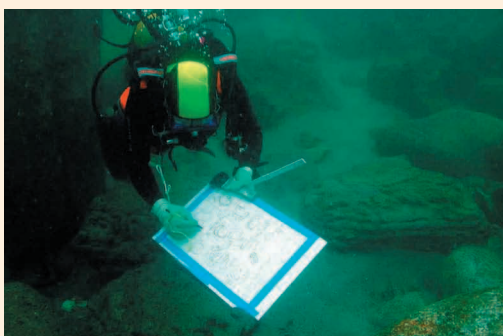
La restitution de la porte monumentale, de 12,7 mètres de haut, à partir de 7 fragments immergés, renforce, s'il en était besoin, la thèse que nous sommes bien en présence des restes du bâtiment qui éclaira ➔

## Le phare en dates

- ▶ 331 av. J.-C. Alexandre le Grand fonde Alexandrie.
- ▶ 297 av. J.-C. Début des travaux sous le règne de Ptolémée Sôter.
- ▶ 283/282 av. J.-C. Ptolémée II Philadelphie achève la construction.
- ▶ 45/35 av. J.-C. Cléopâtre VII fait réparer les dégâts causés par les affrontements entre César et les partisans de Pompée.
- ▶ 796 apr. J.-C. Effondrement du 3<sup>e</sup> étage en raison d'un séisme.
- ▶ 873/883 apr. J.-C. Une mosquée couverte par une coupole est installée au sommet du phare.
- ▶ 956 apr. J.-C. Lors d'un séisme, la partie supérieure du phare tombe sur une hauteur de 30 coudées.
- ▶ 1261 apr. J.-C. Un séisme fait s'effondrer une grande partie du phare.
- ▶ 1323 apr. J.-C. Une façade est détruite par un tremblement de terre.
- ▶ 1375 apr. J.-C. Un dernier séisme donne le coup de grâce.
- ▶ 1477 apr. J.-C. Construction du fort de Qaitbay.

\* **Un naos** est un tabernacle de pierre dure dans lequel est gardé l'image du dieu.

\* **Séti I<sup>er</sup>**, père de Ramsès II, régna sur l'Égypte au début du XIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère.



**LES PREMIÈRES OBSERVATIONS** sur la forme, la matière, la couleur et les dimensions du bloc sont notées, au fond de l'eau, à l'aide d'une mine de plomb.

© PHOTOS CEALX/CNRS/UMS 1812

[4] I. Hairy, à paraître dans les actes du colloque « Images et modernité hellénistique : appropriation et représentation du monde d'Alexandrie à César », Rome, 13-15 mai 2004.

[5] J.-P. Corteggiani, *Historia Thématique*, 69, 18, 2001.

[6] H. Jaritz, *Die Terrassen vor den Tempeln des Chnum une der Satet*, vol. 3 de *Elephantine*, Mayence, 1980, p. 59.

\* La dynastie des **Lagides** a été fondée par Ptolémée, fils de Lagos.

⇒ Alexandrie pendant près de dix-sept siècles [fig. 1]. Les descriptions historiques, par exemple celle dressée par le voyageur arabe Ibn Battouta, qui visita et mesura le phare en 1349, concordent en effet avec nos reconstitutions. Le rapport de proportion entre la longueur de la façade du premier niveau et l'épaisseur du mur intégrant la porte d'entrée, établi à partir de ses mesures, correspond ainsi aux mensurations de notre porte.

## Culte dynastique

Par ailleurs, cette porte affiche un décor et une technique hellénistiques, témoins de la marque culturelle de son commanditaire. Son matériau, ainsi que son monolithisme renvoient en revanche aux traditions artistiques de l'Égypte pharaonique : elle est constituée de 3 blocs en granite rose d'Assouan, pesant chacun près de 70 tonnes. Cette mixité des deux cultures, grecque et égyptienne, se reconnaît dans d'autres aménagements qui côtoyaient le phare. Notamment dans celui d'une galerie de portraits royaux restituée à partir de fragments associés au contexte de la porte monumentale.

Les statues féminines et masculines représentant des pharaons, pour certains des souverains lagides\*, et leurs épouses en Isis, étaient érigées de part et d'autre de la porte : elles ont été retrouvées, ainsi que leurs bases, à proximité immédiate des blocs constituant le linteau. Cet ensemble suggère la pratique d'un culte dynastique au pied du phare. L'hypothèse est étayée par le fait que Ptolémée II, s'appuyant sur la tradition égyptienne afin de légitimer la dynastie, divinisa son père Sôter I<sup>er</sup> et institua le culte des souverains vivants. Quant à la figuration des reines en Isis, elle renvoie au culte d'Isis Pharia, dont l'association à Pharos est attestée par de nombreuses monnaies d'époque impériale. Cette dernière idée, introduite par P.M. Fraser après le renflouage

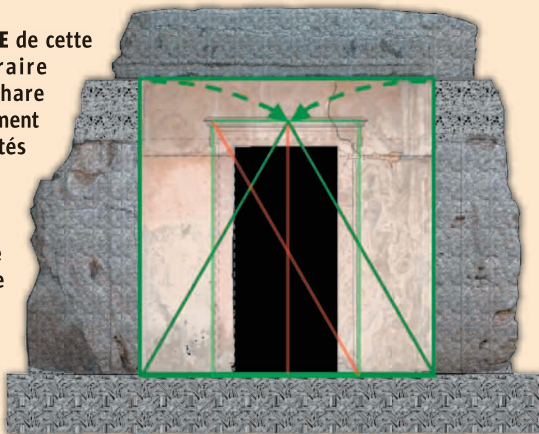


d'une première statue en 1962 [3], a été développée depuis grâce aux résultats de nos fouilles [4].

L'analyse technique et stylistique de la statuaire établit aussi la mixité culturelle. Cette dernière est visible dans l'opposition entre, d'une part, le matériau, du granite rose d'Assouan, et la figuration des personnages debout dans la position de la marche suivant les conventions égyptiennes des colosses, et, d'autre part, certains détails plastiques, le galbe d'une poitrine, le diadème royal posé sur le némès, la mèche de Ptolémée [5], le nœud de la robe d'Isis, ou la mouluration des bases, appartenant, quant à eux, à la culture hellénistique.

## Fig.2 Le tombeau d'albâtre

LA FAÇADE INTÉRIEURE de cette antichambre funéraire contemporaine du phare est un carré. Le rabattement au centre de deux côtés opposés détermine un triangle équilatéral dont la pointe supérieure est posée sur le sommet de la corniche qui couronne l'ouverture. La porte est construite à partir des deux triangles scalènes issus du premier.



## Carrés et triangles

La dernière marque de cette acculturation se manifeste par la présence, parmi les blocs immergés, des composantes classiques d'une terrasse cultuelle. Dès le milieu du II<sup>e</sup> millénaire, au Nouvel Empire, par exemple à Karnak ou à Medinet Abou, puis, durant la période ptolémaïque et romaine, statues, naos, obélisques et sphinx ont pris place dans un aménagement qui permettait aux fidèles de célébrer le culte en dehors du temple [6]. Les images du culte, c'est-à-dire les statues, étaient traditionnellement placées sur la terrasse face à leur territoire. De la même façon, les souverains lagides se présentaient devant Pharos, en tant que pharaons, aux voyageurs entrant dans la baie d'Alexandrie. Ainsi, le phare possédait une double fonction : celle de sémaphore servant à guider les navires, et celle

de lieu de culte et de propagande royale. Cette analyse d'ensemble dévoile une autre originalité, plus singulière, unissant les restes du phare d'Alexandrie, la statuaire qui lui est associée, et un autre monument visible à Alexandrie, au cimetière de Terra Santa : le tombeau d'albâtre. Cet hypogée, qui a fait parler de lui au travers de son assimilation supposée avec le tombeau d'Alexandre [7], présente une particularité qu'il aurait été dommage d'ignorer. Il comporte une porte de même style, de mêmes proportions et portant les mêmes moulurations que celle de Pharos, réduite au 1/36<sup>e</sup>.

Le schéma géométrique qui préside à la construction de ces deux portes met en lumière une application des sciences alexandrines du III<sup>e</sup> siècle avant notre ère, inspirées par le philosophe grec Platon. Ainsi,

dans le *Timée*, Platon désigne le triangle de formule (a, 2a, a

## HISTOIRE Des redécouvertes à répétition

■ **À LA FIN DU XVII<sup>e</sup> SIÈCLE, LE CONSUL DE FRANCE EN ÉGYPTE**, Benoît de Maillet, croit reconnaître les restes du phare dans les « *débris, qu'on aperçoit encore sous les eaux, lors que la mer est parfaitement calme* ». Toutefois, les ruines noyées que nous étudions aujourd'hui ne furent révélées à la communauté scientifique qu'en 1961, par les travaux de prospection de l'archéologue amateur alexandrin, Kamel Abul Saadat. Leur redécouverte ne laissa pas les

autorités insensibles, puisque l'année suivante, la Marine nationale égyptienne procéda au renflouage de plusieurs pièces de statuaire, dont un colosse de granite représentant une reine en Isis. Six ans plus tard, à la suite d'une évaluation plus détaillée, l'archéologue écossaise Honor Frost insistait, dans son rapport remis au gouvernement égyptien, sur l'importance du site qu'elle assimilait également aux restes du phare. Elle concluait à la nécessité d'une

étude globale du mobilier immergé, mais aucune suite ne fut donnée. Est-ce en raison de la faiblesse des moyens techniques de l'époque ou sous l'influence des modes idéologiques et politiques ? Car, que voulait dire cette statue de style égyptien repêchée sur le site, alors que selon les témoignages écrits, Alexandrie et, *a fortiori*, Pharos, se devaient d'être grecques ? Toujours est-il que le site retomba dans l'oubli pendant plus de vingt-cinq ans.



[10] I. Hairy, *Ktéma*, 29, 71, 2004.

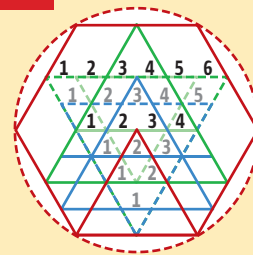
⇒ pied ionique ou samien (0,35 mètre) dans un rapport de 2/3 [fig. 3]. Les unités du système s'organisent suivant certaines propriétés des polygones réguliers. Les principaux témoins de la filiation chronologique de cette combinaison géométrique sont le *Tétraktys* des pythagoriciens (VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C.), où le rapport pied-coudée correspond au niveau intermédiaire de l'échelle musicale fondamentale, et les concepts géométriques utilisés par Platon au début du IV<sup>e</sup> siècle dans sa représentation du corps de l'Univers.

## De Pythagore à Fibonacci

Quant aux statues, elles mettent en relief une autre spécificité du système de mesure [10]. Les plus petites sont le modèle, posé comme principe égal à 1, rendant compte du canon égyptien de la figure humaine. Elles ont une hauteur restituée d'environ 6 pieds, ou 4 coudées (2,10 mètres), c'est-à-dire une brassée, ou *hepet*, équivalent à la largeur d'un homme les bras tendus. En multipliant ce module par 2, on obtient la hauteur de la statue masculine célibataire (environ 4,20 mètres), par 3 la hauteur des deux couples de grandes statues (environ 6,30 mètres), et par 5 celle du couple colossal (environ 10,50 mètres). Or, ces quatre termes, « 1, 2, 3, 5 » forment le début d'une suite dont la limite est le nombre d'or. Cette suite a été publiée en 1220 par un mathématicien italien du nom de Fibonacci, grand connaisseur des travaux d'Euclide et de Héron d'Alexandrie, dont il s'est peut-être inspiré.

DOCUMENTS : ISABELLE HAIRY, CEALEX/CNRS/UMS 1812

## Fig.3 Les unités de mesure



1 coudée (52,5 cm) = 6 palmes  
 1 empan (43,75 cm) = 5 palmes  
 1 pied (35 cm) = 4 palmes  
 1/2 coudée = 3 palmes  
 1/2 pied = 2 palmes  
 1 palme (8,75 cm)

**LE SYSTÈME DE MESURE** utilisé pour la construction des statues et de la porte combine les étalons égyptien (coudée royale) et grec (pied ionique). L'ensemble est unifié par des constructions géométriques issues des conceptions pythagoriciennes (VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C.).

Selon la théorie platonicienne, le corps physique de l'Univers est constitué de figures géométriques assemblées de façon à composer le monde sensible. Le génie de Platon est d'avoir imaginé un système cohérent, fondé sur des relations mathématiques, organisant un ensemble de corps élémentaires tous identiques. Suivant ce procédé, j'ai eu l'idée d'employer la trame mise en évidence sur la porte pour reconstituer la suite géométrique des trois niveaux superposés de Pharos, carré, octogonal et circulaire, ainsi que de sa silhouette [fig. 4].

Le schéma obtenu diffère des restitutions précédentes, y compris de la plus aboutie, établie par H. Thiersch à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et qui fait encore autorité. Cependant ces travaux n'avaient pas pris en compte un texte d'importance, analysé seulement récemment : la description cotée du phare par l'Arabe andalou Abu al-Haggag Yusuf Ibn Mohammed al-Balawi al-Andalousi, qui visita le monument en 1117. L'étude de ce témoignage, menée indépendamment de notre reconstitution à partir des vestiges, confirme celle-ci presque systématiquement. Histoire et archéologie convergent enfin vers une hypothèse commune, un même « corps » figurant la merveille disparue.

Ces résultats plaident en faveur de l'existence d'une école alexandrine d'architectes concepteurs, sous influence platonicienne, fondée par les deux grands intellectuels arrivés avec la première vague d'immigration de savants à Alexandrie : Démétrios de Phalère, le roi philosophe, et Euclide, le philosophe mathématicien. Le rôle de cette école, construire et embellir la capitale des Ptolémées, s'inscrit dans la recherche éternelle des hommes des traces d'un acte raisonné dans l'œuvre des dieux. ■ I. H.

### POUR EN SAVOIR PLUS

- J.-Y. Empereur, *Alexandrie redécouverte*, Stock, 1998.
- J.-Y. Empereur, *Le Phare d'Alexandrie, la Merveille retrouvée*, Gallimard, 2004.
- [www.cealex.org](http://www.cealex.org)

## Fig.4 Le phare retrouvé

**CETTE RESTITUTION** des trois niveaux superposés du phare (en élévation et vus de dessus) s'appuie sur l'atomisme mathématique du *Timée* ; sa silhouette est issue des travaux archéologiques et de l'analyse de la description cotée du monument par un Arabe andalou du XII<sup>e</sup> siècle. Sur un premier étage à base carrée était posé un second, à base octogonale, et deux fois moins haut. Le troisième étage, aussi deux fois moins haut que le second, avait une base circulaire.

© INFOGRAPHIES BRUNO BOURGEOIS

