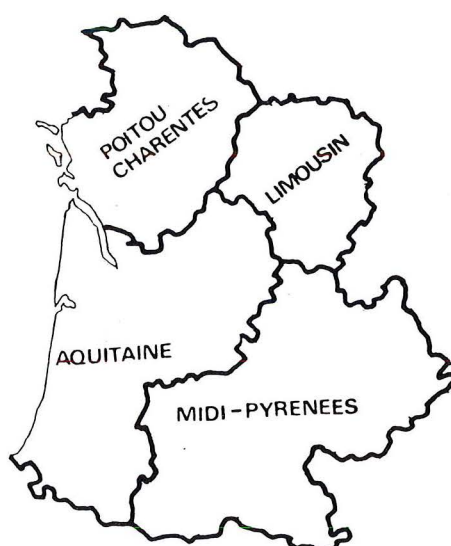


AQVITANIA

TOME 4
1986

UNE REVUE INTER-RÉGIONALE
D'ARCHÉOLOGIE



EDITIONS DE LA FEDERATION AQVITANIA

SOMMAIRE

D. BARRAUD, S. CASSEN, M. SCHWALLER, C. SIREIX , <i>Sauvetages archéologiques sur le site du Pétreau à Abzac (Gironde)</i>	3
C. GENDRON, J. GOMEZ DE SOTO, T. LEJARS, J.-P. PAUTREAU , <i>Deux épées à sphères du Centre-Ouest de la France</i>	39
M. VIDAL , <i>Note préliminaire sur les puits et fosses funéraires du Toulousain aux II^e et I^{er} siècles avant J.-C.</i>	55
Y. LABORIE , <i>Le champ de fosses du Grand-Caudou, commune de Bergerac (Dordogne)</i>	67
M.-F. DIOT , <i>Étude palynologique d'un puits gallo-romain à Grand-Caudou (Bergerac, Dordogne)</i>	91
J.-P. LOUSTAUD , <i>Rites de comblement dans les puits gallo-romains du III^e siècle à Limoges</i>	99
D. TARDY , <i>Le décor architectural de Saintes antique. Étude du « grand entablement corinthien »</i>	109
R. et M. SABRIE , <i>Les peintures murales de la Graufesenque (Millau, Aveyron)</i>	125
M. FINCKER , <i>Les briques-claveaux : un matériau de construction spécifique des thermes romains</i>	143
J.-C. BESSAC , <i>La prospection archéologique des carrières de pierre de taille : approche méthodologique</i>	151
P. REGALDO-SAINT-BLANCARD , <i>Les potiers et les intempéries : les structures de production céramique de l'Entre-Deux-Mers à la fin du Moyen Age</i>	173
 NOTES ET DOCUMENTS	
Y. BOUTIN, J.-C. ROUX , <i>La nécropole tumulaire du Premier Age du Fer du Serre de Cabrié (Saint-André-de-Vézines, Aveyron)</i>	185
B. BOULOUMIE , <i>Un buste tricéphale celtique au musée de Cahors</i>	201
C. BALMELLE, H. DUDAY, B. WATIER , <i>L'établissement gallo-romain du quartier des Bignoulets, à Pujo-Le-Plan (Landes)</i>	205

Ce numéro a été publié avec le concours du ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Sous-direction de l'Archéologie et du Centre national de la recherche scientifique.

Adresser tout ce qui concerne la Revue (*secrétariat de la rédaction, l'édition et la diffusion*) à la Fédération Aquitania, 28, place Gambetta, 33074 BORDEAUX CEDEX - Tél. 56 52 01 68 poste 334 -

Prix et mode de paiement.

Règlement (*à joindre obligatoirement au bulletin de commande*) par chèque bancaire ou postal à l'ordre de : la Fédération Aquitania.

Le Tome 1, 1983, le Tome 2, 1984, le Tome 3, 1985, le Supplément 1, 1986, et le Supplément 2, en co-édition avec le C.N.R.S., sont disponibles à la Fédération Aquitania.

Tome 1 : 140 F Franco.

Tome 2 : 170 F Franco. Supplément 1 : Actes du VIII^e colloque sur les Ages du Fer, 350 F Franco.

Tome 3 : 170 F Franco. Supplément 2 : Les thermes sud de la villa gallo-romaine de Séviac(Gers) : 250 F Franco.

Couverture : Détail du grand entablement corinthien de Saintes. Photographie : Paul MARTIN ; Musée archéologique de Saintes.

Myriam FINCKER

LES BRIQUES CLAVEAUX : UN MATÉRIAU DE CONSTRUCTION SPÉCIFIQUE DES THERMES ROMAINS

**KEYSTONES BRICKS:
A SPECIFIC BUILDING MATERIAL OF ROMAN THERMAE**

Résumé : Des briques clavées présentant deux tenons à leur base et deux encoches sur le dessus ont été mises au jour lors des fouilles de plusieurs thermes romains en Aquitaine, Narbonnaise, péninsule Ibérique et au Maroc. Si leur utilisation est attestée pour la construction de voûtes, en revanche, l'archéologie ne nous a pas permis, jusqu'à présent, de définir quel était leur rôle spécifique dans la construction de thermes romains. Les tenons et encoches étaient destinés à supporter des briques plates qui constituaient entre deux arcs clavés l'intrados et l'extrados de conduits. L'air pouvait donc circuler dans les tubes ainsi formés entre deux arcs. Air chaud ou froid, chauffage ou ventilation des voûtes, les deux solutions sont possibles ; la question reste néanmoins posée.

Abstract : *Summary keystone bricks having two tenons on their bottom, and two mortises on the top, have been found during excavations on several roman thermae in Aquitaine, Narbonnaise, Iberic Peninsula and Maroco. If their use is actually known on arches building, on the other hand, up to now, archaeology has not allowed us to find which was their specific use on building of roman thermae. Tenons and mortises supported flat bricks which were making the intrados and the extrados of pipes between two arches. Then, air was able to go through the pipes made by those two arches. Hot or cold air, heating or ventilation of the arches, those two solutions are possible, nevertheless the question remains.*

La fouille des thermes de la villa de Séviac¹ a mis au jour un grand nombre de briques particulières qui ont fait l'objet d'une analyse typologique. Car, si toutes sont de formes analogues, elles présentent des différences notables dans leurs dimensions et leurs détails. Ces éléments en terre cuite rouge foncé sont de forme trapézoïdale ; la grande base comporte deux encoches et la petite deux tenons. Parfois pleines, ces briques sont le plus souvent percées d'un orifice central de forme et de dimensions variables (fig. 1).

Leur épaisseur est rarement constante ; la grande majorité des éléments découverts présente un profil en coin (l'amincissement est toujours progressif de la grande base vers la petite) qui leur confère un rôle indéniable de claveau. Cette fonction nous a fait préférer le terme de « briques claveaux » aux divers vocables déjà attribués à ce type de briques dans les rapports de fouille où elles sont signalées².

Sans doute parce qu'elles n'ont pas été découvertes en Ita-

M. FINCKER, architecte à l'Institut de Recherche sur l'Architecture Antique, C.N.R.S., boulevard des Pyrénées, 64000 PAU.

1. R. MONTURET, H. RIVIÈRE, *Les thermes sud de la villa gallo-romaine de Séviac à Montréal-du-Gers*. Éd. C.N.R.S., Bordeaux, 1986.

2. On trouve, en effet, ce matériau sous divers vocables. Si F. BENOIT, *Cimiez, la ville antique*, Paris, 1977, parle, p. 55, de « briques à crochets ». — G. MANIÈRE, *Les fouilles du site antique et médiéval de Saint-Vincent-de-Vouladère*, commune de Cazères (Haute-Garonne), *Revue de Comminges, Pyrénées Centrales*, t. XCIV, 1981, p. 517, le désigne par « tuile à épaulement » et M. PONSICH, *Recherches archéologiques à Tanger et dans sa région*, Éd. C.N.R.S., 1970, p. 379 ou encore R. ÉTIENNE et F. MAYET, *Briques à Belo dans Mélanges de la Casa de Velázquez*, t. VII, 1971, p. 61 ont préféré « briques à tenons », enfin pour G. FOUET, *La villa gallo-romaine de Montmaurin*, XX^e suppl. à *Gallia*, Paris, 1969, p. 140 et fig. 63, il s'agit là de « briques plates spéciales ».

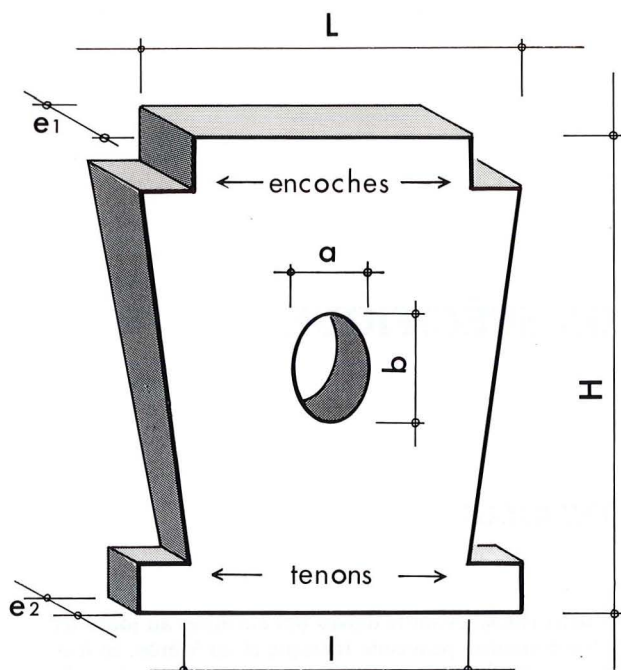


Fig. 1. — Représentation schématique d'une brique claveau.

lie romaine, les briques claveaux ne sont pas mentionnées dans les traités de construction antique³. Elles restent pour cette raison mal connues et posent parfois à leur inventeur un problème d'identification⁴. La bibliographie que nous avons réunie à leur sujet⁵, sans être exhaustive, révèle pourtant que l'utilisation des briques claveaux est largement répandue. En effet, bien que leur présence soit surtout attestée en Aquitaine, on les trouve aussi en Narbonnaise, dans la péninsule Ibérique et au Maroc. De l'examen des publications où elles sont signalées, il ressort que leur découverte est généralement liée à la fouille de thermes publics ou privés ; cette constatation suppose qu'elles assurent dans la construction de ces édifices un rôle particulier. C'est cette fonction spécifique que nous allons essayer de définir.

3. R. GINOUVES, R. MARTIN, *Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine*, BEFAR, Paris, Rome, 1985. — J.-P. ADAM, *La construction romaine, matériaux et techniques*, A. et J. Picard, Paris, 1984. — L. CREMA, *Architettura romana, Encyclopaedia classica*. Sez III, vol. 12, t. I, Turin, 1959. — G. LUGLI, *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio*, Roma, 1957.

4. J.-P. LOUSTAUD, *Les thermes de la villa gallo-romaine de Brachaud*, dans *Travaux d'Archéologie limousine*, 1982, vol. 3, p. 31 à 52 : la fig. 15 bis, p. 44, montre un arc en briques claveaux couvrant un caniveau. La forme particulière des briques claveaux ne fait l'objet d'aucun commentaire dans le texte.

5. Je remercie M.F. GIACOBBI-LEQUEMENT et P. VARÈNE, I.R.A.A. Aix-en-Provence, R. MONTURET, I.R.A.A. Pau, A. OLIVIER, I.R.A.A. Dijon et H. RIVIÈRE d'avoir bien voulu me communiquer leurs références bibliographiques en la matière.

6. R. MONTURET, H. RIVIÈRE, p. 250. Ces remblais sont datés de la fin du IV^e siècle. La salle 13 appartient à l'état IIIA, datée de la fin du III^e siècle.

7. L. BASALO, *Le temple du moulin du Fâ à Barzan près de Talmont-sur-Gironde (Charente-Maritime)*, dans *Gallia*, 1944, p. 141 sq. Pour les thermes, voir en particulier p. 161. Le plan (pl. VI, p. 162) et la photo (fig. 13, p. 163) montrent une reprise en sous-œuvre du dallage de l'hypocauste à l'aide de tronçons d'arcs en briques claveaux.

8. Communication personnelle de G. FOUET. Quelques éléments fragmentaires de briques claveaux sont exposés au musée du site.

9. G. FOUET, *La villa gallo-romaine de Valentine (Haute-Garonne)* dans *Revue de Comminges, Pyrénées-Centrales*, t. XLI, 1978, p. 145 à 157. La villa est datée du IV^e siècle, p. 151.

10. G. FOUET, *La villa gallo-romaine de Montmaurin*, XX^e suppl. à *Gallia*, Paris 1969, p. 140 et fig. 63 et note 22. Le secteur thermal de cette villa du I^{er} siècle est daté du IV^e siècle.

11. G. FOUET, *La villa gallo-romaine de Gelleneuve, commune de Mouchan (Gers)* dans *Mémoires de la Société archéologique du Midi*, XXVII, 1960.

12. J. LAUFFRAY, J. SCHREYCK et N. DUPRE, *Les établissements et les villas gallo-romaines de Lalouquette (Pyrénées-Atlantiques)* dans *Gallia*, p. 123 à 155.

Bien que de nombreux éléments de briques claveaux aient été mis au jour sur les fouilles de plusieurs sites d'Aquitaine, aucune de ces découvertes ne nous donne le moindre indice quant à leur fonction en œuvre. Aux thermes de la villa de Séviac⁶ on les trouve d'une part à l'état d'éléments isolés dans les remblais C3 des salles 5, 20, 21 et, d'autre part, utilisées pour la construction des pilettes de l'hypocauste de la salle 13. C'est sous cette même forme qu'elles ont été mises au jour aux thermes découverts à proximité du moulin du Fâ en Charente-Maritime⁷. Des pilettes construites à l'aide de briques claveaux ont également été observées par G. Fouet⁸ sur le site de la villa de la Valentine⁹. Plusieurs briques claveaux sont utilisées en réemploi dans la maçonnerie des conduits rayonnants de l'hypocauste des thermes de la villa gallo-romaine de Montmaurin en Haute-Garonne¹⁰. Les exemplaires trouvés lors des fouilles des villas de Gelleneuve (Gers)¹¹ et de Lalouquette (Pyrénées-Atlantiques)¹² n'ont pas été localisés sur le site de leur découverte. Au musée d'Auch, plusieurs briques claveaux sont exposées sans indi-

Fig. 2. — Composition d'une voûte en briques claveaux et tuiles plates de couvert observée au frigidarium des thermes de Cimiez, d'après la restitution de M. Borely.

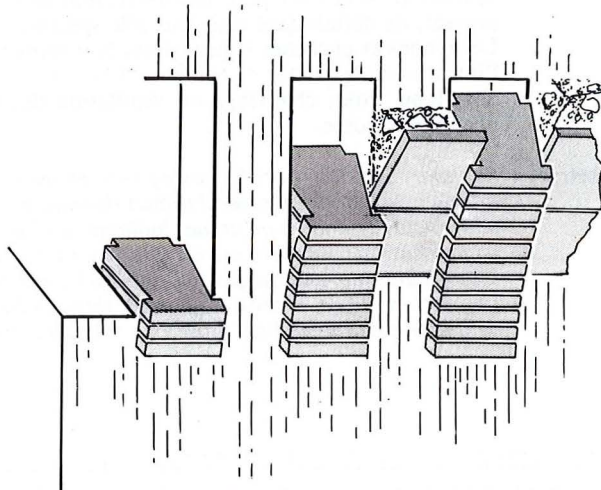




Fig. 3. — Utilisation de briques claveaux dans la construction de pilettes à Mirobriga.

cation de provenance. Enfin, nous avons relevé en réemploi dans un dallage des thermes de Sanxay (Vienne) une brique de forme apparentée.

C'est en **Narbonnaise** que l'on trouve l'exemple le plus probant d'utilisation de briques claveaux ; à Cimiez¹³, elles

L'unique élément découvert, conservé au Bureau d'Architecture Antique du Sud-Ouest, C.N.R.S., Pau, s'apparente en formes et dimensions au type B2 de Séviac. Le balnéaire a été utilisé du I^{er} au IV^e siècle.

13. F. BENOIT, *Cimiez, la ville antique*, Paris, 1977, p. 61 sq.

14. *Ibid.*, p. 61 et pl. XI.

15. L'utilisation d'arcs en briques comme raidisseurs dans une voûte en maçonnerie concrète est une technique constructive couramment employée sous l'Empire. Voir sur ce sujet G. LUGLI, p. 663, sq. ou encore A. CHOISY, *L'art de bâtir chez les Romains*, Paris, 1873, p. 31 sq.

16. F. BENOIT, p. 62.

17. A la villa romaine d'Espeyran, en Camargue, *F.O.R.*, VIII, 21 ; à Rovix, près de Vaison-la-Romaine, A. PERRAUD, *F.O.R.*, VII, 91 ; au « cimetière marin » de la chrétienne à Anthéor, fouilles sous-marines, 1962.

18. B. HOFMANN, *Les matériaux de constructions antiques en terre cuite*, dans les *Dossiers de l'Archéologie*, 9, 1975, p. 119.

19. R. ÉTIENNE, F. MAYET, *Briques à Belo*, dans *Mélanges de la Casa de Velazquez*, t. VII, 1971, p. 61.

20. F. MAYET, *Secteur des thermes Sud-Ouest*, Cinquième campagne de fouilles à Belo, dans *Mélanges de la Casa de Velazquez*, t. VII, 1971, p. 409.

21. J. LAUFFRAY, architecte, ancien responsable du Bureau d'Architecture Antique du Sud-Ouest, C.N.R.S., Pau, et J. SCHREYECK, Bureau d'Architecture Antique du Sud-Ouest, Pau.

22. THOUVENOT et LUQUET, *Les thermes de Banassa* dans *Publications du Service des Antiquités du Maroc*, fasc. 9, 1951, p. 16.

23. M. PONSICH, *Recherches archéologiques à Tanger et dans sa région*, Éd. C.N.R.S., 1970, p. 378, fig. 6, 7, 8, p. 379 et pl. CXIX.

24. M. PONSICH, p. 379, fig. 4e.

sont employées dans la construction des voûtes du *frigidarium* et du *tepidarium* des thermes du Nord datés du début du III^e siècle¹⁴. Le système de couverture encore en place au niveau de la naissance des voûtes a permis à F. Benoit une restitution de l'ensemble (fig. 2). Il s'agit d'une succession d'arcs équidistants en briques claveaux pleines dont les tenons de l'intrados supportent des briques plates ; ces dernières forment coffrage perdu pour un remplissage en mortier. Les arcs, dont les feuillures de l'extrados restent inutilisées, ont ici une fonction structurale pure¹⁵. F. Benoit, à qui l'originalité de ce matériau n'a pas échappé, signale plusieurs cas de découvertes de briques claveaux en Narbonnaise : sous la forme d'un arc clavé aux thermes de Fréjus, dans la construction de la porte dorée¹⁶ ; sur les autres sites où il les remarque¹⁷, l'auteur ne donne aucune indication relative à leur utilisation.

En **péninsule Ibérique**, plusieurs vestiges attestent également l'utilisation des briques claveaux pour la construction d'arcs : dans une salle du musée de Tarragone¹⁸, édifiée sur les thermes antiques, une série d'arcs est encore conservée *in situ* ; la fouille des thermes de Belo¹⁹ a mis au jour plusieurs tronçons de cintres en briques claveaux pleines, datés du III^e siècle²⁰. J. Lauffray et J. Schreyeck²¹ ont remarqué à Mirobriga au Portugal (fig. 3) l'utilisation de ces briques dans la construction des pilettes d'un hypocauste.

L'analyse de nombreux exemplaires de briques claveaux trouvés en **Maurétanie** dans les fouilles des thermes de Banassa²², à Cotta et Gandori²³, a inspiré à M. Ponsich²⁴ une restitution de voûte où les briques sont juxtaposées tête-bêche (fig. 4). Si cette solution justifie l'existence des tenons et des mortaises, elle ne fait ressortir aucun avantage par rapport à une voûte construite avec de simples éléments rectangulaires. La construction de cette voûte serait difficile en raison de la forme du plan de tête des voussoirs.

L'énumération des différentes utilisations de briques claveaux que nous venons de faire établit sans conteste qu'il

existe une relation entre ce matériau et la construction de thermes édifiés entre la fin du II^e et le début du IV^e siècle. Plusieurs exemples confirment en outre que leur utilisation rationnelle est bien la construction d'arcs²⁵. Dans les autres cas, lorsqu'il ne s'agit pas d'éléments isolés trouvés dans les remblais consécutifs à une réfection ou à une démolition, les briques claveaux sont employées comme des briques ordinaires dans des ouvrages qui n'expliquent pas leur forme. Ces assemblages témoignent de l'emploi d'un matériau excédentaire ou réformé dans une partie du bâtiment à laquelle il n'est pas destiné.

C'est le système de voûte restitué par P. Brewis²⁶ aux thermes de Chester en Angleterre qui va nous permettre, par extrapolation, de définir la fonction primitive des briques claveaux. En effet, cette voûte est composée d'une série d'arcs équidistants dont les claveaux en tuf, bien que d'une épaisseur supérieure à celle des briques claveaux, sont de section comparable. Sur les tenons et les encoches de ces voussoirs reposent des briques plates qui constituent avec les plans de têtes de deux arcs consécutifs les parois d'un conduit de section rectangulaire, destiné selon l'auteur à canaliser l'air chaud. A partir de cette description, nous restituons une voûte semblable où les briques claveaux remplacent les voussoirs en tuf (fig. 5).

Pour retrouver l'utilité de ce système de voûte²⁷, il nous faut rechercher quelle en a été la genèse. Nous savons que dans les *caldaria*, où une température élevée et un fort taux d'humidité relative²⁸ sont les conditions normales d'utilisation, les constructeurs romains ont été confrontés aux problèmes de tenue des matériaux en atmosphère humide²⁹ et de chauffage des locaux³⁰. Nous allons voir que divers dispositifs constructifs ont été mis en œuvre pour répondre à ces conditions particulières d'utilisation. Toutefois, avant de les examiner, nous devons, pour pouvoir en contrôler l'adéquation, rappeler les exigences qui sont à l'origine de leur conception³¹.

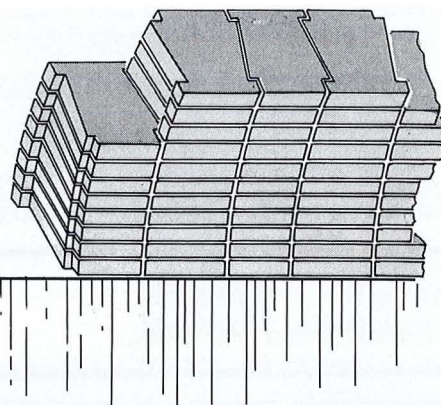


Fig. 4. — Hypothèse pour une voûte composée de briques claveaux, d'après M. Ponsich.

CHAUFFAGE

Dans les locaux fortement chauffés, se pose le problème de la position et de la répartition des sources de chaleur. En effet, dans ces pièces, la sensation de confort³² est directement liée à la température superficielle des parois : les déperditions du corps humain se font principalement par échange radiatif³³ ; elles seront d'autant plus importantes que l'écart de température entre le corps et les parois sera plus grand. Ce phénomène de paroi froide³⁴, source d'inconfort thermique, pourra être atténué par une répartition judicieuse des sources de chaleur.

LONGÉVITÉ DES OUVRAGES

Dans les locaux où le degré hygrométrique élevé de l'air est inhérent au mode d'occupation, des désordres sont à craindre dans les ouvrages composés de matériaux hygroscopiques³⁵ et en particulier de bois³⁶. Les dégâts seront aggravés par la condensation si la température des murs est inférieure à la température de rosée³⁷ (fig. 6). En conséquence, il faudra utiliser dans ces pièces des matériaux qui ont une faible perméabilité à la vapeur d'eau, ou, si l'on met en œuvre

25. A. CIMIEZ, Fréjus, Tarragone et Belo.

26. Voir sur ce sujet dans l'ouvrage dirigé par A. Mc. WHIRR, *Roman brick and tile*, B.A.R., 1979, l'article de G. WEBSTER, *Tiles as a structural component in buildings*, p. 285 à 292 et plus particulièrement les figures 15,3 et 15,4, p. 288, dont P. BREWIS est l'auteur et les restitutions de N. DAVEY, *A history of building materials*, Londres, 1961, p. 203.

27. Nous ne pouvons nous satisfaire de la fonction uniquement structurale telle qu'elle apparaît aux thermes de Cimiez. La dualité briques claveaux/thermes témoigne d'une mise en œuvre du matériau pour satisfaire une exigence spécifique aux thermes.

28. F. KRETZSCHMER, *La technique romaine*, Bruxelles, 1966, p. 35 à 37. Il donne pour hypothèse à ses calculs de chauffe des *caldaria* une température pouvant atteindre 40° et une humidité relative supérieure à 80 %.

29. VITRUVÉ, *De architectura*, V. 10, 12 d'après la traduction de A. CHOISY, *Vitruve*, Paris, rééd. 1971, t. I, p. 260.

30. Cf. Sénèque, *Lettres à Lucilius*, XC.

31. Je remercie S. BAUDOU, architecte D.P.L.G., maître d'œuvre, qui s'est chargé de réunir la bibliographie relative au problème d'hygrothermie dans le bâtiment et qui m'a assistée dans la partie technique de cet article.

32. Pour approfondir la notion de confort thermique, on consultera J.-L. IZARD, *Archi Bio*, Éd. Parenthèses, 1979, p. 10.

33. « Deux corps à températures différentes échangent de la chaleur par rayonnement », E. NEUFERT, *L'architecture et l'isolation*, Éd. Dunod, Paris, 1971, p. 405.

34. Pour une explication détaillée de « l'effet de paroi froide », se reporter à M. CROISSET, *L'hygrothermie dans le bâtiment*, Éd. Eyrolles, 1968, p. 60 sq.

35. « Les matériaux de construction sont pour la plupart des matériaux poreux possédant la propriété de fixer une certaine quantité d'humidité contenue dans l'air », J. BERTHIER, *La condensation à l'intérieur des parois du bâtiment*, dans *Cahier Technique du Moniteur*, n° 8, janvier 1977, p. 43 à 49 et du même auteur,

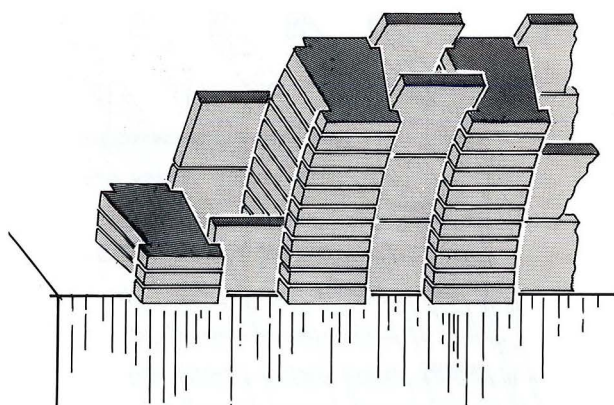


Fig. 5. — Proposition de restitution d'une voûte en briques claveaux et tuiles plates de couvert : adaptation aux claveaux en briques de l'hypothèse émise par P. Brewis pour les thermes de Chester.

des matériaux hygroscopiques on aura soin de les préserver par une barrière étanche (enduit, doublage...). Pour limiter les condensations, la température de surface des parois devra être élevée soit par chauffage, soit en améliorant leur pouvoir isolant.

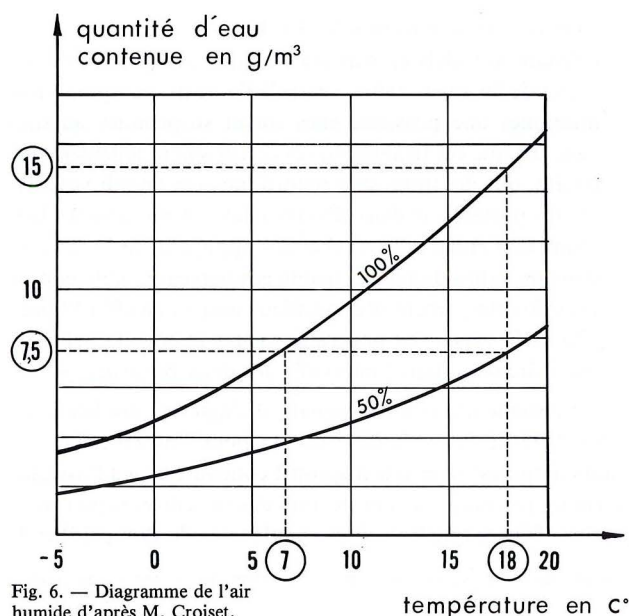


Fig. 6. — Diagramme de l'air humide d'après M. Croiset.

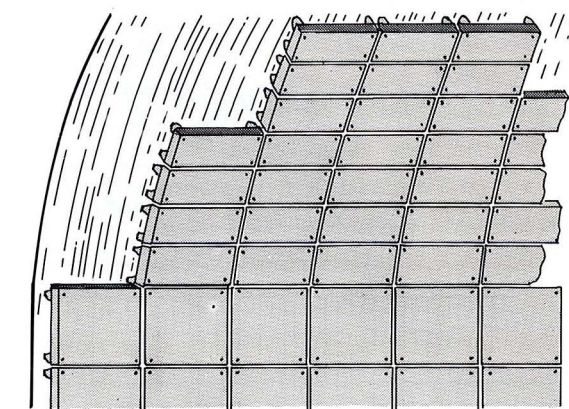


Fig. 7. — Composition de la voûte du caldarium des thermes de Stabies, d'après H. Eschebach.

COMMENT CES PROBLÈMES ONT-ILS ÉTÉ RÉSOLUS DANS LES THERMES ROMAINS ?

L'archéologie nous fournit de nombreux exemples où les parois verticales des *caldaria* sont conçues pour être chauffées. Si l'on s'en tient au seul avis d'un usager, cette disposition aurait été prise pour améliorer le confort thermique de ces pièces.

Sénèque, *lettre à Lucilius* XC :

« Certaines de nos inventions... sont assez récentes pour que nous nous souvenions de leur naissance : ... ainsi les voûtes des bains ; les tuyaux enchâssés dans les cloisons pour répandre tout autour une chaleur égale dans le haut et le bas du local. »

Toutefois nous noterons que si l'élévation de la température des parois parfait le confort thermique elle permet également d'éviter les condensations et les dégâts qu'elles provoquent. Les divers systèmes constructifs répertoriés³⁸ fonctionnent suivant le même principe : une cloison de doublage périphérique en briques plates ou creuses forme une gaine qui communique avec l'hypocauste et sert ainsi d'exutoire aux produits de combustion. Par convection, les fumées élèvent la température de la paroi de doublage. Deux exemples nous permettent d'illustrer l'application de ce système à la couverture des salles chaudes. Le plus connu est certainement celui du *caldarium* des thermes de Stabies à Pompéi³⁹ où la cloison en *tegulae mammatae* (fig. 7) qui

Diffusion de vapeur au travers des parois, Éd. du C.S.T.B., p. 5 (mise à jour annuelle).

36. J.-P. ALBERTANI, *Le bois : un matériau sensible à l'action des agents atmosphériques*, dans le *Moniteur*, 21 janvier 1983, p. 75, 76.

37. La quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir l'air est fonction de sa température : plus celle-ci augmente, plus la capacité de rétention de l'air est élevée. Sur le diagramme de l'air humide (34) (fig. 6), on constate que la limite de saturation de l'air (quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut contenir) est de 7,5 g/m³ à 7 °C et de 15 g/m³ à 18 °C. Cette température est appelée température de rosée ; en effet, dans les deux cas si l'air est refroidi, par exemple au contact d'une paroi froide, l'excédent de vapeur d'eau se transforme en eau. Nous remarquerons aussi sur le diagramme (fig. 6) qu'à 18° avec 50 % d'humidité relative, l'air condensera sur toute paroi dont la température de surface est inférieure à 7°. Cet exemple démontre que pour une température et une humidité relative d'air données, la formation de condensation est à craindre sur toute surface dont la température est inférieure à la température de rosée. La quantité d'eau produite sera d'autant plus importante que la différence de température entre l'air et les parois sera élevée. Cette démonstration résume les analyses de J. BERTHIER, *La condensation à l'intérieur des parois*, loc. cit., p. 43 et de Ch. QUEWET, *Les condensations superficielles* dans *Cahiers Techniques du bâtiment*, 33, févr. 1981, p. 71 sq.

38. Le sujet est traité de façon générale par G. WEBSTER, p. 285 à 291, F. KRETZSCHMER, p. 31 sq. et 67 sq., H. CUPPER, *Le chauffage chez les Romains, foyers et hypocaustes*, dans les *Dossiers de l'Archéologie*, n° 25, nov.-déc. 1977, p. 113 à 120, G. LUGLI, p. 550 sq. et 579 sq. et R.J. FORBES, *Studies in ancient technology*, Leiden, 1958, p. 36 à 57.

39. H. ESCHBACH, *Die Stabianer Thermen in Pompeji*, dans *Denkmäler antiken Architektur*, 13, 1979, planches 20 et 21.

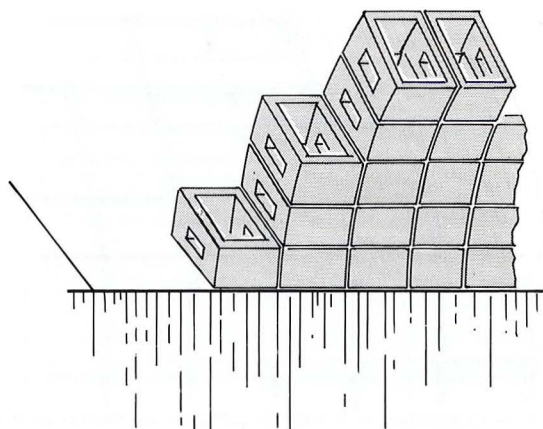


Fig. 8. — Composition de la voûte de caldarium des thermes de Beauport Park, d'après G. Brodribb.

double les parois verticales se poursuit sur l'intrados du berceau. Un système dont le principe est analogue a été découvert par G. Brodribb aux thermes de Beauport Park en Grande-Bretagne⁴⁰. Cette voûte est composée d'une série d'arcs juxtaposés construits à l'aide de voussoirs en briques creuses (fig. 8) ; les têtes des voussoirs comportent des orifices rectangulaires qui mettent en communication les conduits formés par les arcs.

Quant aux choix des matériaux à mettre en œuvre, l'usage quasi systématique du marbre dans les thermes est révélateur du souci qu'avaient les constructeurs de recourir à des composants adaptés aux conditions d'utilisation particulières de ces locaux. En effet, parmi les matériaux minéraux employés dans le bâtiment, le marbre est celui qui possède le coefficient d'imbibition le plus faible⁴¹.

C'est grâce aux écrits de Vitruve⁴² que l'on a connaissance de la préoccupation qu'avaient les bâtisseurs de préserver les matériaux exposés à l'humidité ambiante. Parmi ses recommandations pour la construction des thermes, Vitruve conseille l'emploi de maçonneries protégées par un enduit étanche⁴³. Et lorsque la mise en œuvre du bois est inévitable en couverture, il préconise la construction d'un double pla-

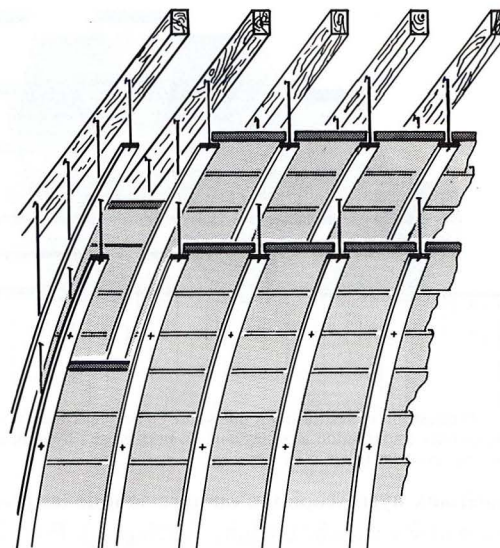


Fig. 9. — Composition du plafond suspendu des thermes suivant les préceptes de Vitruve, d'après la restitution proposée par A. Choisy.

fond ventilé (fig. 9).

Vitruve, *De architectura* V, 10, 12 :

« Quant aux ciels en berceau : ... que des tringles ou des cerces de fer soient faites ; et qu'à l'aide de crampons aussi multipliés que possible, elles soient suspendues au solivage. Et que ces tringles ou ces cerces soient tellement disposées, que des tuiles sans rebord puissent prendre assiette et être portées sur deux d'entre elles : et qu'ainsi les berceaux tout entier soient achevés s'appuyant sur le fer... Et dans les salles de bains chauds ces berceaux, s'ils ont été faits doubles, seront d'un meilleur usage : en effet l'humidité de la vapeur ne pourra pas gâter le bois du solivage, mais circulera dans l'intervalle des deux berceaux. »

Ce système n'a rien d'original : il s'agit de l'application à un soffite de la méthode prescrite pour l'assèchement des murs humides⁴⁴ ; et si le dispositif concourt bien à l'assèchement du plafond et à la protection des structures supérieures, moins efficace que les voûtes chauffantes de Pompéi⁴⁵ et de

40. G. BRODRIBB, *A survey of tile from the roman bath house at Beauport Park, Battle, E. Sussex*, dans *Britannia*, 1979, 10, p. 139 à 149 et plus particulièrement p. 147 et fig. 2 et 3, et N. DAVEY, p. 202.

41. A. CONSIGLIO, *Guide technique pour l'emploi rationnel du marbre*, Milan, 1972, p. 75.

42. VITRUVÉ, *De architectura*, VII, 4, 3, d'après la traduction de A. CHOISY, t. II, p. 29.

43. VITRUVÉ, V, 10, 12, t. I, p. 260.

44. VITRUVÉ, VII, 4, 3 : « Que si quelque paroi a des suintements continus : que l'on se place un peu en retrait par rapport à cette (paroi) ; et qu'on en maçonne une autre : mince, distante d'elle autant que les circonstances le permettront ; et dans l'intervalle des deux parois, que l'on creuse en contrebas de la plateforme de la chambre, un caniveau ayant des événements à l'air libre. Puis, lorsque la (nouvelle) paroi aura été entièrement maçonnée en hauteur : (qu'au sommet) on ménage des orifices d'aspiration. »

45. H. ESCHEBACH, fig. 20 et 21.

46. G. BRODRIBB, p. 147.

47. A. CHOISY, *Vitruve*, t. III, p. 193.

48. En matière d'isolation, pour un rapide calcul, se référer à J.H. RABOUSKY, *Abaque pour la détermination du coefficient K des murs en maçonnerie traditionnelle*, dans *le Bâtiment bâtir*, mars 1977, p. 59 et pour une étude plus approfondie, voir A. BONHOMME, *Isolation thermique des bâtiments*, Éd. du Moniteur, 4^e éd., Paris, 1979. On trouve les divers coefficients : conductivité thermique, résistance, etc., dans les D.T.U., *règle de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction*, Paris, 1977.

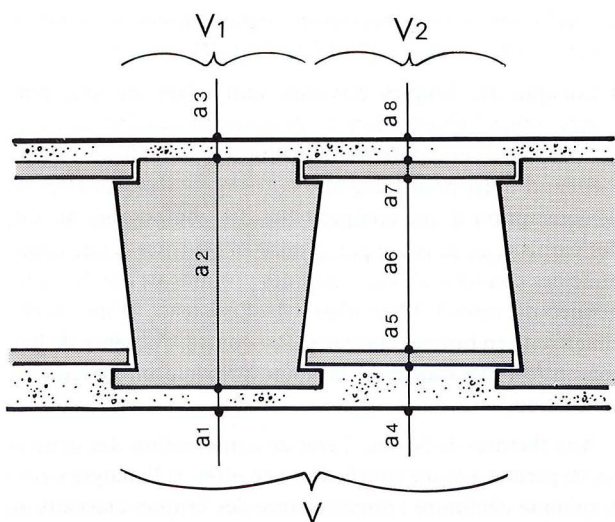
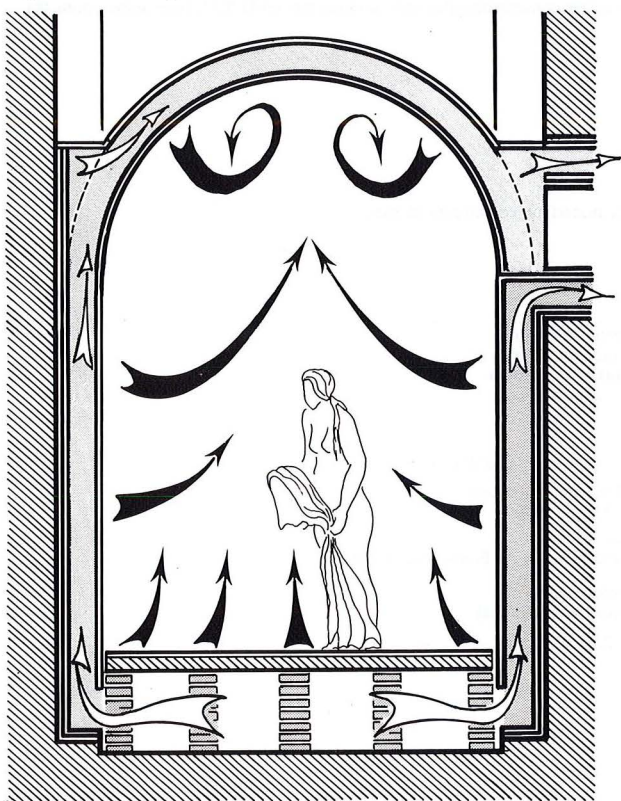


Fig. 10. — Composants d'une voûte en briques claveaux et tuiles plates.

Beauport Park ⁴⁶, il ne prévient pas la condensation à l'intérieur du local et n'améliore pas le confort thermique des usagers. Notons au passage que la fonction attribuée par A. Choisy à ce dispositif constructif est erronée. En effet, dans son commentaire ⁴⁷, il élude la fonction de ventilation, pourtant explicite dans le texte de Vitruve, pour y substituer

Fig. 11. — Chauffage de la voûte.



une fonction d'isolation par lame d'air inerte.

Sur les bases de ces constatations, est-il possible de retrouver la fonction de la voûte en briques claveaux et briques plates que nous avons restituée ? S'agit-il d'un système améliorant l'isolation thermique, d'un système de chauffage comparable aux voûtes de Pompéi et Beauport Park ou s'apparente-t-il à la voûte préconisée par Vitruve ?

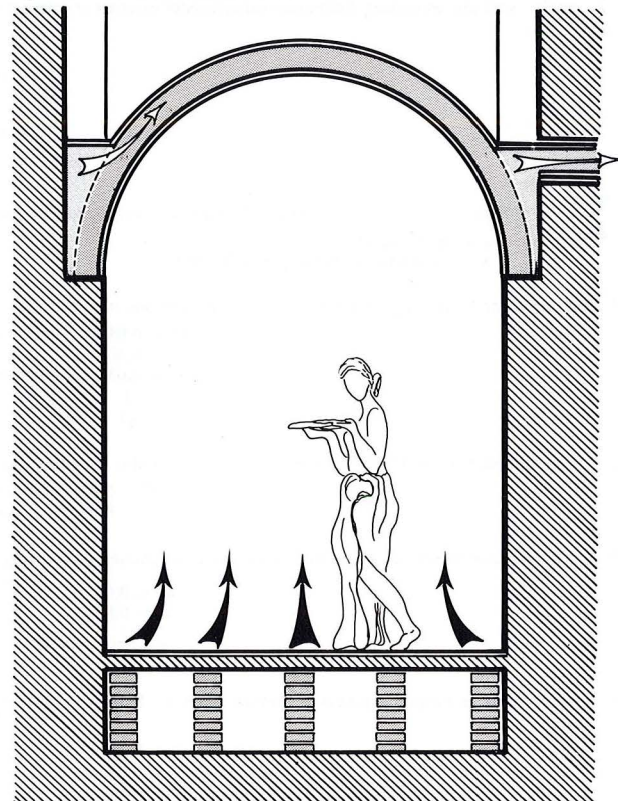
ISOLATION ⁴⁸

Un rapide calcul démontre que l'épaisseur de la lame d'air est trop importante pour améliorer l'isolation thermique de la voûte ⁴⁹ (fig. 10) : le flux de chaleur traversant la voûte est sensiblement le même au droit des arcs en briques claveaux qu'au droit de la gaine entre les briques plates. Ce dispositif constructif ne peut donc avoir été conçu dans le but d'augmenter la résistance thermique de la voûte.

CHAUFFAGE (fig. 11)

Contrairement aux voûtes de Pompéi et de Beauport Park, qui forment une gaine chauffante continue, le berceau en briques claveaux et briques plates est constitué de conduits indépendants. Cette disposition implique, en plus de la liaison avec l'hypocauste, la présence de collecteurs de distribu-

Fig. 12. — Ventilation de la voûte.



tion et d'évacuation des fumées pour relier les conduits, dans la mesure où ceux-ci ne sont pas munis de gaines d'alimentation et d'évents individuels. De tels collecteurs pourraient se situer au niveau de l'extrados de la voûte.

ASSÈCHEMENT DE LA VOÛTE ET PROTECTION DES OUVRAGES SUPÉRIEURS (fig. 12)

La voûte en briques claveaux et briques plates présente une analogie structurelle avec la voûte décrite par Vitruve : les supports métalliques suspendus qui portent les briques plates sont remplacés par les arcs autoporteurs en briques claveaux. Toutefois, si la fonction de ventilation est aisément réalisable par l'ouverture des conduits sur l'extérieur, elle nécessite dans le cas où la voûte repose sur des refends intérieurs la présence de collecteurs munis d'évents.

Le dispositif constructif que nous avons analysé est en mesure d'assurer deux fonctions différentes (le chauffage ou la ventilation) et d'après les documents dont nous disposons, ce système de voûte découvert dans des thermes datés du

III^e siècle est l'instrumentation architecturale d'exigences fonctionnelles énoncées dès le début de l'Empire ⁵⁰.

Lorsque des briques claveaux sont mises au jour hors œuvre, seule l'observation du système de chauffe du sol et des parois est susceptible de nous fournir les indices qui permettent d'opter pour l'une ou l'autre hypothèse. En effet, la démonstration d'une compatibilité des composants du sol, des parois et de la voûte par la mise en évidence d'une continuité des conduits d'évacuation des produits de combustion, permet de retenir l'hypothèse de l'existence d'une voûte chauffante en briques claveaux. Par contre, l'absence de liaison entre l'hypocauste et la voûte présume un système de ventilation.

Aux thermes de Séviac, l'état de conservation des structures ne permet aucune conclusion ; en effet, si l'analyse stratigraphique démontre l'appartenance des briques claveaux au premier état des thermes, les vestiges de cette phase ne comportent plus aucun composant du système d'évacuation des fumées.

49. Calcul des performances thermiques d'une voûte en brique pleine de 30 cm d'épaisseur, V^1 comparées à celles d'un double berceau de briques plates emprisonnant une lame d'air de même épaisseur, V^2 . Recherche du flux de chaleur K traversant 1 m^2 d'une paroi pour 1°C d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur (fig. 10).

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h^e} + \frac{1}{h^i} + \frac{a}{\lambda}$$

$\frac{1}{h^e} + \frac{1}{h^i}$ sont les résistances thermiques superficielles externes et internes dont les valeurs conventionnelles sont données par les D.T.U. (voir *supra*, note 49) :

$$\frac{1}{h^e} = 0,06 \text{ m}^2 \text{ C}^\circ/\text{W}$$

$$\frac{1}{h^i} = 0,11 \text{ m}^2 \text{ C}^\circ/\text{W}$$

$\sum \frac{a}{\lambda}$ somme des rapports $\frac{a}{\lambda}$ correspondant aux différentes couches parallèles de matériaux constituant la paroi
avec a = épaisseur en m.
 λ = conductivité thermique en W/m C°

1. Soit une voûte V^1 en brique enduite au mortier en intrados et en extrados :

$$\begin{array}{ll} a^1 = 0,05 & \lambda^1 = 1,15 \text{ mortier (intrados)} \\ a^2 = 0,30 & \lambda^2 = 1,15 \text{ brique en terre cuite} \\ a^3 = 0,03 & \lambda^3 = 1,15 \text{ mortier (extrados)} \\ \frac{1}{k^1} = 0,500 & k^1 = 1,998 \text{ W/m}^2 \text{ C}^\circ \end{array}$$

2. Soit un double berceau V^2 où les briques plates de l'intrados et de l'extrados emprisonnent une lame d'air inerte :

$$\begin{array}{ll} a^4 = 0,08 & \lambda^4 = 1,15 \text{ mortier (intrados)} \\ a^5 = 0,03 & \lambda^5 = 1,15 \text{ brique plate} \\ a^6/\lambda^6 = 0,16 & \end{array}$$

N.B. La résistance thermique d'une lame d'air inerte en fonction de son épaisseur est analysée par A. BONHOMME, p. 83.

$$\begin{array}{ll} a^7 = 0,03 & \lambda^7 = 1,15 \text{ brique plate} \\ a^8 = 0,03 & \lambda^8 = 1,15 \text{ mortier (extrados)} \\ \frac{1}{k^2} = 0,484 & k^2 = 2,06 \text{ W/m}^2 \text{ C}^\circ \end{array}$$

3. Soit une voûte en briques claveaux et briques plates V^3 , le flux de chaleur :

$$k^3 = \frac{k^1 + k^2}{2} = 2,029 \text{ W/m}^2 \text{ C}^\circ$$

50. VITRUVÉ, De architectura, V, 10, 12, d'après A. CHOISY, t. I, p. 260 et, vers 58, Sénèque, *Lettres à Lucilius*, XC.