

CHAPITRE IV

MURS CREUX, TUBULI ET CHEMINÉES

Lorsque l'air chaud venu du foyer avait « livré » ses calories à la *suspensura*, il était, avec les fumées de combustion, aspiré à l'intérieur de « murs creux » soit par des cheminées, soit par des *tubuli*.

Cette introduction sommaire est nécessaire pour mieux comprendre la description détaillée qui va suivre. Car, on s'en doute, si les principes de base en ce qui concerne l'évacuation des gaz ne changèrent pas, les variantes, dues à l'imagination et aux progrès techniques, furent nombreuses.

A propos de progrès techniques, Vitruve, qui, rappelons-le, écrit au 1^{er} siècle avant notre ère, ne semble pas avoir connu la « tubulature » dans les murs des pièces à chauffer. Il connaissait, cependant, les murs creux, et notamment la *tegula mammata*⁽²⁷⁴⁾ destinée à protéger les murs intérieurs d'une pièce contre l'humidité. Il n'en parle pas comme d'un moyen de chauffage.

Les murs « tubulés » apparaissent au cours de la III^e phase de Kretzschmer⁽²⁷⁵⁾, c'est-à-dire aux environs de la première moitié du 1^{er} siècle après J.-C. Kretzschmer se base en cela sur un texte important de Sénèque, où celui-ci prétend qu'il s'agit d'une invention récente⁽²⁷⁶⁾.

Pour rendre les choses plus claires, notons tout de suite qu'il y avait trois façons de fabriquer des murs creux :

- 1) au moyen de la *tegula mammata* (ou techniques semblables),
- 2) au moyen de *tubuli* (tubes creux en terre cuite de section carrée ou rectangulaire),
- 3) au moyen de cheminées (encastrées, emmurées, « avancées »).

Nous allons décrire en détail ces trois techniques, mais, avant de continuer, deux autres remarques s'imposent :

— La première — et le lecteur en conviendra facilement — est la grande difficulté rencontrée par les fouilleurs pour reconstituer et imaginer les murs en élévation des nombreuses habitations dont les traces sont enfouies dans notre sol. Nous avons écrit plus haut que le niveau d'arasement des murs est parfois tel qu'il est souvent difficile de reconnaître l'emplacement d'un seuil de porte. Que dire, dans ce cas, de la « tubulature » et des cheminées ! Lorsque, avec un peu de chance, la *suspensura* est conservée en tout ou en partie, on découvre souvent la base de la « tubulature », ce qui permet de voir comment elle s'imbriquait dans la chambre de chaleur. Les bases de cheminées d'autre part sont plus ou moins bien conservées selon qu'elles étaient encastrées ou « avancées ». Quoi qu'il en soit, on ne découvre pratiquement jamais, et pour cause, de « tubulatures » et de cheminées entières avec leurs extrémités supérieures. Quelques exemples intacts, heureusement, ont échappé aux ravages du temps et des hommes. Des murs creux, par exemple, en *tegulae mammatae* et en *tubuli* ont été conservés sur des hauteurs appréciables. Et dans certains cas, on a même retrouvé des sorties de cheminées. Malheureusement, comme le fait remarquer F. Kretzschmer⁽²⁷⁷⁾, certains auteurs ont établi une règle générale en se basant sur ces modèles rares. Le peu de vestiges conservés en élévation ont en effet laissé la voie libre à toutes sortes de conjectures et de supputations qui ont fait couler beaucoup d'encre. L'imagination des auteurs n'a eu d'égale que la rareté des témoignages tangibles ; nous y reviendrons dans la partie de ce travail consacrée au fonctionnement des hypocaustes.

Un exemple de « tubulature » entièrement conservée et que nous ne pouvons passer sous silence est celle de la Basilique de Trèves (Aula Palatina)⁽²⁷⁸⁾. Nous y reviendrons également.

— La deuxième remarque concerne les *tubuli* et les cheminées qu'il est facile de confondre, car les uns et les autres peuvent remplir les mêmes rôles. En effet, les *tubuli* semblent, dans certains cas,

avoir servi de cheminée (rangées verticales) autant que de tuyaux de chauffage ; et les cheminées qui ont souvent été construites avec des *tubuli* semblent également avoir servi de surfaces chauffantes. C'est la raison pour laquelle il est parfois difficile, au cours de fouilles où les vestiges sont fort dégradés, de distinguer la « tubulature » chauffante des cheminées.

1. LES TEGULAE MAMMATAE⁽²⁷⁹⁾

La *tegula mammata* consiste en une brique plate en terre cuite pourvue sur une des grandes faces, de quatre mamelons ou saillies, disposés près des quatre coins. Les mamelons étaient appuyés contre le mur à recouvrir. Ces plaques disposées les unes à côté des autres formaient entre elles et le mur un espace creux dans lequel pouvait circuler l'air chaud. Elles étaient fixées au moyen de



Fig. 239 : Djémila* (DZ).

crampons dont les dimensions et les formes ont beaucoup varié selon les endroits. Sur la face plane de la *tegula mammata* et avant la cuisson, on passait une espèce de peigne qui striait cette face de façon à rendre la couche de plâtre ou de stuc, qui la recouvrait, plus adhérente. Ce stuc servait à cacher les crampons et les joints entre les plaques. Il servait également à assurer l'étanchéité entre le mur creux et la salle à chauffer et à recevoir une décoration éventuelle.

La paroi en *tegulae mammatae* est probablement la plus ancienne technique de construction des murs creux (fig. 239). Nous avons écrit plus haut que Vitruve connaissait cette technique. Pline le Jeune écrit, trois quarts de siècle plus tard, qu'elles sont employées dans les constructions thermales et même consacrées à cet usage⁽²⁸⁰⁾. M. Labrousse⁽²⁸¹⁾ suppose qu'en Italie leur emploi n'a peut-être pas dépassé la fin du 1^{er} siècle de notre ère car, vers cette date, elles sont souvent remplacées par des *tubuli*. Les *tegulae mammatae* retrouvées un peu partout dans le monde romain témoignent d'une grande variété de formes. Voyons quelques exemples :

La figure 241 montre un modèle de *tegula mammata* retrouvée à Saalburg⁽²⁸²⁾. La figure 240 montre comment étaient fixées les *tegulae mammatae* sur les murs de la salle à chauffer :

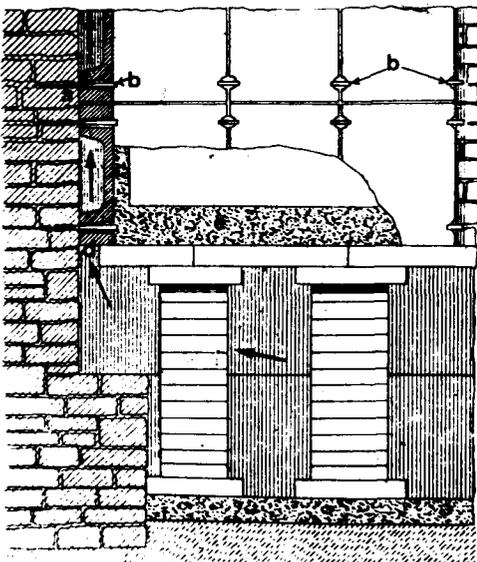


Fig. 240 : Saalburg* (D)

- a) vue en coupe du mur avec les *tegulae mammatae* appliquées contre ce dernier ;
- b) crampons (que l'on glissait dans l'encoche circulaire formée par la juxtaposition de deux mamelons) qui pouvaient prendre des formes très variées ;
- c) enduit de recouvrement et d'isolation (+ décoration) ;
- d) espace entre la *suspensura* et le mur pour le passage de l'air chaud (->) ;
- e) *suspensura*.

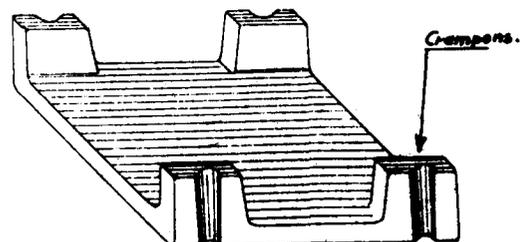


Fig. 241 : Saalburg* (D)

A Pompéi, la *tegula mammata* est courante ; on en a retrouvé dans les maisons dites « du Faune », « de Diomède », « du Labyrinthe », « du Cithariste », « de M. Caesius Blandus », etc...⁽²⁸³⁾. Le type pompéin le plus courant est une brique rectangulaire en terre cuite avec, à chaque coin, quatre protubérances en forme de « pieds ». La brique est liée au mur par de longs clous de fer qui passent au travers de trous aménagés dans son épaisseur (fig. 242).

La figure 243 nous montre une coupe horizontale dans le *caldarium* des bains de la maison de Diomède à Pompéi. On voit nettement les *tegulae mammatae* (flèches) et les espaces qu'elles réservent entre elles et le mur⁽²⁸⁴⁾ (fig. 246).

En Afrique, plus particulièrement à Timgad⁽²⁸⁵⁾, on trouve un type différent. Les briques étaient plates et sans saillies, mais chaque angle était entaillé en quart de cercle et quatre briques plates assemblées déterminaient ainsi un trou circulaire. Le trou servait à relier la plaque au mur tout en la maintenant éloignée de ce dernier, au moyen d'une pointe de terre cuite, pleine ou creuse, longue d'une vingtaine de centimètres, dont une extrémité venait se loger par une gorge dans le trou circulaire et l'autre se fichait dans le mur comme un clou (fig. 244 et 245).

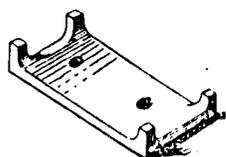


Fig. 242 : Pompéi (I)

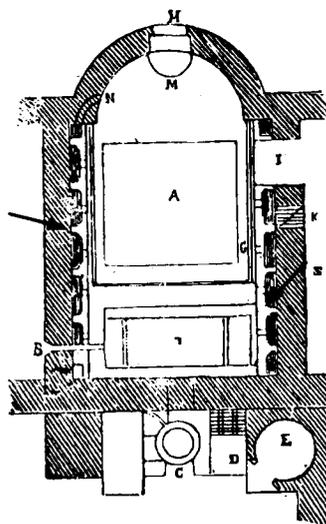


Fig. 243 : Pompéi (I)

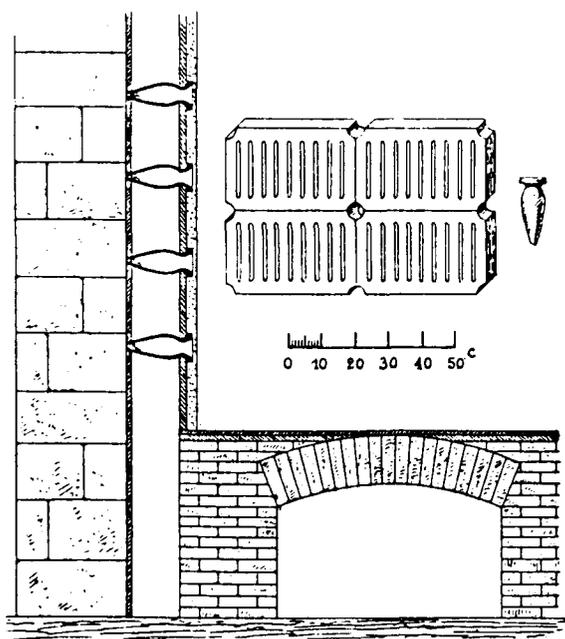


Fig. 244 : Timgad* (DZ).

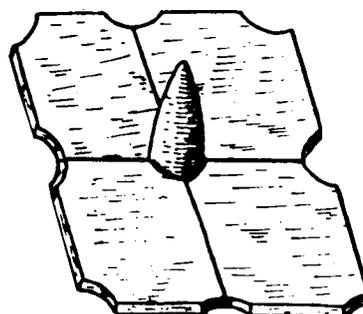
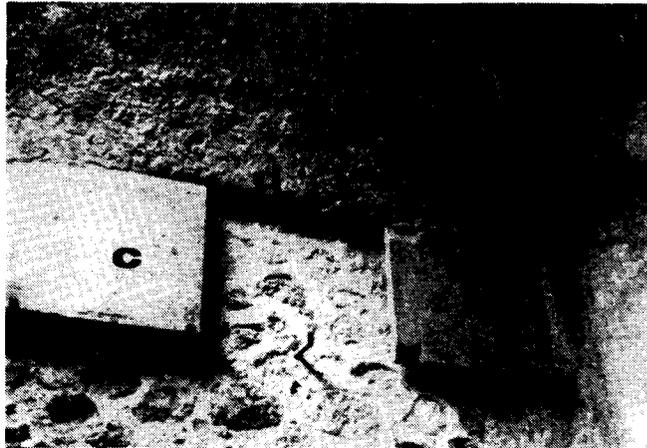


Fig. 245 : Timgad* (DZ).

Fig. 246 : Pompéi (I)



A Montoulieu* (F)⁽²⁸⁶⁾

ont été trouvées des briques très voisines de celles du type pompéien. Les mamelons étaient soit en forme de pyramide tronquée, soit en forme de cône (fig. 247).

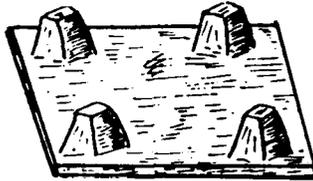


Fig. 247 : Montoulieu* (F)

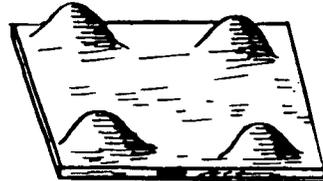


Fig. 248 : Puysegur* (F)

A Puysegur* (F),

les ruines d'un hypocauste ont fourni des briques plates portant, aux quatre extrémités d'une des grandes faces, des mamelons arrondis et grossièrement modelés à la main (fig. 248).

Aux thermes de Cahors* (F),

les *tegulae mammatae* ne comportaient qu'un seul mamelon au centre (fig. 249). Le mamelon jouait le même rôle qu'en Afrique ou à Champlieu et c'est lui qui, en s'enfonçant dans le mur, garantissait à la fois l'écartement et la liaison avec la cloison.

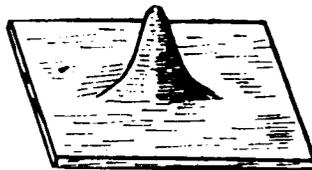


Fig. 249 : Cahors* (F)

A Mamer* (L),

on a retrouvé des *tegulae mammatae* d'un autre type encore. La figure 250 nous montre la façon dont elles étaient fixées sur le mur. A remarquer que ces *tegulae* étaient strigilées et fixées par des crampons en T.

Un autre système, que l'on peut rattacher à la technique de la *tegula mammata*, consistait à se servir de briques plates en terre cuite dans lesquelles on avait ménagé des trous. On plaçait, entre ces plaques et le mur, des tampons en terre cuite en forme de bobine creuse. Pour fixer le tout, on enfonçait un clou dans le mur à travers le trou de la plaque et celui de la bobine qui devait se trouver en regard (fig. 251). Le tout était recouvert également d'un enduit qui cachait la construction. Ce système fut retrouvé entre autres à Champlieu* (F) et à Mamer* (L) (fig. 252).

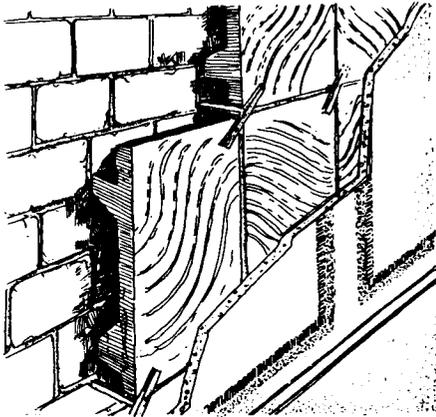


Fig. 250 : Mamer* (L)

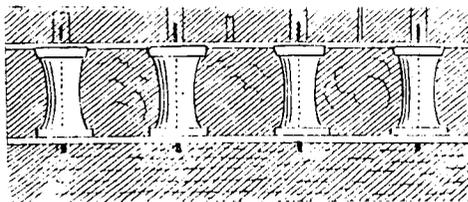


Fig. 251 : Champlieu* (F)

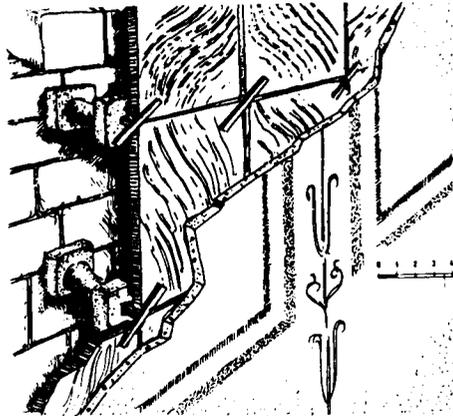


Fig. 252 : Mamer* (L)



Fig. 253 : Saalburg* (D)

2. LES TUBULI (fig. 253)

Le procédé assurément le plus perfectionné et qui devint rapidement le plus courant à partir du 1^{er} siècle de notre ère fut la construction des murs creux en *tubuli*⁽²⁸⁷⁾. Rappelons que Sénèque en parle comme d'une construction récente. Il les appelle *impressi parietibus tubi*⁽²⁸⁸⁾. Mais d'autres les appellent *cuniculi* ou *tubuli*⁽²⁸⁹⁾. La forme des *tubuli*, contrairement aux *tegulae mammatae*, n'a pratiquement pas varié au cours du temps, ce sont les dimensions qui, dans ce cas, sont très variables. Un *tubulus* se présentait sous la forme d'un parallépipède rectangle creux, de section carrée ou rectangulaire. Sur deux faces, on aménageait, dans la majorité des cas, deux ouvertures carrées, rectangulaires ou circulaires. Ces ouvertures se trouvaient presque toujours sur deux faces opposées (fig. 254, 255 et 256). Ces briques creuses étant entassées les unes sur les autres de manière à former un canal vertical courant sur toute la hauteur du mur que l'on devait traiter. On installait ainsi autant de « séries » verticales qu'on le désirait, les unes à côté des autres, de telle sorte que les ouvertures latérales des *tubuli* communiquaient entre elles d'une « série » à l'autre⁽²⁹⁰⁾ (fig. 257). La figure 255 donne également un aperçu des dimensions les plus courantes.

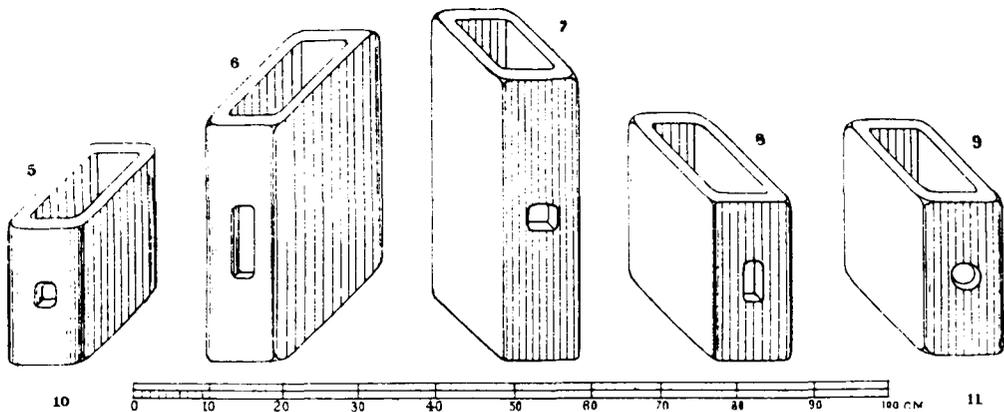


Fig. 254 : Saalburg* (D).



Fig. 255 : Trèves* (D).

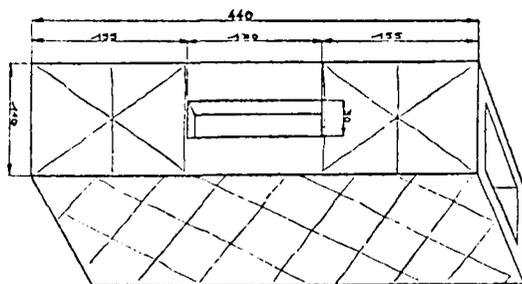


Fig. 256 : Nouvelles* (B)

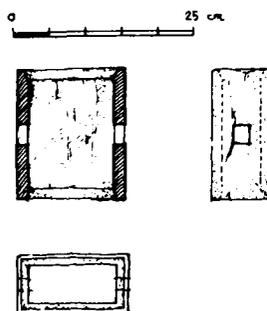
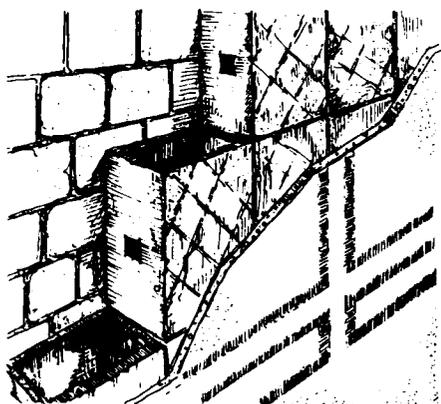


Fig. 257 : Mamer* (L)

Les *tubuli* (fig. 257) étaient souvent striés sur les grandes faces pour adhérer plus facilement au mur sur lequel ils étaient fixés et à la couche de plâtre, stuc ou mortier qui les recouvrait (fig. 258).

Certains *tubuli* portaient des marques. A Saalburg, par exemple, ils portaient le sigle identifiant la XXII^e légion stationnée dans ce camp (fig. 253).

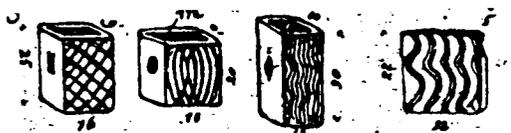


Fig. 258 : Rhénanie.

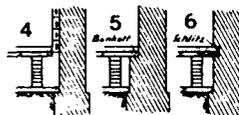


Fig. 259

Les « séries » verticales de *tubuli* prenaient leur départ au niveau de la *suspensura*, entre celle-ci et le mur, de telle sorte que les « séries » étaient en communication avec la chambre de chaleur d'où elles « aspiraient » l'air chaud (comme pour les *tegulae mammatae*). Les *tubuli* situés à la base de chaque « série » étaient placés et soutenus au moyen de différents procédés qui ne différaient que par des détails⁽²⁹¹⁾.

Puisque, dans la plupart des fouilles, les structures sont détruites à partir du niveau de la *suspensura*, F. Kretzschmer⁽²⁹²⁾ prétend que l'on peut reconnaître un mur *tubulé* par la seule étude de la disposition de la *suspensura* et des pilettes extérieures, c'est-à-dire les plus proches du mur. Il suppose en effet trois aménagements possibles en ce qui concerne la *suspensura* par rapport au mur (fig. 259) :

- a) une banquette pratiquée dans le mur de la chambre de chaleur ; la *suspensura* reposait directement sur cette banquette (fig. 259⁵) ;
- b) la *suspensura* était engagée dans le mur de la chambre de chaleur. Dans certaines fouilles, on voit encore, sous forme de rainure, sa trace dans le mur de la chambre de chaleur (fig. 259⁶).
- c) le mur de la chambre de chaleur est entièrement lisse et la *suspensura* n'y aboutit pas (fig. 259⁴). L'aménagement que nous montre la figure 259⁴ est le seul, selon F. Kretzschmer, qui permette une « tubulature » du mur. En général, dans ce cas, les *tubuli* les plus bas s'appuyaient en partie sur un ressaut de la dalle de la *suspensura* la plus proche du mur. De même les pilettes extérieures (c.-à-d. les plus proches du mur dans la figure 259, 4, 5 et 6) ne le touchent pas (fig. 260). C'est une deuxième condition nécessaire, toujours selon F. Kretzschmer, pour qu'on puisse déceler une « tubulation » disparue. A propos de l'expérience de Saalburg⁽²⁹³⁾, il signale que les pilettes extérieures étaient placées contre les murs « tubulés », mais il ajoute que l'hypocauste qui a servi aux expériences est une reconstitution fautive, car, avec ce système, poursuit-il, la moitié des *tubuli* inférieurs étaient fermés par les pilettes situées contre le mur (fig. 261 et 262).

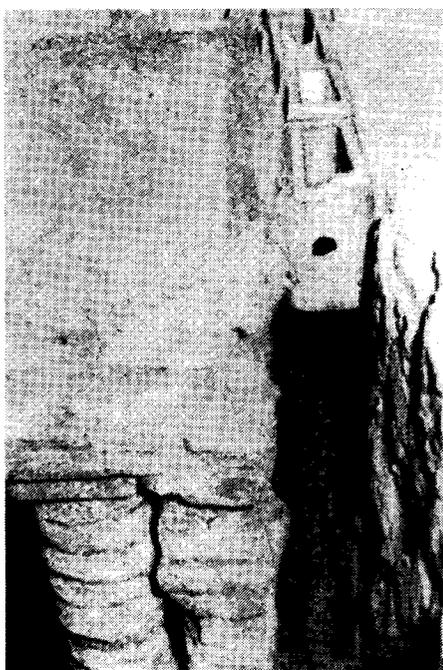


Fig. 260 : Zulpich' (D).

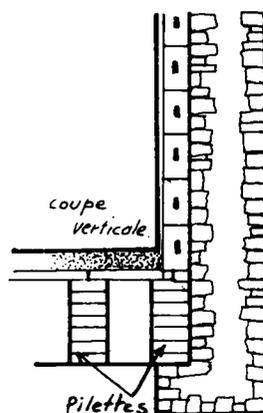


Fig. 261

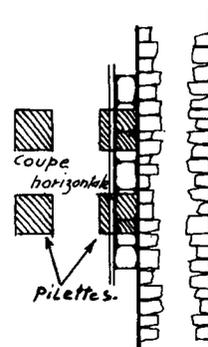


Fig. 262

Résumons la pensée de F. Kretzschmer :

- 1) Seuls les *murs lisses* peuvent avoir supporté une « tubulature ».
- 2) Les *murs à banquettes* n'ont pas supporté de « tubulature ».
- 3) Les *murs « rainurés »* n'ont pas supporté de « tubulature ».
- 4) Les pilettes, placées contre les murs, ont empêché la « tubulature » normale.

En ce qui concerne les points 1) et 2), il semble que cela ne soit pas toujours vrai, car nous connaissons des exemples où des murs à banquettes ont « supporté » une « tubulature »⁽²⁹⁴⁾. A Saalburg, par exemple, la chambre de chaleur décrite p. 250 par L. Jacobi⁽²⁹⁵⁾, bien qu'étant partiellement « tubulée », possédait une banquette sur tout son pourtour (fig. 263). J. Naehrer, décrivant des villas de Rhénanie, nous montre un dessin d'une coupe⁽²⁹⁶⁾ verticale de chambre de chaleur dans laquelle on voit le dernier *tubulus* s'appuyer sur un ressaut du mur (banquette) (fig. 264). En ce qui

concerne le point 4), l'hypocauste qui a servi à l'expérience de Saalburg, avec ses pilettes contre les murs « tubulés » et qui était une reconstitution, a néanmoins prouvé que cet aménagement pouvait fonctionner puisque, selon F. Kretzschmer lui-même, l'expérience a parfaitement réussi.

A Trèves* également (Oelewiger Straße) (D) (fig. 265),
on trouve une banquette en contre-bas de la « tubulature ».

A Tongres* (B),
la « tubulation » coexiste avec une banquette.

Il faut cependant, pour être tout à fait objectif, concéder à F. Kretzschmer que, lorsque coexistent une « tubulature » et une banquette, cette dernière est souvent nettement en contre-bas de la *suspensura* (fig. 263 et 265). Edwin D. Thatcher⁽²⁹⁷⁾ nous montre également une coupe verticale à travers une chambre de chauffe des thermes du Forum à Ostie. Dans ce cas, contrairement à ce qu'affirme F. Kretzschmer, le dernier *tubulus* repose sur une pilette (fig. 192, p. 116) qui ne se trouve pas tout à fait contre le mur. F. Kretzschmer affirme également que les pièces d'habitat chauffées n'avaient pas de « tubulature » et que cette dernière était réservée uniquement aux bains. Il est extrêmement difficile de vérifier cette thèse. Dans les rapports de fouilles, s'il est vrai que, dans les pièces de bains chauds, on trouve presque toujours des vestiges de *tubuli*, on en trouve parfois également dans les pièces à chauffage domestique. Mais comment savoir s'il s'agit de débris d'une véritable « tubulature » ou de ceux d'une cheminée, car nous avons dit plus haut qu'on employait parfois des *tubuli* pour construire les cheminées ? Certains *tubuli*, il est vrai, ne présentaient pas de trous latéraux et avaient parfois de plus grandes dimensions que les *tubuli* de cheminée. Il faut dire aussi que les *tubuli* muraux ne portaient presque jamais de traces de suie à l'intérieur (ou très peu) et que les *tubuli* de cheminées devaient, en toute logique, porter beaucoup plus de suie. Hélas, les fouilleurs en général ne font guère la différence et se contentent de signaler sans plus de vestiges ou traces de *tubuli*. C'est pourquoi, nous l'avons dit, l'étude théorique des murs en élévation est si difficile. Il en est de même pour la disposition des pilettes à l'intérieur d'une chambre de chaleur : très souvent, les fouilleurs se contentent soit d'indiquer la présence de pilettes par un signe symbolique, soit de couvrir toute la surface de chambre de chauffe avec des pilettes dont on ne sait si elles ont réellement existé. Comment étudier sérieusement, dans ce cas, la disposition des pilettes extérieures ?

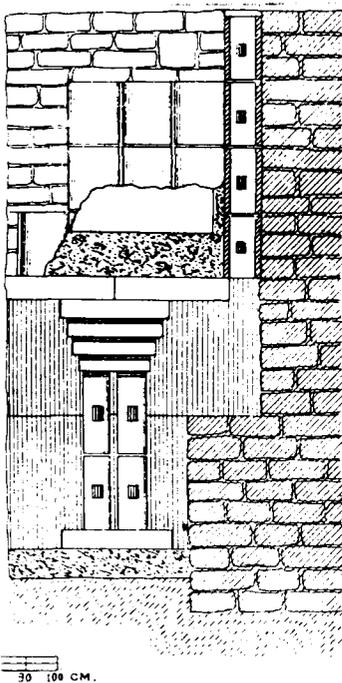


Fig. 263 : Saalburg* (D)

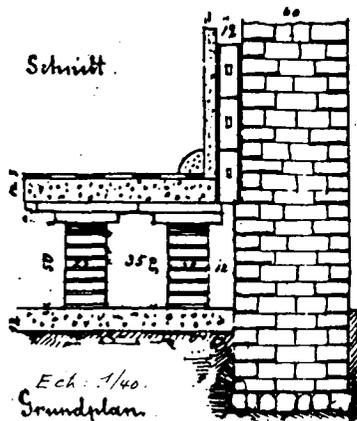


Fig. 264 : Rhénanie

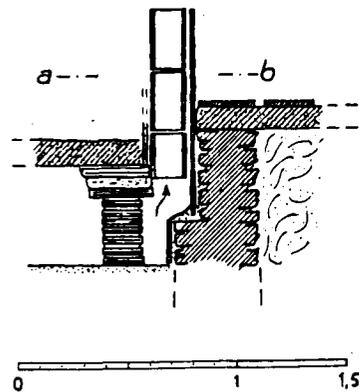


Fig. 265 : Trèves* (D)

Si le problème est pratiquement insoluble pour le chauffage domestique, la « tubulature » des bains, par contre, est un peu mieux connue, surtout à cause des traces laissées par les *tubuli* au niveau des *suspensurae* et des baignoires chaudes. Souvent, dans les fouilles de bains privés ou de petits thermes, on découvre « en place » les derniers *tubuli*, c'est-à-dire ceux qui se trouvaient à la base du mur « tubulé », coincés, en quelque sorte, entre la *suspensura* et ce mur. Grâce à cela, nous savons, par exemple, que les salles de bains n'étaient pas toutes « tubulées » entièrement (c'est-à-dire que toute la surface murale n'était pas recouverte par des *tubuli*). Cette « tubulation », qui devait coûter relativement cher, s'établissait probablement en fonction du besoin de chaleur. Il faut ajouter à cela que, lorsque l'existence de cheminées n'est pas évidente, il est fort probable que certaines « séries » de *tubuli* verticaux ont pu servir comme telles (c'est-à-dire s'ouvrir sur l'extérieur) fig. 266 et 268).

Exemples :

à Bar-sur-Aube* (F) (bains) (fig. 267),

la « tubulature » dans ce cas est assez réduite (en T1 et T2, les *tubuli* de base étaient en place ; en T3, ils avaient disparu). La « tubulature » partielle de cet hypocauste devait, en même temps, faire office de cheminée dont une seule, en C, est nettement reconnaissable. A remarquer également que la « tubulature » était établie au-dessus des banquettes, ce qui permettait d'élever les pilettes contre les murs (F. Kretschmer l'appelle « tubulature » encastrée).

à Saalburg* (D)⁽²⁹⁸⁾ (fig. 279),

« tubulature » partielle sur la paroi (n) opposée au *praefurnium* ; ces *tubuli* ne devaient pas faire office de cheminée, car ces dernières (r, f, g), au nombre de huit, devaient suffire.

à Trèves* (Oelewiger Straße) (D) (fig. 266),

seule la paroi se trouvant en face du *praefurnium* est constituée de *tubuli* recouverts de chaque côté par un enduit mural ; la minceur de cette paroi permet le chauffage simultanément de deux locaux, car le deuxième local C n'était pas construit sur hypocauste (voir également fig. 265).

à Wiesdorf* (D) (fig. 269),

la salle chaude (*caldarium*) est de petite dimension. Elle est entièrement « tubulée ». Double emploi possible, également, pour les *tubuli*. Certaines « séries » devaient être des cheminées.

à Chaintry* (F) (fig. 268),

« tubulature » partielle dans chaque salle.

à Boussu-lez-Walcourt* (B),

la « tubulature » entoure complètement la baignoire sur trois côtés (voir fig. 163 et 272).

à La Vineuse* (F) (fig. 270),

bel exemple de bains dont les murs sont entièrement « tubulés »⁽²⁹⁹⁾.

à Anlier* (B),

dans le *caldarium* 8, on a trouvé le même système qu'à Bar-sur-Aube. Les parois étaient partiellement « tubulées » et les *tubuli* étaient encastrés (fig. 271). Les deux *tubuli* extérieurs étaient en place (même système sur le mur sud).

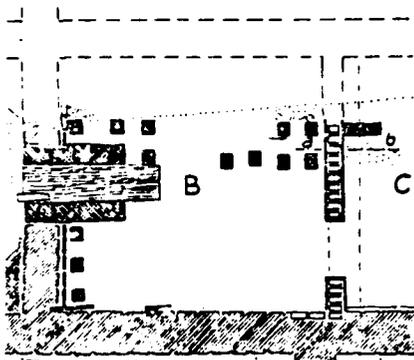


Fig. 266 : Trèves* (D)

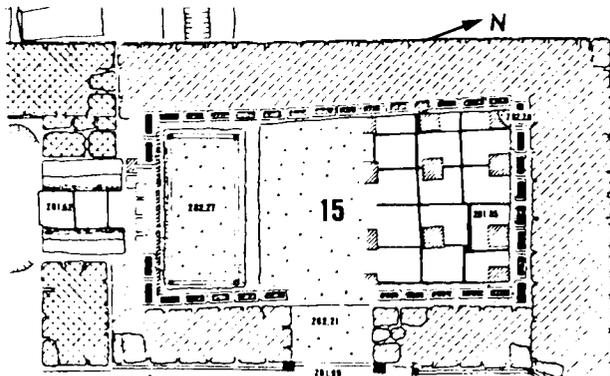


Fig. 269 : Wiesdorf* (D)

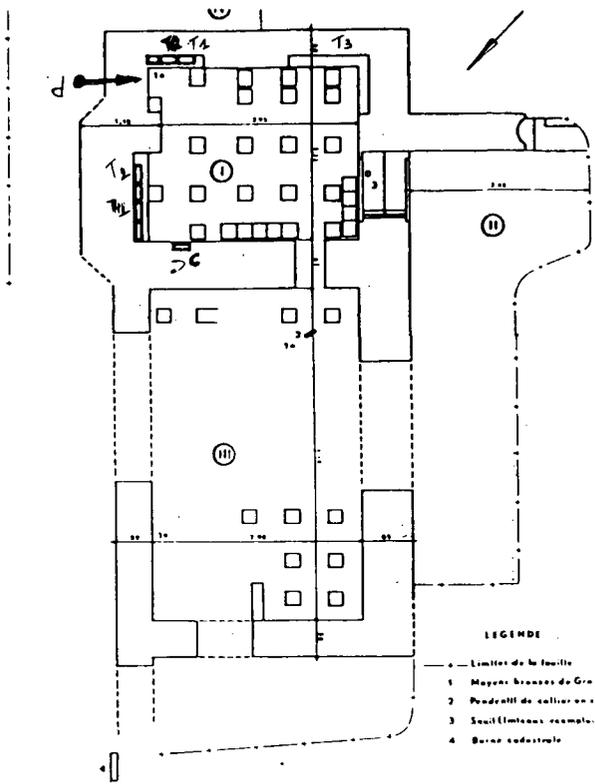


Fig. 267 : Bar-sur-Aube* (F)

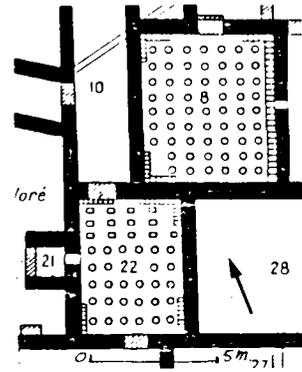


Fig. 268 : Chaintry* (F)

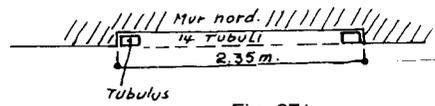


Fig. 271

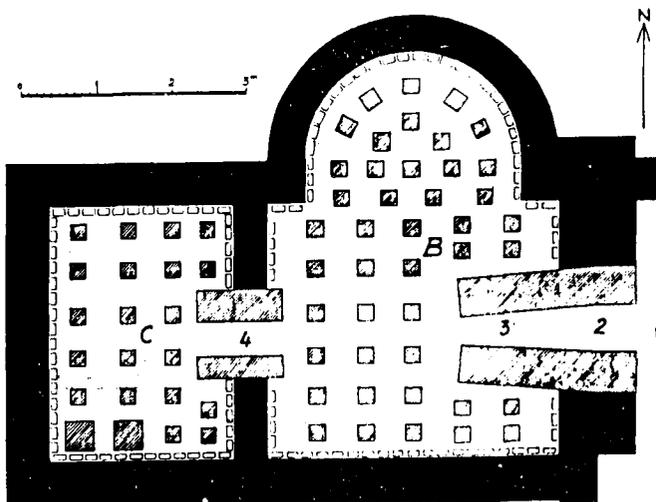


Fig. 270 : La Vineuse* (F)

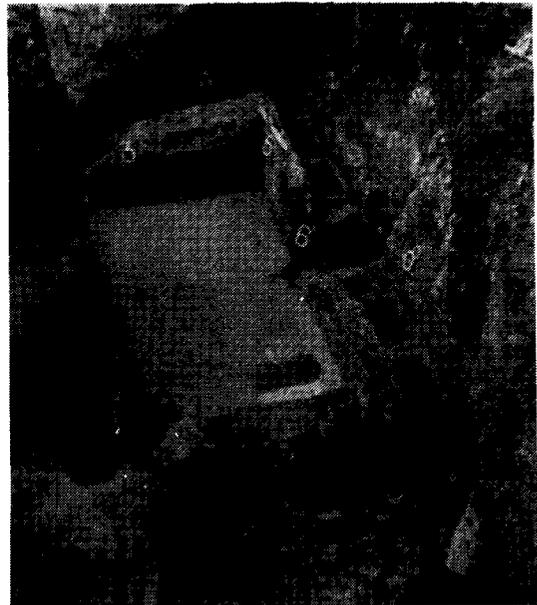


Fig. 272 : Cadillac* (F)

Nous savons bien sûr peu de choses sur la façon dont se terminaient ces rangées (séries) verticales de *tubuli*. Vers le haut, nous apprend F. Kretzschmer⁽³⁰⁰⁾, les « tubulatures » allaient jusqu'au plafond intermédiaire dans les pièces voûtées (c'est-à-dire entre la voûte et le toit). A cet endroit, les tuyaux étaient fermés par une saillie de mur (fermeture étanche). C'est ce système qui est employé dans les bains de la maison dite de Diomède à Pompéi (fig. 273 et 246). Il s'agit dans ce cas de *tegulae mammatae*, mais on peut imaginer la même chose pour la « tubulature ». C'est à partir de cette constatation que F. Kretzschmer bâtit sa théorie⁽³⁰¹⁾ sur le « non-chauffage » des « tubulatures » ; nous aurons l'occasion d'y revenir. F. Kretzschmer signale également⁽³⁰²⁾ qu'au sommet de la voûte des thermes de Stabies à Pompéi, les *tubuli* étaient réunis avec ceux du mur opposé. Nous avons donc de bonnes raisons de croire, malgré la rareté des vestiges, que la « tubulature », contrairement aux cheminées, se terminait presque toujours en cul-de-sac.



Fig. 273

3. LES CHEMINÉES

Dans les vestiges des bâtiments exhumés, on retrouve beaucoup plus facilement les traces des cheminées que celles de la « tubulature ». Ceci pour deux raisons : la plupart des cheminées étaient encastrées ou emmurées (donc mieux protégées) ; ensuite, les bouches inférieures se situaient souvent à un niveau plus bas que les dernières rangées de *tubuli*, c'est-à-dire qu'elles s'ouvraient dans le mur de la chambre qui avait beaucoup plus de chance d'être conservé que le reste des substructions. Ces deux raisons expliquent pourquoi, d'une part, la présence de cheminées a rarement échappé à l'attention des fouilleurs, et, d'autre part, pourquoi l'étude de leur disposition est beaucoup plus facile que celle des *tubuli*. Ce qui ne rend pas plus facile pour autant l'étude des sorties de cheminées. Nous rencontrons là les mêmes difficultés que pour les *tubuli*.

Ce qui est important, c'est que, contrairement aux installations modernes, les cheminées antiques n'étaient pas seulement destinées à véhiculer la fumée, mais servaient aussi de tuyaux de chauffage. F. Kretzschmer prétend à juste titre⁽³⁰³⁾ qu'aucun hypocauste (à pilettes ou à canaux) ne peut être desservi par une seule cheminée. Nous savions déjà par les résultats des fouilles que la cheminée unique est inexistante mais cette constatation est confirmée par les preuves techniques apportées par l'expérience de Saalburg⁽³⁰⁴⁾. Le nombre de cheminées, pour des raisons fonctionnelles et de construction, dans une pièce rectangulaire ou carrée, devait être de quatre unités minimum. Le plus souvent, elles se trouvaient dans les coins, mais il n'est pas rare d'en trouver au milieu des murs. Les tuyaux de cheminées étaient le plus souvent formés de boisseaux, et plus rarement de briques maçonnées. Le boisseau de cheminée de dimensions nettement plus grandes que celles des *tubuli* de chauffage (fig. 274) n'a évidemment pas besoin d'ouvertures latérales. Cependant, dans les fouilles, on retrouve très peu de boisseaux de cheminée. Il semble qu'on ait utilisé beaucoup plus à cet effet le *tubulus* emmuré à ouvertures latérales (ces dernières étant obturées). Il faut cependant constater que, du point de vue technique, l'utilisation des *tubuli* à ouvertures latérales est à déconseiller, car de section trop petite. Un boisseau de cheminée actuel a une section de 25 x 25 cm, soit 625 cm². Par contre, quatre *tubuli* accolés ne font que 600 cm² de section. C'est probablement la raison pour laquelle, soit on multipliait les cheminées de petite section dans les hypocaustes, soit on accolait plusieurs *tubuli*.

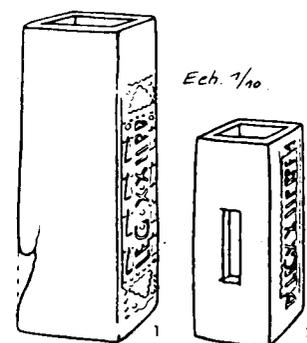


Fig. 274 : Saalburg* (D) :
à g. : boisseau de cheminée ;
à dr. : tubulus.

Les cheminées d'un hypocauste peuvent se classer en trois catégories :

- 1) Les cheminées emmurées — verticales
 - horizontales (conduit horizontal puis vertical)

2) Les cheminées encastées

3) Les cheminées « avancées » — parallèles au mur
— obliques

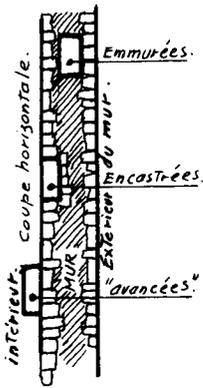


Fig. 275

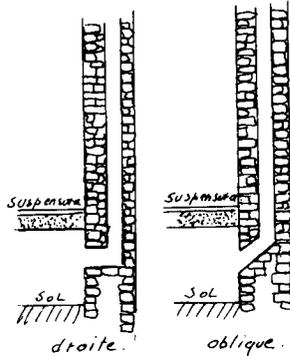


Fig. 276

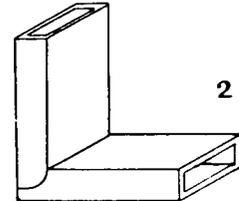


Fig. 277 : Arnsburg (D)

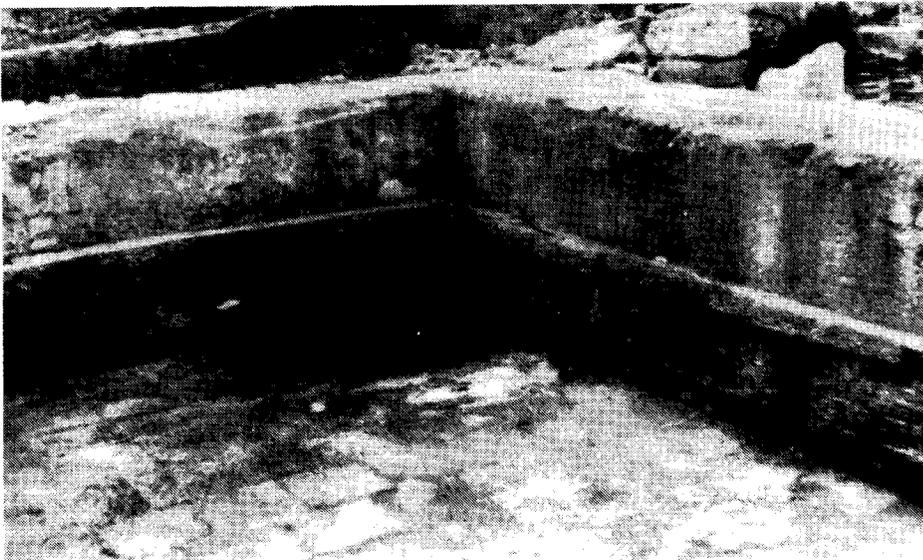


Fig. 278 : Annaba (Bône) (DZ)

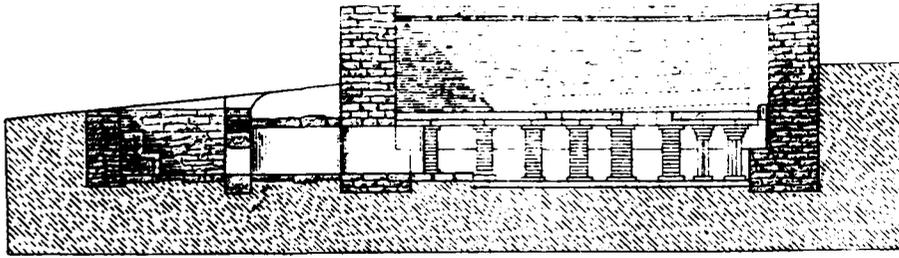
a. - Les cheminées emmurées

Les cheminées emmurées sont des cheminées qui sont placées dans l'épaisseur même du mur de la pièce à chauffer. Elles débouchent, nous l'avons vu, dans la chambre de chaleur par un conduit horizontal ou par un conduit oblique⁽³⁰⁵⁾ (fig. 276, 277 et 278). On découvre rarement de telles cheminées et on a souvent hésité quant à savoir si c'étaient réellement des cheminées (dans ce cas, elles ne servaient pas à chauffer) ou s'il s'agissait de creux destinés à un autre usage, comme par exemple l'écoulement des eaux du toit, ou l'aération, c'est-à-dire l'apport d'air frais dans un local surchauffé, comme cela semble être le cas à Saalburg dans l'hypocauste décrit par L. Jacobi (fig. 198 et fig. 279)⁽³⁰⁶⁾. Dans cet hypocauste, dont il a déjà été question, les conduits en *tubuli* f et g, conservés sur plus de 1 m de hauteur *dans le mur*, se terminaient brusquement au niveau de la face

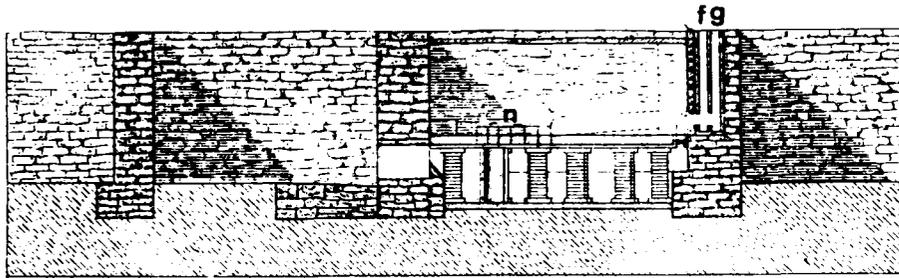
supérieure de la *suspensura*, et par un coude à angle droit, débouchaient dans la pièce à chauffer (voir coupe CD). Dans le cas présent, il se peut que L. Jacobi a eu raison de prétendre que cette cheminée servait à l'« aération ». Cependant, où ses déductions semblent plus douteuses, c'est lorsqu'il déclare que les véritables cheminées se trouvaient en n, c'est-à-dire les sept *tubuli* accolés au mur. Cela aurait pu paraître vraisemblable si les véritables cheminées ne s'étaient trouvées aux points r, c'est-à-dire dans les quatre coins et le long des murs. Ce qui dérouta L. Jacobi, c'est que, lors de la découverte, les cheminées r, qui en fait étaient des cheminées avancées, étaient détruites au niveau supérieur de la *suspensura*. L. Jacobi en a déduit qu'il s'agissait de prises de chaleur directes d'air chaud dans la chambre de chaleur, air chaud qui se répandait, selon lui, dans la pièce à chauffer. A la villa de Villers-le-Bouillet* (B), A. Geubel relève, dans le mur nord du grand hypocauste 5, deux trous carrés verticaux, de 25 cm de côté et situés à deux mètres l'un de l'autre, le fond de ces creux, dont il ne dit pas s'ils communiquaient avec la pièce à chauffer, étaient garnis chacun d'une grande dalle bleue⁽³⁰⁷⁾. La disposition des cheminées découvertes dans l'hypocauste H de la villa de Vellereille-le-Brayeux* (B)⁽³⁰⁸⁾ (fig. 280) est plus intéressante. Cet hypocauste possède quatre cheminées encastrées, deux sur le mur du *praefurnium* et deux sur le mur situé en face de ce dernier. Mais, fait remarquable, cet hypocauste possède en outre deux cheminées emmurées garnies de *tubuli* qui s'ouvrent dans la chambre de chaleur sur une banquette oblique. Ces *tubuli* traversent l'épaisseur du mur toujours en oblique et remontent en longeant la face extérieure du mur de la pièce à chauffer, où ces cheminées emmurées au départ deviennent des cheminées encastrées dans le mur du local contigu. Elles avaient probablement un rôle de chauffage partiel dans ce dernier local. Cela nous semble l'explication la plus logique d'un tel agencement⁽³⁰⁹⁾.

Nous terminerons ce court passage consacré aux cheminées emmurées en parlant d'un type particulier qui avait déjà été signalé par le général Morin⁽³¹⁰⁾ à propos des thermes de la Carrière du Roi (près de St-Jean) [fouilles par M. de Roucy (fig. 282)]. Laissons-lui la parole : « Mais, examinant, avec soin, sur les lieux, l'hypocauste de la Carrière du Roi, avec M. de Roucy, nous y avons trouvé, le 12 mai 1871, dans le mur de refend de l'avant-dernière pièce, deux orifices a et a, prolongés par deux petits conduits de 0,20 m sur 0,20 m environ, aboutissant à deux tuyaux verticaux semi-cylindriques, b b, fig. 2, 3 et 5, ménagés dans l'épaisseur du dernier mur, et dont l'un, encore très suffisamment conservé dans toute sa paroi, ne permet d'avoir aucun doute sur l'existence d'un tuyau d'évacuation des gaz chauds produits de la combustion. »

En fait, ces deux cheminées, dont les extrémités horizontales s'étranglent pour accélérer le tirage, ressemblent très fort à un chauffage à canaux, chauffant le local E et aboutissant à deux cheminées encastrées verticales b b. On trouve une disposition semblable à Chastres-lez-Walcourt* (B), à la seule différence que les canaux (cheminées e) qui montent obliquement et qui sont creusés dans la roche ne chauffent pas un autre local (fig. 283). Autre cheminée encastrée, en F. Voir aussi Paris* (F) (Thermes de l'Est) (fig. 281).



SCHNITT-A-B-



SCHNITT-C-D-

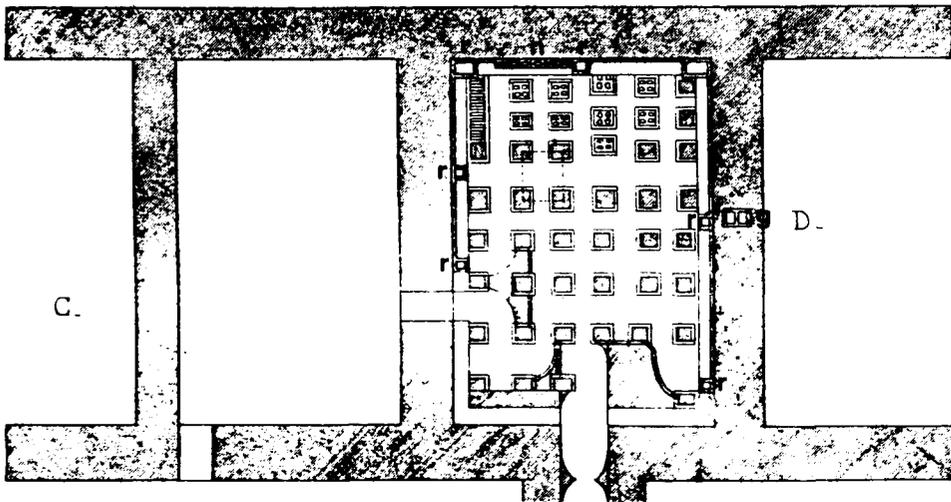


Fig. 279 : Saalburg (D)

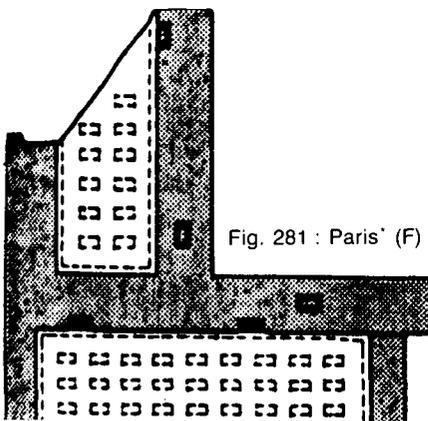


Fig. 281 : Paris (F)

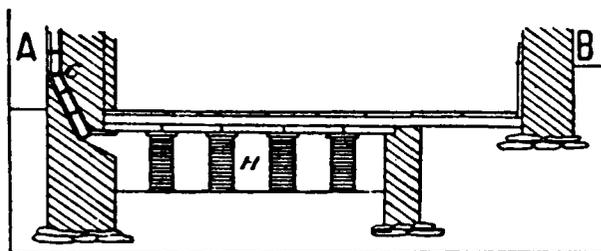


Fig. 280 : Vellereille-le-Brayeux (B)

Coupe longitudinale Fig. 1

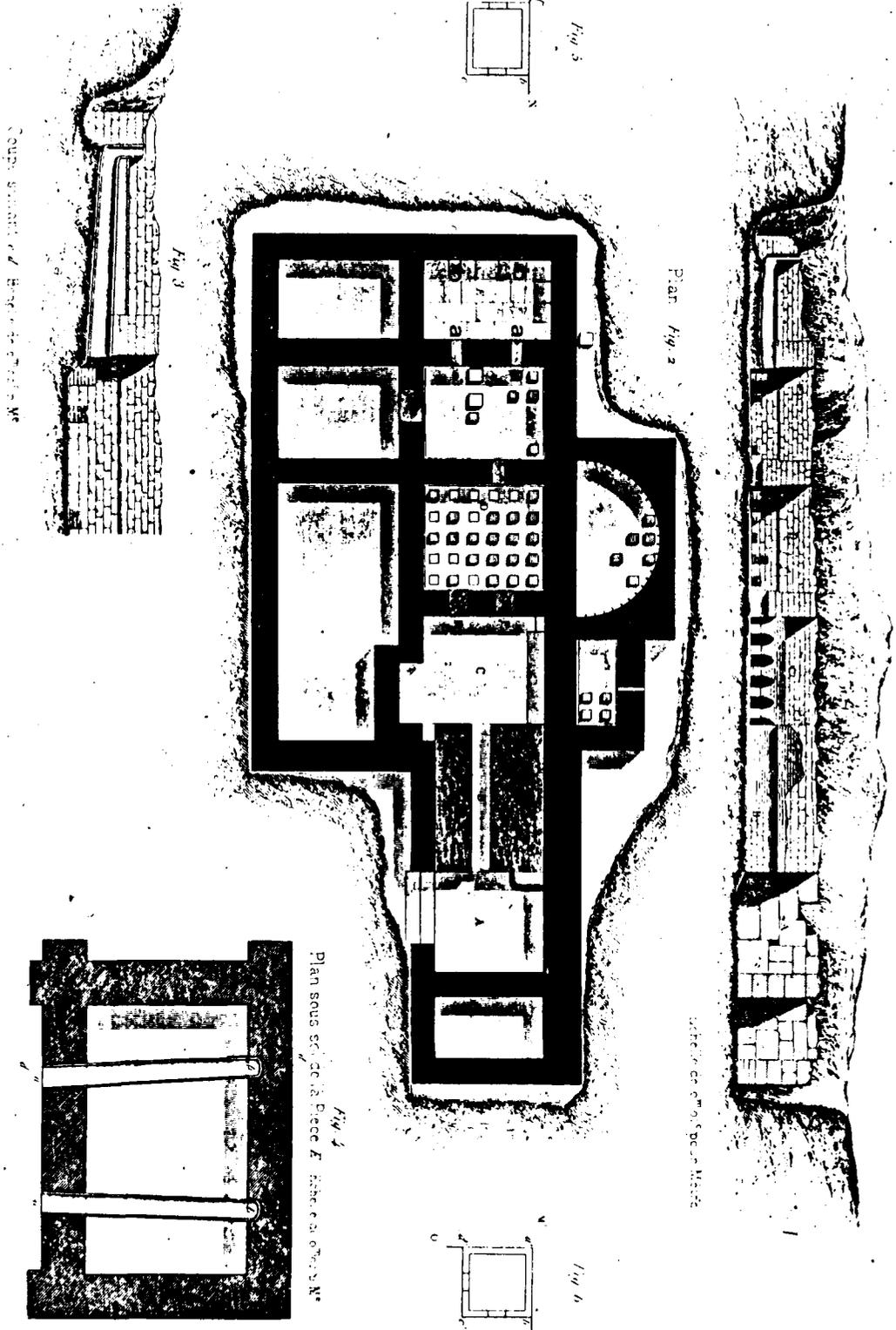


Fig. 282

"La Carrière du Roi."

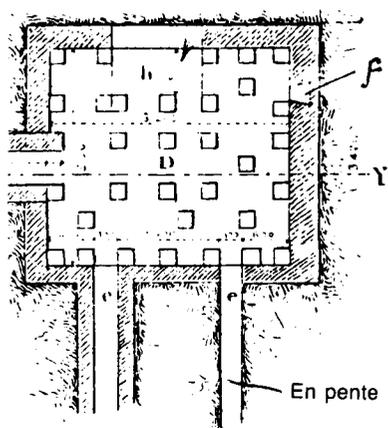


Fig. 283 : Chastres-lez-Walcourt* (B)

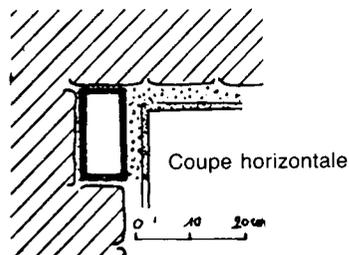
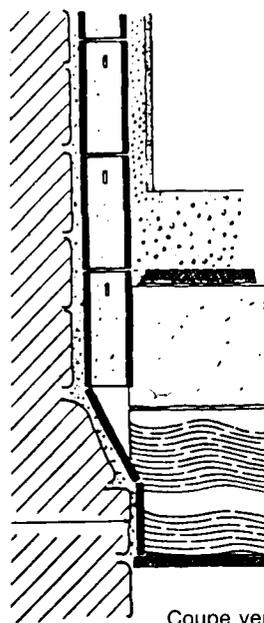


Fig. 285 : Trèves* (D)

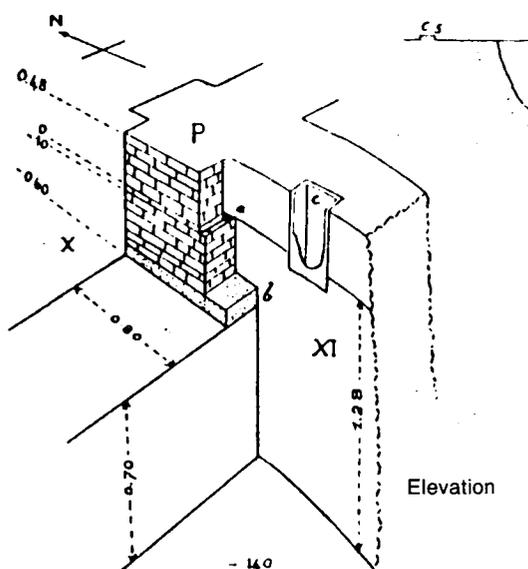


Fig. 284 : Moncaret* (F)

b. - Les cheminées encastées (fig. 286)

Les cheminées encastées étaient construites dans un renforcement du mur aménagé à cet effet. Elles prenaient jour dans la chambre de chaleur par un coude oblique [Trèves* (D), Meerkatz 3-5] (fig. 285) ou droit [Moncaret* (F)] (fig. 284).

Les cheminées encastées affleuraient par une face à la surface du mur dans lequel elles se trouvaient. Cette face était souvent recouverte d'une mince couche d'enduit mural, ce qui lui permettait encore de jouer un rôle de chauffage non négligeable. Elles pouvaient être encastées dans les coins (fig. 285 et 287) ou au milieu des murs (fig. 288). Les cheminées encastées sont peut-être celles dont on a retrouvé le plus de traces, parce que, d'une part, les cheminées emmurées étaient rares, nous l'avons vu, et, d'autre part, parce que les cheminées « avancées », qui étaient nombreuses, n'ont laissé que peu de traces étant donné qu'elles étaient construites en avant des murs et donc fragiles.



Fig. 286 : Annaba* (Bône) (DZ)

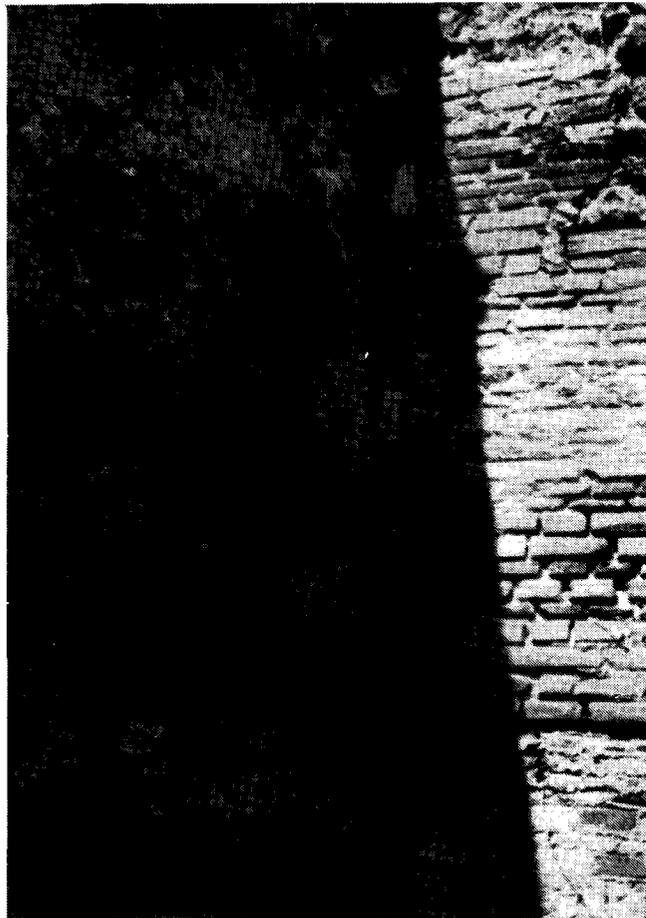


Fig. 287 : Pompéi*

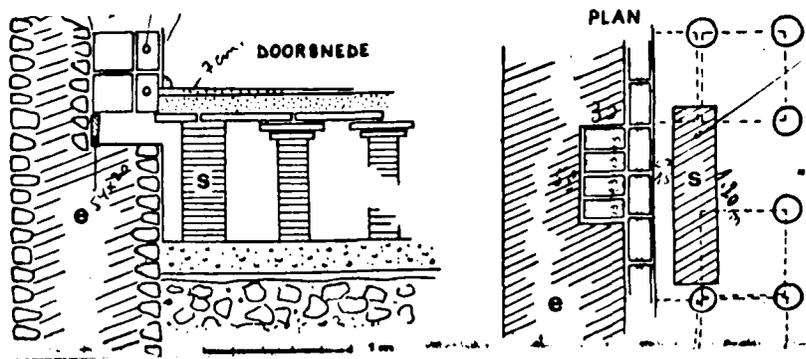


Fig. 288 : Tongres* (B)

On a trouvé à Tongres* (B) (fig. 288) un très bel exemple de cheminée encastée constituée de quatre *tubuli* placés côte à côte, avec ouvertures latérales obturées. Cette cheminée encastée est recouverte par une épaisseur de *tubuli* qui devaient probablement garnir tout le mur concerné. Devant l'ouverture à coude droit de cette cheminée, dans la chambre de chaleur, on avait construit un muret de 1,20 m de long et de même hauteur que les pilettes (S), qui empêchait probablement l'air chaud d'être attiré trop vite dans ce conduit et qui l'obligeait en quelque sorte à le contourner pour être ensuite aspiré par la cheminée (chicane).

Autres exemples :

- Evelette* (B)
- Guiry-Gadancourt* (F)
- Graux* (B)
- Marcinelle* (B) (fig. 289) : cheminées encastées dans les coins et sur un côté
- Haccourt* (B)
- Fontaine-Valmont* (B)
- Mont-lez-Houffalize* (B)
- Thallichtenberg* (D) (fig. 290)
- Joigny* (F)
- Vendeuvre* (F)
- Weitersbach* (D)
- Lalouquette* (F)
- Toulouse* (F)

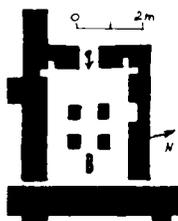


Fig. 289 : Marcinelle* (B)

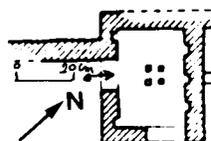


Fig. 290 : Thallichtenberg* (D)

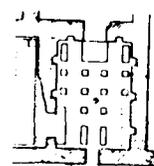


Fig. 291 : Joigny* (F)

c. - Les cheminées avancées

Les cheminées « avancées » étaient des cheminées construites contre la face intérieure des murs des pièces à chauffer. Elles étaient souvent composées de *tubuli* placés les uns sur les autres et adhérant par une seule face au mur. Elles débouchaient par le bas dans la chambre de chaleur et se retrouvaient « coincées » comme la « tubulature » entre la *suspensura* et le mur. Ensuite, les *tubuli* étaient enduits du même revêtement que les murs de la pièce à chauffer, revêtement mince qui n'enlevait rien à la grande capacité de chauffage de telles cheminées. Ces cheminées avaient l'inconvénient de rompre l'uniformité du mur devant lequel elles se trouvaient. Cet inconvénient, cependant, n'a pas empêché la construction d'un tel type en grande quantité. Ce type, nous l'avons dit ci-dessus, correspondait certainement à la manière la plus courante de construire des cheminées dans un hypocauste romain. Malheureusement, ces cheminées sont rarement identifiables dans les vestiges d'une chambre de chaleur, car elles n'étaient pas englobées dans le mur et de plus étaient très fragiles. Elles étaient, par conséquent, parmi les premiers éléments soumis aux dégradations et à la destruction. Les quelques rares traces que l'on peut en observer se situent presque toujours au niveau de la *suspensura* lorsque celle-ci est encore partiellement en place (le dernier *tubulus* débouchant dans la chambre de chaleur est resté coincé entre la *suspensura* et le mur qui, d'une certaine manière, l'a protégé)⁽³¹¹⁾.

Quelques exemples :

- Saalburg (D)⁽³¹²⁾,
dans l'hypocauste décrit pp. 147 et 148, nous avons trois cheminées « avancées » au milieu des murs et trois cheminées « avancées » de coin (fig. 279).
- Sallburg (D)⁽³¹³⁾,
dans l'hypocauste 5 (fig. 210), nous voyons deux cheminées « avancées » de coin.
- Newel* (D),
deux cheminées avancées de coin.

Les cheminées avancées pouvaient être construites dans un coin de la pièce à chauffer, soit encastées dans ce coin, soit en oblique par rapport aux deux murs. Nous les avons appelées *cheminées « avancées » obliques*.

Exemples : Boulaide*(B)
Saalburg*(D)⁽³¹⁴⁾

d. - Sorties de cheminées

1. Cheminées isolées

Nous avons déjà écrit plus haut que la façon dont étaient construites les sorties de cheminées et dont on ne connaît presque rien a fait couler beaucoup d'encre, tant les avis (divergents) sont nombreux. Pour F. Kretschmer, que l'on ne peut soupçonner de fantaisie, ces cheminées devaient sortir par les côtés des murs de la pièce chauffée et non par le toit. En effet, pour lui⁽³¹⁵⁾, la nécessité de tirage dans un hypocauste est minime et une cheminée de 1,50 m de hauteur suffisait à cela. En réalité, les cheminées antiques avaient de 2 à 2,50 m de hauteur et elles traversaient perpendiculairement le mur de la pièce chauffée en-dessous du niveau du plafond, soit horizontalement, soit obliquement, pour déboucher à l'extérieur (sous la corniche ?) (fig. 292). Le trou creusé dans le mur était souvent parachevé d'un tuyau creux en terre cuite. C'est l'agencement que l'on retrouve dans de nombreux bains privés de Pompéi. Ce sont, toujours selon F. Kretschmer, uniquement les cheminées des bâtiments monumentaux qui étaient plus hautes : dans l'Aula Palatina de Trèves, qui a 29 m de haut, les cheminées débouchent à l'air libre à 8 m de hauteur et se voient encore aujourd'hui. Pour L. Jacobi⁽³¹⁶⁾ et G. Schween⁽³¹⁷⁾, la cheminée intacte découverte dans la maison dite de Sal-

luste à Pompéi, qui, paraît-il, débouchait verticalement, est l'exemple par excellence. Malheureusement, il ne s'agit pas d'un chauffage mais d'un four.

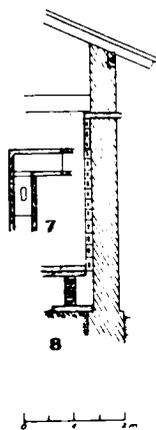


Fig. 292 : Saalburg (D).

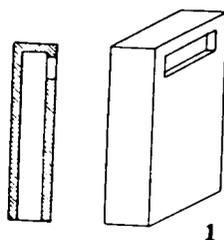


Fig. 293 : Arnsburg (D)

Selon F. Kretzschmer⁽³¹⁸⁾, il y a cinq points de repères qui nous permettent d'approcher la vérité :

- 1° les reproductions antiques des maisons ne sont pas rares et aucune ne nous montre une cheminée se poursuivant au-dessus du toit ;
- 2° l'isolation d'une cheminée en briques par rapport au toit est difficile aujourd'hui encore. On peut douter que les anciens maîtrisaient déjà cette technique, d'autant plus qu'il y avait au moins quatre fois plus de cheminées ;
- 3° le mur occidental de la basilique de Trèves est conservé jusqu'au niveau du toit. Les cheminées perçaient le mur à 8 m de hauteur à 45° et s'arrêtaient au niveau du parement extérieur ;
- 4° il en va de même au *caldarium* des hommes des Thermes de Stabies à Pompéi ; les cheminées percent le mur dans l'espace intermédiaire situé entre la voûte et le toit, horizontalement (comme sur les fig. 292 et 294) ;
- 5° le chauffage antique fonctionnait avec un tirage très faible. Tout hypocauste, à l'exception des grands thermes, fonctionnait sur ce principe, et ce n'est qu'ainsi, d'ailleurs, qu'il pouvait fonctionner. Pour le plus fort tirage que l'on puisse y désirer, une hauteur de cheminée de 3 à 4 m était amplement suffisante et ne pouvait se prolonger plus haut. Il était donc facile, dès lors, de placer la cheminée jusqu'à une certaine hauteur et ensuite, par un simple trou dans le mur, de la faire déboucher à l'air libre, peut-être en-dessous de la corniche, pour protéger son ouverture des intempéries. La conception selon laquelle la cheminée doit se terminer verticalement n'est que le résultat de notre mode de représentation habituel. Du point de vue physique, cela n'a guère d'importance.

On peut dès lors imaginer la sortie d'une cheminée au moyen d'un *tubulus* spécial en forme de L, comme on le voit sur la figure 277 ou la figure 293, qui est un exemple de *tubulus* en L trouvé à Arnsburg. Il y a cependant une objection importante à l'emploi de ce système : c'est que ces cheminées n'étaient permises que dans les murs extérieurs de l'habitation ; de plus, les sorties devaient être dirigées vers le haut et être protégées de la pression du vent par un abri (protection). Malheureusement, nous n'en connaissons aucun exemple qui se soit conservé depuis l'Antiquité. La figure 293 nous montre peut-être une tuile de protection, du moins pourrait-elle avoir servi à cet usage. Cette trouvaille unique, nous dit F. Kretzschmer, pourrait avoir alors une signification éminente. Ce *tubulus* doit se placer, dans ce cas, avec la fente vers le dessus.

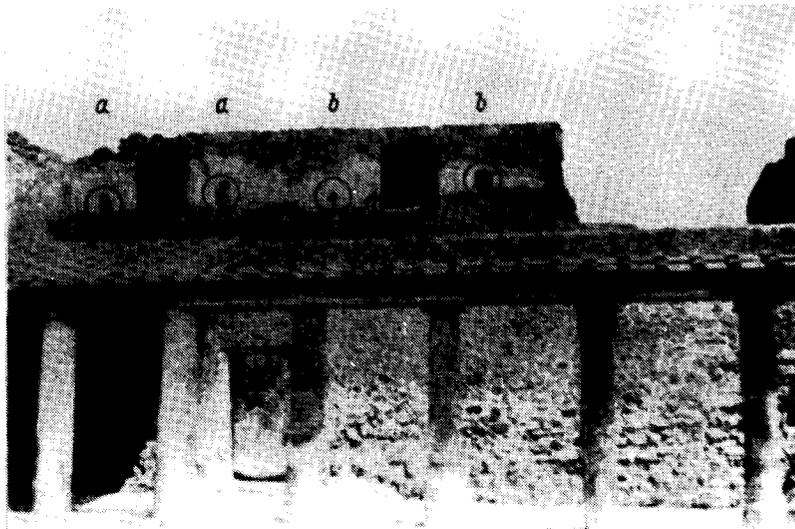


Fig. 294 : Pompéi.

2. Cheminées de murs « tubulés »

Tout ce qui précède concerne les cheminées isolées. Essayons maintenant de découvrir à quoi pouvaient ressembler les cheminées des murs « tubulés » (bains entre autres). Nous sommes à peu près certains aujourd'hui que la « tubulature », nous l'avons vu, était fermée par le dessus. A partir de cette constatation, F. Kretzschmer considère qu'il y a deux possibilités tout à fait opposées en ce qui concerne les sorties :

- a) Les cheminées n'avaient rien à voir avec les murs « tubulés ». Ou bien elles étaient emmurées ou bien elles étaient construites devant les murs « tubulés » (avancées). Dans ce cas, la fumée ne se répandait pas dans la « tubulature » qui se terminait en cul-de-sac ; elle était aspirée directement par la cheminée. F. Kretzschmer pense que cette façon de faire était plus courante que ne le laissent supposer les trouvailles. Hélas, les cheminées « avancées » ont été les premières à disparaître, vu leur fragilité. Malheureusement, F. Kretzschmer ne cite qu'un ou deux exemples [notamment à Klothen (CH)⁽³¹⁹⁾]. Lorsqu'il s'agissait de *tegulae mammatae*, par exemple, on peut imaginer qu'il existait une cheminée isolée construite à l'intérieur du mur creux et qui était reliée au-dessus à une sortie horizontale. C'est le système qui fut employé à Saalburg dans l'hypocauste qui servit à l'expérience.
- b) Autre possibilité : tous les orifices supérieurs des *tubuli* verticaux étaient reliés entre eux par un tuyau horizontal et l'ensemble formait ainsi une espèce de registre fonctionnant comme un radiateur d'appartement moderne. Le tuyau horizontal aboutissait, par un angle droit, dans la sortie horizontale de la cheminée qui arrivait à l'air libre. Ce système semble avoir existé puisqu'on a retrouvé un pareil tuyau horizontal dans une salle de bains du site de Bluelisacker⁽³²⁰⁾. Le rapport de fouilles décrit ce tuyau comme étant beaucoup plus grand que le tuyau formé par les *tubuli* verticaux des murs. Ces derniers ne montaient pas très haut et n'atteignaient que la hauteur de la baignoire. C'est pourquoi il est douteux, dans ce cas, que le tuyau horizontal ait servi de cheminée pour la fumée ; cependant, il faut admettre qu'on en connaissait le principe.

Un autre exemple, plus probant et rapporté par F. Kretzschmer⁽³²¹⁾, est la découverte faite à Enns* (A) d'un hypocauste sans chambre de chaleur ni pilettes. Un canal de chauffe amenait l'air chaud du foyer jusqu'en dessous d'un *mur creux composé uniquement de tubuli* (+ revêtement). Dans ce cas, les *tubuli* étaient chauffants et véhiculaient la fumée et l'air chaud. Il fallait donc que les fumées soient recueillies au-dessus par un tuyau collecteur horizontal coiffant chaque *tubuli* et débouchant ensuite à l'air libre. On n'a pas retrouvé ce collecteur mais, sans ce dernier, le système ne pouvait fonctionner (installation tardive : 180 après J.-C.).

- (274) VITRUVÉ, VII, 4.
- (275) Voir Historique, pp. 23-24.
- (276) SENEQUE, *Epist.*, XC, 25.
- (277) F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, p. 19.
- (278) Basilique de Trèves, voir note 16, p. 13.
- (279) VITRUVÉ, VII, 4 : A. GRENIER, *Manuel*, IV, I, 1960, pp. 240-241 ; BLÜMMER, *Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern*, II, Leipzig, 1879, p. 29 ; E. SAGLIO, *Balneum, balneae*, dans DAREMBERG-SAGLIO, *D-A*, t. I, 1877, p. 655 ; EBERT, *Tegula*, dans *P-W, R-E*, 2, 1934, col. 123.
- (280) PLINE LE JEUNE, II, XXXV, 157.
- (281) Cahors* (F).
- (282) L. JACOBI, *Saalburg*, p. 251.
- (283) H. THEDENAT, *Hypocaustis, hypocaustum*, dans DAREMBERG-SAGLIO, *D-A*, t. III, 1900, p. 348.
- (284) E. SABLIO, *Balneum, balneae*, dans DAREMBERG-SAGLIO, *D-A*, t. I, 1877, p. 655, fig. 754.
- (285) CAGNAT-CHAPOT, *Manuel*, t. I, 1916, pp. 219-221.
- (286) Montoulieu* (F), p. 225, note 12 : « Ces briques ont été soigneusement mesurées par M. Jean BOUBE. Elles devaient avoir une longueur de 40 cm et leur épaisseur moyenne est de 2,3 et 2,5 cm. Les « pyramides » ont un côté de 6,5 à 8 cm à la base et une hauteur de 7 cm, les « cônes » un diamètre de base et une hauteur de 7 cm. L'écartement ménagé entre le mur et la contre-cloison était donc de 6 à 7 cm. »
- (287) En latin, *tubulus* signifie entre autres, petit tuyau ou petit conduit.
- (288) SENEQUE, *Epist.*, XC, 25.
- (289) H. THEDENAT, *Hypocaustis, hypocaustum*, dans DAREMBERG-SAGLIO, *D-A*, t. III, 1900, p. 348, notes 6 et 8 ; J. MARQUARDT, *Manuel des antiquités romaines*, t. XIV, *La vie privée des romains*, t. I, Paris, 1892, p. 334, note 3 ; AUSONE, *Mosella*, V, 337-340.
- (290) « Tubulature », voir note 243.
- (291) On trouvera les dimensions de quelques *tubuli* retrouvés en Belgique dans DE MAEYER, 1937, p. 269, note I ; à Hives* (B), on a retrouvé des *tubuli* en deux parties s'appliquant l'une sur l'autre dans le sens de la hauteur (nous n'avons pas d'autres détails).
- (292) F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, pp. 20-21.
- (293) *Idem, ibidem*.
- (294) Il faut évidemment reconnaître que la plupart de ces banquettes étaient situées bien en-dessous du dernier tubulus et ne le supportaient donc pas.
- (295) L. JACOBI, *Saalburg*, p. 250. Il est étonnant que F. Kretzschmer n'en parle pas à ce propos.
- (296) J. NAEHER, *op. cit.*, Table II, fig. 12.
- (297) E.D. THATCHER, *op. cit.*, p. 260, fig. 5.
- (298) Saalburg* (D), L. JACOBI, *Saalburg*, p. 250 et planche XVII.
- (299) Voir également la reconstitution des bains de Furfooz (entièrement « tubulés » + emplacement de cheminées), voir p. 84, fig. 135.
- (300) F. KRETZSCHMER, *Bauformen*, II, p. 3.
- (301) F. KRETZSCHMER, *Bauformen*, II, pp. 3-4 ; voir également chapitre VI consacré à l'expérience de Saalburg.
- (302) F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, p. 20.
- (303) F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, p. 18.
- (304) *Ibidem*, chapitre 11.
- (305) La figure 232 nous montre une curieuse pièce en terre cuite trouvée dans une maison d'habitation du Kastell de Arnsburg* (D). La partie horizontale de ce conduit coudé devait servir à l'aspiration des gaz dans la chambre de chaleur tandis que la partie verticale constituait l'amorce de la cheminée. F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, p. 20.
- (306) L. JACOBI, *Saalburg*, p. 250.
- (307) A. GEUBEL (*ibidem*) croyait que ces trous servaient d'assises à des madriers en bois soutenant les superstructures de l'habitation (voir Villers-le-Bouillet* (B)).
- (308) Vellereille-le-Brayeux* (B).
- (309) Voir aussi le rapport de fouilles du site de Glanum (St-Remy-de-Provence*) (F) où l'on signale également des cheminées encastrées.
- (310) Général MORIN, *op. cit.*, pp. 352-353.
- (311) Dans les hypocaustes à canaux, les cheminées « avancées » et encastrées s'amorçaient toujours aux extrémités des canaux.
- (312) JACOBI, *Saalburg*, pl. XVII.
- (313) *Ibidem*, pl. VIII.
- (314) Saalburg (D), voir fig. 173, p. 134.
- (315) F. KRETZSCHMER, *Bauformen*, II, p. 5.
- (316) DUHN und L. JACOBI, *Der griechische Tempel in Pompeji*, Berlin, 1890, p. 33 ss.
- (317) G. SCHWEEN, *Die Beheizungsanlagen der Stabianer Thermen in Pompeji*, Diss. TH., Dresden, 1937.
- (318) F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, pp. 19-20.
- (319) Klothen* (CH).
- (320) Bluelisacker* (D).
- (321) F. KRETZSCHMER, *Hypokausten*, p. 39.