



HAL
open science

Strasbourg - Cité lacustre? Introduction aux fondations sur pieux du Moyen Age au XIXe siècle

Jean-Jacques Schwien

► **To cite this version:**

Jean-Jacques Schwien. Strasbourg - Cité lacustre? Introduction aux fondations sur pieux du Moyen Age au XIXe siècle. Cahiers alsaciens d'archéologie d'art et d'histoire, 1990, 33, p. 165-188. halshs-00001454

HAL Id: halshs-00001454

<https://shs.hal.science/halshs-00001454>

Submitted on 15 Apr 2004

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Article paru dans:

Cahiers alsaciens d'archéologie, d'art et d'histoire, XXXIII, 1990

Strasbourg – Cité lacustre ?

Introduction aux fondations sur pieux du Moyen Age au XIX^e siècle

par Jean-Jacques SCHWIEN

L'intérêt porté aux pieux de la cathédrale, depuis les sondages archéologiques de l'architecte Heckler en 1665-1666 jusqu'aux observations du début de ce siècle, est une chose désormais bien connue pour avoir fait l'objet d'une synthèse récente (Will, 1988).

On peut brièvement rappeler l'état de la question. La cathédrale est fondée sur un double mur. Les maçonneries construites à l'époque gothique (1176-1277) sont profondes de 5 à 6,50 m; elles n'atteignent nulle part le gravier naturel et ne comportent pas de pieux. Elles ont par ailleurs repris au moins partiellement (et enchemisé) les fondations arasées de la cathédrale romane de l'évêque Wernher, édifiée à partir de 1015. Ces fondations primitives, en deux endroits au moins – crypte et bas-côté nord – comportaient des pieux en chêne, dans le premier cas longs de 1,45 m pour une section de 0,18 x 0,12 m et disposés en ordre serré, dans le second longs de 2 m pour une section de 0,11 m et un espacement de 0,40 m. Ces pieux, fichés dans le limon naturel, se situent au-dessus du gravier et de la nappe phréatique. On suppose qu'ils servaient non pas de support aux maçonneries des fondations mais à compacter l'épaisse couche de limon pour empêcher le fluage (Will, 1988). La plupart d'entre eux ont pourri et n'ont été observés qu'en négatif dans ces couches naturelles. Ce pourrissement est généralement mis en relation avec la baisse de la nappe phréatique consécutive à la canalisation du Rhin au XIX^e siècle, entraînant d'ailleurs des tassements dans les maçonneries et par suite, de gros travaux de restauration à partir de 1900 environ. On est moins certain aujourd'hui de ce caractère récent du pourrissement des pieux: Heckler avait déjà observé des pieux pourris en 1666 et les fluctuations de la nappe phréatique ont vraisemblablement été moins importantes qu'on ne le pense (Schwien – Schneider – Maire – Ursat, 1988). Les pieux se situant au-dessus de la nappe dès leur mise en place, les causes des désordres apparus dans les maçonneries sont à chercher ailleurs.

Cet intérêt pour les pieux de la cathédrale ne s'est guère étendu jusqu'à présent aux autres fondations similaires. Le tour d'horizon des découvertes en Alsace sera rapide: le seul véritable relevé est celui des pilotis de fondation des deux églises de Wissembourg, datées de l'époque romane et du XVI^e siècle (Czarnowsky, 1946). Pour le reste, on s'est contenté de prélever des pieux aux seules fins d'analyses dendrochronologiques, deux pieux du XII^e siècle de la chapelle palatine à Haguenau (Will, 1974), un pieu du XIII^e siècle du château de Mittelhausen (Charles, 1984), des pieux de 1477 de l'Ancienne Douane à Strasbourg (Will, 1967).

Or, les fouilles archéologiques menées ces dernières années à Strasbourg montrent au contraire que ce type de fondation sur pieux a été largement utilisé. Les exemples déjà observés, complétés par des documents d'archives, permettent aujourd'hui de présenter une première étude d'ensemble. Nous aborderons successivement les fondations de la caserne Barbade (1788-1792), les enceintes du XIII^e au XVII^e siècle, les ponts et quais des XVII^e et XVIII^e siècles. Il y manque une analyse des fondations de moulins mais aussi des écluses, types complexes d'après les archives et pour lesquels l'archéologie n'a pas encore apporté les observations nécessaires à une lecture technique satisfaisante de ces documents (1).

On est loin donc de pouvoir déjà présenter un traité de la fondation sur pilotis mais au moins peut-on proposer des axes de recherches. Les questions essentielles portent sur la chronologie de l'utilisation de pieux en bois, la typologie des systèmes mis en œuvre, la typologie des bâtiments qui en possèdent.

Pour plus de clarté de l'exposé, une rapide présentation du contexte géologique strasbourgeois s'avère indispensable. L'ensemble de la ville ancienne (à l'exception du faubourg ouest) est construit dans une plaine alluviale comportant un sous-sol graveleux – le gravier rhénan épais de 100 m environ renfermant une importante nappe phréatique dont le toit se situe à la cote moyenne de 135-136 m NGF – et un dépôt d'argile, de limon et de sable épais de 1,50 à 2 m mis en place par divers cours d'eau, dont l'Ill et la Bruche depuis la fin des glaciations – plus communément appelé le lett. Le sol actuel, formé par des remblais d'origine anthropique se situe entre 144 m NGF autour de la cathédrale et 140 m sur les confins de la ville ancienne.

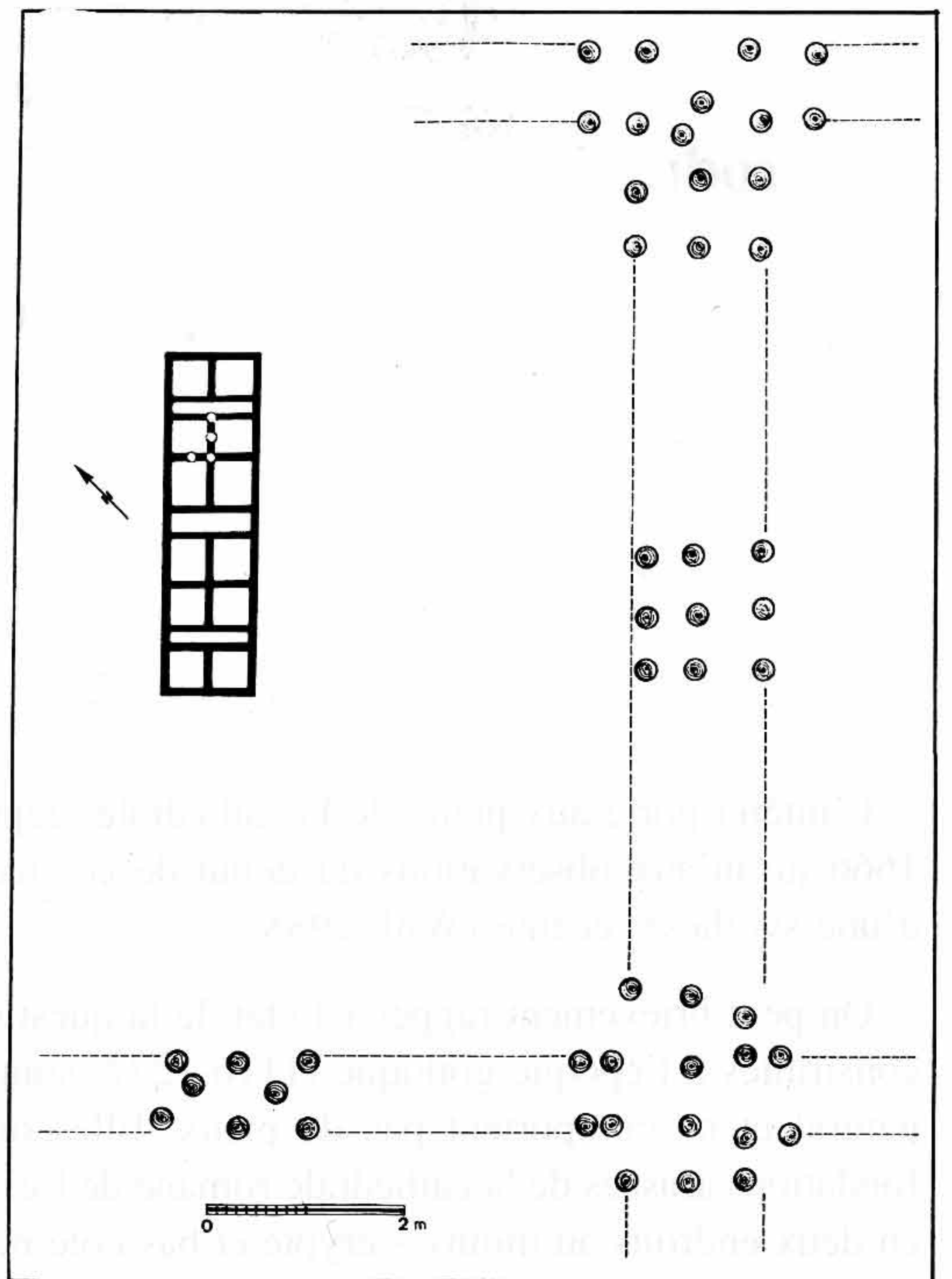
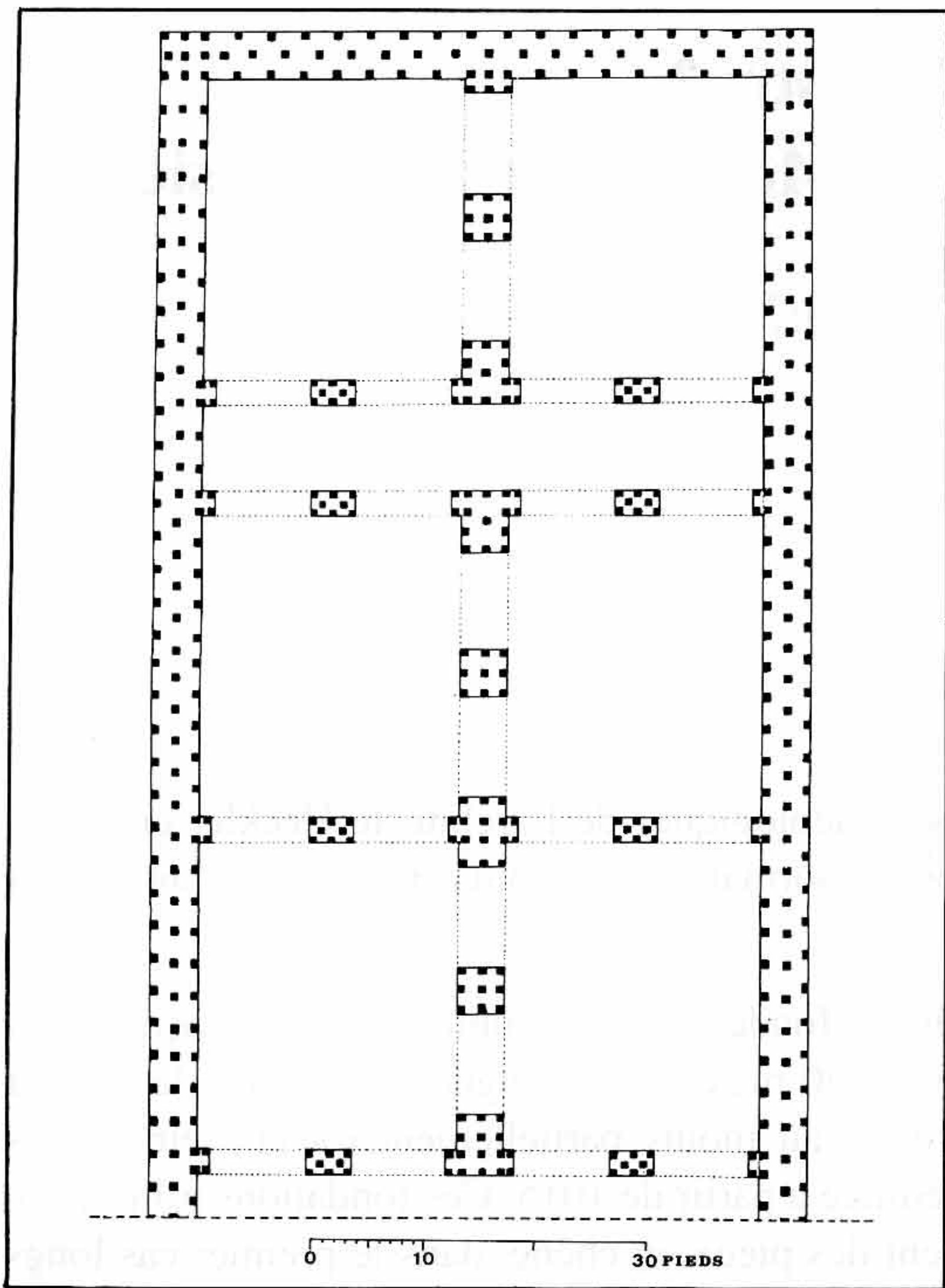
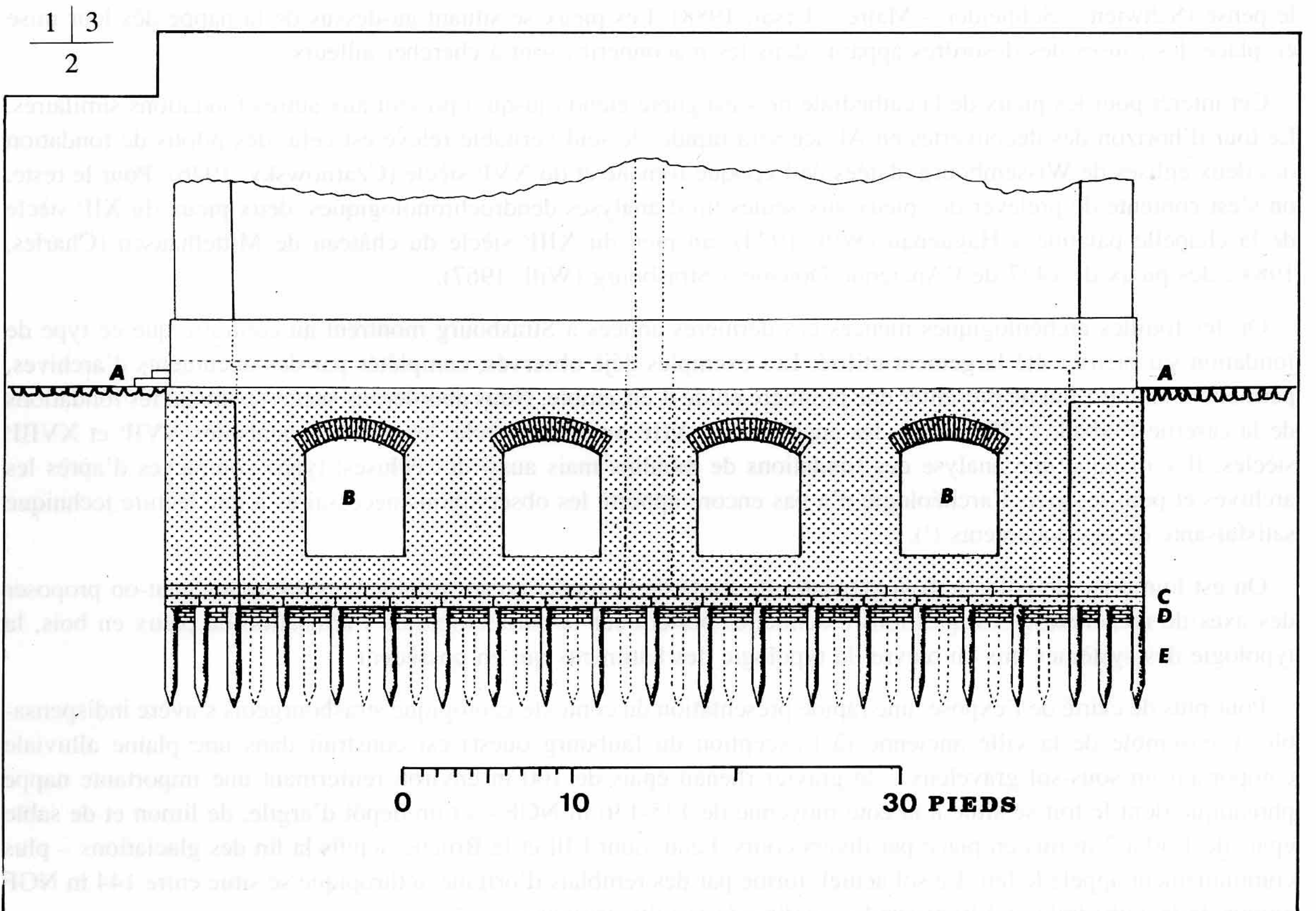


Fig. 1 Caserne Barbade, 1788. Plan des pieux à enfoncer pour la moitié nord du bâtiment (d'après AMS, CI 92a). (1 pied de France = 0,324 m).

Fig. 2 Caserne Barbade, 1788. Projet pour les fondations du pignon nord (d'après AMS, CI 92a).

A: sol de la cour; B: mur de fondation avec arceaux; C: semelle en pierres de taille; D: blocage dans l'interstice de pieux; E: pieux.

Fig. 3 Caserne Barbade, fouilles 1986. Plan des pieux de quatre piles avec, en médaillon, localisation par rapport au plan des murs de fondation.



LA CASERNE BARBADE (1788-1792)

Construite dans le secteur des Ponts Couverts, cette caserne est représentative de ces imposants bâtiments édifiés tout au long du XVIII^e siècle par la ville de Strasbourg pour loger les troupes du roi.

Grâce aux fouilles menées lors de la récente démolition (Schwien, 1987) nous disposons à son propos d'observations de terrain complétant les plans, devis et rapports de sa construction ⁽²⁾. Il s'agit à l'heure actuelle du seul bâtiment d'habitation connu fondé sur pieux ⁽³⁾.

Description du bâtiment

Il mesure 70 x 20 m et 24 m de haut hors-sol (quatre niveaux d'habitation et deux combles). Il est entièrement construit en moellons de grès avec, à l'origine, une toiture couverte en doubles tuiles. Ses fondations, outre les murs extérieurs, comportent un mur de refend dans le sens de la longueur et neuf murs de refend, délimitant les espaces d'habitation, dans le sens de la largeur. Leur profondeur est de 4 m sous le niveau du sol actuel. Construits sur arceaux, ces murs de fondation ont 1,35 m d'épaisseur pour les extérieurs et le refend longitudinal, 0,75 m pour les cloisons.

Devis

Il est établi en 1787 et décrit précisément la nature de tous les ouvrages à réaliser. Les fondations sont traitées dans l'article 3.

«Les fondations dudit corps de caserne sont fixées à 10 pieds (de France, soit 3,24 m) de profondeur au-dessous du niveau du seuil de la grande porte du magasin de l'écluse 110 (barrage Vauban). Si à cette profondeur, le terrain n'est pas propre pour asseoir la fondation, il sera creusé jusqu'à la rencontre du solide et bon fond (le gravier). S'il ne s'en trouve point, il sera fait un pilotage en bois de chêne: chaque pilot aura 8 pouces d'équarissage (0,21 m) et sera enfoncé jusqu'au refus d'un poids battu par 8 hommes. Ladite fondation sera composée de trois rangs de pilots plantés en échiquier, lesquels seront espacés de 3 pieds en 3 pieds (0,97 m). Sera ensuite déblayé toutes les mauvaises terres qui se trouveront entre lesdits pilots pour être remplacées par une bonne maçonnerie sur laquelle sera posée deux assises en dalles de 6 pouces d'épaisseur.» ⁽⁴⁾.

D'après les plans joints à ce devis (fig. 1 et 2), on prévoit un total de 876 pieux. Leur lieu d'origine n'est pas indiqué.

L'état estimatif des coûts avant travaux envisage une dépense globale de 226.324 livres (une somme colossale) dont 3.634 livres pour la fouille des terres et l'excavation des fondations (soit 1,6 %) et 8.942 livres pour le pilotis (3,95 %). Le devis ne précise cependant pas si dans le coût des pieux, on considère le seul matériau ou leur mise en place.

Réalisation

Le rapport de l'officier du Génie militaire chargé des travaux de fondation explique très précisément les étapes et les difficultés rencontrées. Il vaut d'être cité pour ses informations sur la connaissance du sous-sol strasbourgeois et les méthodes d'investigation à la fin du XVIII^e siècle.

«... Le déblai fait le 10^e jour du mois de mai (1788) d'une grande partie des fondations de la face opposée au rempart desdites casernes, le terrain en fut sondé au moyen d'une tarière d'environ 9 pieds de longueur et il fut reconnu par sa nature devoir assujétir indispensablement à un pilotage qui, pour être établi avec solidité, exigeait d'avoir la tête enfoncée d'un pied en-dessous des plus basses eaux de la rivière d'Ill. Conséquemment, après avoir vérifié moi-même le nivellement de ces fondations comparées à la hauteur du seuil du magasin aux vivres au-dessus de l'écluse 110, m'être assuré que la supériorité de ce seuil au-dessus des plus basses eaux de la rivière était de 12 pieds 3 pouces 6 lignes (3,97 m), et que les fondations de cette partie de face avaient été creusées à 13 pieds 3 pouces 6 lignes (4,29 m), il fut unanimement arrêté et convenu que cette profondeur serait suffisante et qu'elle serait généralement observée dans toutes les fondations des murs dépendant de ce bâtiment.

Ces opérations préparatoires faites, on commença la plantation des pilots avec des moutons à bras de poids d'environ 190 livres pesant et manœuvrés avec 8 hommes. Mais 16 pilots depuis 4 jusqu'à 6 pieds de longueur (1,30 à 1,95 m) plantés suivant ce procédé à la distance de 3 pieds de milieu en milieu, ainsi qu'il est spécifié dans le devis, ayant enfoncé avec trop de facilité dans ce terrain, je fis faire une nouvelle fouille en présence de M. de Favart, Maréchal de camp et chef de district de la brigade de Strasbourg au corps royal du Génie, de M. De Rochelle, officier au même corps partageant avec moi la conduite de ces travaux et M. Boudor, architecte de la ville. Les résultats ne donnèrent que depuis 3 jusqu'à 5 pieds de profondeur le gros gravier pur, nature de terrain sur lequel l'expérience faite depuis longtemps à Strasbourg prouve qu'on peut s'établir avec sécurité. Il fut dès lors définitivement résolu qu'on donnerait au pilotis 4 pieds de fiche au moins dans de pur gravier; que pour cet effet, on substituerait aux moutons à bras des moutons à sonnettes que M. de Manson, commandant des arsenaux de cette ville, voulut bien prêter à ma demande; que tous les pilotis auraient dorénavant depuis 7 jusqu'à 12 pieds de longueur (2,26 à 3,88 m); qu'on en planterait un entre deux dans l'intervalle des seize déjà enfoncés; que pour plus grande solidité, ceux sous les quatre angles du bâtiment seraient depuis 9 jusqu'à 12 pieds de longueur (2,90 à 3,88 m) suivant les diverses circonstances du terrain et à 18 pouces d'intervalle (0,48 m) entre chaque... »

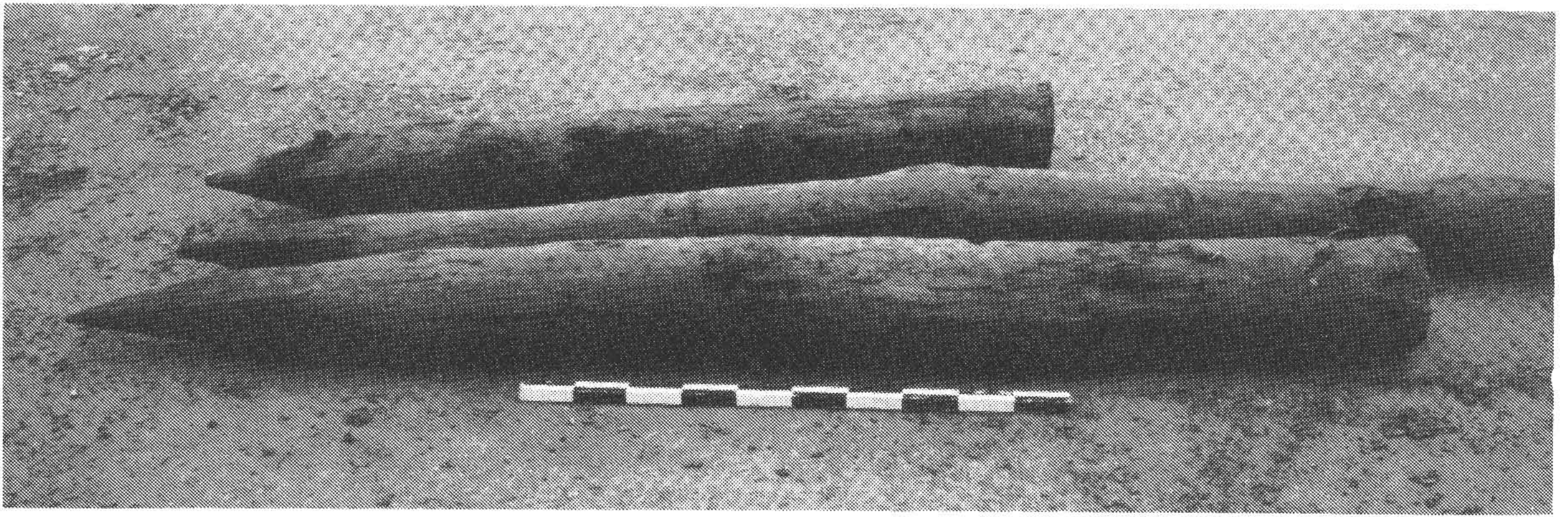


Fig. 4 Caserne Barbade, fouilles 1986. Trois pieux de fondation du pignon sud.



Fig. 5 Caserne Barbade, fouilles 1986. Base d'une pile du refend central avec deux pieux et semelle en pierres de taille.

On retiendra de ce texte que l'ingénieur recherchait explicitement le gravier rhénan pour la base des fondations parce qu'il constituait l'assise idéale. Les pieux ne s'imposaient que dans le cas où ce gravier serait trop profond. La base de référence devenait alors le plan d'eau de l'Ill, vraisemblablement pour obtenir une immersion constante et éviter leur pourrissement: le bâtiment étant situé à l'intérieur des terres, à une vingtaine de mètres de la berge, cette démarche suppose qu'on avait déjà observé une corrélation entre le battement de la nappe phréatique et le niveau de la rivière.

Observations archéologiques

Plan.

La rapidité des travaux de démolition et les difficultés liées à la présence de la nappe phréatique n'ont pas permis d'étudier complètement le système en place. On a noté toutefois pour une partie des piles la conformité rigoureuse entre les plans du devis et leur réalisation (fig. 1 et 3). Une dizaine de pieux extraits mesuraient entre 1,90 à 3,00 m (fig. 4) et un diamètre de 0,17 à 0,25 m. Il s'agissait de troncs bruts en chêne en parfait état de conservation avec leur aubier et écorce. A part un léger trou conique au centre, leur tête horizontale et lisse ne comportait aucune trace des outils – écrasement par le mouton ou cerclage de protection – qui ont permis de les enfoncer: il faut supposer un recépage⁽⁵⁾ postérieur. L'espace entre les pieux était noyé de mortier et de gros fragments de briques sans doute coulés dans un coffrage de planches dont une au moins a été relevée in situ. Le tout était surmonté de deux assises de pierres de taille de dimensions imposantes (largeur maximale 1,50 m). L'ensemble de cette semelle était plus large que le mur lui-même (fig. 5).

Stratigraphie.

Le bâtiment ayant été édifié perpendiculairement au fossé de l'enceinte de 1474 (large de 23 m), elle se compose de deux profils principaux. Dans le fossé, on a observé de bas en haut le toit des graviers rhénans (surcreusés) à 135 m NGF, une couche de vase (0,30 m à 0,50 m) et un comblement meuble entièrement anthropique (tuiles, briques et mortier). A l'extérieur, entre les graviers à 136 m NGF et les couches anthropiques superficielles étaient conservés des sédiments fins naturels (limon et sable) épais de 1,50 à 2,00 m. La tête des pieux se situait partout à la cote de 136-136,20 m NGF soit au niveau du toit de la nappe phréatique au moment des fouilles (juin 1986)⁽⁶⁾. On peut en déduire que l'officier qui a rencontré le gravier à 1,00-1,50 m sous le fond de fouilles, avait effectué son sondage dans l'ancien fossé.

Ces observations stratigraphiques s'accordent bien avec les documents d'archives (fig. 6): les altitudes en valeur absolue des devis et rapport de fondation peuvent prendre pour point d'origine le sol actuel à 140,50 NGF qui était déjà celui du seuil de l'écluse 110 au XVIII^e siècle.

Datation.

D'après les documents d'archives, l'adjudication des travaux de construction a eu lieu le 11 septembre 1787, les travaux de fondation eux-mêmes (pilotis et maçonnerie) s'échelonnant du début mai au 9 août 1788. L'analyse dendrochronologique livre quant à elle, une date d'abattage en hiver 1787-1788 pour deux pieux âgés de 87 ans au plus⁽⁷⁾. Comme pour le bois des maisons à colombages, ces pieux ont donc été utilisés verts.

LES MURS D'ENCEINTE (XIII-XVII^e SIÈCLES)

Les fouilles de la caserne Barbade ont aussi donné l'occasion d'étudier deux murs d'enceinte «récents», l'un de 1474 qui forme le doublement de l'enceinte du XIII^e siècle (fausse-braie depuis les Ponts-Couverts jusqu'à la Porte des Bouchers, place d'Austerlitz), l'autre de 1657 qui appartient à la phase de restructuration complète des fortifications selon un système bastionné. Elles complètent fort heureusement une série d'autres découvertes qui permettent aujourd'hui une première synthèse sur le mode de fondation des enceintes médiévales et modernes de Strasbourg (Schwien – Zumstein – Henigfeld, 1988).

Caserne Barbade. Enceinte de 1474

Elle a été observée sur une longueur de 20 m en-deçà du pignon nord de la caserne Barbade dont les fondations l'ont recoupée. Conservé sur une hauteur de 4,10 m, la base du mur se situe sur le toit des graviers à 135,50 m NGF et l'arase à 1 m sous le sol actuel: à l'origine, il pouvait mesurer 8 à 9 m de haut. En profil, il a la forme d'un trapèze irrégulier, épais de 2,10 m à la base et de 1,70 m au sommet: la réduction est obtenue par un fruit à l'avant et un double ressaut à l'arrière. Dès l'origine sans doute, en tout cas à partir de la fin du XVI^e siècle, il a servi de mur de soutènement à un rempart de terre et était précédé d'un fossé à fond plat, large de 23 m (Apell, 1902, 64).

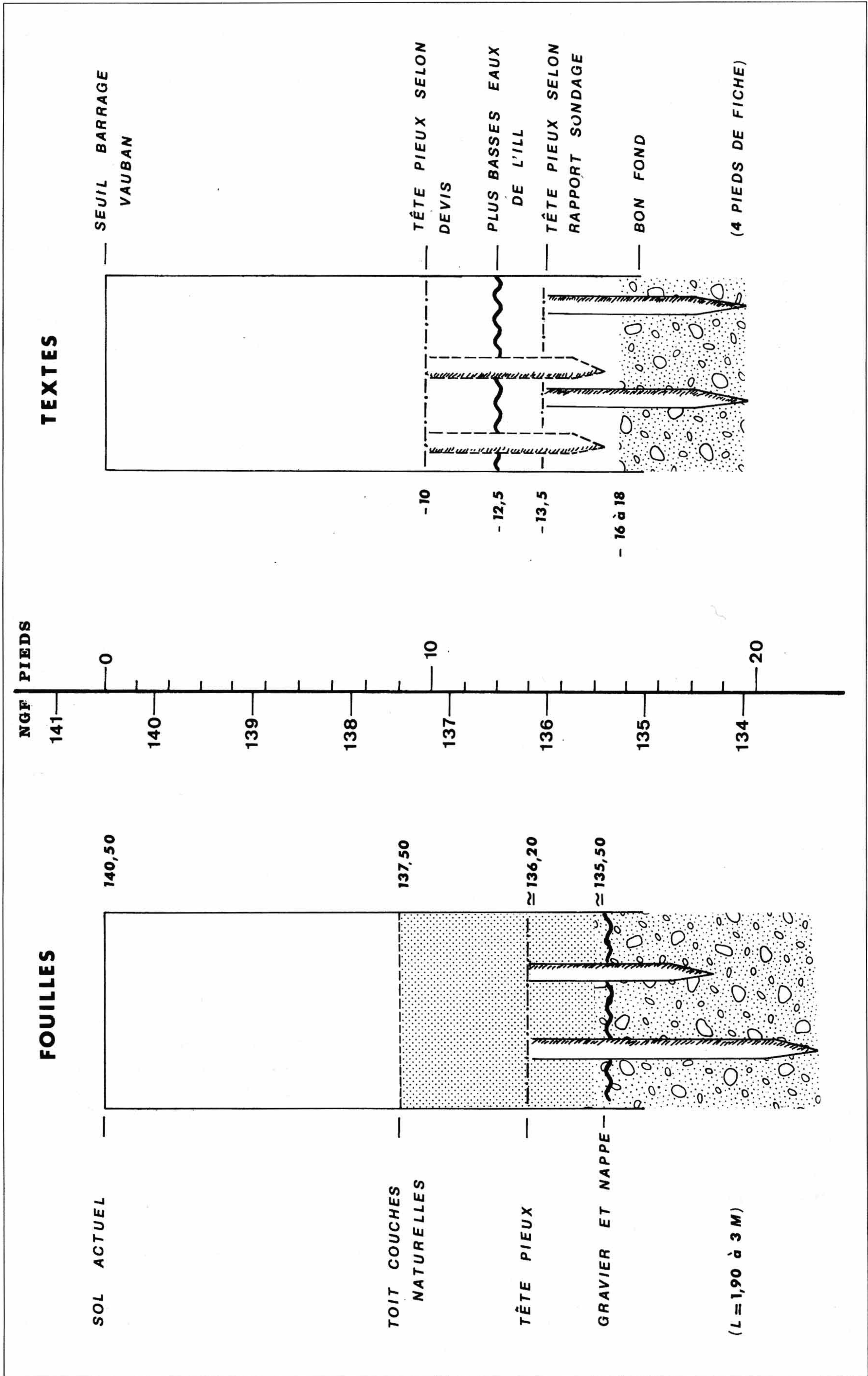


Fig. 6 Caserne Barbade. Position stratigraphique des pieux d'après les fouilles (1986) et les documents d'archives (1788).

Entièrement construit en briques, avec un parement extérieur à la base en pierres de taille en grès, il est fondé dans le gravier aquifère sur une plateforme de planches en chêne épaisses de 4 cm. Cette plateforme horizontale, très légèrement saillante du mur, est posée (ou clouée?) sur une série de pieux dont l'organisation, sous la nappe phréatique, n'a pu être étudiée: la question de savoir si le pilotis se situait sous toute la largeur du mur ou seulement sous le parement en grès reste ouverte.

Les pieux extraits, grossièrement équarris et bien conservés, mesuraient entre 1,40 et 1,95 m pour une section de 0,21 à 0,23 m (fig. 7). Leur analyse dendrochronologique fournit une date d'abattage au cours de l'hiver 1473-1474 (8).

Caserne Barbade. Enceinte de 1657

Son étude est plus complète que la précédente.

Description.

Cette courtine est formée de deux murs à angle droit. Le premier, long de 160 m, est parallèle au cours de l'Ill et servait en même temps, à l'origine, de mur de quai. Il est conservé aujourd'hui avec son élévation modifiée au XIX^e siècle. Le second, long de 84 m, assurait la jonction entre l'Ill et le premier bastion dit de Sainte-Elisabeth. Un tronçon long de 40 m en a été précisément relevé dont 25 m sont préservés dans le parking de l'actuel Hôtel du Département.

A l'exception du décor des pierres de taille de la base, il est identique au mur de 1474. Conservé sur une hauteur variant entre 3,70 m et 4,20 m, sa base se situe sur le toit des graviers à 135,85 m NGF et l'arase entre 0,20 et 0,50 m sous le sol actuel. Il a un profil de trapèze irrégulier, épais de 2,40 m à la base et de 1,10 m au sommet. A l'origine, il mesurait 4,60 m de haut et maintenait un rempart de terre large de 30 m qui le surplombait d'abord de 5 m, puis après une modification en 1788, de 15 m. Le fossé à fond plat était large de 40 m (9).

Fondations (fig. 8 et 9).

La maçonnerie reposait, au niveau de la nappe phréatique actuelle, sur une plateforme de planches en chêne. Sur la face avant, on a relevé quatre planches bout à bout assemblées à joints plats. Épaisses de 6 cm et larges de 25 cm, deux d'entre elles mesuraient respectivement 11,60 et 6,70 m. Toutes débordaient du mur de 10 cm. Les autres planches sous l'épaisseur du mur n'ont pu être mesurées: tout au plus peut-on dire qu'elles n'atteignaient pas la partie arrière de la fondation.

Ces planches étaient clouées sur des pieux en chêne fichés dans le gravier aquifère et en excellent état de conservation. Équarris, longs de 1,10 à 1,50 m pour une section de 0,17 à 0,20 m, ils conservaient une part de l'écorce vers la base. L'une des extrémités était appointée (1/4 de la longueur totale) et la tête découpée à angle droit avec des arêtes biseautées (fig. 10). Disposés en quinconce sur 5 rangs, leur espacement était de 0,60 m (2 pieds?): on aurait ainsi 830 pieux pour 100 m de mur (10).

Devant le mur a été relevée une autre structure en bois, formée de pieux en chêne non équarris, enfoncés obliquement dans le gravier. Leur diamètre variait entre 0,12 et 0,18 m, avec un espacement moyen de 0,70 m. Deux planches superposées et de chant les doublaient côté mur. Épaisses de 7 cm, elles mesuraient 14 et 18 cm. L'espace de 0,40 m entre le mur et les planches était colmaté par une couche d'argile grise compacte, homogène, sans aucune trace anthropique.

La fonction de cette structure n'est pas déterminée avec certitude. On peut penser aux vestiges d'un batardeau de construction, une sorte de coffrage qui aurait permis de pomper l'eau de la nappe pour construire les premières assises en maçonnerie, l'espace intermédiaire étant comblé par la suite par décantation. Mais la position des planches, du côté du mur et non du côté de la poussée, et la présence d'une argile apparemment soigneusement choisie, incite plutôt à y voir un batardeau définitif ou risberme visant à empêcher l'eau du fossé d'affouiller le gravier sous la plateforme du mur. Un profil de la courtine de la rive gauche de l'Ill en 1663 montre nettement un système identique (AMS, F II a 7).

Ce batardeau en tout cas est contemporain de la construction du mur: l'analyse dendrochronologique de 12 pieux – 6 pour le mur et 6 pour le batardeau – livre une seule date d'abattage au cours de l'hiver 1656-1657.

Les étapes de la construction.

Nos informations, pour l'essentiel tirées des archives, sont fragmentaires et à l'inverse du cas précédent, ce sont les observations archéologiques qui ont permis d'éclairer plusieurs passages obscurs. Ainsi de la date de construction. Les historiens des fortifications plaçaient la construction de cette enceinte entre 1650 et 1656 avec des travaux complémentaires jusqu'en 1678. Cette imprécision provenait en grande partie d'une lacune dans les archives des fortifications entre 1648 et 1656. L'information dendrochronologique autorise une relecture des sources écrites qui signalent effectivement la construction de «la longue courtine» près de l'Ill entre le 15 avril 1656 et le 15 août 1657 (11).

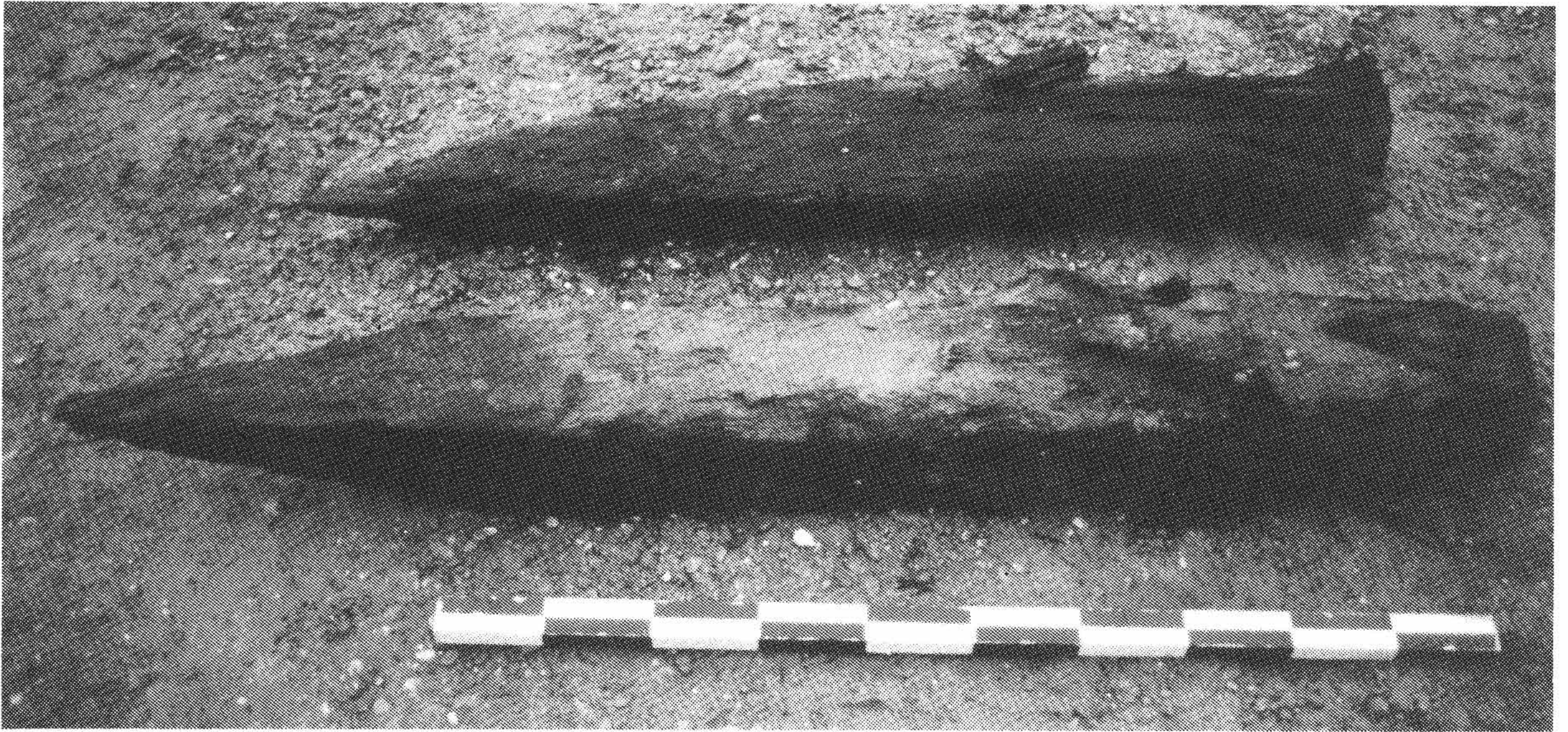
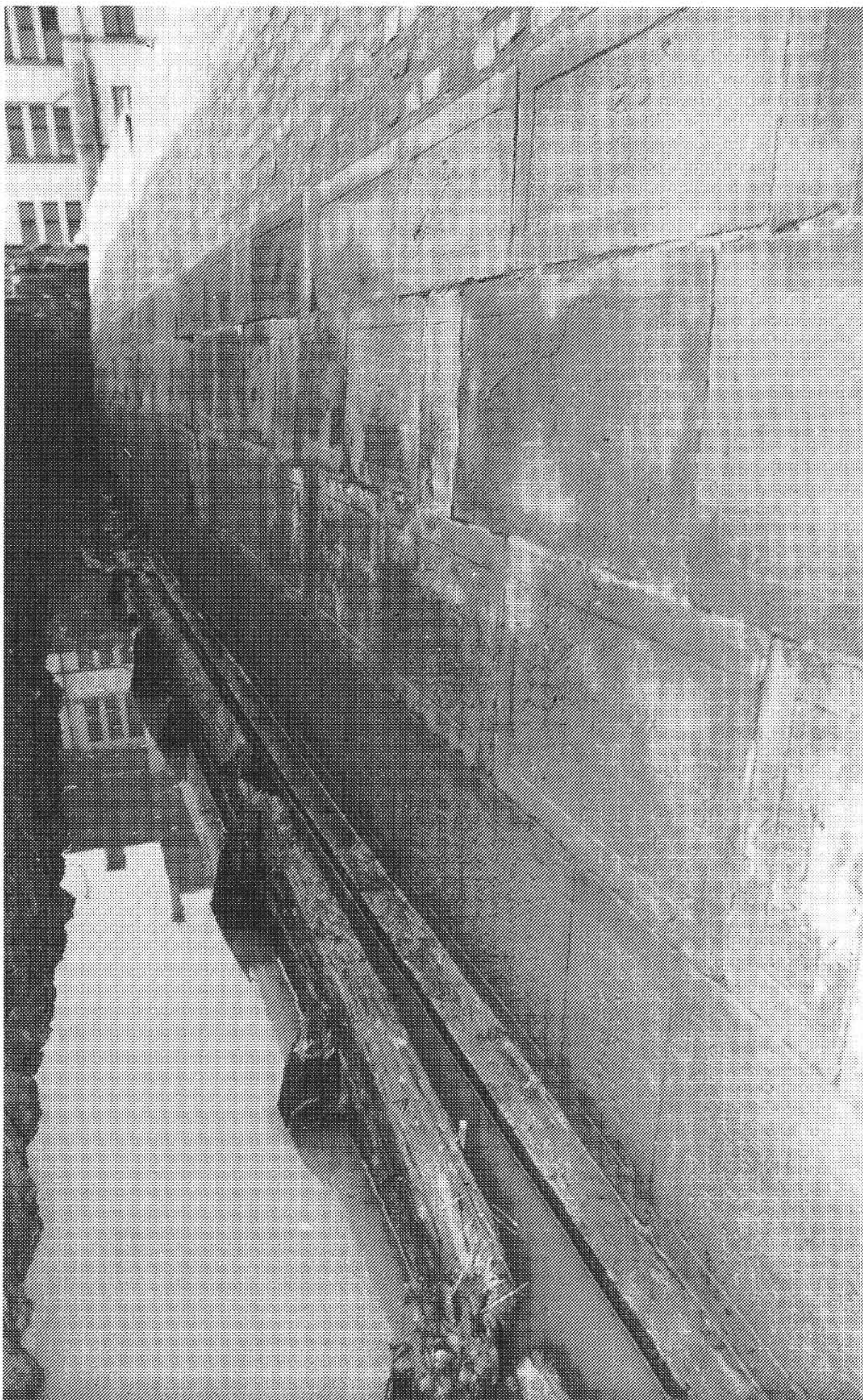


Fig. 7 Caserne Barbade, enceinte de 1474. Deux pieux de fondation.

Fig. 8 Caserne Barbade, enceinte de 1657. Face avant du mur. On notera la planche de fondation saillante et le bâtardeau (pieux et planches de chant) (cliché B. Couturier, Inventaire, 1986).



La construction de la courtine côté Ill semble avoir été précédée d'une digue en gravier. La première opération est la construction de l'enceinte elle-même, le creusement du fossé n'intervenant que dans un second temps: il s'agit vraisemblablement d'édifier le mur avant de déplacer les matériaux du fossé pour élever le rempart de terre. Pour ces travaux de fondation mais aussi sans doute pour la base de la maçonnerie, on est obligé de pomper l'eau (de la nappe phréatique?) jour et nuit avec des équipes de huit hommes. Les pieux sont enfoncés avec des moutons à bras. L'origine des bois n'est que très rarement indiquée: en 1658, on achète des planches en chêne à un marchand(?) de Wolfach mais on refuse celles venant de Schiltach en Forêt-Noire.

Le fossé dont la base est formée par le toit des graviers naturels était rigoureusement plat. Le niveau de l'eau était régulé par un barrage en bois côté Ill, remplacé au XVIII^e siècle par un mur maçonné. La hauteur d'eau réelle n'a pas été directement observée mais le dépôt de vase n'excédait toutefois pas 30 cm. Les rhizomes et racines de roseaux conservés dans cette vase indiquent une présence d'eau permanente inférieure à 50 cm. Au moment de la fouille (août 1986), la nappe se situait 30 cm au-dessus de la base du mur (12).

La construction du système défensif est à la charge de la ville et donc de ses bourgeois sans que l'on sache exactement quels spécialistes interviennent. La maîtrise d'œuvre a été confiée à deux architectes qui surveillent aussi les travaux, Hans-Jacob Schmidt et Andreas Schwender (13). Le creusement du fossé en 1658 d'après un carnet de présence hebdomadaire fournit une liste de 124 hommes, 41 femmes, 5 apprentis et 33 voituriers (AMS, IV 87 g). Ce sont par contre des soldats qui enfoncent les pieux. Le coût est impossible à chiffrer en raison de l'incendie des archives de la chancellerie en 1686.

Les autres enceintes

Ce mode de fondation de murs d'enceinte sur pieux, grâce à plusieurs exemples fouillés, peut aujourd'hui être replacé dans une large chronologie (14).

Les murs d'enceinte de l'époque antique à Strasbourg ne connaissent pas ce système: construits en basalte, calcaire et grès, leurs fondations n'atteignent que très irrégulièrement le gravier et sont généralement formées d'une semelle artificielle: soit un hérisson de pierres posées de chant et à sec dans un lit de gravier ou de sable fin (Forrer, 1927, 176), soit un béton de chaux et de briques pilées (Hatt, 1969). Par ailleurs, un terre-plein de l'ordre de plusieurs mètres est ménagé entre le fossé en V et le mur.

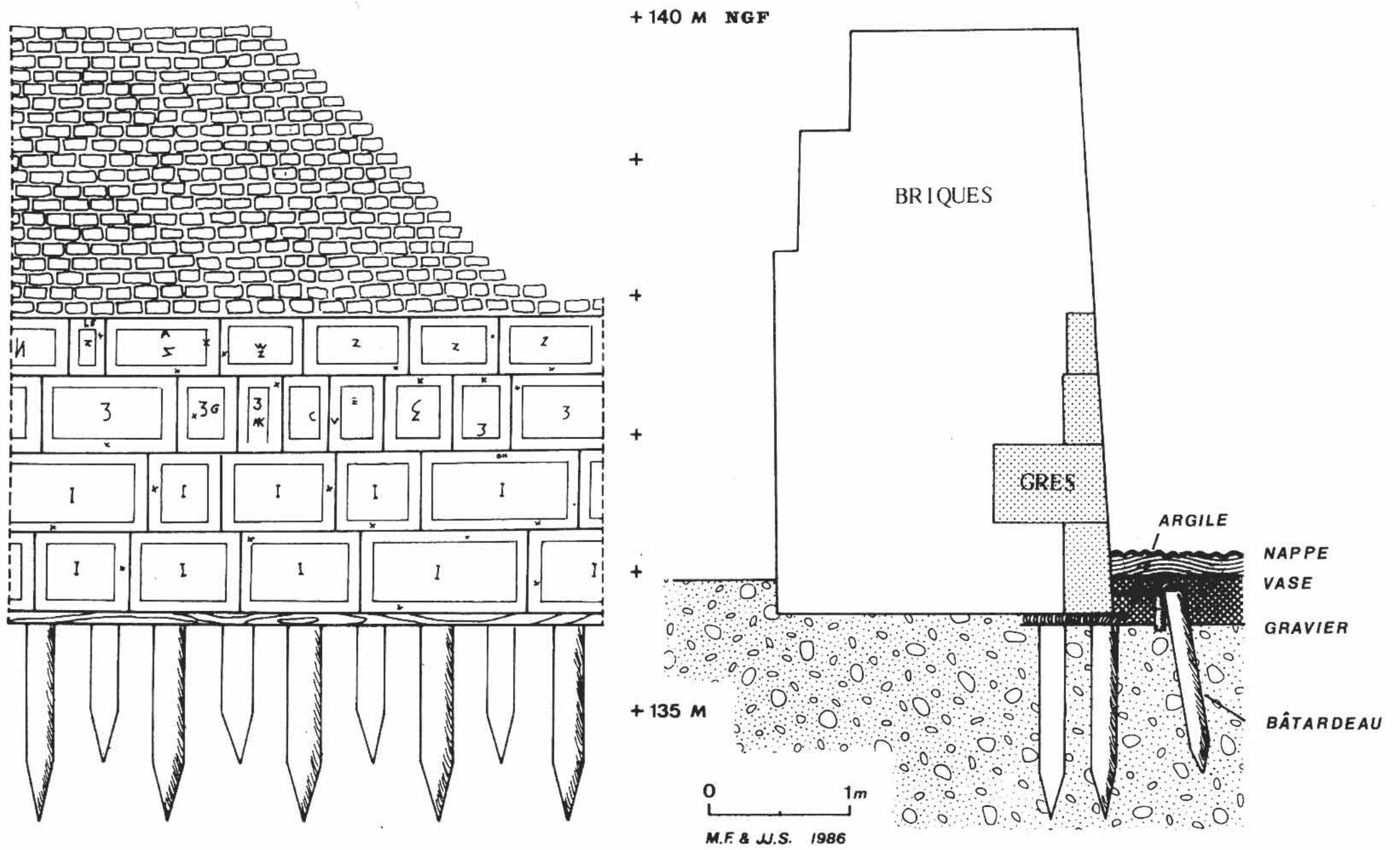
La fondation sur pieux est attestée pour la première fois dans les fouilles de la rue des Jardins avec une courtine datée par dendrochronologie des années 1214. Elle faisait partie de la première enceinte médiévale en pierres construite entre 1200 et 1250 autour de l'actuelle vieille ville de Strasbourg: il en subsiste les tours des Ponts-Couverts ainsi qu'une partie du mur place Sainte-Madeleine, le canal du Faux-Rempart constituant encore le lointain vestige des fossés. Les autres exemples sont ceux de l'enceinte du faubourg ouest des années 1374-1390 observée sur 200 m de long sous la place de la Gare et de celle du faubourg est (Krutenu) datée par dendrochronologie de 1406 lors de la fouille de la DRIRA, rue Montet. Il nous manque encore des références archéologiques précises sur le pilotis des ouvrages construits par Vauban, en particulier la Citadelle (1682-1700).

Nous disposons au total d'une observation au moins pour les enceintes correspondant aux extensions successives de la ville entre 1200 et 1450 et leur modernisation ultérieure: il apparaît qu'ils sont tous conçus de la même manière: un mur en briques avec un parement extérieur à la base en pierres de taille, fondé sur une plateforme et des pieux en chêne au niveau de la nappe phréatique, précédé par un fossé à fond plat. Les dimensions des murs, leur couronnement, le décor des pierres en grès évoluent, mais pas leur principe général de construction.

Quelques variantes restent néanmoins à exposer. Une partie des pieux de la rue des Jardins mais aussi de la tour Sainte-Catherine construite en 1347 (Vivre au Moyen Age, 1990, 111) étaient renforcés par un sabot en fer: ce sont à l'heure actuelle les seuls exemples. Par ailleurs, toujours dans la rue des Jardins, une partie du mur était fondée non sur des pieux mais sur un lit de troncs, branches et fagots disposés à l'horizontale sans qu'on ait pu en déterminer la raison (Zumstein, 1987). Un cas de figure exceptionnel, enfin, est fourni par l'enceinte du quai Lezay-Marnésia (Hatt, 1969). On y a observé la reprise en sous-œuvre de l'ancienne courtine romaine avec mise en place de pieux sous le mur et réaménagement du parement (pierres de taille à la base et briques en élévation): elle n'est pas datée avec précision mais est incontestablement médiévale. Cet exemple est intéressant d'un double point de vue: il résume au même endroit les différences techniques entre l'antiquité et le Moyen Age tout en attestant de la possibilité de reprise en sous-œuvre d'un pilotis.

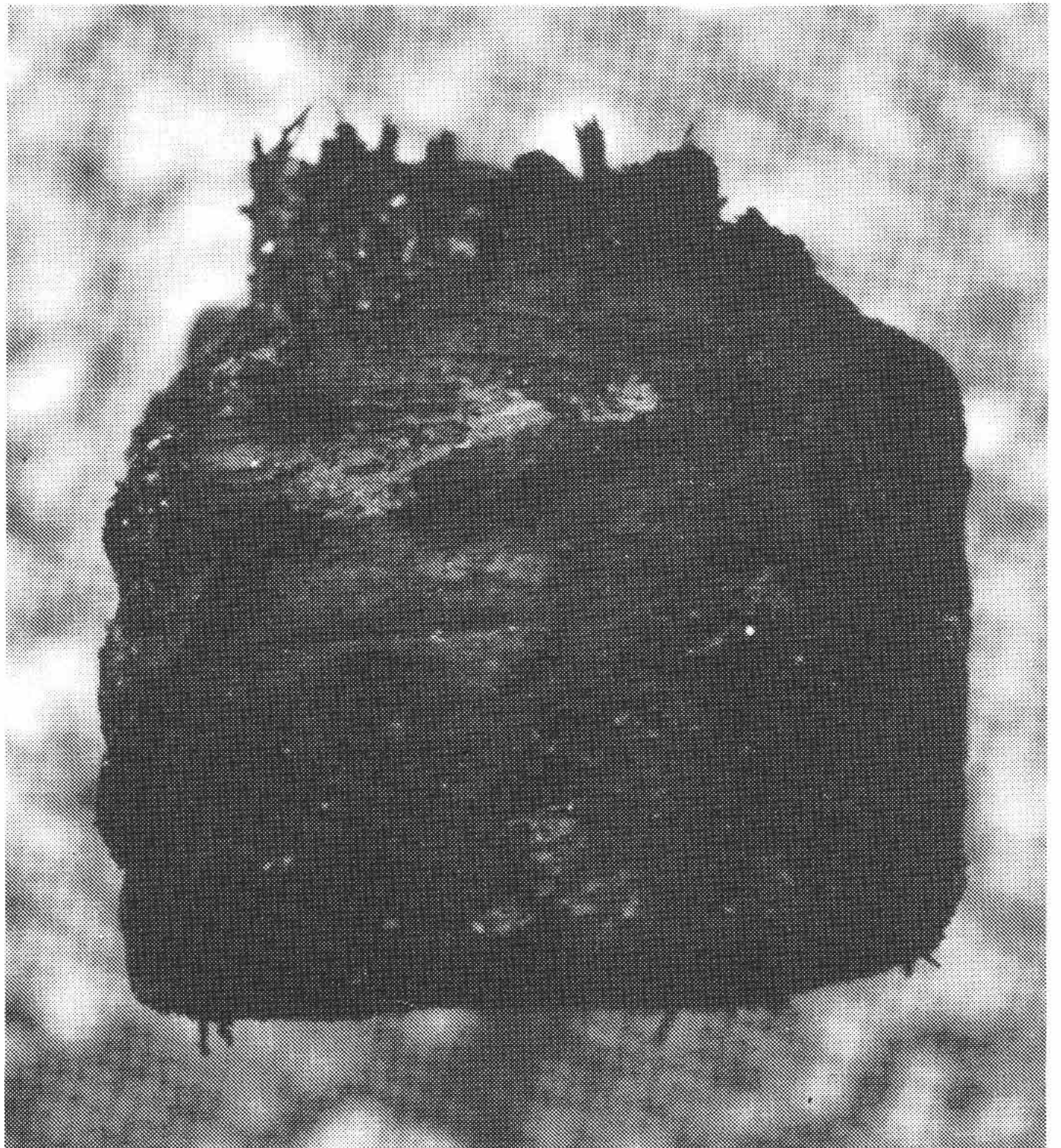
LES QUAIS ET PONTS (XVIII-XIX^e SIÈCLES)

L'histoire des quais et ponts à Strasbourg reste à écrire: les observations archéologiques sont quasi inexistantes et le dépouillement des archives incomplet. Les premiers résultats d'une enquête sur les plans et devis des XVIII-XIX^e siècles (15) permettent de souligner l'importance de ce type d'aménagements pour une ville alluviale comme Strasbourg. Ils complètent aussi largement nos informations sur les techniques de fondation dans l'eau avant l'ère industrielle.



▲ Fig. 9 Caserne Barbade, enceinte de 1657. Elévation et coupe du mur.

▼ Fig. 10 Caserne Barbade, enceinte de 1657. Détails de la tête d'un pieu.



Les quais

D'après les rares observations archéologiques, tant pour l'antiquité que pour le Moyen Age, il semble que pendant longtemps on se soit contenté de simples berges en terre ou maintenues par des piquets en bois : plusieurs dessins de Wenzel Hollar ou de J.-J. Arhardt en représentent encore au XVII^e siècle (quais de la Petite France et des Pêcheurs). Des dessins du XIX^e siècle signalent aussi un système plus sophistiqué formé d'une file de poteaux verticaux maintenant (dans des rainures sans doute) des planches superposées (berges du canal du Rhin sur le quai aux Chevaux ou du canal du Faux-Rempart derrière le théâtre) (16).

On ignore la date de construction d'un premier quai maçonné. Une pierre commémorant la construction du quai (Lantvest) des Bâteliers entre 1412 et 1423 constitue à l'heure actuelle notre plus ancien témoignage. Retrouvée dans un mur de cave près du pont du Corbeau (Piton, 1855, II, 53), elle est conservée au musée de l'Oeuvre Notre-Dame : bien que l'inscription ne le dise pas explicitement, on peut supposer qu'elle correspond à un quai maçonné ne serait-ce qu'à cause de la durée des travaux. La vue cavalière de Morant en 1548 est difficile à exploiter de ce point de vue et il faut attendre les dessins de Hollar et Arhardt au XVII^e siècle pour être entièrement assuré de l'existence de tels quais (Saint-Nicolas et Saint-Thomas).

La documentation technique sur leur morphologie (devis et plans de construction) semble n'apparaître qu'au début du XIX^e siècle. Nous avons retenu à titre d'exemple le projet de reconstruction du quai Saint-Thomas en 1810 (fig. 11) pour la précision de ses informations. Le mur est en briques, parementé de pierres de taille, fondé sur une plateforme et des pieux en chêne longs de 2,50 m. Un rideau de doubles palplanches protège la base des affouillements par l'eau. Le même document livre aussi un exemple de batardeau provisoire permettant de retenir l'eau de la rivière et de pomper celle près de l'ouvrage pendant les travaux. Ce quai existe toujours actuellement : on a seulement complété depuis la protection de la base par un enrochement qui a servi, un temps, de chemin de halage et constitue aujourd'hui un lieu de promenade.

Deux observations d'ordre archéologique peuvent compléter ces informations. Lors de récents travaux sur le quai des Bâteliers ont été extraits une trentaine de pieux longs de 2,50 m environ en avant du mur de soutènement actuel du quai (fig. 12). Il est difficile de savoir s'ils appartenaient à une ancienne fondation ou à un batardeau. Il semble toutefois qu'ils n'aient été enfoncés qu'aux 2/3 de leur longueur dans le fond de la rivière, leur partie inférieure était noire et bien conservée, le reste étant brun et souvent décomposé. Certains étaient aussi armés d'un sabot en fer alors que d'autres étaient seulement appointés.

Une seconde observation est plus complète. Elle a été effectuée lors de la restauration de la terrasse du Palais Rohan en 1986 (Gaymard, 1986). Le mur de soutènement de la terrasse et qui sert aussi de quai, a été construit vers 1730-1740. Déjà fortement endommagé par le bombardement de 1944 et rapidement restauré, il vient de faire l'objet d'une reconstruction complète avec substitution d'une semelle en béton au pilotis d'origine. La fondation sur pieux correspond à ce que nous avons déjà observé par ailleurs, avec une plateforme et trois rangs de pieux longs de 3 m. Ils ont été enfoncés à partir du toit des couches naturelles à la cote 135 m NGF avec 2 m de fiche dans les graviers compacts.

De l'ensemble de ces informations, on retiendra essentiellement une équivalence entre les fondations des quais et des enceintes puisqu'on observe le même profil trapézoïdal et la même organisation du pilotis. Deux différences sont néanmoins à noter. Pour une raison qui reste à définir, la plateforme des murs de quai est composée non de planches pleines mais d'un grillage de poutres assemblées à mi-bois. Un rideau de palplanches protège aussi leur base, sans doute à cause du courant plus important dans la rivière que dans les fossés.

Ce constat d'équivalence autorise deux conclusions. Nous observons d'une part une extraordinaire permanence d'un type de construction du début du XIII^e au début du XIX^e siècle, sans changement technique majeur. La rupture interviendra vers 1830 avec la substitution d'une semelle en béton coulée dans un coffrage en bois au pilotis : utilisé une première fois lors de la construction des quais du Faux-Rempart en 1831-1832 (Piton, 1855, I, 257), ce type de fondations se généralisera par la suite (17). Par ailleurs, avec ce type de fondations, les strasbourgeois possédaient dès le début du XIII^e siècle un outil efficace de canalisation et d'assainissement de leur milieu alluvial. Ils s'en sont abondamment servis pour coloniser par extension successive des fortifications tant les marais à l'ouest de la ville que les bras d'eau de la rive droite de l'Ill jusqu'au Rhin. Seules les étapes de la canalisation de l'Ill elle-même restent pour le moment inconnues.

LES PONTS

Historique.

Les points de passage de l'Ill (et du Rhin) à l'époque romaine n'ont pas encore été localisés avec certitude. Un seul pont en bois avec trois rangées de trois pieux est connu pour un ancien lit (?) du Rhin Tortu à la Meinau. Les mêmes fouilles ont d'ailleurs mis au jour un autre pont non daté mais vraisemblablement médiéval ou moderne avec des pieux dont les sabots étaient frappés aux armes de Strasbourg (Goehner, 1917).

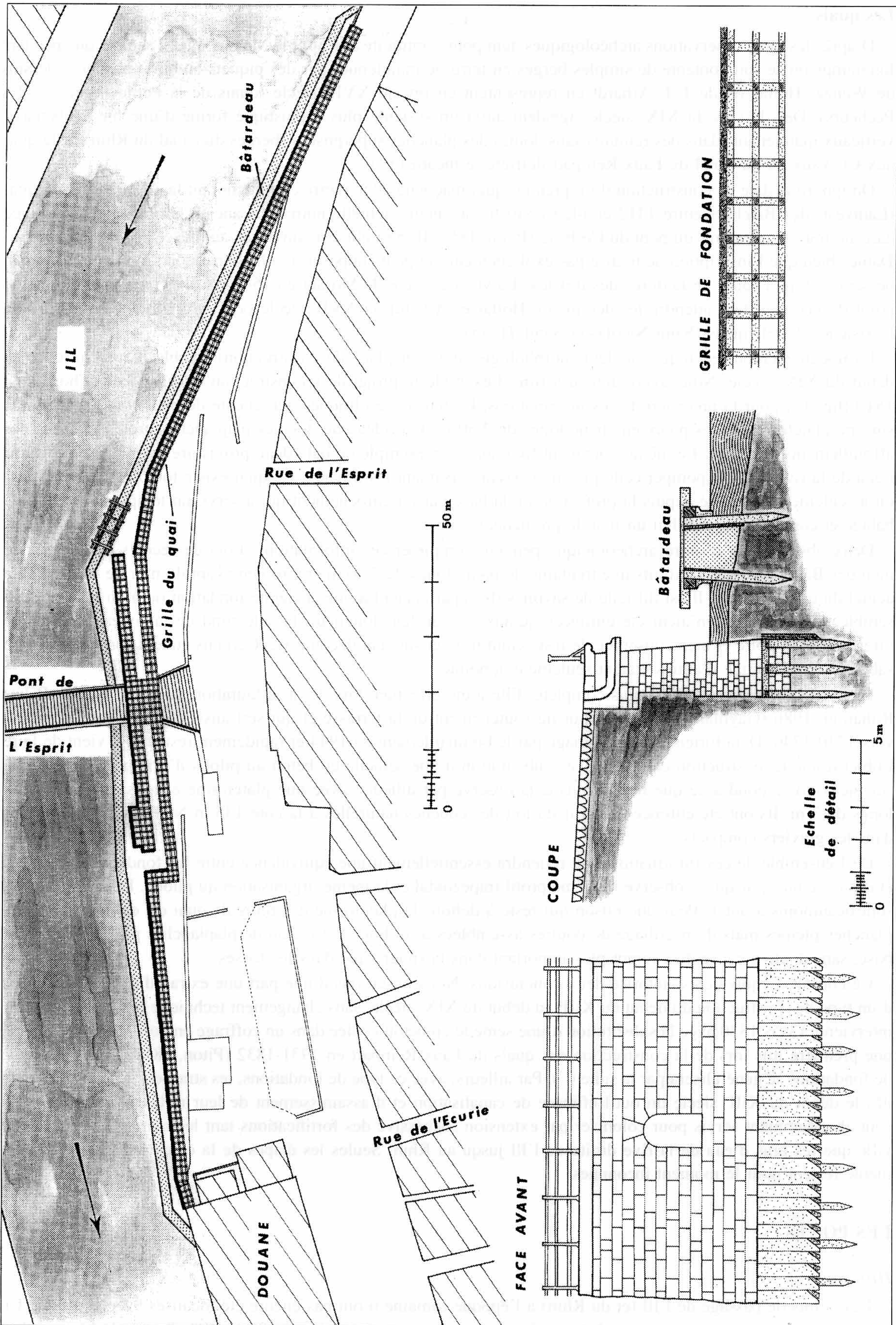


Fig. 11 Quai Saint-Thomas, 1810. Plan, coupe et élévation du nouveau quai projeté (d'après AMS, Administration de la commune, 53/727).

A partir du XII^e siècle, les mentions de ponts se multiplient dans nos sources écrites tant pour les fossés de fortifications que pour les voies internes à la ville. Le premier nommé est le pont Saint-Thomas en 1197 (Seyboth, 1890, 104), mais les plus célèbres sont les Ponts-Couverts qui barrent les bras de l'Ill à l'entrée de la ville. Construits vers 1200 en même temps que la première enceinte médiévale, ils ne sont cités qu'à partir de 1300. D'abord en bois, ils sont reconstruits en pierres en 1468 puis à nouveau en bois en 1557 jusqu'aux ponts actuels en pierre qui datent de 1864 (Seyboth, 1890, 165).

Mais ces mentions sont éparses et d'inégale qualité. Nos informations se précisent seulement avec les premiers plans : sur la vue cavalière de Specklin en 1577 (AMS, F I 1 a), on dénombre 52 ponts sur les fossés et cours d'eau de la ville. La première liste complète des ponts strasbourgeois, date de 1771 : son objectif était d'évaluer leur coût d'entretien (AMS, AA 2515). Elle dénombre 57 ponts et pontons intra muros, à l'exclusion des fossés de fortification. Ils sont tous en bois, sauf une dizaine qui ont tout ou partie des piles en maçonnerie. Aucun des ponts actuels enfin, tant sur l'Ill que sur le canal du Faux-Rempart, n'est antérieur au XIX^e siècle.

Typologie.

A partir des seuls documents d'archives des XVIII^e-XIX^e siècles, on peut distinguer deux grandes familles de ponts à Strasbourg, ceux en bois – les plus nombreux – et ceux en pierres.

Un Mémoire sur les ponts strasbourgeois fourni par la ville à l'Intendant du Dauphiné en 1769 (AMS, AA 2514) explique les raisons de cette prédominance du pont en bois encore en plein milieu du XVIII^e siècle. Dans la plaine rhénane, le pont doit répondre à deux fonctions contradictoires, le passage des hommes et l'écoulement des eaux, particulièrement en période de crue. La structure en bois semble la mieux adaptée puisque le tablier peut y être droit au contraire de la voûte maçonnée qui, trop arquée empêcherait le passage des hommes et, trop surbaissée, entraverait l'écoulement des eaux de crue.

D'après ce Mémoire, le pont-type strasbourgeois (fig. 13) est long de 12 et large de 6 m. Ses culées sont supposées être en maçonnerie. Il se compose de deux éléments essentiels, l'un vertical (la palée) au milieu du cours d'eau qui sert de support, l'autre horizontal, d'une rive à l'autre (les longerons) qui sert à la voie de roulement. La palée est formée de sept pieux en chêne, armés d'un sabot en fer, partiellement enfoncés dans le lit de la rivière au moyen d'un mouton. La stabilité est assurée par une croix en bois et un chapeau. Les longerons, également au nombre de sept, sont des poutres en sapin d'un seul tenant d'une culée à l'autre et reposant sur la palée centrale. La voie de roulement elle-même est constituée de couchis ou planches en sapin.

L'inconvénient des ponts en bois est de nécessiter de constantes réparations. Si les palées en chêne ont une durée de vie moyenne de 30 à 40 ans, les éléments en sapin s'abîment au contraire très vite : les longerons sont changés tous les trois à quatre ans et les couchis deux fois par an. Le sapin a beau être 4 à 5 fois moins cher que le chêne, le coût d'entretien est considérable. La ville, de plus, doit maîtriser le commerce du bois de sapin dont l'essentiel provient de la Forêt Noire (par flottage sur la Kinzig?).

Les divers plans de construction des ponts strasbourgeois du début du XIX^e siècle répondent effectivement à ce modèle de pont en bois mais adapté à la largeur des cours d'eau : le pont reconstruit en 1812 sur les canaux de la Spitzmühle et de la Dinsenmühle dans la Petite France mesure 40 m et comporte 4 palées (AMS, Div. VI. 428/2441). D'autres exemples pourraient être invoqués, des ponts avec culées en bois comme celui de l'hôpital militaire sur le canal du Rhin en 1845 (AMS, Div. VI, 427/2435) ou des ponts avec un système de ponts-levis pour permettre le passage des grands bateaux⁽¹⁸⁾. Mais il ne s'agit à chaque fois que de variantes du même modèle.

Quant aux ponts en maçonnerie, il en existe plusieurs types. Le plus simple est une adaptation du pont en bois avec substitution de piles maçonnées aux palées : le tablier reste droit et en bois. Un exemple est fourni par le pont de l'Esprit (ancien pont Saint-Nicolas) reconstruit en 1809 (fig. 14). Les piles sont en pierres de taille et fondées sur pilotis et plateforme en bois. Un autre type est représenté par le pont Broglie reconstruit en 1812 sur le fossé des Tanneurs (fig. 15) : il correspond aux petits cours d'eau qui ne nécessitent qu'une courte portée et qui ne sont pas navigables. Les culées en briques et en pierres avec une fondation sur pilotis sont fort proches de celles évoquées pour le pont précédent, mais une double rangée de palplanches en chêne protège de plus la base des maçonneries des affouillements par l'eau.

Ces deux types de ponts maçonnés ont coexisté depuis le Moyen Age sans doute, avec les ponts en bois. Il y manque le type avec arches voûtées et pile centrale fondée sur pieux (absence réelle ou lacune documentaire?). Ce dernier type apparaît effectivement à partir des années 1830 mais avec une fondation en béton identique aux quais contemporains⁽¹⁹⁾. Ce nouveau système est concurrencé dès le milieu du XIX^e siècle par un autre principe sans pile et avec une seule arche très surbaissée réalisée en fonte comme le pont Saint-Thomas en 1841, le pont du Corbeau en 1842, le pont Sainte-Catherine sur le fossé des Orphelins en 1838. A la fin du XIX^e siècle, on verra encore apparaître d'autres ponts de ce type mais avec arche en maçonnerie, comme le pont de la Fonderie en 1891 : en l'absence de pile, tout le poids de la poussée est reporté sur les culées transformées en énormes masses de béton dont la base du côté de l'eau est protégée par un enrochement (Strassburg und Seine Bauten, pp. 578-585).

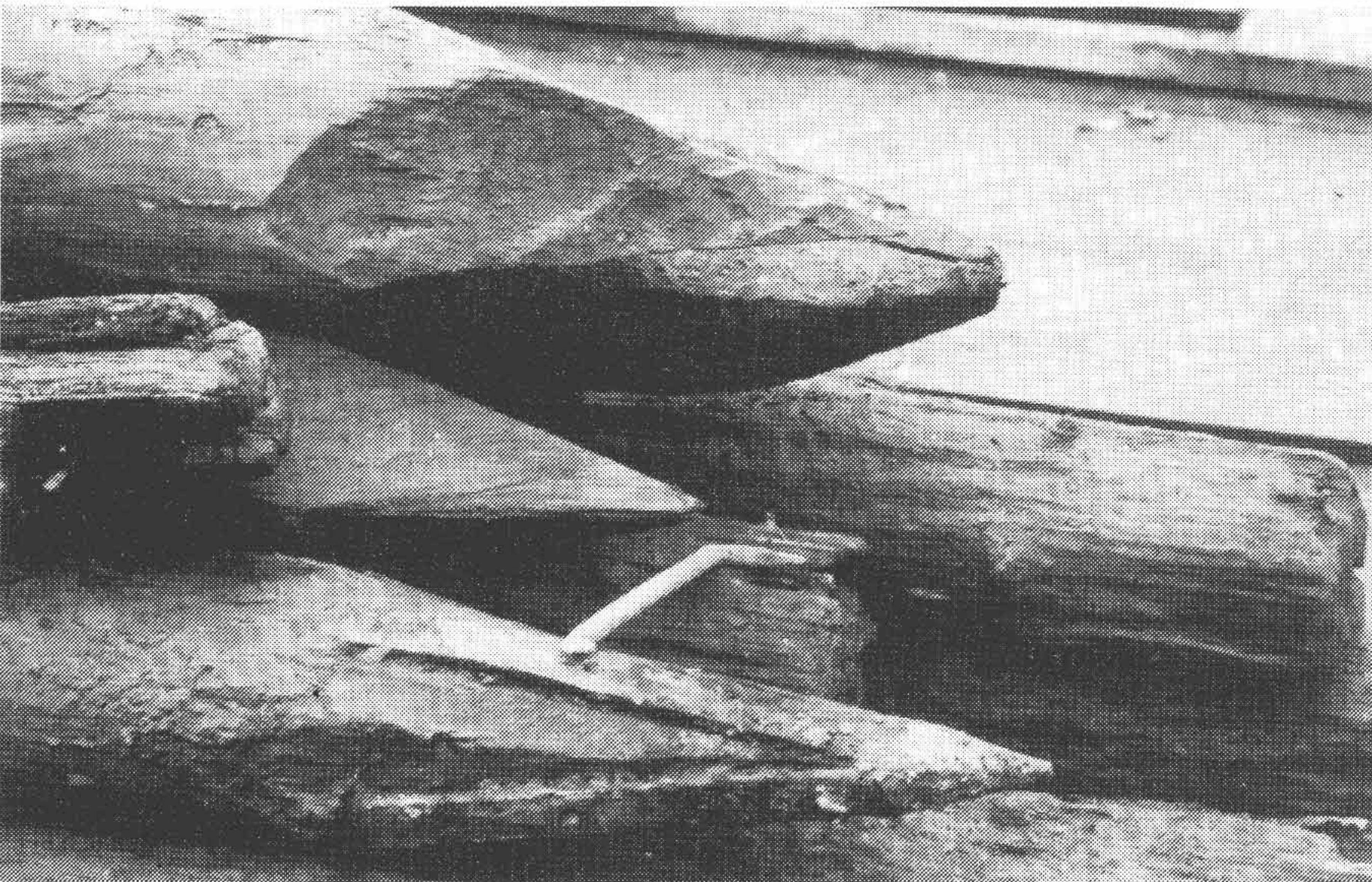
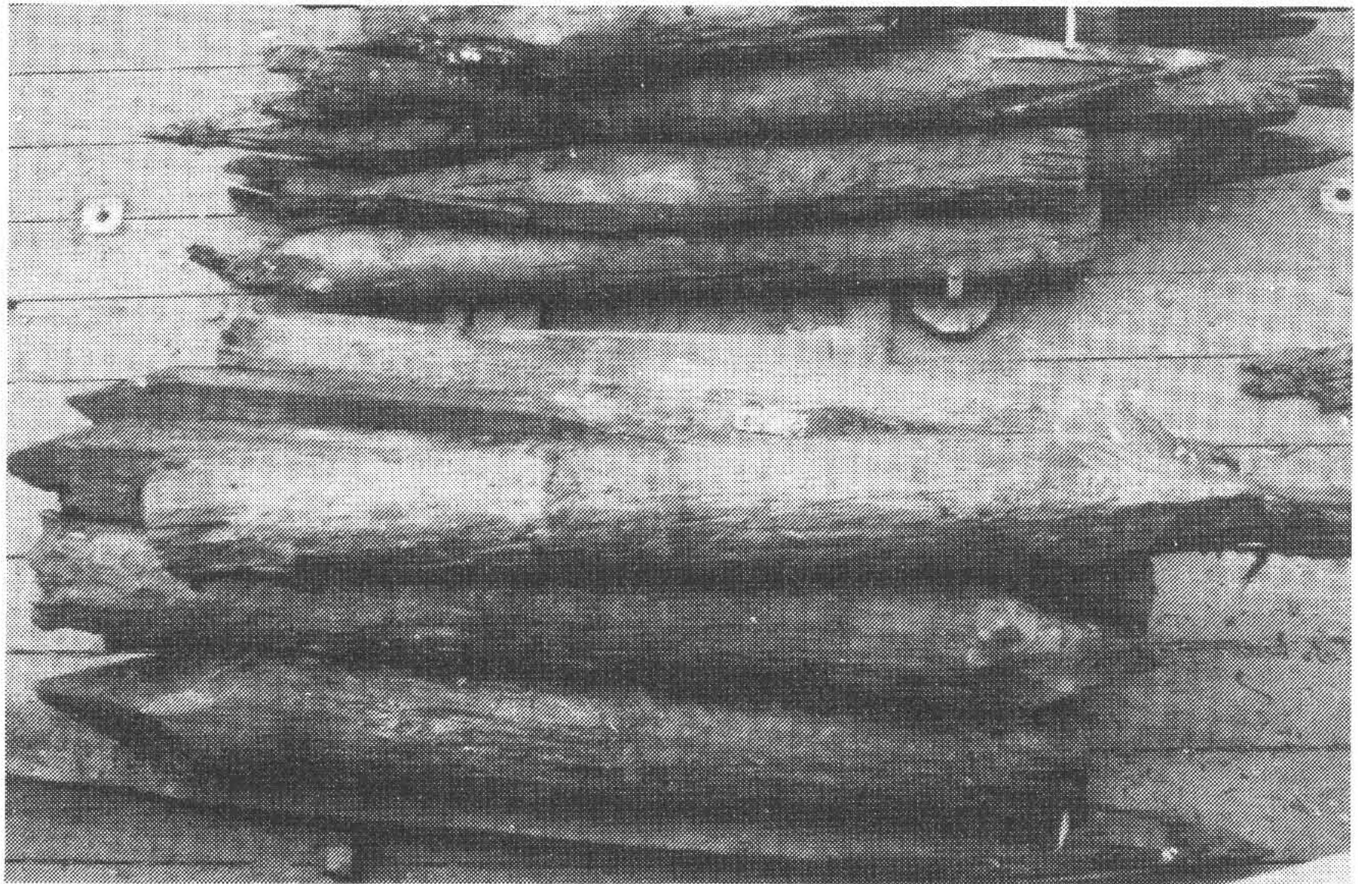
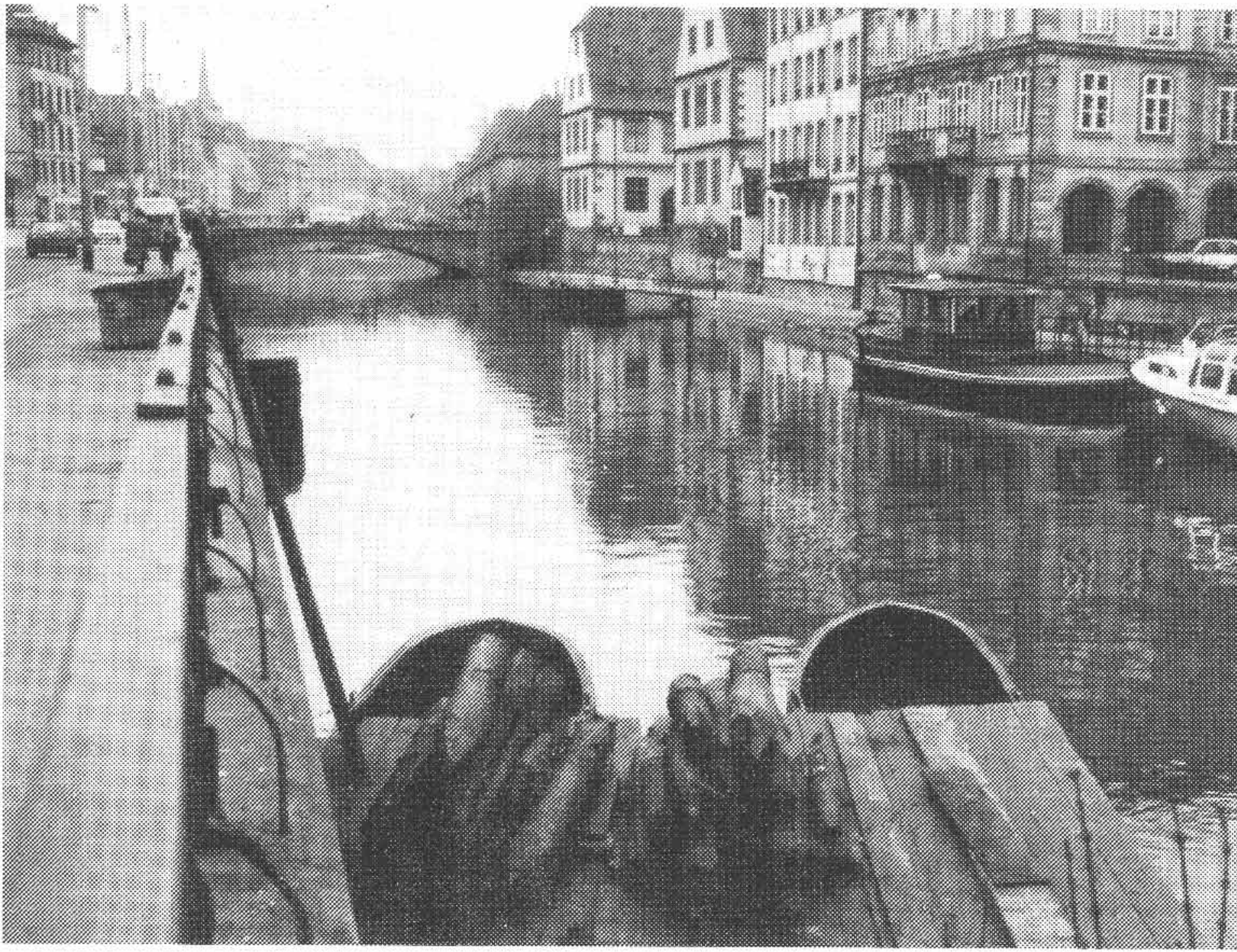


Fig. 12 Quai des Bâteliers, 1988. Pieux de fondation (ou du bâtardeau?)
extraits lors de travaux en bordure du quai (Clichés de l'auteur).

Cette typologie des ponts strasbourgeois est globalement chronologique puisqu'on passe entre le XVIII^e et le XIX^e siècle d'une prépondérance du bois à des ouvrages en maçonnerie : elle répond à une évolution des techniques mais aussi à l'abandon progressif de la navigation intra muros.

En aucun cas, elle ne signifie une méconnaissance des techniques de construction sous l'eau avant 1800 : bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'un pont, le barrage Vauban réalisé entre 1685 et 1700 est encore là pour nous le rappeler. Longue de 130 m et large de 15 m, cette « grande écluse » selon son appellation d'origine, avec son épais mur aveugle haut d'une dizaine de mètres, avait pour fonction principale d'inonder le front sud de la ville en cas de nécessité : il suffisait pour cela de fermer les treize vannes qui habituellement laissaient passer l'eau de l'Ill. D'après les plans de construction (BNUS, Ms 1796/36), les fondations sont très éloignées de ce que l'on pratiquait habituellement pour les autres ouvrages de fortifications. Au lieu du classique pilotis, nous avons ici une sorte de semelle en bois qui débordé très largement le bâtiment (de 45 m environ). Cette semelle est faite d'une double plateforme superposée, sans doute des poutres en chêne. Un rideau de palplanches la protège en amont et en aval, précédé d'une sorte de treillis de petits pieux maintenant un enrochement artificiel (fig. 16).

Les techniques de construction

La construction des quais et ponts en bordure ou dans les cours d'eau suppose des techniques et des matériaux particuliers que l'on peut aborder au travers des divers devis et avant-métrages de travaux. On y joindra certains devis techniquement plus détaillés de moulins, d'écluses et de canaux ⁽²⁰⁾ qui, ajoutés à nos informations sur les murs de fortifications, compléteront nos connaissances pour les constructions sur pilotis avant l'ère industrielle.

Les batardeaux.

Ils permettent de retenir l'eau de la rivière et de travailler au sec. Il s'agit d'une sorte de digue de forme polygonale pour les piles de pont et longitudinale pour les quais. Etablis à une certaine distance (jamais chiffrée) de l'ouvrage à construire, leur niveau supérieur est à 4 pieds (1,15 m) au-dessus des eaux ordinaires (Dinsenmühle, 1773).

Leur nature n'est pas toujours précisée : on peut supposer qu'il en existe de fort simples formés d'une seule file de pieux et de palplanches qui ne nécessitent aucun commentaire. Certains toutefois sont plus élaborés (fig. 11). Deux files de pieux, espacées de 2 m environ et maintenues par des tenailles en bois sont revêtues (à l'intérieur) d'un rideau de palplanches. L'espace entre les deux files est rempli de terre glaise bien battue et damée pour qu'aucune eau ne puisse suinter (Dinsenmühle, 1773).

Ces pieux sont généralement très longs : 6 m pour le quai Saint-Thomas en 1810. Ils sont en sapin de même que les palplanches. Pour le même quai Saint-Thomas, la ville a loué deux bateaux pendant 84 jours pour les échaffaudages nécessaires à l'enfoncement de 434 pilots. Les devis et avant-métrages précisent souvent que ces batardeaux doivent être démontés après les travaux.

L'épuisement de l'eau.

L'eau est ensuite épuisée (pompée) à l'abri de cette digue, le plus souvent avec une vis d'Archimède, parfois avec un chapelet (une chaîne avec des godets ?). On n'épuise pas seulement l'eau de la rivière mais aussi la nappe phréatique (appelée les sources par les textes) tout le temps que durent les travaux de fondation. Ceci explique la longueur et les difficultés de cette opération. Pour le quai Saint-Thomas en 1810, on utilise six vis qui exigent un relais de huit hommes par vis (soit 32 jour et nuit). L'avant-métrage des travaux estime qu'il faudra épuiser de juillet à octobre 1810 et de juin à septembre 1811 soit 46080 journées à payer.

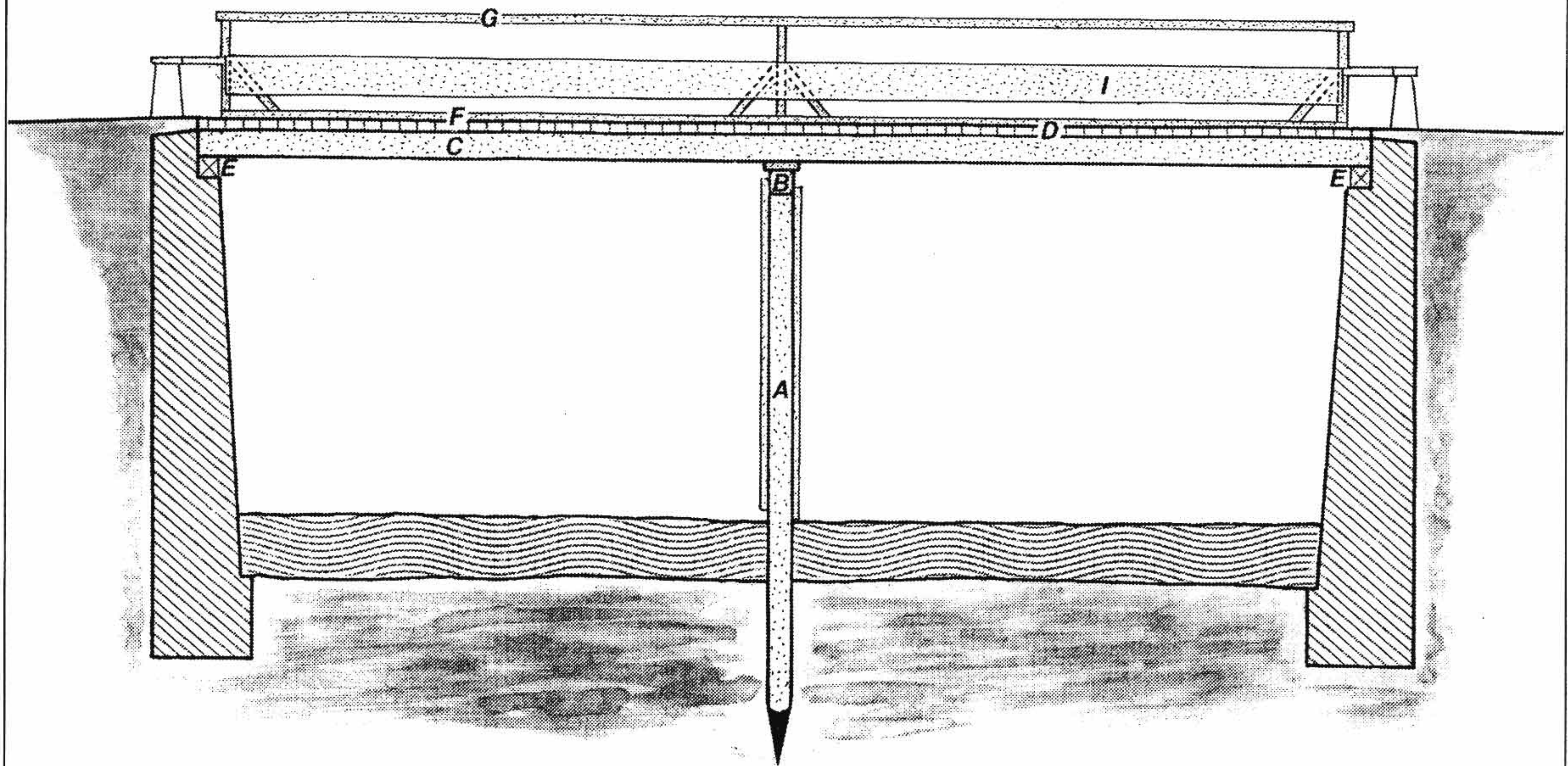
Les difficultés sont évoquées dans une demande d'une nouvelle vis adressée à la ville lors de la reconstruction de Pont-Neuf (actuel pont Saint-Madeleine). L'épuisement du batardeau de la pile se fait au moyen des deux grandes vis d'Archimède appartenant au Génie militaire. Elles ne permettent qu'une diminution de l'eau de l'ordre de un mètre à cause des nombreuses « sources » mais aussi du mauvais état de l'une des vis. On l'a certes remplacée par une troisième vis qui appartient à la ville et qui avait déjà servi lors de la construction de la culée. Mais ces trois vis ne suffisent toujours pas pour descendre à la profondeur exigée. La quatrième vis, enfin, qui avait servi au revêtement du quai est depuis longtemps hors service.

Le pilotis.

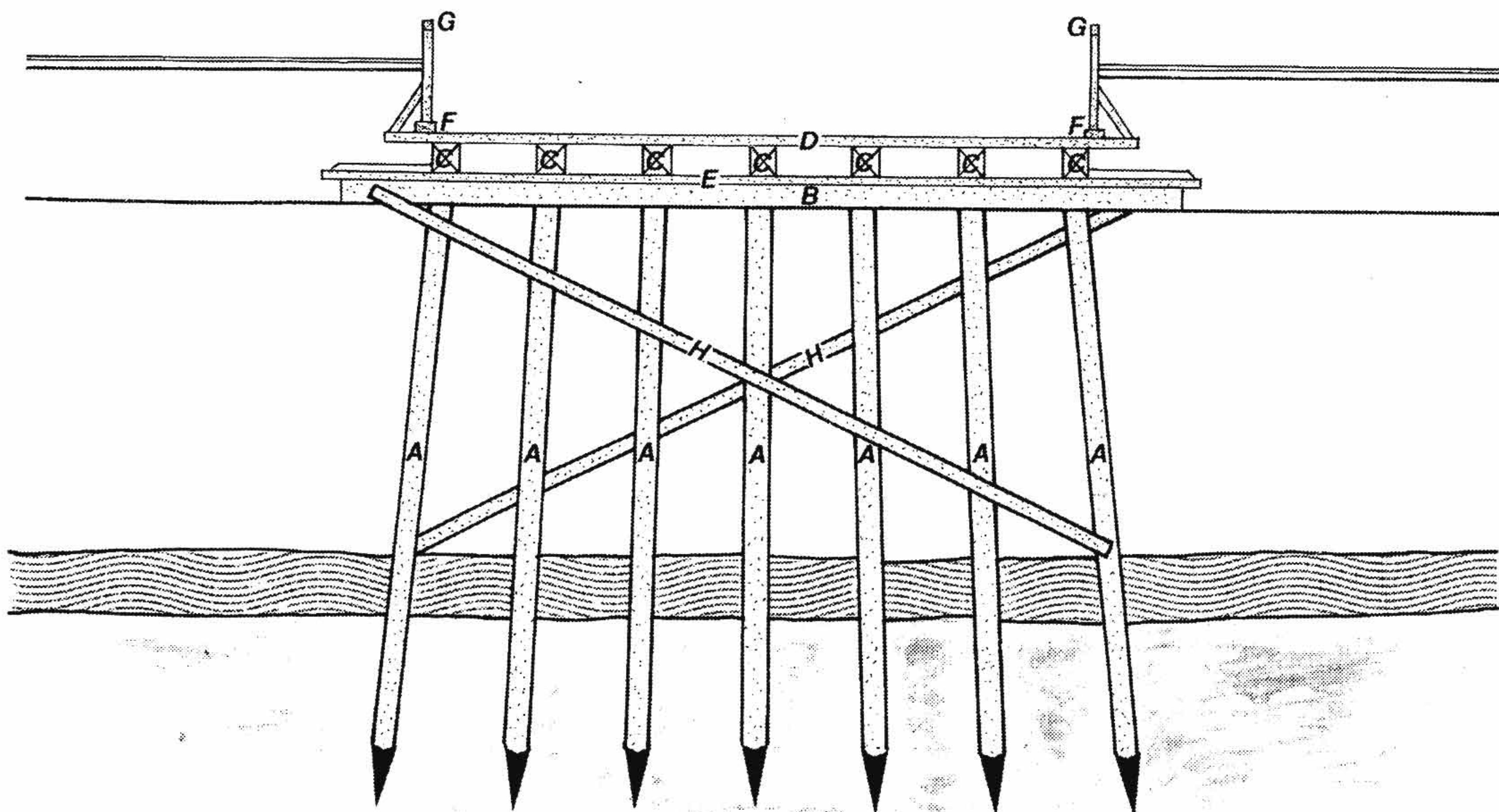
La première véritable opération de construction est l'enfoncement des pieux. Dans certains cas, elle est précédée de travaux de terrassement pour abaisser le niveau de fondation. Au quai Saint-Thomas en 1810, on « excave les terres dans l'eau » sur une largeur de 4 m et une profondeur de 2 m.

L'origine géographique des pieux n'est jamais indiquée. Ils sont presque toujours en chêne, une seule fois en bois d'orme (écluse du Rhin, XVIII^e siècle). Ils doivent être d'ancienne coupe et bien secs ⁽²¹⁾, de droit fil, sans mauvais nœuds, purgés de l'aubier, équarris à vive arête (à la hâche ou au cordeau) pour les parties hors de terre (pont St-Thomas, 1812). Les bois arrachés par le vent sont interdits (Dinsenmühle, 1773).

PROFIL



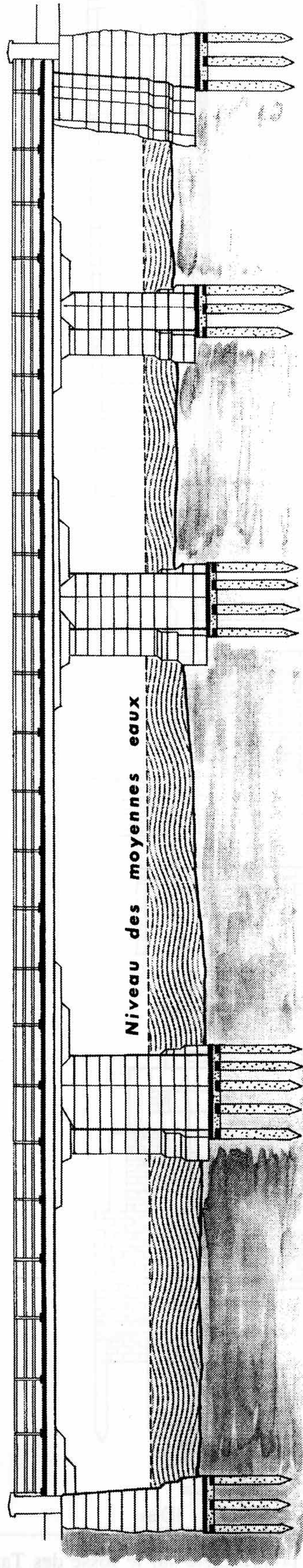
COUPE



0 3 6 TOISES

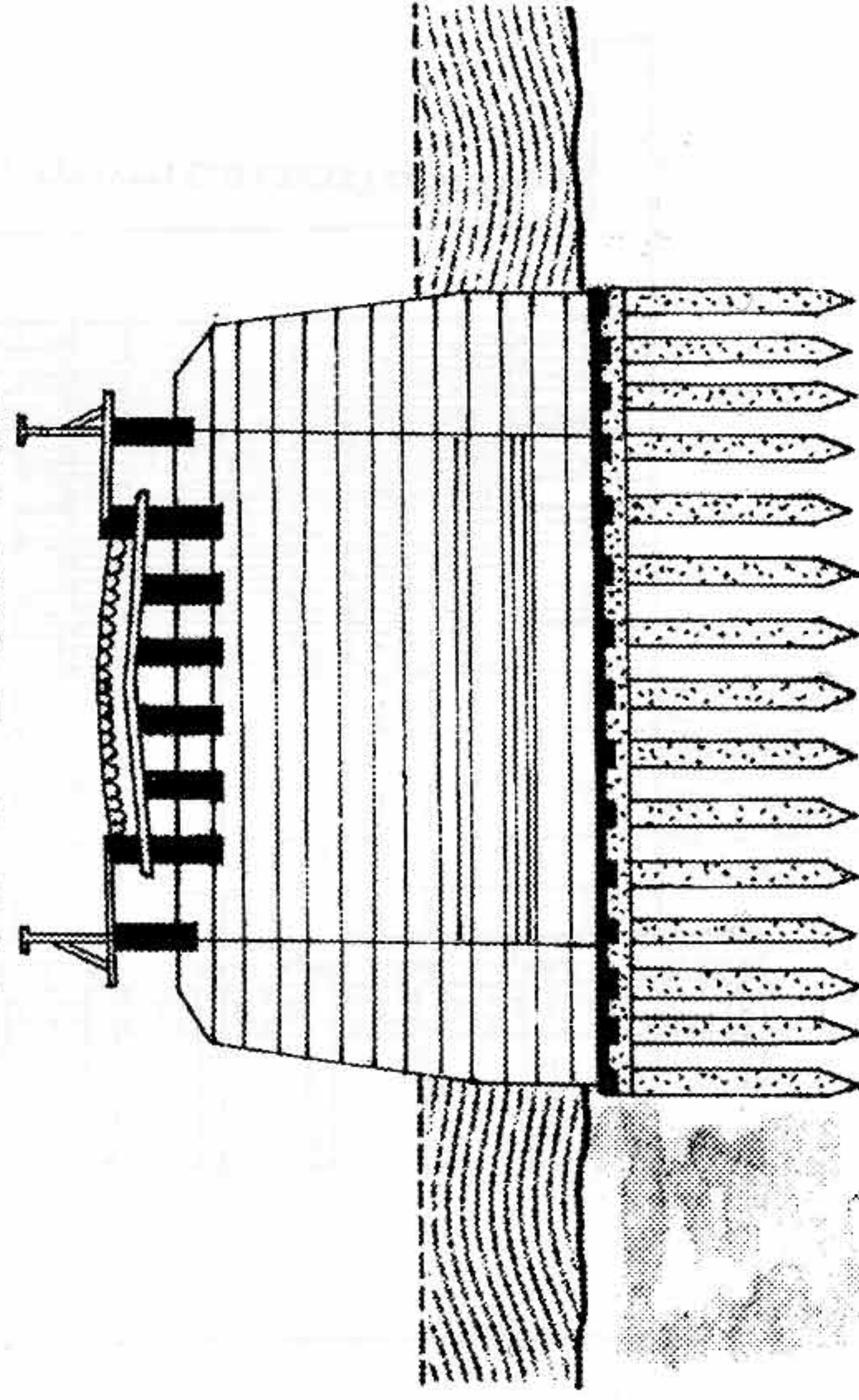
Fig. 13 Modèle de pont strasbourgeois en 1769 (d'après AMS, AA 2514). (1 toise = 1,949 m).
 A: pieux; B: chapeau; C: longerons; D: couchis; E: couronnement; F-G.:garde-fou; H.: croix.

PROFIL



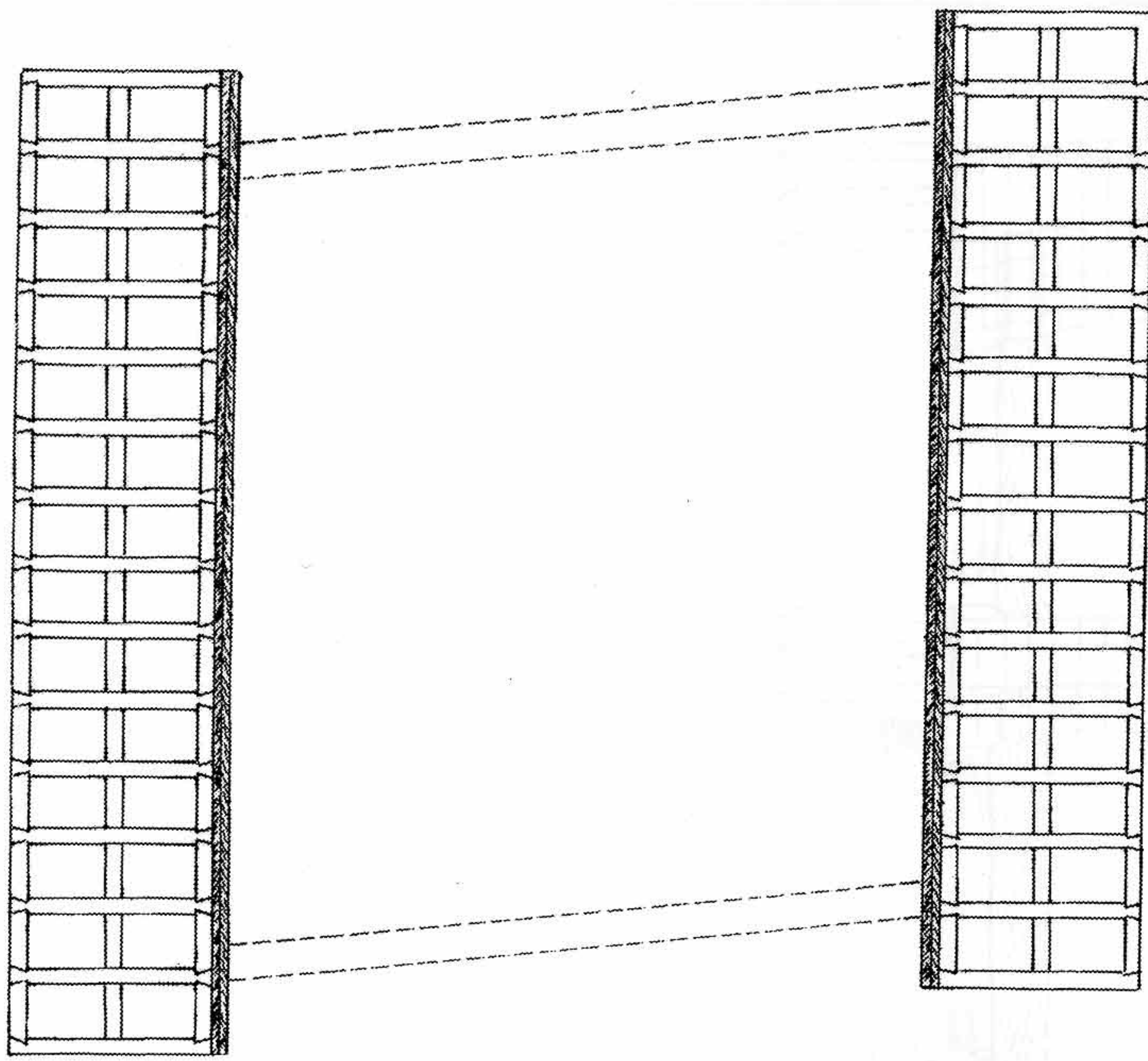
Niveau des moyennes eaux

COUPE D'UNE PILE

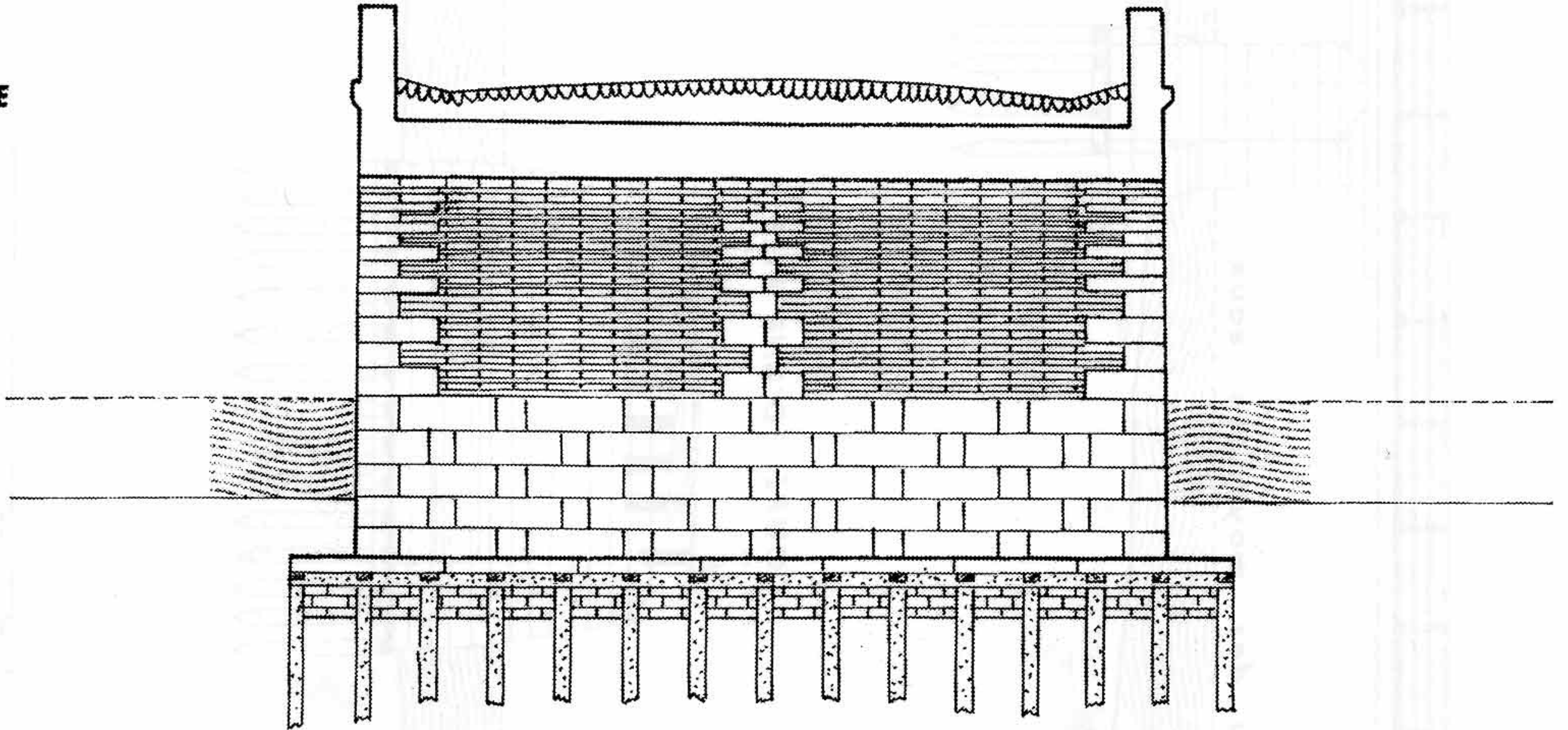


0 10 m

GRILLAGE DE
FONDATION



COUPE



ELEVATION

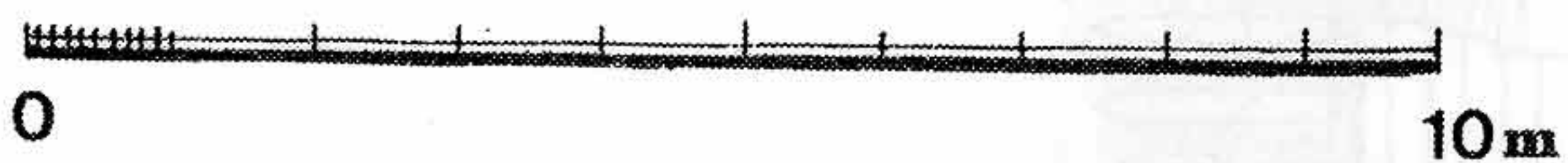
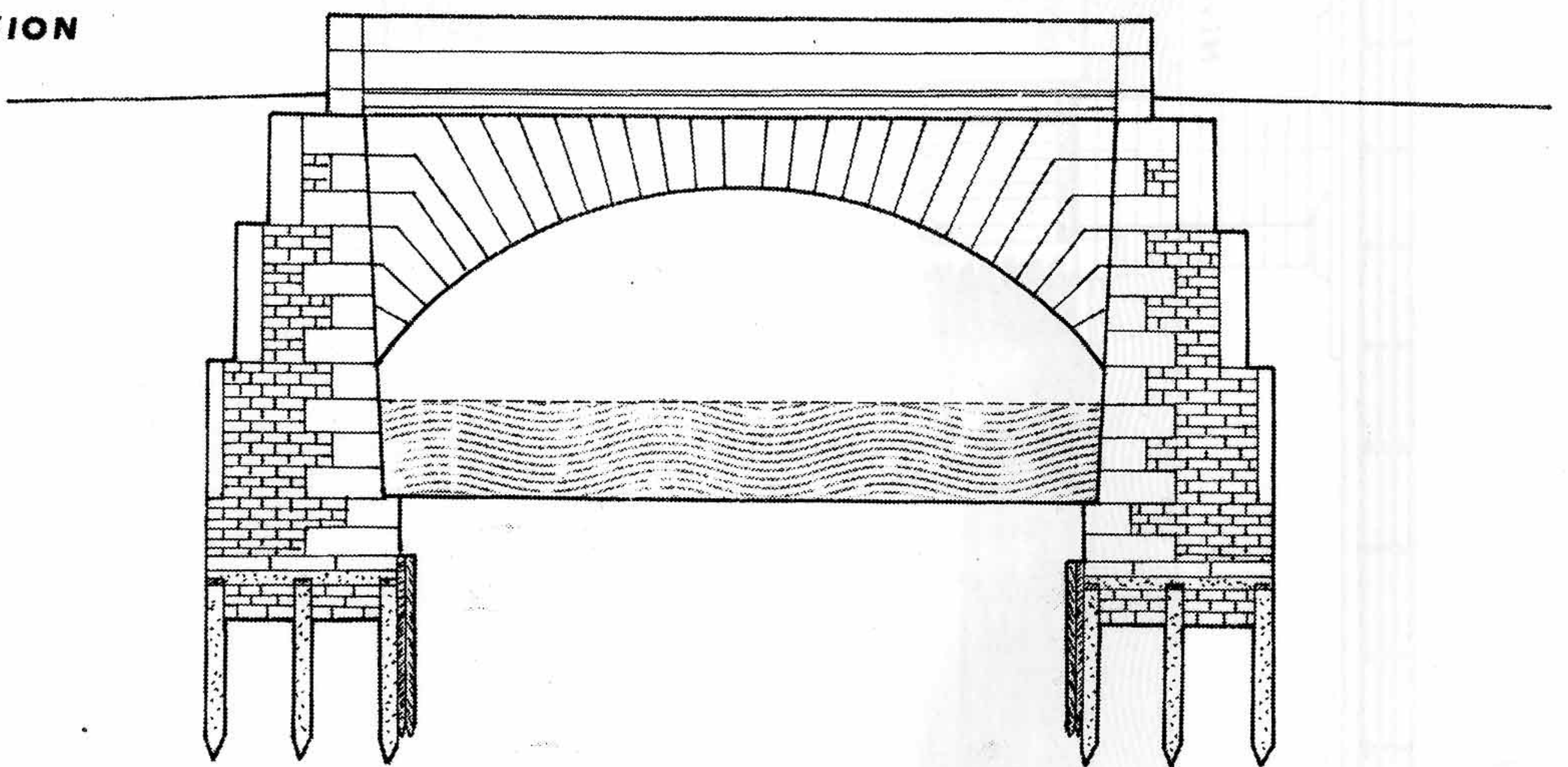


Fig. 15 Pont Broglie, 1812. Plan, coupe et élévation du nouveau pont projeté sur le fossé des Tanneurs (d'après AMS, Div. VI 426/2428).

Pour les quais et culées de ponts, ils sont disposés sur trois files et espacés de 1 m (3 pieds pour l'Ecluse du Rhin). Ainsi, pour les 236 m du nouveau quai St-Thomas en 1810, on a utilisé 700 pieux.

Leur longueur est variable. Ils mesurent en général 2,50 m pour 0,20 m de section (quai St-Thomas) et parfois 5 m (quai St-Nicolas). Pour les palées de ponts, ils peuvent atteindre près de 6 m, mais une grande partie reste hors de l'eau. Leur pointe est souvent armée d'un sabot en fer, forgé et cloué, tiré des forges de Framont ou de Rothau (près de Schirmeck).

Ils sont enfoncés ou battus avec un mouton dont le poids est variable, en raison sans doute de l'importance de la difficulté (longueur du pieu, nature du sol): il pèse 500 à 600 livres (écluse du Rhin), parfois jusqu'à 400 kg (quai St-Nicolas). Les textes distinguent entre les sonnettes à bras et les moyennes sonnettes, ces charpentes qui permettent de guider le mouton, sans qu'il soit possible de définir leur puissance respective.

Les pieux sont toujours battus à refus de mouton c'est-à-dire lorsqu'ils ont éprouvés 30 à 36 coups sans enfoncer (quai des Bâteliers). La tête du pieu doit être coupée d'équerre de manière à recevoir le coup de mouton bien d'aplomb (canal de la Bruche). Parfois, le pieu est recépé – recoupé et remis à niveau – après le battage pour éviter d'avoir des plateformes bombées (écluse du Rhin). Généralement enfoncés droits, certains doivent être inclinés du côté des terres pour mieux résister à leur poussée (idem).

Le rythme d'enfoncement est variable selon leur longueur et la nature du sous-sol. D'après le Mémoire des ponts de 1769, il faut entre 2 et 4 jours à 26 hommes pour une palée de sept pieux longs de 7,80 m. Pour les pieux des quais, plus courts, le rythme est sans doute plus rapide.

La plateforme.

Sur ces pieux, on cloue généralement une plateforme ou, plus précisément, un grillage en chêne. Ses poutres – longrines et traversines – ont 20 cm de section et sont assemblées à mi-bois et queue d'aronde à la rencontre de chaque pieu. Leur bois doit être de même qualité que les pieux. Dans certains cas, on pose encore sur ce grillage une plateforme supplémentaire faite de madriers assemblés à joints plats et fixés sur les longrines par de fortes broches (quai des Bâteliers).

Le cas tout à fait exceptionnel de l'écluse du Rhin au XVIII^e siècle doit être cité en entier parce qu'il montre quel soin on pouvait apporter aux fondations sous l'eau. Le devis concerne la construction du fond (les techniciens actuels parleraient de plafond) de l'écluse qui doit vraisemblablement être étanche aux entrées d'eau autres que celles des vannes pour une meilleure efficacité.

« Au-dessus du grillage, on posera un plancher de sapin de 3 pouces (8 cm) d'épaisseur. Elles seront mises dans un lit de mortier fin de quelques lignes (1 cm) au-dessus du grillage pour que, quand elles seront arrêtées, le mortier sorte et gonfle par les joints afin qu'il ne reste aucun vide sous le plancher.

Les planches seront bien jointes les unes aux autres et chevillées par des clous ébarbés (sans bavures) de 7 à 8 pouces (21 cm) de long et de 6 lignes (1,3 cm) d'épaisseur, entortillés dans le milieu d'un peu d'étoupe pour ne laisser aucun passage à l'eau. Les trous seront percés avec une tarière de 5 lignes (1,1 cm) de diamètre seulement afin de les enfoncer à force.

Après avoir calfaté les joints du premier plancher, on y brûlera de la paille pour le faire sécher et on goudronnera toute sa superficie sur laquelle on étendra un lit de 3 lignes (0,6 cm) d'épaisseur de la plus fine mousse de marais. On y posera ensuite le second plancher de bois de chêne de 3 pouces d'épaisseur qui sera bien goudronné par-dessous et attaché avec la même précaution que le premier. »

Les palplanches.

Elles constituent le dernier des trois éléments en bois de la fondation et assurent, non plus le support des maçonneries, mais la protection contre les affouillements: sans ce rideau continu de planches, l'eau de la rivière viendrait enlever les terres et le gravier sous le grillage et donc déstabiliser à terme l'ouvrage.

Ces planches doivent être de même qualité que les pieux. Epaissees de 10 cm et larges de 30 cm (quai des Bâteliers), elles sont longues de 1,50 m (quai St-Thomas) à 3 m (pont Ste-Catherine).

Enfoncées au mouton comme les pieux, elles ont souvent un sabot en fer. La plupart du temps, elles sont disposées sur deux rangs jointifs, clouées au longrines du grillage. La première rangée a 5 pouces (13 cm) d'épaisseur et le recouvrement 3 pouces (8 cm) (écluse du Rhin). Elles sont évidées sur le côté par une rainure et appointées vers le bas en sorte qu'en les enfonçant, elles cherchent à se joindre les unes aux autres (idem).

CONCLUSION

Au terme de cette présentation des constructions sur pieux à Strasbourg, plusieurs éléments de réponse peuvent être apportés aux questions posées au départ.

Chronologie. Inconnus à l'époque romaine, sauf pour les ponts, les pieux semblent utilisés une première fois pour la cathédrale de l'évêque Wernher vers 1015. Il s'agit là d'un système pour le moment unique puisque ces pieux sont fichés dans le « lett » superficiel et non dans le gravier aquifère comme les autres à venir: cette originalité

grande Ecluse de l'entrée des eaux de la Rivière d'Il, & la Courtine S. Jean où est
bas de la grande Ecluse de Strasbourg;

Profil coupé extraier du grand passage A, de la
grande Ecluse & du magasin des vivres;

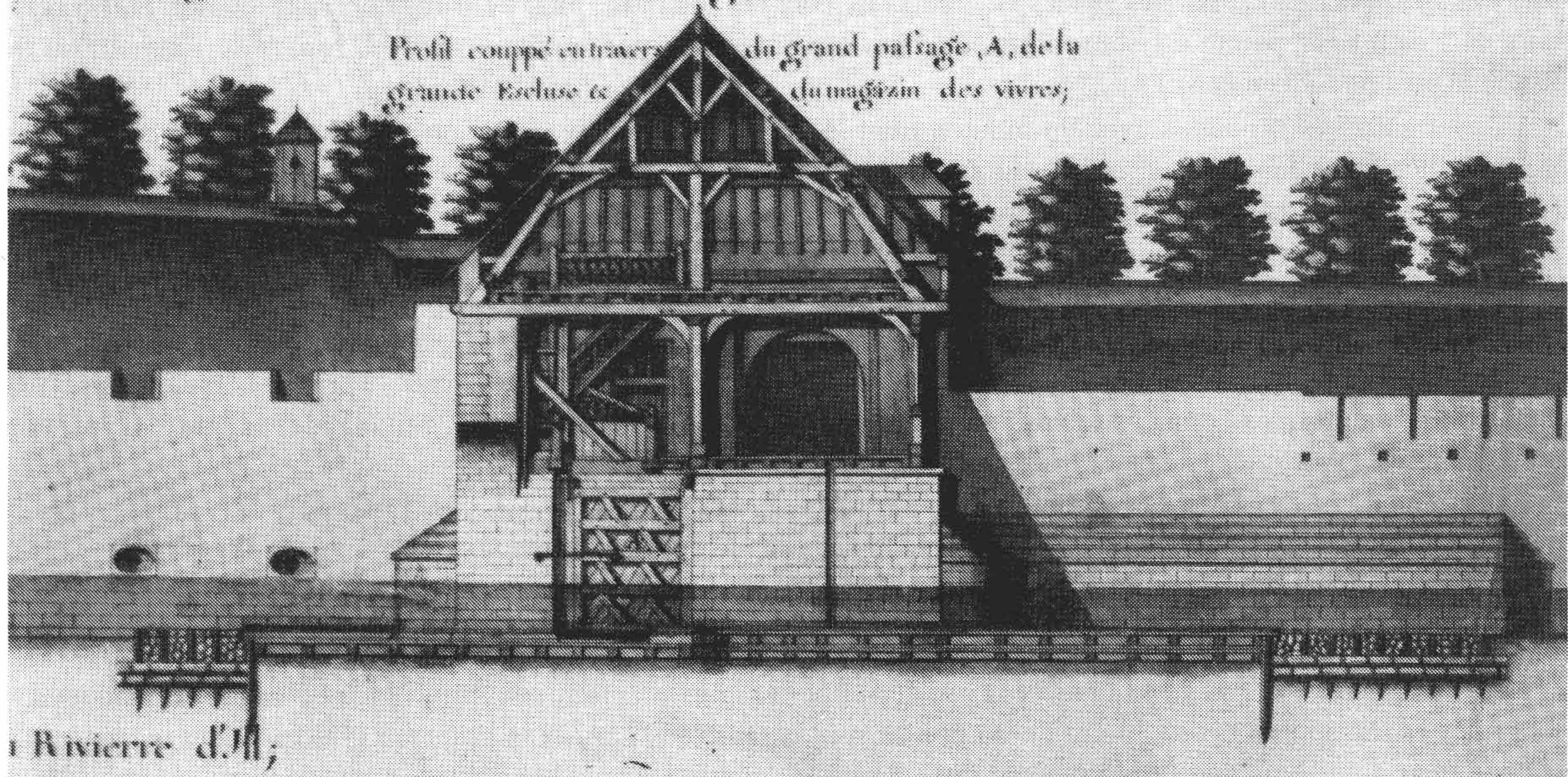


Fig. 16 Barrage Vauban, 1685 (?) Coupe extraite de «Plans, profils et élévation de la Grande Ecluse de Strasbourg» (BNUS, Ms 1796/36, sans date ni échelle) (Cliché BNUS).

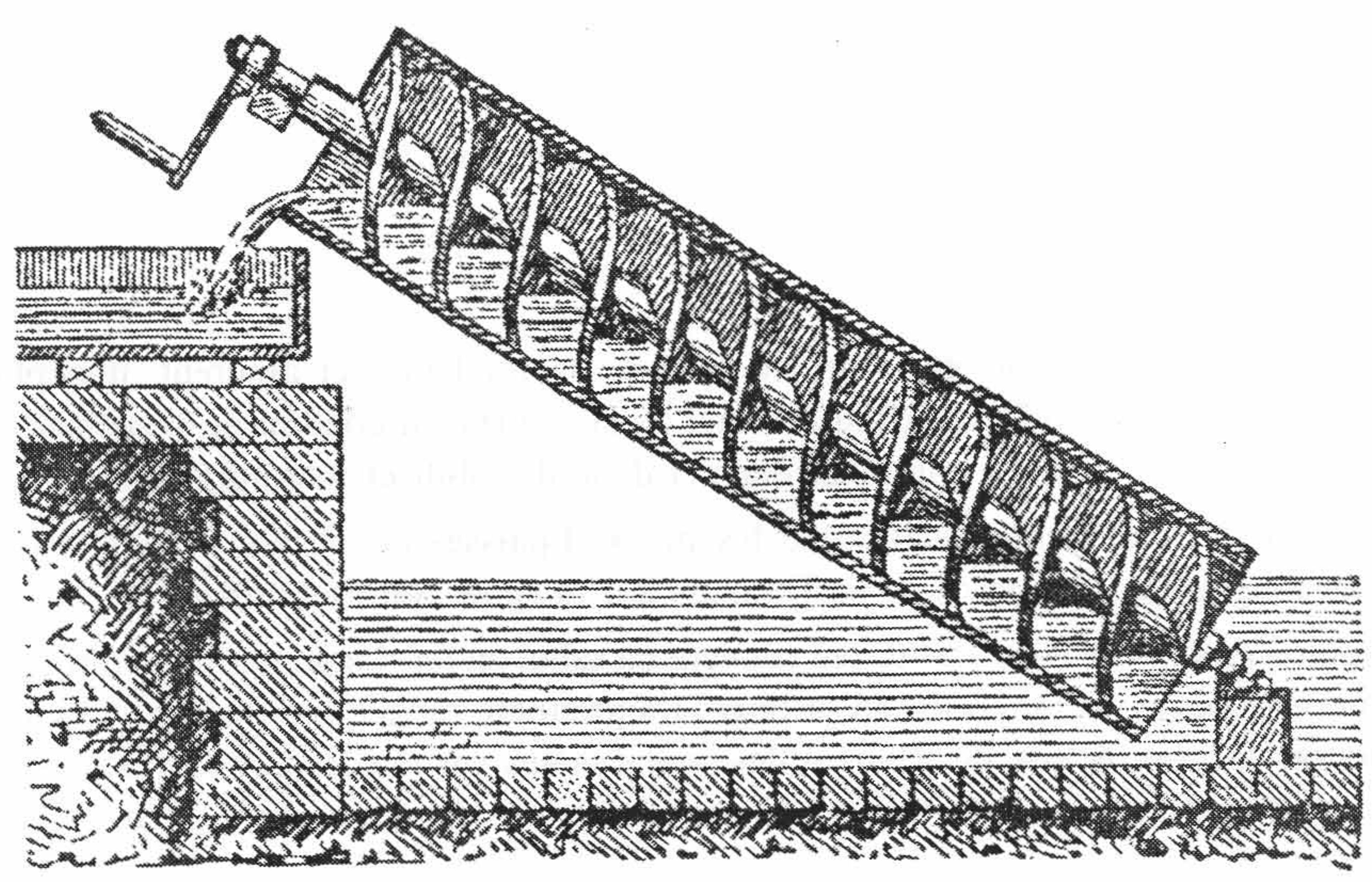


Fig. 18 Vis d'Archimède (Extrait de l'article «Vis» de Chabat, Dictionnaire, V, 657)

pourrait correspondre aux tâtonnements d'un nouveau type de fondations. Vers 1200, ce nouveau type est maîtrisé et la qualité architectonique du sous-sol graveleux de la ville reconnu : les enceintes en pierre et vraisemblablement les murs de quai l'emploieront systématiquement. Ce mode de fondation atteint son extension maximale aux XVIII^e et XIX^e siècles puis sera rapidement remplacé par des semelles en béton à partir des années 1830.

Typologie des constructions et des pilotis. Elle est encore très incomplète mais une nette distinction apparaît d'ores et déjà entre les ouvrages immédiatement en bordure des eaux de surface et les autres. Les premiers – ponts, quais mais aussi enceintes ou moulins – sont fondés sur une charpente ou chassis en bois soit des pieux, plateforme et palplanches assemblés et cloués alors que pour les autres – cathédrale et caserne Barbade – la tête des pieux est directement noyée dans la maçonnerie.

La raison d'être des premiers est aisée à déterminer : le pilotis sert d'ancrage dans le gravier à des ouvrages maçonnés, en-dessous du plafond de l'eau, leur évitant affouillement et déstabilisation. Bien connu pour les ponts et quais (Mesqui, 1986), ce système ne semble pas encore avoir fait l'objet d'observations développées sur les enceintes ailleurs qu'à Strasbourg (22). Il existe néanmoins pour l'enceinte médiévale de Villingen en Bade-Württemberg (Jenisch, 1987) et la fausse-braie réalisée par Specklin à Ensisheim vers 1580 (Fischer, 1988). Ces observations devraient d'ailleurs aussi se faire par défaut : ni Bâle (D'Aujourd'hui, 1988), ni Rosheim (Vivre au Moyen Age, p. 114) ni Haguenau au XIII^e siècle (23) n'en possédaient : le substrat géologique mais aussi la nature des fossés – immédiatement en contact avec la courtine ou non – sont évidemment déterminants.

Il est plus difficile d'analyser les constructions éloignées des eaux de surface à partir de nos rares exemples. Il apparaît toutefois que la fonction de ce pilotis n'est plus de protection contre les affouillements latéraux mais de répartition des charges verticales. Par ailleurs, il n'est pas assuré qu'il y ait une relation directe et obligée entre la masse d'un bâtiment et l'existence de pilotis : la maison gothique du 15, rue des Juifs à Strasbourg (Istra) qui a récemment fait l'objet d'une étude archéologique (Vivre au Moyen Age, pp. 61-66) est de mêmes proportions que la caserne Barbade mais ne comportait pas de pieux. Peut-être faut-il envisager un paramètre chronologique avec le développement des écoles d'Ingénieurs au XVIII^e siècle. La cathédrale reste malgré tout un cas énigmatique du fait même de la disproportion entre les fondations – 6 m de murs et un ancien pilotis – et la partie hors-sol – 70 m pour la nef et 142 m pour la flèche.

C'est même ce cas tout à fait original qui incite à poursuivre les recherches pour rassembler une documentation plus complète de façon à mieux pouvoir cerner ce mode de construction médiéval et moderne à fleur d'eau.

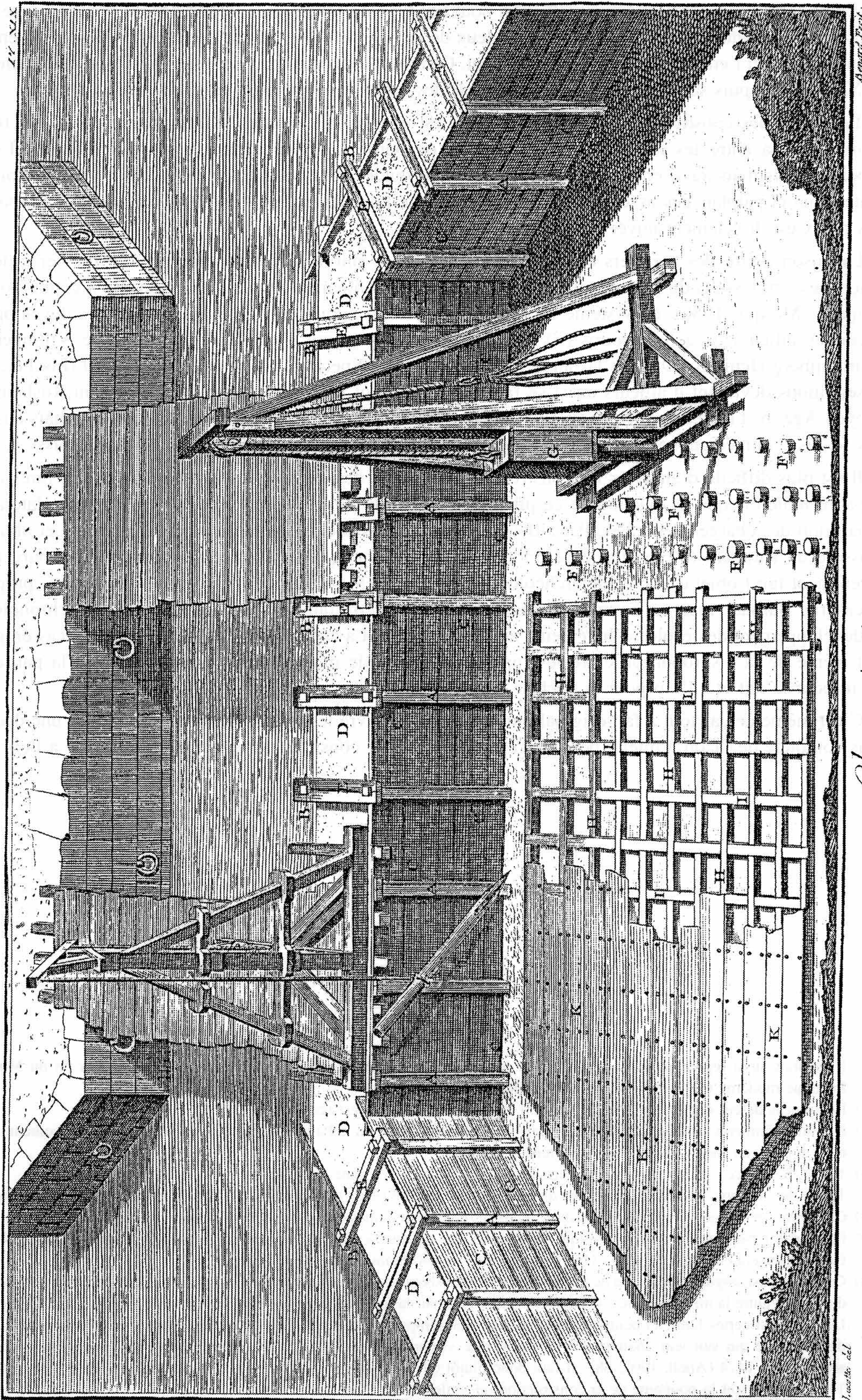
NOTES

- (1) Il faudrait aussi reprendre dans cette enquête les fondations sur sabots en bois des puits et latrines de la fin du Moyen Age et de l'époque moderne (Schwien - Maire - Schneider - Ursat, 1988).
- (2) Références de ces documents : AMS, VI. 600. Une partie des plans est cotée : C.I. 92.
- (3) D'autres bâtiments ont encore été repérés, tels l'Ancienne Douane ou le Palais Rohan, mais ils restent pour le moment atypiques, leurs murs fondés sur pieux servant en même temps de quai.
- (4) 1 pied de France = 0,324 m. – 1 pouce de France = 0,027 m. – 1 ligne = 0,0022 m.
Toutes les mesures anciennes indiquées dans cet article sont en pieds de France (1 pied = 12 pouces, 1 pouce = 12 lignes).
- (5) Ces termes techniques sont explicités dans le chapitre des techniques de construction des ponts et quais.
- (6) Le niveau moyen de la nappe phréatique dans ce secteur se situe à 135,50 m (Schwien, Schneider, Maire, Ursat, 1988).
- (7) Cette analyse a été réalisée par C. Orcel, Archéolabs, 38840 Saint-Bonnet-de-Chavagne.
- (8) Ce résultat est singulier en regard de l'historiographie strasbourgeoise qui plaçait la construction de cette enceinte – en fait le creusement du fossé – entre la mi-novembre 1475 et la mi-mars 1476 sur la foi d'un texte contemporain, relatif à un siège de Charles le Téméraire. Le hiatus est certes faible et peut très bien résulter d'un temps de stockage. Mais on sait maintenant que les bois sont employés verts dans l'année qui suit leur abattage. Or une tour dite « Scharffen Eck », située à proximité, est déjà construite, toujours d'après les archives, en 1474 (Apell, 1902, 68) : il faut donc plutôt envisager la construction de ce mur en même temps que la tour, le texte de 1476 relatant soit la poursuite de la construction ou seulement le creusement du fossé sous la pression des événements.
- (9) Le profil du mur est connu d'après un dessin de 1672 (AMS, F II a 12). Le profil des remparts de terre a été relevé sur les plans-reliefs de 1725 (Musée Historique de Strasbourg) et de 1836 (Minutes conservées au Musée des plans-reliefs à Paris).
- (10) Le devis de construction de l'enceinte sur la rive opposée de l'III (actuelle place Saint-Marguerite) daté de 1672 livre d'autres chiffres : pour 100 m de murs, on escompte 1550 pieux sur 5 rangs, 77 planches de 6,35 à 8,00 de long et 475 clous pour maintenir les planches (AMS, F II b 38).
- (11) Références de ces textes : AMS, Prot. XIII 505, fol. 164, 320 ; Prot. XIII, 506, fol. 4 ; Bauherren, VII, 1355 ; Bauherren, IV, 87 g.

PLANCHE XIX.

Cette Planche représente la manière dont on s'est toujours servi jusqu'à présent pour piloter.

- A & B, files de pieux du bâtardeau.
- C, madriers posés de champ.
- D, intervalle rempli de terre graisse.
- E, moises.
- F, files de pieux de la pile.
- G, mouton.
- H, longrines.
- I, traversines.
- K, plates-formes.



Charpente Fondation de piles.

Fig. 17 Modèle de construction d'une pile de pont au XVIII^e siècle avec bâtardeau (D), grillage et pilotis de fondation (F, H, K) et mouton pour enfoncer les pieux (G)
(Extrait de l'article « Charpente » de Diderot -d'Alembert, 1751-1772).

- (12) Un mémoire descriptif des fortifications en 1683 apporte des informations précieuses à ce sujet : l'eau des fossés est celle de la nappe phréatique (Quell-Wasser) mais varie en fonction du niveau du Rhin entre 2 et 4 pieds (0,60 à 1,20). La hauteur d'eau n'est pas la même partout : elle est au plus haut sur le front sud alors qu'à la porte des Pêcheurs, le fossé est généralement sec. Ils sont généralement très poissonneux en carpes (EIGENTLICHER BERICHT).
- (13) H.-J. SCHMIDT est l'auteur du plan du projet établi dès 1650 (AMS, F II g 6).
- (14) Tous ces exemples ont fait l'objet de notices avec références bibliographiques dans le récent catalogue d'exposition VIVRE AU MOYEN AGE.
- (15) Cette enquête a été réalisée dans le cadre d'une étude sur les obstacles en sous-sol et les fondations existantes de l'Avant-Projet Détaillé du Métro de l'agglomération strasbourgeoise en 1988. Elle est publiée ici avec l'aimable autorisation du GETAS, maître d'ouvrage.
- (16) Pour une vue plus générale des quais de Strasbourg mais aussi des ponts, on renvoie le lecteur à l'ouvrage de Foessel-Klein-Ludmann-Faure, 1984, très riche en illustrations des XVI-XIX^e siècles conservées au Cabinet des Estampes : il comporte tous les documents figurés cités sans références particulières dans cet article.
- (17) Voir par exemple les plans et profils du nouveau quai Finkwiller en 1838 (AMS, Div. VI, 428/2443).
- (18) Voir les exemples de ponts-levis in Foessel-Klein-Ludmann-Faure, 1984.
- (19) Voir par exemple le projet du pont Saint-Thomas (non réalisé) en 1837 aux AMS, DIV. VI, 428/2443.
- (20) Liste des références utilisées et simplement rappelées par leur titre dans le corps de l'article :
- Canal de la Bruche, 1812.* Devis des ouvrages pour l'entretien annuel du canal de la Bruche (AMS, Administration de la Commune, 50/682).
- Dinsenmühle, 1773.* Devis des travaux à effectuer au moulin dit Dinzenmühl (en allemand) (AMS, IV, 83).
- Ecluses du Rhin, XVIII^e siècle.* Devis des ouvrages pour la construction de deux écluses et du sas derrière le péage du Rhin (sans date) (AMS, AA 2092).
- Pont de l'Esprit, 1809.* Devis pour la reconstruction du pont de l'Esprit (AMS, Administration de la Commune, 52/706).
- Pont Neuf, 1822.* Devis pour la reconstruction du Pont Neuf (AMS, Div. VI, 428/2439).
- Pont Sainte-Catherine, 1839.* Avant-métrage des travaux pour la reconstruction du pont Sainte-Catherine (AMS, Div. VI, 427/2429).
- Pont Saint-Thomas, 1812.* Devis pour la construction du pont Saint-Thomas (AMS, Div. VI, 428/2443).
- Pont Saint-Thomas, 1837.* Avant-métrage des travaux pour le nouveau pont Saint-Thomas (AMS, Div. VI, 428/2443).
- Quai des Bâteliers, 1822.* Devis pour la reconstruction du quai des Bâteliers (AMS, Administration de la Commune, 53/723).
- Quai Saint-Nicolas, 1853.* Cahier des charges pour la reconstruction du quai Saint-Nicolas (AMS, Div. VI, 430/2457).
- Quai Saint-Thomas, 1810.* Avant-métrage des travaux pour la reconstruction du quai Saint-Thomas (AMS, Administration de la Commune, 53/727).
- (21) Cette clause, répétée dans tous les devis ne correspond pas à ce qui a été observé pour le moment sur les pieux d'enceintes ou de la caserne Barbade à partir des analyses dendrochronologiques qui montrent au contraire qu'ils étaient utilisés verts.
- (22) Cet état des connaissances est évidemment lié à notre « couverture » bibliographique. Il est vraisemblable qu'on ait observé et publié ponctuellement des enceintes fondées sur pieux mais ce système n'est pas encore devenu un objet de recherches spécifiques donnant lieu à des articles étoffés.
- (23) D'après les fouilles récentes et inédites de Jean-Marie Mengus.

BIBLIOGRAPHIE

- APELL F.v., *Geschichte der Befestigung von Strassburg in Elsass vom Wiederaufbau der Stadt nach der Völkerwanderung bis zum Jahre 1681*, Strasbourg, 1902.
- CHABAT P., *Dictionnaire des termes employés dans la construction*, Paris, Morel, 2^e édition, 5 vol., 1881.
- CHARLES E., Etude dendrochronologique d'un pieu en chêne provenant de Mittelhausen, dans *Etudes Médiévales*, II, 1984, pp. 75-82.
- CZARNOWSKY CH., Deux fondations en pilotis trouvés à Wissembourg, dans *C.A.H.A.*, 1946, pp. 225-231.
- D'AUJOURD'HUI R., *Die Entwicklung Basels vom keltischen Oppidum zur hochmittelalterlichen Stadt*, Bâle, 1988.
- DIDEROT D., D'ALEMBERT J., *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Paris 1751-1722 (Reprint par le Cercle du Livre Précieux), 1964.
- EIGENTLICHER BERICHT, *Eigentlicher Bericht von Befestigung der so weit berühmten Stadt Strassburg (...)* 1683, p. 48 (un exemplaire imprimé à la BNUS, M 115 887).
- FISCHER A., Die Befestigung der Stadt Ensisheim (Ober-Elsass) durch Daniel Specklin und Heinrich Schickhardt (1580-1610), dans *Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins*, 136, 1988, p. 200.
- FOESSEL G., KLEIN J.-P., LUDMANN J.-D., FAURE J.-L., *Strasbourg. Panorama monumental et architectural des origines à 1914*, Strasbourg, 1984.
- FORRER R., *Strasbourg-Argentorate préhistorique, gallo-romain et mérovingien*, Strasbourg, 1927.
- GAYMARD D., Chronique des chantiers Monuments Historiques d'Alsace au cours de l'année 1986 (Strasbourg, Palais Rohan), dans *C.A.A.A.H.*, 1986, pp. 130-131.
- GOEHNER C., Römische und mittelalterliche Uebergänge über den Krummen Rhein beim Neudorfer Wighäusel, dans *A.E.A.K.*, II, 1917, pp. 855-862.
- GOEHNER CH., Mittelalterliche Brückenreste beim Brückhoff, dans *C.A.H.A.*, VI, 1934, pp. 88-90.
- GOEHNER CH., Bau der Zollschanze am Kleinen Rhein, dans *C.A.H.A.*, VI, 1934, pp. 188-192.
- HATT J.-J., Découvertes et observations nouvelles sur les enceintes de Strasbourg, dans *C.A.A.A.H.*, XII, 1969, pp. 73-98.

- JENISCH B., Beobachtungen der Villinger Stadtbefestigung bei Kanalarbeiten in der Kanzleigasse, Stadt Villigen-Schwenningen, Schwarzwald-Baar-Kreis, dans *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, 1987, pp. 262-264.
- MESQUI J., *Le pont en France avant le temps des Ingénieurs*, Paris, 1986.
- PITON F., *Strasbourg illustré ou panorama pittoresque, historique et statistique de Strasbourg et de ses environs*, Strasbourg, 1855 (Reprint Dernières Nouvelles d'Alsace, 1974).
- SCHWIEN J.-J., Strasbourg: la caserne Barbade, dans *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, n° 807, 1987, pp. 87-91.
- SCHWIEN J.-J., ZUMSTEIN H., HENIGFELD Y., Les fortifications de Strasbourg. Etude comparative des courtines du XIII^e au XVIII^e siècle, dans *Actes du 113^e Congrès National des Sociétés Savantes*, Strasbourg, 5-9 avril 1988 (à paraître).
- SCHWIEN J.-J., MAIRE J., SCHNEIDER N., URSAT P., De sources en nappe. Une histoire des eaux souterraines de Strasbourg, dans *Saisons d'Alsace*, 101, 1988, pp. 21-34.
- SEYBOTH A., *Das alte Strassburg vom 13. Jahrhundert bis zum Jahre 1870. Geschichtliche Topographie nach den Urkunden und den Chroniken*, Strasbourg, 1890.
- Strassburg und seine bauten* (ouvrage collectif) Strasbourg, 1894.
- URSAT P., Légendes et réalités sur les fondations de la cathédrale de Strasbourg, dans *B.S.A.C.S.*, XVIII, 1988.
- VIVRE AU MOYEN AGE, 30 ans d'archéologie médiévale en Alsace. Catalogue de l'exposition du 17 mai au 30 septembre 1990, Edition Les Musées de la Ville de Strasbourg, 1990.
- WILL R., L'examen des fondations de la cathédrale de Strasbourg pendant l'hiver 1665-1666, dans *B.S.A.C.S.*, 7, 1960, pp. 45-53.
- WILL R., L'Ancienne Douane de Strasbourg. Construction primitive et transformations successives: 1358-1897, dans *C.A.A.A.H.*, XI, 1967, pp. 341-356.
- WILL R., Le palais de Haguenau et l'art de la cour de Barberousse, dans *Archeologia*, 75, 1974, pp. 10-18.
- WILL R., Enquête historique et archéologique sur les fondations de la cathédrale de Strasbourg, dans *B.S.A.C.S.*, XVIII, 1988, pp. 43-62.
- ZUMSTEIN H., Fouille des fondations de la tour Sainte-Catherine à Strasbourg, dans *C.A.A.A.H.*, XIV, 1970, pp. 105-115.
- ZUMSTEIN H., Observations archéologiques faites en 1973 sur un tronçon de l'enceinte sud de Strasbourg datant du XIII^e siècle, dans *C.A.A.A.H.*, XXX, 1987, pp. 139-141.