

Notice sur les fondations des piles du pont sur l'Elbe près de Höhnsdorf-Lauenbourg pour le chemin de fer de l'état du Hanovre

Autor(en): **Gaertner, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **6 (1880)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-7757>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 4 FOIS PAR AN

Prix de l'abonnement annuel : pour la SUISSE, 5 fr.; pour l'ÉTRANGER, 5 fr. 50 cent.

Pour les abonnements et la rédaction, s'adresser à M. Georges Bridel éditeur, place de la Louve, à Lausanne.

Sommaire : Notice sur les fondations des piles du pont sur l'Elbe près de Hohnsdorf-Lauenbourg, pour le chemin de fer de l'Etat du Hanovre, par M. E. Gärtner, ingénieur à Vienne. (Trad. de M. E. Cuénod.) — Bulletin bibliographique.

NOTICE

SUR LES

FONDATIONS DES PILES DU PONT SUR L'ELBE

PRÈS DE HOHNSDORF-LAUENBOURG

POUR LE CHEMIN DE FER DE L'ÉTAT DU HANOVRE

par

M. E. GÄRTNER, Ing. à Vienne. (Trad. de M. E. CUÉNOD.)

Les trois compagnies de chemins de fer intéressées au bac à vapeur établi en 1864 entre Hohnsdorf et Lauenbourg, sur le cours inférieur de l'Elbe, s'associèrent il y a quelques années en vue de l'établissement d'un pont fixe à double voie ferrée, destiné à remplacer ce bac. Elles chargèrent la direction des chemins de fer du royaume de Hanovre de l'exécution de cet ouvrage d'art.

Le projet du pont à établir fut dressé par M. l'ingénieur de section Wiesner, de Hanovre, sous la direction de M. l'ingénieur Gruttefien, alors inspecteur des travaux et de l'exploitation des chemins de fer du Hanovre.

D'après ce projet, l'ouverture du débouché libre total de 448 mètres fut répartie en 8 travées comme suit :

1^o Deux travées de pont tournant de 14^m00 chaque ;

2^o Trois travées en plein fleuve de 100^m chacune et ;

3^o Trois travées sur la zone inondée par la marée, de 40^m, le tout donnant ainsi lieu à neuf fondations, savoir deux culées, une pile pour le pont tournant, quatre piles en plein fleuve et deux piles pour les travées de la zone inondée. Le système de fondation à adopter pour ces piles fut l'objet d'une étude préalable très détaillée, étude à laquelle M. le conseiller privé Schwedler prit une part très active, comme représentant du ministère des Travaux publics à Berlin.

L'entreprise Klein, Schmoll et Gärtner à Vienne y participa également en ce sens qu'elle présenta des projets et des propositions d'exécution pour une fondation par caisson, qui ne fut pas adoptée, du moins pas sous la forme présentée par eux.

Il fut admis en principe, dès l'origine, qu'on adopterait le procédé pneumatique pour la fondation des piles en plein fleuve, tandis que pour les autres on procéderait par le fonçage à ciel ouvert de puits maçonnés. Ces dispositions s'impo-

saient par la nature du sol dans le lit du fleuve, qui est composé à de grandes profondeurs d'un sable grenu avec mélange de tourbe, de gravier et d'argile, et aussi par la position variable du chenal dont les déplacements provoquent des affoulements et des atterrissements également importants.

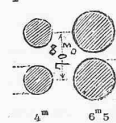
Comme nous l'avons fait voir, la fondation par caissons métalliques, proposée en premier lieu, fut écartée et l'on adopta des massifs de fondations en maçonnerie. Mais alors il fallut en arrêter la forme définitive, ce qui donna naissance aux projets les plus variés, entre autres à celui de la forme ci-contre, proposée par M. Schwedler et ayant pour but de se rapprocher le plus possible de la forme ordinaire des piles de ponts. Mais il ne fut pas donné suite à cette idée.



On finit par revenir à la disposition de la figure 1 qui correspond à la disposition générale adoptée pour le pont sur le Rhin près de Dusseldorf.

Les deux puits en maçonnerie, de forme circulaire, dont se compose la fondation d'une pile, sont réunis entre eux, une fois le fonçage achevé, par un arc établi en contre-bas de l'étiage, de manière à ce que la partie supérieure du massif de maçonnerie puisse s'élever à pleine section.

Les diamètres des puits varient suivant le genre de pile à foncer dont il s'agit savoir premièrement pour la pile du pont tournant dont le diamètre est de 9^m00 pour les piles en plein fleuve il est de 8^m00 pour les piles de la zone des marées, de 5^m50 pour la culée du côté de Lauenbourg, qui repose aussi sur



deux puits, de 6^m00

pour la culée du côté de Hohnsdorf, qui re-

pose sur quatre puits, les 2 antérieurs ont. 6^m50

tandis que les deux postérieurs n'ont que.. 4^m00

Avec le système d'adjudication adopté en Allemagne, surtout pour les travaux de l'Etat, lequel admet les petites entreprises pour lesquelles on va parfois jusqu'à séparer la fourniture des matériaux de celle de la main-d'œuvre, il n'était pas possible de remettre à une entreprise générale la totalité des travaux de fondation. Notre maison n'en a pas moins eu l'honneur de voir ses propositions pour l'entreprise des travaux de fondations pneumatiques agréées par la direction royale du Hanovre, qui les trouva assez avantageuses pour se décider à employer le procédé proposé pour l'exécution de toutes les piles. En conséquence ces travaux furent adjugés à la maison Klein, Schmoll et Gärtner dans le courant de l'été 1876 pour être exécutés sur les bases suivantes :

Le fonçage des 19 puits devait commencer en août 1876 et se terminer à la fin de 1877 au plus tard. La direction des travaux s'engageait à rendre posé sur le lit du fleuve la chambre de travail soit le caisson en maçonnerie, prêt à foncer par le procédé pneumatique. L'entrepreneur du fonçage se chargerait de descendre les piles aux profondeurs prescrites. Les profondeurs auxquelles devaient atteindre les bases des diverses piles étaient de 12 mètres sous l'étiage pour celles en plein fleuve et 7 mètres pour les autres piles.

L'entreprise était en outre chargée de bétonner les caissons en maçonnerie dans l'air comprimé. La fourniture et l'actionnement de tous les appareils et machines pour le fonçage pneumatique, tels que compresseurs etc., tous les outils et engins nécessaires étaient également à la charge de l'entrepreneur.

Les travaux de l'entreprise devaient être rémunérés comme suit :

Extraction pneumatique des déblais, par mètre cube, mesuré au remblai : 21 fr. 50.

Préparation et coulage du béton dans l'air comprimé, sans fourniture des matériaux, le mètre cube : 34 fr. 90 cent.

Dans le cas où l'on rencontrerait dans le fonçage des fragments de bois, de pierres ou d'autres objets d'un certain volume, il serait compté à l'entreprise pour l'extraction de morceaux d'un volume supérieur à 0^m310 le prix de : 143 fr. 75 cent. par mètre cube.

Il était ensuite convenu qu'après l'achèvement du fonçage de chaque massif de fondation à la profondeur voulue, la remise immédiate en serait faite par l'entreprise à la direction des travaux.

C'est sur ces bases qu'on entreprit en septembre 1876 les travaux de fondation.

Voici comment s'exécutèrent les massifs de fondation dont la construction a exigé quelques innovations.

Les piles en plein fleuve figurées au N° 1 et 3 font voir les puits en maçonnerie reposant sur une base ou trousse en fer ayant 0^m40 de haut.

Cette trousse coupante se compose de deux lames verticales, de 13 millimètres d'épaisseur chacune, qui forment la tranche proprement dite et qui est assemblée, par le moyen d'une cornière de 80 sur 80 et 10 millimètres et du nombre nécessaire de goussets formant nervures d'attache, avec une semelle annulaire de 0^m29 de large sur 10 millim. d'épaisseur. Cette semelle supporte trois rangs de madriers superposés, disposés en couronne à joints croisés. Les madriers, épais de 80 millimètres, sont en bois de hêtre rouge. Il sont en outre fortement assemblés entre eux, bien calfatés au goudron et boulonnés sur la semelle annulaire de la trousse.

Une bande de feutre épais bien goudronné est interposée entre la semelle en tôle et le premier rang de madriers, tandis que le dessus du rang supérieur reçoit un enduit au goudron mélangé de sable destiné à procurer une bonne liaison du bois avec la maçonnerie.

C'est sur la trousse ainsi préparée que s'élève alors la maçonnerie de la chambre de travail proprement dite, qui s'exécute en briques, et cela en briques vitrifiées très dures pour le pourtour du revêtement, formé de 17 assises et atteignant une hauteur de 1^m875 au-dessus de la tranche.

Pour le parement extérieur les briques sont disposées par

cadettes et boutisses, alternant à chaque assise. Les briques sont employées rectangulaires, c'est-à-dire que leurs faces ne sont pas taillées suivant le rayon du secteur circulaire correspondant ; les joints ont donc la forme de coins.

Pour le parement intérieur au contraire les briques sont toutes posées en boutisses et la chambre de travail se construit en forme de dôme, en plaçant chaque assise de briques en porte-à-faux sur l'assise précédente, de manière à former des anneaux concentriques de plus en plus petits, jusqu'à aller se refermer au bas de la cheminée centrale de manière à y laisser une ouverture de 1^m60 de diamètre.

La maçonnerie de remplissage au-dessus de la trousse, entre les deux parements régnant sur les 17 assises, de même que la maçonnerie de parement au-dessus de la 17^e assise, est formée de briques ordinaires au format de 65/115/240^{mm}, dont il va 400 pièces au mètre cube.

En principe les intervalles entre les assises intérieures et extérieures des parois de la chambre de travail sont maçonnés par boutisses, et ce n'est que pour obtenir le recouvrement vertical des joints qu'on interpose quelques cours de cadettes. Le mortier est formé d'une partie de ciment Portland de Lunenburg et d'une partie de sable pour les assises inférieures et pour celles des parements. Dans le massif intérieur la proportion de sable est double.

Dans la tôle horizontale de la trousse coupante on a ménagé des trous de 45^{mm} de diamètre pour le passage des boulons de suspension qui viennent s'y fixer pour servir à descendre le massif de fondation depuis l'échafaudage sur lequel on le construit jusque sur le lit du fleuve. Le nombre de ces boulons ou tiges de suspension dépend naturellement des dimensions des puits. Ceux des piles en plein fleuve, par exemple, de 8 mètres de diamètre, exigeaient 24 boulons.

La chambre de travail se termine donc au bas de la cheminée de descente qui traverse toute la hauteur de la pile. Cette cheminée est de section elliptique. La maçonnerie du dôme est couronnée par une plaque de tôle de 10^{mm} d'épaisseur prise dans la maçonnerie à la hauteur de 0^m75 à 1^m00 du sommet du dôme. Cette plaque est rivée et assemblée par des nervures ou goussets à un tube ovale, également en tôle, haut de 0^m60 qui sert de raccord à la cheminée de descente en tôle, concentrique à celle en maçonnerie ménagée dans l'axe du massif de la colonne.

Enfin dans l'intérieur de la maçonnerie sont noyés un certain nombre de tirants, en fer rond de 20^{mm} de diamètre, formant une espèce d'armature destinée à mieux relier la maçonnerie avec la trousse coupante formant sa base.

Le poids total des fers entrant dans la construction des fondations d'un de ces puits de 8^m00 de diamètre, offrant ainsi une base de 50^m26, se décompose comme suit :

Pour la trousse métallique.....	3329 kilogr.
Pour la plaque terminant le dôme (avec le tube de raccord.).....	560 »
Pour 19 tirants de 6 ^m de long.....	273 »
Poids total des fers.....	4162 kilogr.
Soit par m ² de base	83 »

chiffre le plus bas qui ait jamais été atteint, de beaucoup, comme on le verra par le petit tableau comparatif donné à la fin de cette notice.

Seite / page

leer / vide /
blank

Pour l'extraction pneumatique des déblais on se servit des appareils bien connus de la maison Klein, Schmoll et Gärtner à Vienne.

On avait pourvu à ce que la bride supérieure du tube de raccord fixe fût percée de trous correspondants à ceux des brides des tuyaux mobiles formant la cheminée métallique aboutissant au sas à air spécial de la susdite maison.

Au moment d'entreprendre ces travaux il y avait avant tout un point très important à élucider, savoir le volume d'air comprimé nécessaire avec des chambres de travail entièrement maçonnées et foncées immédiatement après l'achèvement de la maçonnerie, c'est-à-dire avant le complet durcissement du mortier.

Il est vrai que la surface des parois d'une chambre maçonnée n'offre au contact de l'air comprimé qu'une étendue de bien peu supérieure à celle d'un caisson métallique, malgré leur excédant de hauteur. Mais il fallait prévoir le fait que, par suite des nombreux joints de la maçonnerie, l'étanchéité de la chambre pourrait être sensiblement inférieure à celle d'un caisson en tôle bien rivé.

On chercha donc à obtenir la meilleure étanchéité possible au moyen d'un rejointoyement très soigné, d'un enduit au ciment sur toute la surface des parois de la chambre et surtout en donnant un soin tout particulier à l'exécution de la maçonnerie.

Pour les puits entrepris en premier lieu et appartenant à la pile en plein fleuve la plus voisine de la rive gauche, pour lequel l'exécution de la maçonnerie avait été soumise au contrôle le plus sévère, dès que commença le fonçage pneumatique on reconnut, c'était le 7 septembre 1877, que l'étanchéité était remarquablement satisfaisante; de sorte qu'on fut en état, lorsque le second puits de cette pile fut prêt au fonçage, de marcher avec les mêmes compresseurs pour les deux chambres ensemble. Cependant elles présentaient une surface de base de $2 \times 50^m 26$ soit $100^m 52$ et leurs cotes de pénétration dans le sol et sous l'eau, par conséquent la pression de l'air comprimé dans les deux chambres, étaient fort différentes. Cette pression correspondait dans l'une à une colonne d'eau de $14^m 49$ et dans l'autre de $10^m 65$.

Pour obtenir la simultanéité de fonctionnement des deux fonçages avec le même compresseur on eut recours à l'emploi d'une soupape d'arrêt interposée dans la conduite d'amenée de l'air et susceptible d'être réglée.

Le compresseur à vapeur employé pour cette opération était un corps de pompe horizontal de $0^m 471$ de diamètre et $0^m 471$ de course. Il pouvait ainsi livrer, à raison de 45 tours par minute et avec un rendement de 0,75, un volume d'air de 332 mètres cubes par heure. Or nous devons faire remarquer que cette soufflerie ne serait pas assez puissante pour le fonçage d'un caisson en tôle de $100^m 2$ de surface à une profondeur d'environ 10 mètres sous l'eau, lors même qu'on forcerait la marche à raison de 60 tours par minute.

J'annonce ici à ceux de mes collègues qui s'intéressent particulièrement à ce sujet-là que nous avons fait des observations très exactes quant à la marche des compresseurs et au volume d'air consommé, observations qui ont été consignées soigneusement et que nous pensons publier un jour sous la forme qui nous paraîtra la plus avantageuse.

Il convient cependant d'ajouter ici que les chambres de tra-

vail livrées au fonçage de suite après les deux premières n'ont pas été de beaucoup aussi étanches que les deux premières. On peut donc dire qu'une condition essentielle pour ce système de fondations c'est que la maçonnerie soit exécutée d'une manière irréprochable. On ne devrait donc jamais consentir à ce que ce genre de travail soit donné à la tâche, comme cela a été le cas pour l'ouvrage qui nous occupe.

On eut aussi l'occasion, pendant l'exécution de ces fondations, de constater une fois de plus les excellents services que rendent les sas à air du système Klein, Schmoll et Gärtner. Les bons résultats obtenus doivent sans doute être attribués à la nature des matériaux qu'il y avait à extraire. Aussi pendant un travail effectif de 24 heures a-t-on pu extraire du puits susmentionné, faisant partie de la première pile, un volume de $36^m 3$ de déblais, mesurés au remblai, ce qui fait $1^m 50$ par heure.

Les travaux de fondations ont donc marché de telle façon qu'à la fin de l'année 1876 on parvint à terminer le fonçage et le bétonnage des deux puits de l'une des piles en plein fleuve et des quatre puits de la culée rive gauche. On obtint ce résultat avantageux en dépit des difficultés résultant pour cette culée du fait qu'on eut, pour la fonder, à traverser une digue ancienne formée de blocs de granit, qui nécessitèrent, même pour les deux petits puits postérieurs, de 4^m de diamètre, 68 coups de mine dans l'air comprimé.

Il arriva aussi que par suite d'un défaut de précautions dans la manœuvre des tringles de suspension, lors de l'immersion de l'un de ces puits dans le fleuve, la base venant à toucher le fond par un seul côté, il se produisit une lézarde dans la maçonnerie avant qu'elle eût été livrée au fonçage. De là impossibilité de chasser l'eau de la chambre de travail. Il fallut réparer ce puits au moyen d'un cerclage en fer, opéré avec le secours de plongeurs et en regarnissant au ciment la lézarde dans la maçonnerie, afin de rendre celle-ci étanche. Tout cela entraîna une interruption de onze jours dans la marche du travail.

Pendant l'hiver l'Elbe charriant beaucoup de glaçons, il fallut suspendre complètement les travaux. On put constater à cette occasion que l'amoncellement des glaçons peut donner lieu à une dénivellation de $4^m 50$ de l'amont à l'aval du barrage qu'elles forment momentanément. La persistance des crues ne permit pas de reprendre les travaux avant le 8 mai 1877.

Pendant que les travaux du pont étaient ainsi suspendus forcément, M. l'ingénieur Wiesner, chef de section à Lauenbourg, étudia, sous l'inspiration de M. l'ingénieur Schwedler, conseiller privé à la commission des travaux publics, un nouveau projet ayant pour but de modifier la construction du massif de fondation des piles, par suite des inconvénients rencontrés dans l'exécution de l'arc reliant, en contre-bas de l'étiage, les deux tours d'une même pile. Cette opération, exécutée après le fonçage des puits, s'est montrée à la fois compliquée et peu pratique. On avait reconnu qu'il serait avantageux de pouvoir élever la maçonnerie de la pile sur une base continue.

Le premier résultat de ces études est représenté par la figure 12, dans laquelle la fondation devait affecter une forme elliptique embrassant la base entière de la pile. Les axes de cette ellipse étaient de $15^m 60$ pour le grand et $6^m 96$ pour le petit axe.

Pour la trousse métallique on employa le type adopté dans le projet primitif et se composant d'une tranche verticale reliée à une couronne horizontale par des nervures ou goussets d'attache. Sur cette tôle horizontale viennent se poser les trois rangs de madriers, déjà mentionnés, qui supportent la maçonnerie de briques vitrifiées formant les parois de la chambre et se refermant par le haut en ellipses concentriques. Pour satisfaire aux besoins d'une base à grande surface, savoir de 85^m23 , on avait prévu deux sas à air en vue de l'extraction des déblais, ce qui nécessita deux cheminées elliptiques, auxquelles on pouvait reprocher de découper d'une manière presque imprudente le massif de maçonnerie.

L'aspect de cette chambre de travail d'une construction compliquée, et composée exclusivement de maçonnerie de briques, fera partager à chacun l'impression peu rassurante qu'éprouvèrent à sa vue les entrepreneurs du fonçage, impression qui s'explique par les grandes dimensions et le poids énorme d'un massif semblable destiné à être descendu sans aucune liaison transversale jusque sur le lit du fleuve. Aussi renonça-t-on à exécuter le massif de fondation d'après ce système-là ; mais le besoin d'exécuter les deux autres piles en plein fleuve sur un massif plein n'en subsista pas moins et conduisit à de nouvelles études qui aboutirent au projet représenté par la fig. 3.

La forme de cette pile est en plan celle de deux ellipses qui se coupent et enveloppent la base de la pile. Leurs petits axes ont 6^m948 et le grand axe 12^m10 ; mais la longueur totale n'est que de 16^m10 , ce qui correspond à une surface totale de 94^m230 .

A l'intersection des deux ellipses la maçonnerie de la chambre est entretoisée par un mur transversal qui partage la chambre en deux compartiments, communiquant entre eux par une ouverture ménagée dans ce mur.

La trousse métallique sur le pourtour des ellipses est construite comme pour les autres chambres de travail, mais il est à remarquer que la tranche en fer du mur transversal ne descend pas jusqu'à la profondeur de la tranche extérieure, afin d'empêcher que la première ne porte sur le sol avant la trousse elliptique. Elle est aussi plus légèrement construite.

Les trois rangs de madriers sont assujettis de la même manière et la maçonnerie de briques s'élève au-dessus de ces trois rangs de madriers, en se rétrécissant à l'intérieur suivant des courbes concentriques à l'ellipse de la circonférence, de manière à former les deux compartiments de la chambre de travail, séparés par le mur transversal.

Chacun de ces compartiments se termine par une cheminée ovale, dans laquelle se place un tube de raccord fixé à une plaque métallique noyée dans la maçonnerie. A ce raccord viennent s'assembler les appareils d'extraction pneumatique, qui s'y adaptent de la manière déjà décrite.

Ce projet fut définitivement adopté pour l'exécution des massifs de fondation des deux dernières piles en plein fleuve. En vue de cela, et aussi à cause du surcroît de difficultés dans la mise en chantier et du plus grand nombre d'appareils à mettre en œuvre, le prix du mètre cube de déblai fut augmenté de 10% et s'éleva par conséquent à 23 fr. 40. cent.

Au commencement de la campagne de 1877 on entreprit la fondation de la pile du pont tournant et de la deuxième pile en plein fleuve. Celle-ci d'après le projet primitif avec deux chambres de travail circulaires au diamètre de 8^m. Après

cela on commença la fondation des deux piles en plein fleuve non encore entreprises et cela d'après le projet modifié. On aborda les piles de la zone d'inondation en dernier lieu.

L'échouage des deux massifs de fondation construits d'après le nouveau projet s'effectua sans accident et les nouvelles chambres maçonnées présentèrent une étanchéité fort satisfaisante, car avec une base de 94^m230 et une colonne d'eau de 11^m68 les compresseurs fournissaient amplement l'air comprimé nécessaire au fonçage avec 48 tours seulement par minute. La durée du fonçage proprement dit fut de 20 jours pour la pile N° IV qui pénétra de 10^m49 dans le sol, soit à une profondeur moyenne de 13^m19 sous le niveau de l'eau. Pour la pile N° V on mit 22 jours à la foncer ; sa pénétration dans le sol fut de 11^m25 , soit de 13^m24 au-dessous du niveau moyen du fleuve pendant l'opération. Dans les durées indiquées ci-dessous sont comprises diverses interruptions survenues pendant le travail, qui n'ont pas été déduites de la durée totale.

Soufflerie à sable.

Nous voulons maintenant parler en quelques mots des résultats obtenus dans des essais faits pendant le fonçage de ces piles en vue de profiter de la nature favorable du sol, avec une pompe à sable fonctionnant à l'inverse du système ordinaire par aspiration. Cet appareil mérite plutôt le nom de *soufflerie à sable*, car il agit par compression à la faveur de l'air comprimé dans l'intérieur de la chambre, et en expulse ainsi les déblais sablonneux et meubles dont est formé le terrain du lit.

L'appareil employé dans ce but, et reconnu comme le plus convenable après des essais répétés, se compose tout simplement d'un tuyau à gaz au calibre de 38^{mm}, noyé dans la maçonnerie de la fondation, dont l'extrémité supérieure dépasse le massif de maçonnerie en cours d'exécution et se termine par une partie recourbée en forme de goulot de fontaine, de manière à procurer au sable chassé au dehors un écoulement régulier dans une benne préparée pour le recevoir. Cet orifice supérieur se termine carrément et peut se fermer à l'aide d'un robinet. L'extrémité inférieure du tuyau pénètre dans la chambre de travail et peut aussi se fermer par un robinet. L'orifice est taillé en biseau et a le même calibre que le tuyau. Il est seulement muni d'une lame d'acier qui le divise en deux, de manière à empêcher le gros gravier, les fragments de bois et les grumeaux d'argile d'y pénétrer.

Il ne sera pas sans intérêt de connaître les résultats obtenus avec cette pompe ou plutôt cette *soufflerie à sable*, pour l'extraction, nous dirons plus exactement l'expulsion des déblais, qui par ce moyen sont tout simplement entraînés par l'échappement de l'air comprimé chaque fois qu'on ouvre les deux robinets. Nous communiquerons donc ici un extrait des notes prises lors du fonçage de la pile N° IV, à section elliptique double, donnant 94^m230 de surface de base.

Les matériaux à enlever se composaient en partie de sable pur, en partie de sable mélangé de gravier, d'argile et de débris de bois, de sorte que l'extraction au moyen de la pompe ne pouvait être mise en train que lorsque le gravier n'était pas trop grossier ou que la proportion d'argile et de débris de bois n'était pas trop forte.

Pendant le fonçage de cette pile, on sortit en tout 403 mètres cube de déblais au moyen de la soufflerie à sable, laquelle fonctionna pendant une durée totale de 259 heures de travail.

Cela fait donc $1^m 556$ par heure de travail, soit le même cube obtenu par le mode d'extraction ordinaire avec le sas à air comme nous l'indiquons plus haut.

Le tuyau ayant un calibre de 38^{mm} , donc une section de 11 centimètres carrés, le volume ci-dessus par heure correspond à un débit $0^m 141$ par centimètre carré et par heure.

Dans cette pile la longueur verticale du tuyau propulseur était de $11^m 45$, celle de la partie horizontale de $1^m 80$, et celle en courbe de $1^m 20$, ce qui fait un total de $14^m 45$.

Voici maintenant les données relatives à la consommation d'air comprimé. Pendant la marche de la pompe dès le 25 juillet 1877 à 9 heures du matin jusqu'au 26 juillet à 9 heures du soir, le manomètre marquant 1,2 atmosphères, le compresseur a dû fonctionner à raison de 60 tours par minute, tandis qu'il n'en faisait que 48 lorsque la pompe à sable ne travaillait pas. Comme résultat moyen obtenu on peut noter ceci, que pour une pression de 0,78 atmosphère, la pompe à sable ne marchant pas, le compresseur devait faire 39 tours par minute, tandis qu'il devait marcher à raison de 49 tours pour opérer en même temps la propulsion du sable.

En terminant cette notice nous ferons remarquer que les dernières fondations s'achevèrent le 16 août 1877. Il en ressort donc que le fonçage de ces neuf piles, avec un total de dix-sept chambres de travail, présentant une surface de $743^m 4$ et un cube de déblai de 8881 mètres, n'a duré que du 11 septembre 1876 au 16 août 1877. Déduisant de cet espace de temps la durée de l'interruption dès le 29 décembre 1876 au 8 mai de l'année suivante, il ne reste en réalité que sept mois de travail pour l'entière exécution de tous les travaux de fondation.

L'autorité allemande ne manqua pas de relever le fait d'une exécution aussi rapide qui s'accomplit sans qu'il survint la moindre contestation, et elle voulut bien en témoigner sa satisfaction aux entrepreneurs autrichiens.

Ceux-ci à leur tour se sentent obligés de faire connaître ici la rapidité, fort digne d'être imitée, avec laquelle le décompte des travaux fut réglé. En effet, le 28 septembre 1877, c'est-à-dire seulement 42 jours après l'achèvement des travaux, la direction des chemins de fer du Hanovre ordonna le paiement du solde du décompte et la restitution du cautionnement.

La présente notice relative au pont sur l'Elbe à Lauenbourg a essentiellement pour but de faire connaître les efforts qui ont été faits à l'occasion de l'exécution de cet ouvrage d'art pour donner aux chambres de travail entièrement en maçonnerie et fondées par le procédé pneumatique la forme de la section horizontale de la pile, qu'elle soit rectangulaire ou bien arrondie aux deux bouts, comme c'est d'ordinaire le cas pour les piles en rivière. Nous ne doutons pas qu'on ne réussisse un jour à obtenir ce résultat d'une manière encore plus complète que ce n'a été le cas pour l'ouvrage dont nous nous sommes occupés ici.

Pour terminer nous placerons sous les yeux des lecteurs un tableau donnant l'aperçu des poids des fers entrant dans la construction de divers caissons métalliques (sans leurs hausses en tôle) comparés à ceux des chambres de travail en maçonnerie, sans toutefois entrer dans la discussion des avantages et des inconvénients de ces divers modes de construction.

Comme conclusion de cette notice nous exprimerons l'opinion que dans les fondations de pont les plus récentes, le perfectionnement des procédés et la réduction du coût du système

pneumatique ont atteint actuellement un degré tel qu'il n'y a plus place à l'avenir que pour des innovations sans importance. Nous saisissons aussi cette occasion pour contredire l'opinion d'après laquelle ce procédé exigerait des dépenses beaucoup plus élevées que d'après les autres systèmes de fondation. Cette manière de voir est erronée en ce sens que le procédé pneumatique se trouve toujours être le plus avantageux dans les cas où son application est motivée. De plus, cette méthode offre l'avantage, le plus souvent inestimable, d'être à peu près indépendante des crues des cours d'eau, de sorte qu'elle permet de fixer à l'avance et avec certitude le terme de l'achèvement des travaux de fondation.

Enfin, il ne faut pas oublier que ce procédé a plus d'une fois rendu possible l'exécution d'ouvrages qui autrement et autrefois n'auraient pu être entrepris et poursuivis qu'au prix de difficultés et de sacrifices immenses, ou qui même auraient été absolument inexécutables.

Dates de la construction	NOMS DES INGÉNIEURS	DÉSIGNATION DES OUVRAGES	Section de la base de la pile m^2	Poids total des fers — Kilogrammes	Poids du fer par m^2 de surface Kilogrammes
1850	Pfannmuller (projet).....	Pont sur le Rhin, à Mayence.....	302.61	15.000	49.60
1853	Brunel-Breton	Pont de Saltash, Angleterre	100.00	170.000	1700.00
1859	Fleur-Saint-Denis	Pont sur le Rhin, à Kehl.....	162.40	145.000	890.00
1866-68	Stein-Pichler	Id. à Dusseldorf, et pont de Stettin	52.17	20.750	397.00
1869-77	Klein-Schmoll-Geartner	Fondations modernes. Pile de la Reichsbrücke, à Vienne	223.60	94.809	424.00
1877	Id.	Pont de la Salzach, à Salzbourg	64.68	47.750	287.20
1877	Schwedler-Gruttefien-Wiesner	Pont sur l'Elbe, à Lauenbourg	50.26	4.162	83.00

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

COURS DE CONSTRUCTION CIVILE. 1^{re} partie. *Chauffage et ventilation des lieux habités*, par P. Planat. — Paris, Ducher et Comp., 1880.

Les bons traités sur le chauffage et la ventilation sont rares ; les uns trop théoriques résolvent les questions par des formules trop compliquées pour pouvoir être comprises et employées par la généralité des hommes chargés de diriger des installations ; d'autres sont trop spéciaux, ou conçus dans une certaine intention qui rend leur utilité générale douteuse. D'autres enfin peuvent être appelés des livres d'amateurs, remplis de descriptions plus ou moins complètes de dispositifs nombreux, parmi lesquels on en trouve de très ingénieux, mais comme les données techniques, scientifiques et économiques manquent complètement, il en résulte peu d'instruction pour le lecteur praticien.

M. Planat, rédacteur en chef de la *Semaine des constructions*, a compris qu'il y avait une lacune dans la littérature spéciale aux applications de la chaleur au bien-être de l'humanité, et il a voulu la combler. Son ouvrage est le bienvenu, d'autant plus que la physique industrielle et l'art de la construction ont fait de grands progrès depuis quelques années. Les exigences des administrations et des propriétaires se sont également beaucoup accrues, et la question d'économie devient prépondérante depuis que des raisons de confort provoquent l'emploi de quantités de combustibles bien plus grandes que ce n'était le cas autrefois.

L'ouvrage de M. Planat renferme onze chapitres formant un volume de 600 pages, dans lequel ce qu'il y a peut-être de plus précieux ce sont les données contenues dans les nombreux tableaux graphiques qu'on rencontre à la fin de chaque chapitre. Le procédé des courbes a le double avantage de faire voir d'un seul coup d'œil la loi qui régit le phénomène physique dont on s'occupe et de fournir des renseignements numériques sur une échelle continue, répondant ainsi immédiatement à une série de questions.

Dans bien des cas les courbes sont la représentation pure et simple de formules théoriques ; elles sont très intéressantes en elles-mêmes, mais elles ne suffisent pas au praticien, qui doit prendre en considération des faits que la théorie est forcée de négliger. L'auteur l'a bien compris, c'est pourquoi il donne à côté des courbes rationnelles d'autres courbes représentant des coefficients d'expérience dont il faut faire usage si on ne veut pas se fourvoyer.

Dans ce domaine, la théorie et la pratique ne vont pas l'une sans l'autre ; on voit des praticiens commettre des erreurs grossières parce qu'ils ont oublié leur physique, et des théoriciens habiles faire fiasco, parce qu'ils ne tiennent pas compte de circonstances inévitables dans l'exécution matérielle des plus beaux projets.

L'ingénieur pourvu du traité de M. Planat n'aura presque plus besoin de calculer, tout son ouvrage sera préparé d'avance et il n'aura plus de temps à perdre à corriger ses équations en cherchant un facteur d'opération s'appliquant au cas donné et qu'on a souvent bien de la peine à trouver.

L'intelligence des formules et des tableaux est singulièrement facilitée par les exemples complets et détaillés rapportés

à la fin de chaque paragraphe important ; en voici un, extrait du chapitre du chauffage à air chaud par calorifère de cave :

Premier exemple : Un calorifère à air chaud doit chauffer deux étages ; chacun comprend deux salles d'écoles de 6 sur 8 mètres avec 4 mètres de hauteur. La surface des murs exposés au dehors est de 146 mètres carrés par étage, celle des vitres est de 30 mètres carrés. La température extérieure est de -5° ; la température intérieure doit être maintenue à environ 15° .

Les salles comprennent ensemble 150 élèves ; on veut fournir à chaque enfant 12 mètres cubes d'air frais par heure, soit au total 1800 mètres cubes ; l'air chaud pénétrant ds les salles ne doit pas avoir une température supérieure à 70°

Quelles sont les dimensions à donner aux parties principales du calorifère ?

On calculera d'abord la perte de chaleur par les parois en faisant usage du tableau N^o 4 ; celui-ci montre immédiatement que la perte par les murs sera de 20 unités par mètre carré et par heure, la perte par les vitres de 29 unités ; nous estimons la perte par le plafond et le plancher à 10 unités. On perdra donc par heure à un étage :

Murs de 0 ^m 50.....	146×20=	2920
Vitres.....	30×29=	870
Plancher et plafond.....	48×10=	480
Total... ..		4270

soit 8540 unités pour les deux étages. Afin de compter largement, nous admettons le chiffre rond de 10 000 unités.

Pour les besoins de la ventilation, il doit sortir par heure des salles à l'extérieur 1800 mètres cubes qui avaient été pris à -5° primitivement et sont rejetés à 15° . La chaleur emportée par cet air est représentée approximativement par

$$0,312 \times 1800 \times 20 = 11\,230$$

la différence entre la température du dehors et celle du dedans étant de 20° . La chaleur totale est donc évaluée à 21 230 unités de chaleur.

Evaluons d'abord la *température de l'air chaud*. Nous avons vu que l'évacuation de 1800 mètres cubes d'air pris à -5° et rejetés à 15° emportait 11 230 calories et que la perte par les parois peut être estimée à 10 000 calories. La perte totale est donc de 21 230 calories ; c'est aussi la quantité de chaleur que le calorifère a dû fournir à l'air pris au dehors. Si cet air a été chauffé à t° , il s'ensuit qu'on doit avoir

$$0,312 \times 1800 \times t = 21\,230$$

le premier membre représentant la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de t° la température de 1800 mètres cubes d'air.

On conclut de là pour la valeur de t'

$$t' = \frac{21\,230}{0,312 \times 1800} = 38^{\circ}$$

Or l'air étant pris à -5° , la température t de l'air chaud est donc égale à 33° .

La *vitesse de l'air chaud* se déduira du tableau N^o 42, en supposant que les bouches de chaleur du premier étage sont à 3 mètres au-dessus du calorifère et celles du second étage à 6 mètres. On trouvera des vitesses de 0,63 mètres pour l'étage inférieur et de 0,92 pour l'étage supérieur, qui permettront de calculer la *section des conduites* d'air.

Si sur les 1800 mètres cubes d'air nécessaires, on veut, par exemple, distribuer 800 mètres cubes par heure au premier étage, la section du conduit d'air chaud devra être au moins égale à $\frac{800}{3600 \times 0,63} = 0,35$ mètre carré. Pour le conduit du second étage, la section sera $\frac{1000}{3600 \times 0,92} = 0,30$ mètre carré.

La surface de chauffe, cloche du foyer, tuyaux de fumée en contact avec l'air, etc., sera représentée par $\frac{21\,230}{3000}$ ou 7,1 mètres carrés, si le calorifère est en fonte.

La quantité de combustible sera représentée par $\frac{21\,230}{5000}$ ou 4,25 kilos, si ce combustible est de la houille, car chaque kilogramme de houille fournit environ 5000 calories utilisables par un calorifère. Si on chauffait au bois, il faudrait en brûler par heure $\frac{21\,230}{2000}$, soit 11 kilogrammes.

Restent à déterminer la surface de la grille en raison de la nature du combustible employé et de sa consommation par heure; enfin les dimensions de la cheminée.

Pour abrégé ce compte rendu, nous n'entrerons pas dans le détail de ces opérations; nous dirons seulement que la section de la cheminée se trouve toute calculée dans le tableau graphique N° 41, connaissant la hauteur disponible pour le tirage et la quantité de combustible à brûler par heure.

Si les principes de physique industrielle sont traités avec beaucoup de développements, il n'en est pas de même de la description des appareils employés au chauffage, qui est abrégée. On trouve bien un certain nombre de nouveautés et de modèles en faveur aujourd'hui, mais il y a cependant des omissions regrettables. M. Planat n'a évidemment pas écrit pour les constructeurs d'appareils, car il n'entre pas dans les détails et ne donne pas une cote; c'est surtout aux architectes et aux ingénieurs qu'il s'est adressé, c'est à eux à faire l'étude du chauffage des bâtiments qu'ils projettent, et aux constructeurs à exécuter leurs plans, sans cela il surgit des conflits entre les uns et les autres, trop souvent l'affaire est manquée, et personne ne veut avoir tort.

Il faut convenir d'ailleurs que décrire minutieusement tous les dispositifs usités entraînerait fort loin, on ne saurait même pas où s'arrêter, car il surgit chaque année quelque système nouveau et les anciens vieillissent vite.

En industrie comme partout les choses changent, mais les principes subsistent. C. D.

Le génie civil, revue des industries françaises et étrangères. Paris, 6, rue de la Chaussée d'Antin.

Le quatrième numéro de cette belle publication contient nombre de détails intéressants. Comme articles principaux, nous remarquons: la déphosphoration au congrès métallurgique de Dusseldorf; les chemins de fer de montagnes à ascenseurs hydrauliques et pentes, système Edoux, application très intéressante des ascenseurs qu'on voit fonctionner dans beaucoup de nos grands hôtels; étude sur les appareils producteurs du mouvement variable; les odeurs de Rome; concours pour un nouveau pont sur le Douro, à Porto. Viennent ensuite: informations, correspondance, chronique, etc.

Nous engageons vivement nos collègues à lire le *Génie civil*.

Nous sommes persuadé qu'ils y trouveront, chacun dans sa sphère, des données utiles, des renseignements intéressants et seront tenus au courant des nouveautés scientifiques, technologiques et industrielles autant que des progrès apportés chaque jour dans la pratique de l'art de l'ingénieur.

Atti del collegio degli ingegneri ed architetti in Roma. (Bulletin de la Société des ingénieurs et des architectes de Rome.) Fascicule de janvier-avril 1880, in-8. Rome, typographie du *Popolo romano*.

La Société des ingénieurs et des architectes de Rome, comme celles de Florence et de Palerme, a son organe particulier et c'est de ce bulletin que nous avons à dire quelques mots. La plus grande partie du premier fascicule de 1880 est consacrée à des documents concernant l'administration intérieure de la Société. Vient ensuite un intéressant mémoire de M. Cesare Marignani sur la rectification du Tibre à travers les prés de Castello. Les travaux de cette entreprise sont estimés à près de dix-neuf millions. C'est dire leur importance.

Nous recommandons à nos lecteurs la description d'une échelle aérienne à pont élévateur, inventée par M. Pietro Moretta. Cette échelle a l'avantage de permettre à deux ou trois ouvriers de travailler sur une plateforme horizontale à toute hauteur comprise entre deux et trente mètres. Elle peut rendre de grands services pour les restaurations intérieures ou extérieures de bâtiments et de monuments, et elle offre un excellent moyen de sauvetage dans les incendies. La commission d'ingénieurs chargée d'essayer et d'expérimenter cet engin en fait les plus grands éloges.

Le premier fascicule de 1880 contient encore un rapport relatif aux granits de Caprera. Deux planches soignées complètent cette livraison d'une publication que nous sommes heureux d'échanger avec notre bulletin. G. P.

Proceedings of the Institution of mechanical engineers. (Bulletin de l'Institut des ingénieurs mécaniciens de Londres.) Réunion de Barrow. Août 1880. Victoria Chambers, Victoria street, Westminster.

Ce fascicule se rapporte tout entier à la réunion d'été de la Société qui a eu son *meeting* à Barrow-in-Furness, au mois d'août, et à en juger par les matières contenues dans cette livraison de 180 pages, les séances ont été bien remplies et sérieusement suivies. Après le discours d'ouverture du président vient la description fort intéressante des docks de Barrow, celle des maçonneries employées et d'un pont tournant de 80 pieds (24^m40) d'ouverture libre. Ensuite vient un exposé plein de détails nouveaux sur le steamer « la ville de Rome » en construction dans les chantiers de Barrow pour la puissante compagnie Inman. Ce beau navire a 600 pieds de longueur (183^m), 52 pieds 3 pouces de largeur au maître couple (15^m95), et 37 pieds de creux (11^m28). La grande longueur par rapport à la largeur assure de longues lignes d'eau favorables à la grande vitesse demandée; le creux de 37 pieds comparé à la largeur de 52 pieds assure une grande stabilité. Ce navire sera certainement un des plus rapides et un des mieux aménagés de la compagnie Inman.

Cette livraison contient en outre un travail sur les mines d'hématite du district de Furness, une étude sur les appareils

employés dans les usines de Barrow pour la compression de l'acier, la description d'une nouvelle valve à expansion et avec changement de marche. Enfin, le volume renferme la description d'un manomètre étalonneur pour hautes pressions, inventé par M. Georges Marié, de Paris; il se termine par le compte rendu des excursions faites par les membres de la Société dans les usines et ateliers de Barrow et ses environs.

Ajoutons que 38 planches très soignées facilitent la lecture de ce volume plein de renseignements utiles et d'aperçus nouveaux.

G. P.

Sulla Spinta delle terre e delle masse liquide.

Tel est le titre d'un ouvrage qui vient de sortir des presses de Aug.-Fed. Negro, à Turin, et qui est dû à notre collègue M. Gaetano Crugnola, ancien élève de l'école polytechnique, actuellement ingénieur au chemin de fer de Tulle à Clermont. L'auteur traite d'une manière très complète cette question de la poussée des terres et des masses liquides en tenant compte des plus nouvelles théories de Culmann, Rebhann, Weyrauch, Winckler, Curie, de Saint-Venant, Rankine, Ceradini, etc.; par la méthode graphique inaugurée par M. le prof. Culmann. Un des chapitres qui n'offre pas le moins d'intérêt est le deuxième, qui fait l'histoire de tous les travaux qui ont été publiés sur cette question depuis Vauban (1687), Bullet (1691), Buchotte (1716), Couplet des Torcaux (1727), Sallonyer (1767), Rondelet (1802), etc., etc., jusqu'à nos jours. Il examine de plus près les théories de Bellidor (1729), de Coulomb (1773), Navier (1826), Poncelet, Scheffler (1844), Saint-Guillhem (1858) et Culmann (1866). Ce chapitre prouve à quel point le consciencieux auteur a tenu à être au courant de la littérature spéciale. A la fin de l'ouvrage se trouve une table analytique complète des ouvrages qui ont traité de ces questions. L'ouvrage de M. Crugnola est un des plus complets qui aie traité de la matière. Il sera suivi d'un travail sur les barrages de retenue et murs de réservoirs. Disons que la librairie Negro a déjà publié plusieurs études de M. Crugnola sur diverses questions rentrant dans le domaine de la statique graphique, entre autres une *Méthode graphique pour calculer le mouvement des terres*, une étude sur les toits métalliques, et enfin une traduction en italien de l'ouvrage de M. le prof. G.-J. Weyrauch sur la stabilité des constructions en fer et en acier.

Nous devons savoir gré à notre collègue de contribuer à populariser en Italie les belles méthodes de M. le prof. Culmann, auxquelles il a su, ce qui ajoute à son mérite, donner un cachet d'originalité qui rehausse la valeur de ses travaux.

J. M.

La Technologie du bâtiment. — Deuxième fascicule, par Th. Chateau. — Paris, 1880, Ducher et Cie.

Cette publication fait suite à celle dont nous avons rendu compte dans notre N° 3, et sera lue avec le même intérêt.

ÉDILITÉ PUBLIQUE

Le règlement de la commune de Lausanne sur la police des constructions, auquel notre Société a voué l'année dernière une étude spéciale, n'a pas encore été discuté en entier devant le conseil communal.

Nous croyons intéresser nos lecteurs et être utile à cette œuvre d'utilité publique en reproduisant le texte amendé par

notre Société pour l'un des articles les plus essentiels d'entre ceux sur lesquels le conseil a encore à se prononcer.

Il s'agit de la hauteur permise pour les façades des bâtiments longeant la voie publique.

Art. 26 proposé par la municipalité.

« La façade des bâtiments donnant sur la voie publique ne » pourra s'élever au-dessus de 18 mètres depuis le niveau du » sol à l'axe de la façade. »

Rédaction proposée par la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.

Art. 26. Les hauteurs des façades des bâtiments à construire ou à exhausser sur la voie publique ne pourront excéder celles indiquées dans le tableau ci-dessous, fixées d'après la largeur des rues.

Largeur des voies publiques.

Places publiques, quais et rues de 12 mètres de largeur et au-dessus	Maximum	18 ^m
Rues de 7 ^m 50 à 12 mètres	»	15 ^m
Rues de 4 ^m 50 à 7 ^m 50	»	12 ^m
Au-dessous de 4 ^m 50	»	10 ^m

Ces hauteurs seront mesurées à partir du pavé ou de la chaussée jusqu'au sommet de la corniche. Du côté de la rue les surélévations pour brisis, mansardes, ainsi que les toitures, seront renfermés dans un quart de cercle de 7^m50 de rayon. Le diamètre horizontal du cercle sera placé de niveau à la hauteur des corniches, soit aux mesures maxima ci-dessus fixées.

La courbe à tracer partira du nu du mur de face extérieur sur la rue et déterminera ainsi la plus grande hauteur du toit. (Voir la figure ci-jointe.)

Art. 27. Dans le cas d'une construction à l'encoignure de deux voies publiques et de largeur inégale, la façade donnant sur la plus étroite pourra être élevée à la même hauteur que la façade sur la rue la plus large, mais seulement sur une longueur de 15 mètres.

Dans le cas d'une façade sur une rue en pente, la hauteur sera prise sur le milieu de la façade, mais le résultat devra en être tel, que du côté du sol le plus bas, le dessus de la corniche ne soit pas à plus de 1^m50 au-dessus de la hauteur fixée au tableau de l'art. 26.

Pour les bâtiments en reculement de l'alignement, les hauteurs seront fixées en appliquant les données du tableau ci-dessus d'après la distance mesurée entre l'édifice projeté et la ligne fixée pour le côté opposé de la rue.

Si l'alignement de la rue vient à être modifié, c'est le dernier tracé qui règle la largeur de la dite rue.

Art. 28. La hauteur des constructions en général ne doit pas dépasser 18 mètres. Cependant la municipalité pourra permettre, par exception, de dépasser cette mesure pour les bâtiments destinés à un usage public ou pour ceux dont la destination ou l'architecture réclameraient des dimensions plus spéciales.

Art. 29. Les rez-de-chaussée et les étages des bâtiments de la ville auront une hauteur de vide d'au moins 2^m65, sauf les étages mansardés qui pourront être réduits à 2^m40 et les entre-sols à 2^m25. Dans les bâtiments ruraux, les rez-de-chaussée et les étages ne pourront avoir moins de 2^m40 de hauteur de vide.