

# Application de l'acier en construction hydraulique: installations fixes

Autor(en): **Agatz, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2990>

## **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.

## VIIb 1

Application de l'acier en construction hydraulique,  
installations fixes.

Anwendung des Stahles im Wasserbau,  
feste Anlagen.

Use of Steel in Hydraulic Structures, Fixed Plants.

Dr. Ing. A. Agatz,

Professor an der Technischen Hochschule Berlin.

Il peut paraître étrange, à première vue, de traiter la question «L'acier dans les constructions hydrauliques» dans un congrès international pour les ponts et charpentes, mais si l'on considère que l'acier joue un rôle important dans les fondations des ponts et charpentes, il est compréhensible que le congrès doive aussi s'occuper de cette question. Le sujet principal de mon exposé sera de traiter des installations fixes qui ont un rapprochement immédiat avec les ponts et les charpentes, et tout spécialement des palplanches comme moyen moderne pour l'exécution des fondations des piliers ou autres ouvrages, j'étudierai ensuite les pieux en acier et les autres éléments des fondations. Les expériences faites avec des ouvrages d'appui sont beaucoup plus nombreuses et plus intéressantes que les constatations faites pour les piliers. Dans ce qui suit il sera souvent question de ces ouvrages d'appui. Toutefois nous pouvons affirmer que les observations et les expériences faites sur ces ouvrages d'épaulement sont facilement applicables aux piliers ou autres corps de fondations en acier.

### 1. *Résistance de l'acier aux agents physiques et chimiques.*

Le bois et le béton armé ne présentant pas dans leurs applications aux constructions hydrauliques dans tous les cas la résistance désirable aux actions physiques et chimiques, on essaya en Allemagne, il y a 30 ans environ, d'utiliser l'acier d'abord avec hésitation puis dès 1920, dans des proportions toujours plus grandes. On crut, en introduisant ce matériau, avoir éliminé en grande partie les causes de destruction observées et avoir trouvé, pour les constructions hydrauliques, le seul matériau adéquat. On ne se rendait alors pas compte avec quelle facilité l'acier est sujet aux attaques des actions physiques et chimiques, dans l'air, dans l'eau en mouvement, sous l'eau ou dans le sol.

Ayant recueilli des observations depuis de nombreuses années, il est temps de comparer les déductions théoriques et les expériences de laboratoire avec les observations faites sur des constructions existantes, et d'en tirer des conclusions pour l'utilisation ultérieure et l'amélioration de ce matériau. Pour les qualités

requis de l'acier, la difficulté réside dans le fait que d'une part le matériau doit, dans la plupart des cas, traverser des zones différentes, ayant chacune ses caractéristiques physiques et chimiques de détérioration, et que, d'autre part, les diverses sortes d'acier se comportent chacune différemment suivant la composition du sol ou de l'eau. Il faut tendre à ce que l'acier présente, autant que possible, une même résistance dans les différents groupes (air, eau en mouvement, eau, terrain). Les observations montrent toutefois que le but n'a pas été atteint; jusqu'à présent on n'a pas encore trouvé un seul et même matériau remplissant les différentes conditions requises dans ces 4 zones.

Dans l'air, les agents principaux de la destruction sont l'oxygène, les gaz industriels, les influences atmosphériques. L'attaque du matériau se présente principalement sous forme de corrosion.

Dans l'eau en mouvement l'effet de corrosion est plus accentué par le fait que l'humidité joue un rôle très important et que l'eau libre contient des matières corrosives. L'oxygène, par l'eau en mouvement et par le choc des vagues, est amené au matériau en plus grande quantité et ainsi la réaction se trouve considérablement renforcée. A cela viennent encore s'ajouter les sollicitations mécaniques résultant du trafic des bateaux, de la glace, etc.

Il faut remarquer qu'il y a une différence entre l'eau en mouvement de la mer et l'eau en mouvement des lacs, rivières et fleuves.

L'eau en mouvement de la mer produit des dégâts beaucoup plus étendus car ce mouvement est continu, répété dans de courts intervalles de temps, le choc des vagues est plus intense et les sels marins réagissent défavorablement. Dans les contrées très chaudes l'échauffement de l'eau et du matériau joue encore un rôle important.

La destruction du matériau toujours immergé semblerait devoir être moins active. Mais ce n'est généralement le cas qu'à partir d'une certaine profondeur, en dessous de la zone de l'eau en mouvement. Sur 1 à 2 mètres en dessous de cette zone, on constate des dégâts encore bien plus grands que dans la zone au-dessus et ceci plus encore dans les pays chauds que dans les pays tempérés.

Dans le sol, la résistance du matériau dépend de la capacité d'attaque chimique du terrain et de l'eau de fond. Il y a des sortes de terrain où le matériau n'est pour ainsi dire pas attaqué. Comme l'on trouve aussi des sortes de terrains qui produisent des dégâts dont l'importance ne peut pas être reconnue, car on n'a que très rarement l'occasion de sortir des palplanches ayant longtemps séjourné en terre.

## *2. Les phénomènes de destruction de l'acier et les moyens de les atténuer.*

Il y aura toujours une détérioration mécanique des corps en acier enfoncés dans le sol, tels que palplanches et pieux, quand le profil choisi n'est pas en rapport exact avec la compacité du sol et la profondeur de battage désirée. Dans ces cas les dégâts ont lieu à la tête et au pied des profils et ils peuvent même provoquer la dislocation de la paroi. Tandis que les dégâts causés aux parties des pieux et palplanches enterrés ne sont pas visibles, on peut éliminer les dégâts apparents en effectuant un découpage des têtes. Ce moyen ne peut être employé que dans une certaine limite sinon la profondeur de battage ne peut pas être

atteinte. Ainsi, quand les principes cités ci-dessous ne sont pas respectés, le battage peut avoir une plus grande part dans la destruction de l'acier dans les fondations et les constructions d'ouvrages hydrauliques que la détérioration qui se fait pendant la durée d'exploitation.

Parmi les destructions mécaniques on compte l'usure par l'eau en mouvement. Les constructions métalliques en eau calme ont une durée plus grande que celles en eau courante où le courant transporte des corps en suspension, immergés ou flottants. Les dégâts causés par le sable quartzueux apparaissent de bonne heure. Nous connaissons des cas où, en l'espace de 7 ans, des palplanches furent percées au niveau du sol, endroit le plus attaqué. L'attaque par l'effet du moulage du sable est bien la plus forte des actions mécaniques à côté de laquelle l'action de la glace ou des chocs de l'eau est négligeable.

L'usure par suite de chocs dus à la batellerie, par l'abordage et le départ de convois, dépend principalement de l'état de fléchissement de l'ouvrage en service et des moyens de protection par défenses appropriées (parechocs). On ne connaît pas de cas où cette usure ait atteint une valeur telle qu'elle ait nécessité le remplacement total ou partiel de la construction. Toutefois il faut se faire une idée claire des sollicitations et disposer l'ouvrage de façon que des matériaux tendres, comme du bois, des fascines, soient placés comme défense pour absorber les gros effets destructeurs.

La destruction par suite des intempéries (précipitations et fortes variations de température) a peu d'importance dans nos contrées.

La conservation des ouvrages en acier est mise d'avantage en danger par la destruction due aux agents chimiques, particulièrement par la corrosion dans les différentes zones. Les expériences pratiques faites jusqu'à maintenant en Allemagne diffèrent tellement les unes des autres qu'il n'a pas encore été possible de les mesurer à une même base de comparaison quoique justement la corrosion ait été étudiée très à fond dans des congrès, des publications et que l'on ait une littérature très abondante sur ce sujet. Je ne veux donc pas plus m'étendre là-dessus et je ferai seulement remarquer qu'à cause de la corrosion il n'est pas encore possible de fixer la durée d'existence des constructions en acier car les renseignements publiés sur la résistance à l'effet de la rouille ne sont donnés qu'occasionnellement par quelques usines et présentent de très grosses différences. Ceci n'est du reste pas étonnant car les constructions ont été observées dans des conditions les plus diverses et que la corrosion dépend très fortement de la composition de l'eau, de l'air, du sol, ainsi que de la température. Il y a des contrées, en Allemagne, qui de ce fait favorisent une plus rapide destruction de l'acier, tandis que d'autres contrées, sans montrer des différences visibles ou chimiques bien marquées dans la composition de l'eau, donnent une durée d'existence à l'acier plusieurs fois plus grande que les premières.

Je dois cependant donner comme résultat d'expérience que des parois continues en acier sont moins sujettes à la rouille que des pieux isolés fichés dans l'eau, par exemple à un endroit de la côte de la Mer du Nord, la destruction de pieux isolés s'est faite dans l'espace de 20 années, tandis qu'une paroi située non loin de là, composée d'éléments de même section montre, pour la même durée, une dégradation légèrement supérieure à la normale, sans toutefois que la construction soit signalée comme étant dans un état dangereux.

Sans aucun doute, la composition de l'acier joue un rôle important qui n'est pas encore entièrement déterminé.

Sur la base des recherches de diverses autorités pour la limite de durée la plus courte des pieux et palplanches en acier et pour une corrosion dans des conditions normales, on peut admettre une période d'existence d'au moins 60 années, durée qui peut être considérée dans chaque cas comme suffisante par rapport à la durée d'exploitation rationnelle de telles constructions. Je dois toutefois dire que la limite estimée ci-dessus peut s'étendre à plusieurs centaines d'années, durée qui n'est naturellement pas contrôlable scientifiquement.

Des vérifications, faites sur une installation de trafic par eau à l'embouchure de la Weser ont montré que la rouille avait produit à une paroi de palplanches une usure de 0,2 mm pendant l'espace de 8 années d'exploitation.

Une sorte de destruction qu'il ne faut pas mésestimer, c'est l'électrolyse. La condition pour créer l'apparition de l'électrolyse dans une construction en acier sous l'effet de l'humidité c'est l'emploi de matériaux de différentes compositions (même l'emploi de différentes sortes d'acier sans même l'emploi de différents métaux). Ce phénomène dorénavant devra encore être très étudié afin de permettre de prendre des précautions et des protections contre cette cause de détérioration.

Comme il a été dit au début, on ne peut avoir que peu d'indications sur le nombre et la répartition des points attaqués. Cependant le siège des dégâts est généralement à rechercher ou dans la zone de l'eau en mouvement ou quelques mètres en dessous. Ces dégâts les plus communs et les plus importants sont provoqués par la corrosion et par un battage mal exécuté.

Ces causes de grandes destructions peuvent facilement être déduites de ce que nous avons dit plus haut. Les conditions de ces causes, jusqu'à maintenant, n'ont pas pu être influencées suffisamment par les mesures prises par l'homme. Il faut, à priori, les admettre et l'art de l'ingénieur tendra à diminuer ces effets de destructions par tous les moyens possibles et appropriés.

En premier lieu la présence ou l'enlèvement de la pellicule de laminage revêt de l'importance. Cette pellicule est un inconvénient inévitable du laminage, car elle ne possède pas une liaison sûre avec la masse même du métal. Elle a donc tendance à s'écailler aussitôt qu'un corps s'introduit entre elle et l'acier. On a la possibilité de l'enlever par jet de sable sous pression. Toutefois dans la majorité des cas, pour les constructions hydrauliques, on laisse cette pellicule.

Les mesures à prendre pour se préserver des destructions énumérées résident dans une composition adéquate de l'acier, dans une protection extérieure par de la peinture, dans une application d'une pellicule métallique protectrice, en noyant l'acier dans le béton, ainsi que dans la forme extérieure de l'ouvrage. De tous ces moyens préconisés jusqu'à ce jour, celui qui a donné les meilleurs résultats, c'est l'amélioration de la composition intérieure de l'acier. Ainsi l'addition du cuivre, qui au début, sur la base d'expériences de laboratoire suscita de grands espoirs qui ne furent pas toujours confirmés dans la pratique, augmente pourtant la résistance de l'acier quand cette addition est faite dans des proportions judicieuses; son influence est pour le moins appréciée lors du battage. Les expériences que l'on a faites en exploitation avec des aciers de haute qualité ne montrent pas, d'une façon générale, l'opportunité absolue de ces

alliages à l'acier. Les observations faites en Allemagne, aussi bien qu'en Angleterre, sont très discordantes entre elles. Dans un endroit, en Angleterre, on a constaté que l'acier ordinaire se rouillait très fortement lorsqu'il était complètement plongé dans de l'eau très salée et moins fortement lorsqu'il était dans une eau saumâtre et que l'acier chromé rouillait plus facilement au-dessus de l'eau que sous l'eau. Il s'est cependant en tout montré supérieur. Au contraire, dans un autre endroit, on constata de très fortes attaques sur certaines parties de l'acier chrome-nickel, et on doit faire cette constatation qu'avec une adjonction de cuivre aucune amélioration ne fut obtenue.

La conclusion que l'on peut déduire des observations faites en Angleterre est que l'acier au carbone paraît être le meilleur matériau dans l'air tandis que l'acier forgé «wrought iron» a présenté la plus grande résistance dans de l'eau en mouvement. L'adjonction de cuivre donne d'une manière remarquable une plus grande résistance à la corrosion dans l'air et dans l'eau douce mais non dans de l'eau en mouvement ou dans de l'eau de mer. On peut faire les mêmes remarques pour l'acier chromé et pour l'acier au nickel.

Dans l'eau de mer les effets de l'électrolyse sont intéressants sur l'assemblage de différentes sortes d'acier. Les effets de l'électrolyse protègent l'acier 37 au détriment de l'acier forgé et l'acier au chrome ou au nickel au détriment de l'acier au carbone. Ainsi chaque fois le matériau de qualité supérieure est protégé au détriment du matériau de qualité inférieure.

L'emploi d'une couche de peinture protectrice pour les constructions en acier (voir les rapports de M. le Conseiller Ministériel *Burkowitz*) ne peut s'appliquer qu'aux parties exposées à l'air. Pour les parties chassées dans le sol il faut renoncer à la peinture qui est certainement en grande partie détruite lors de l'enfoncement par battage. Il faut aussi se rappeler que la peinture a un besoin d'entretien constant. Le coût y relatif est à mettre en rapport avec la durée de l'exploitation de l'ouvrage. Aucune sorte de peinture actuellement sur le marché ne donne une protection parfaite sans un entretien continu. L'assurance donnée par les fabricants qu'il est possible de foncer même à travers du sable à arêtes vives sans endommager la peinture ne doit être acceptée que comme une affirmation toute théorique.

Par contre les revêtements métalliques (zinc ou plomb) ont une très grande valeur et ne donnent pas prise à l'attaque par corrosion. Comme ces revêtements sont très coûteux ils n'entrent en ligne de compte que pour des constructions spéciales telles que échelles, croix et anneaux d'amarrage, fers d'angle de protection, etc. et non pas pour des pilotis ou palplanches.

Un léger revêtement en béton des pilotis et des palplanches ne donne pas non plus une protection durable car il est connu que le béton n'adhère que difficilement sur de grandes surfaces métalliques.

La forme extérieure donnée à l'ouvrage peut participer fortement à atténuer les dégâts causés par le choc des vagues, par les courants et par l'action du sable. A cet effet, on a établi des profils qui possèdent une surface aussi plane que possible afin de diminuer l'action des tourbillons et par suite les frottements qui en résultent.

On peut se poser alors la question suivante: Jusqu'où les précautions énumérées concourent-elles à la diminution des dégâts, et dans les constructions

hydrauliques, peut-on se contenter des sections d'acier déterminées par le calcul. On ne peut pas donner de règle générale. On sera parfois obligé de compter avec la diminution de section provenant de la rouille, spécialement quand on sait par expérience que dans les lieux en question l'acier sera particulièrement attaqué. Heureusement, en Allemagne, il n'y a que quelques endroits, spécialement sur les côtes qui rentrent dans cette catégorie. Partout ailleurs, à mon avis, il n'y a pas lieu d'augmenter le coefficient de sécurité pour augmenter la durée de l'acier; je considérerais ce fait comme un emploi inutile de matériau.

### 3° *Le développement de l'emploi de l'acier dans les constructions hydrauliques.*

On se souvient qu'il y a 30 ans l'acier n'était utilisé en Allemagne, dans les constructions hydrauliques fixes que pour les agrès d'équipement comme échelle, croix et anneau d'amarrage, fers d'angle de protection, etc., tandis qu'actuellement on l'utilise pour les palplanches et que pour de telles constructions on emploie plus d'acier que de bois ou de béton armé. On estime que la production de l'acier en Allemagne est montée à plus de 200 000 t par an. Les chiffres de transactions ci-après, d'une grande usine allemande donnent une indication sur l'utilisation toujours plus grande de l'acier dans les constructions hydrauliques (rapportés à la valeur en *RM*).

1910: 100	1925: 196	1928: 1183	1932: 373
1915: 130	1927: 855	1930: 790	1934: 1150.

Les pieux en acier commencent à être employés depuis les 5 dernières années, et à mon avis leur emploi ira encore en se développant, restreignant ainsi l'utilisation du bois et du béton armé, pour autant que le béton armé ne trouve pas de nouvelles possibilités pour l'application aux constructions hydrauliques.

### 4° *Les possibilités d'emploi.*

La part principale de l'emploi de l'acier dans les fondations et constructions hydrauliques se rapporte, dans l'état actuel des choses, à la construction de parois en palplanches dont le développement s'accroît toujours, car en plus des constructions finies elles s'utilisent aussi pour l'érection d'autres ouvrages, par exemple comme soutènement des terres dans les fouilles de fondations. Elles n'entrent pas seulement en concurrence pour la construction sur pilotis, mais aussi pour les fondations de constructions massives (fondations à air comprimé et en puits).

Leur avantage réside dans une érection économique, pratique et rapide de la construction. Le battage apporte une économie de fouilles et d'épuisement. D'autre part on impose aux palplanches des conditions spéciales que l'on peut rapidement énumérer ci-après: limite très élevée d'étirage, d'allongement, tenacité aux entailles, résilience, grande résistance à la corrosion et à l'usure. Les qualités varient suivant les différentes sortes d'acier du commerce, mais elles peuvent toutefois être développées pour une sorte d'acier déterminée.

Les différentes aciéries spécialisées en fournitures de palplanches livrent des aciers spéciaux qui possèdent toutes ces qualités requises.

On emploiera toutefois cet acier spécial de haute valeur que seulement dans des cas particuliers et rationnellement, et en général on se contentera de l'acier

normal. Comme par l'emploi de l'acier ordinaire les profils sont plus forts qu'ils le seraient par l'emploi d'acier spécial ayant des contraintes admissibles plus grandes, il en résulte que le coffrage en palplanches offre ainsi une plus grande rigidité. De plus, dans bien des cas, la tendance plus marquée à la corrosion de l'acier ordinaire verra son effet partiellement diminué parce que, dans la grande masse de l'acier, la rouille attaquant sur 1 à 2 mm l'épaisseur du profil, l'affaiblira proportionnellement moins qu'elle ne le ferait sur un profil mince avec un acier spécial. En outre, le moment d'inertie plus grand du profil ordinaire est avantageux pour le battage de longues pièces, car les tensions et spécialement les effets du flambage et des vibrations sont diminués. On ne pourra pas toujours éviter l'emploi des aciers spéciaux, surtout si le matériau doit offrir une très grande résistance aux entailles lors du battage et doit être exposé à une très grande usure.

De ce qui a été exposé au paragraphe 2 il ressort que le dernier mot n'a pas encore été dit sur la composition d'un acier de haute qualité, répondant aux conditions demandées. En outre, au point de vue économique, on ne peut pas se prononcer d'une façon générale et absolue sur la préférence à donner à l'acier ordinaire ou à un acier de haute qualité.

Les conditions requises pour les profils de palplanches sont les suivantes :

Un grand moment de résistance pour un faible poids, c'est-à-dire un grand coefficient de qualité. Un faible fléchissement, résultant d'un profil élevé, l'étanchéité de la paroi, obtenue principalement par la forme et la position du joint. Pendant le battage il faut prendre soin que l'emboitage des joints soit bien exécuté et que la paroi reste plane, sans angle vif ou arrondi.

Si on considère le grand développement pris par les différents profils, on voit que ceux à joint et paroi unique dominant le marché. Les profils à joint unique et à double paroi (profils creux, en caisson) et les profils à double joint et à double paroi (profil *Peiner*) n'entrent en ligne de compte que pour les plus grands ouvrages, lesquels cependant se multiplient ces dernières années pour répondre aux exigences toujours croissantes du trafic.

L'avantage des profils ondulés sur ceux à double paroi réside dans l'emboitage des éléments et le battage qui sont plus faciles, vu que le refoulement du sol est moindre et que, jusqu'à un certain degré, les obstacles peuvent être évités. Pour des ouvrages comme des digues de retenue qui exigent de grands efforts intérieurs et une très grande rigidité, on cherchera à utiliser des profils ondulés si on ne veut pas exécuter la digue comme une paroi simple, solution plus claire au point de vue statique mais pour laquelle on aurait alors avantage à utiliser les profils en caissons, à double joints et double parois. Ces dernières années on a fait aussi des essais avec des profils soudés de formes les plus diverses, lesquels se sont révélés en tous points égaux aux profils laminés, vu le haut degré de perfection atteint par la soudure en Allemagne. Leur développement sera fonction de leur valeur économique. C'est aux aciéries de leur frayer le chemin.

Après avoir vu les conditions requises pour l'acier et les profils, il reste à examiner celles requises pour les parois battues (finies-posées).

L'exécution d'un ouvrage hydraulique par l'emploi des palplanches requiert la condition d'avoir uniquement des parois planes, mais il faut admettre toutefois



des déviations inévitables dans les aplombs des faces. D'après ce mode de construction on peut seulement prévoir des parois auxquelles de petites inexactitudes ne jouent pas un grand rôle.

En outre la paroi sera continue et compacte du haut en bas et presque sans possibilité d'y pratiquer par la suite des ouvertures; l'ouvrage présentera toujours le caractère d'un bloc brut et sans vide. Dans beaucoup de cas on trouvera le moyen de faire l'ouverture nécessaire en la découpant dans la paroi au-dessus du niveau des hautes eaux, et en la garnissant d'un cadre en béton armé dont la forme sera bien étudiée.

Cependant les ouvrages exécutés en palplanches qui exigent des parements extérieurs soignés seront sans vides.

Comme nous l'avons déjà dit, le puissant développement des palplanches en Allemagne provient de ce qu'elles trouvent leur emploi dans les constructions les plus diverses. Il est inutile de les détailler ici.

Il est à remarquer que par suite des expériences acquises et en prenant les précautions voulues il n'y a plus aujourd'hui de difficultés à battre des parois de 30 à 35 m en profondeur.

Dans les palplanches Peiner on a un choix de profils qui permet d'assurer des différences de niveau de n'importe quelle hauteur si l'on ne veut pas passer à la construction peu liée de palplanches à joints simples, pour des digues de retenue en acier.

On a fait aussi de bonnes expériences de battage avec des profils de longueur réduite, plus faciles à transporter sur le chantier où ils étaient soudés bout à bout.

A noter aussi le renforcement des profils simples que j'ai employé le premier, renforcement consistant à souder des fers plats aux endroits où le plus grand moment de résistance est nécessaire.

Jusqu'à présent ils n'ont pas montré de défaut après un service de huit ans.

La nécessité de faire supporter des charges verticales à ces étais a conduit la technique des palplanches à l'emploi de l'acier pour les pilotis, après qu'on eut reconnu à la suite d'essais de charge que les palplanches à simple ou double paroi convenaient très bien à cet emploi. Les conditions requises pour l'acier des pieux sont les mêmes que celles demandées à l'acier des palplanches. Les profils des pieux doivent répondre aux conditions suivantes:

Sous les pieux non battus mais pénétrant dans le sol par rotation le profil doit être établi de telle façon que le sol puisse donner la réaction nécessaire et, par cela, conditionner la charge du pieu, de plus, en le vissant il ne doit pas être détérioré par les pierres et autres obstacles du sous-sol. Donc il faut certaines conditions pour la largeur et le pas de la vis. Cette sorte de pieux n'a guère trouvé d'emploi en Allemagne, où, par suite de nos conditions du sol, elle n'aurait qu'un succès douteux. Par contre, ces pieux se rencontrent plus souvent dans les contrées isolées, comme dans les tropiques, vu que là-bas l'acquisition d'un outillage moderne est difficile.

A l'encontre des pieux à vis, les pieux battus se sont introduits en Allemagne ces dernières années. Nous sommes au début du développement, car le nombre des pieux battus jusqu'à présent est encore faible. Il faut exiger des profils des pieux battus un grand frottement entre pieu et sol sans toutefois que la résistance

au battage soit de ce fait insurmontable. En outre il faudra une section de pieu assez grande pour que la résistance à la charge ne soit pas limitée par le travail admissible du métal.

Les moments d'inertie suivant les divers axes doivent être sensiblement égaux et assez grands pour que le pieu possède une sécurité au flambage suffisante aussi bien lors du battage qu'en exploitation. Pour que le pieu parvienne au moins, d'une façon approximative, à sa position prévue dans le sous-sol, il faut que le profil ait une résistance suffisante à la flexion.

Pour l'exécution des pieux on a suivi deux procédés différents. Dans l'un on a cherché à faire porter la charge moins par le frottement de la surface totale contre le sol que par une grande résistance de la pointe, mais de cette manière, à cause de la grande section du tuyau ou du caisson on déplace, lors du battage, une masse de terre importante si on ne ramollit pas le sol avec de l'eau en acceptant les désavantages qui en résultent.

Dans une autre exécution des pieux on obtient la résistance à la charge, en premier lieu, en créant dans le sol, autour des pieux une enveloppe de frottement sol contre sol par le fait que, lors du battage, le terrain est pressé artificiellement et si fortement entre les ailes des pieux que cette pression sur l'enveloppe est supérieure au frottement du sol contre l'acier. Ces pieux ont l'avantage d'être relativement minces à leur partie inférieure et de refouler assez peu le sol.

La 1<sup>ère</sup> sorte de pieu a la forme de tuyau ou de caisson creux, dont la base peut être obturée ou non ou encore munie d'une pointe. Dans un pieu creux non obturé, au bout d'un certain temps, le sol fait une carotte et la résistance au battage est sensiblement la même que le pieu soit muni d'une pointe en béton ou non. On considère donc cette adjonction comme une précaution superflue et non économique.

Par la suite, exclusivement dans les eaux fortement attaquantes, on a aspiré la carotte du tuyau et on l'a remplacée par du béton. On obtient ainsi plus tard, lorsque l'acier sera totalement rouillé, un pieu en béton, ou si cela était nécessaire en béton armé.

Les profils ouverts consistent en profilés en I sans bourrelets qui ont un moment de résistance relativement petit. Pour cette raison on a muni le profil en I d'un bourrelet qui, placé à l'endroit favorable, et ayant la longueur voulue, augmente considérablement le moment de résistance à la compression et à la traction.

L'emploi de profils à larges ailes avec et sans bourrelet est plus avantageux que les pieux à double T. Par l'emploi de profils Peiner on peut constituer des pieux en groupant ces profils sur un périmètre en les battant ensemble; des bourrelets disposés sur le périmètre sont avantageux car le sol est très rapidement pressé entre les ailes des profils. On obtient ainsi une construction intermédiaire entre les profils fermés et ouverts.

D'autres profils ouverts sont ceux en U et Z que l'on peut battre séparément ou assembler. Jusqu'à présent on a renoncé à les munir d'un bourrelet car on emploie ces profils que lorsque la charge verticale n'est pas l'effort principal et que les forces profondérantes sont horizontales.

Les assemblages soudés n'ont pas encore été employés comme pilotis. Il semble

pourtant qu'ils ont un grand champ d'emploi parce qu'ils se prêtent bien mieux que les profils laminés aux conditions spéciales des pieux battus.

La charge supportée lors d'expériences avec différentes sortes de pieux en acier, comparée à celle supportée par des pieux en bois, est bien plus grande; elle est à peu près égale à celle supportée par des pieux en béton armé. Il n'y a pas de grande différence à ce sujet entre les profils ouverts et fermés. Les résultats d'expériences faites sur des pilotis avec bourrelets oscillent pour du terrain sablonneux entre 80 et 120 tonnes; pour un enfoncement de 2 à 8 mm au maximum. La charge supportée par des profils en caissons «Peiner» faisant partie d'une paroi atteint 300 à 350 ts, pour un enfoncement de 15 à 20 mm. Des essais faits sur des pieux sollicités à la traction sont rares, de sorte que l'on ne peut pas donner aucun avis sur la résistance à la traction des pieux en acier. A Brême on a constaté que pour surélever un pieu de 3 à 4 mm il faut une traction de 70 à 80 ts, le pieu restant dans sa nouvelle position.

L'emploi des pieux sollicités à la traction s'est développé en grand à Hambourg et à Brême pour le renforcement des quais.

L'expérience a montré que pour les bassins ouverts on ne doit pas uniquement employer des pieux en acier parce qu'ils offrent de grandes surfaces d'attaques. Il faut les enfermer dans un coffrage en palplanche rempli de terre. Depuis longtemps on emploie des coffrages en acier pour des pieux en béton armé; lorsque le pieu en béton doit traverser des couches de terrain instable, et lorsqu'il s'agit de constructions spéciales comme des pieux tubulaires ou pleins et où le coffrage est retiré. Dans ce cas là, il n'y a pas de conditions spéciales pour l'acier. Il n'y a pas non plus de grandes nouveautés à signaler dans ce domaine.

Lorsqu'il s'agit de protéger un puits à travers ou contre des couches de terre ou d'eau courante (agressive) en place de béton armé et de maçonnerie, on emploie aussi l'acier; l'exécution de puits en acier est toutefois extraordinairement rare par rapport à l'exécution en béton.

De même l'emploi des caissons en acier est plus rare que celui des caissons en béton armé, car les caissons en acier remplis de béton sont rarement assez avantageux pour ce genre de construction. On les emploiera, quand par suite d'un sol de fondation défavorable, non connu d'avance, on aura de grandes sollicitations dans le matériau. En exploitation les caissons en acier n'offrent pas d'inconvénients, comme l'ont démontré les grands travaux faits par des entreprises allemandes, dans le pays et à l'étranger.

Pour terminer rappelons quelques éléments d'équipement pour les ouvrages ayant trait à la navigation, que j'ai déjà rapidement signalés. Il s'agit principalement d'échelles, de croix et d'anneaux d'amarrages, de fers d'angles de protection, etc.

Les conditions requises pour l'acier sont, en premier lieu, une grande résistance à l'usure. Comme il s'agit ici de petites quantités d'acier, on peut employer un acier de meilleure qualité, que lorsqu'il s'agit de grandes masses comme pour les autres constructions hydrauliques.

Pour le revêtement d'angles il faut avoir soin de faire un ancrage absolument sûr, dans la maçonnerie ou le béton, car par suite du retrait du béton et de la forte dilatation de l'acier il se produirait une fissure entre ces deux matériaux.

### 5° Possibilités de développement.

Comme le montre le tableau donné au paragraphe 3, l'emploi de l'acier pour les fondations et les travaux hydrauliques a pris un puissant développement durant ces 15 dernières années. Il est incontestable qu'il le doit aux aciéries qui ont tout fait pour améliorer les matériaux, pour développer la série des profils, afin qu'ils puissent répondre aux diverses sollicitations.

Nous devons nous rendre compte que dans l'acier nous n'avons pas encore le matériau qui supprime tous les inconvénients du bois et du béton armé. Il est particulièrement sujet à la corrosion qui restreint encore son emploi.

Il sera plus facile d'augmenter les moments de résistance des palplanches et des pieux que d'améliorer la qualité du matériau, d'autant plus que la technique du laminage a fait de très grands progrès dans la fabrication des gros profils, et que la technique de la soudure nous a donné les possibilités de pouvoir établir les profils qui s'adaptent à tous les cas.

Le but final est d'obtenir l'acier qui répond le mieux aux conditions imposées; ce n'est pas le cas aujourd'hui.

Ce but ne peut être atteint que par le travail fait en commun et en parfaite confiance entre les physiciens, chimistes, maîtres de forges, maîtres lamineurs, staticiens, constructeurs et les entrepreneurs. Dans ces travaux, les expériences faites sur des ouvrages finis joueront un rôle prépondérant et indispensable pour l'avenir.

### Résumé.

Dans ce travail l'auteur résume les expériences que l'on a faites avec l'acier dans les constructions hydrauliques. Le comportement physique et chimique du matériau acier est séparé pour les différentes zones de sollicitation: dans l'air, alternativement dans l'air et dans l'eau, dans l'eau et dans le sol. L'auteur décrit les différentes forces agissantes et les moyens d'en réduire autant que possible l'influence préjudiciable. La durée d'existence des ouvrages métalliques est ensuite disentée. Comme mesures contre les détériorations exposées on peut citer: la composition du matériau acier, la peinture extérieure, les pellicules métalliques, l'enrobement de béton et la disposition extérieure des éléments métalliques. Après quelques considérations sur le développement de la production de l'acier pour les travaux hydrauliques, l'auteur esquisse les différentes possibilités d'application parmi lesquelles viennent au tout premier plan les ouvrages en palplanches. Les qualités des aciers et des profilés de palplanches sont ensuite exposées. D'autres possibilités d'application sont les pieux métalliques, les puits, les caissons et les accessoires pour la construction hydraulique, tels que les bornes d'amarrage, les échelles, etc.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide