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

Band: 6 (1960)

Artikel: Quelques aspects de l'influence exercée par la grosse chaudronnerie sur la charpente métallique soudée en Suisse

Autor: Dubas, Charles

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6964

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

II a 5

Quelques aspects de l'influence exercée par la grosse chaudronnerie sur la charpente métallique soudée en Suisse

Über den Einfluß des Großkesselbaues auf die geschweißten, schweizerischen Stahlbauten

Some Aspects of the Influence of Boiler-making on Welded Structural Steelwork in Switzerland

CHARLES DUBAS
Ing. civil dipl. E.P.F., Dr sc. techn., Président de la Direction des Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S.A., Bulle

Introduction

Dans ce court exposé, nous décrirons quelques aspects des techniques utilisées en grosse chaudronnerie et de l'influence qu'elles ont exercée sur la charpente métallique suisse, en matière de soudure électrique. Comme nous le montrerons rapidement, cette influence est d'ailleurs réciproque et s'exerce également à partir ou au profit d'autre secteurs industriels tels que les appareils pour l'industrie chimique ou alimentaire, les turbines hydrauliques, la grosse mécanique, le matériel de chemin de fer, fixe ou roulant, et même la fonderie.

Il est évident que l'interpénétration technique entre la charpente métallique, la grosse chaudronnerie et les branches apparentées se produit dans tous les pays. D'après nos observations, nous croyons cependant qu'elle est plus développée en Suisse et particulièrement dans certaines entreprises. En voici les raisons.

Bien que le marché suisse de la construction métallique soit assez restreint[1]), les entreprises suisses de la branche sont néanmoins nombreuses et réparties

---

[1]) Pour plus de renseignements, on se reportera à l'article «Quelques aspects de la construction métallique en Suisse», paru dans le «Bulletin technique de la Suisse romande» du 19 janvier 1957. Pour l'Europe, on lira avec intérêt les fascicules publiés en supplément aux «Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics», en particulier les «Aspects de la construction métallique soudée en Allemagne, Suède et Autriche», Paris 1957.

dans tout le pays. Dès lors, ces entreprises sont de dimensions modestes, si on les compare aux entreprises similaires de l'étranger. C'est pourquoi la charpente, dont les besoins sont d'ailleurs soumis à des fluctuations particulièrement fortes, ne constitue, dans la plupart des cas, qu'une des branches de l'activité des entreprises suisses de construction métallique. Pour certaines d'entre elles, issues d'ateliers de serrurerie agrandis peu à peu, cette dernière activité n'a pas été abandonnée, mais au contraire développée sur un plan industriel; pour d'autres, essentiellement fabriques de machines, l'atelier de charpente métallique est souvent appelé à construire des bâtis, châssis, supports et carters de tout genre, sans compter des structures spéciales telles que les charpentes de ponts roulants, véritables châssis de véhicules lourds de chemin de fer. Dans un grand nombre de cas, enfin, les entreprises suisses de charpente métallique ont développé les secteurs grosse chaudronnerie et appareillage pour l'industrie chimique ou alimentaire, dont l'importance est parfois plus grande que celle de la charpente proprement dite. Ainsi l'interpénétration technique s'imposait fatalement à la plupart des constructeurs suisses. Comme les plus importants, les mieux équipés, étaient obligés de lutter non seulement contre d'autres matériaux, plus prisés, mais encore contre une foule de concurrents plus petits, équipés plus sommairement, il n'est pas étonnant que les maisons pourvues des meilleurs bureaux techniques se soient orientées vers une production très évoluée, en se tenant tout à l'avant du progrès technique.

Dans l'exposé qui va suivre, nous allons tout d'abord dire quelques mots de l'évolution et de l'importance de la soudure en matière de récipients et de réservoirs, sans oublier le domaine un peu spécial des appareils pour l'industrie chimique ou alimentaire. Nous passerons ensuite aux conduites forcées, dont l'influence sur la charpente métallique est prépondérante, particulièrement en ce qui concerne la qualité des aciers et l'exécution des soudures, en plus de la conception générale de l'ouvrage soudé et des détails constructifs. Nous montrerons en outre un exemple de l'influence inverse, celle de la charpente sur la grosse chaudronnerie, en matière de conception et de calcul des conduites forcées. Nous parlerons enfin des autres secteurs industriels et tirerons quelques conclusions en ce qui concerne l'interpénétration technique et son importance.

Récipients et réservoirs

Rappelons tout d'abord ce que disaient, en mars 1935, M. le prof. M. Roš, alors Directeur du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, et son collaborateur, M. A. Eichinger. Ils remarquaient [2]) que la construction des récipients

[2]) «Festigkeit geschweißter Verbindungen», EMPA-Bericht Nr. 86 (Separatabdruck aus «Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik», Nr. 3 und 5, Jahrgang 1935).

et réservoirs possédait les expériences les plus anciennes en matière de soudure et que l'on avait toujours obtenu satisfaction tant que l'exécution était appropriée et que l'on avait apporté tout le soin nécessaire aux détails constructifs. Ils ajoutaient qu'en matière de conduites forcées, on manquait encore d'expériences suffisantes. En charpente métallique, on était en train de s'adapter. Quant à la construction des ponts, on en était encore aux débuts de l'emploi de la soudure. Pour les rails, les cordons bout à bout promettaient de bons résultats. Enfin, dans la construction des machines, on avait enregistré des succès et malheureusement aussi des échecs, en particulier lorsque l'on soudait des aciers à haute teneur en carbone ou des aciers spéciaux.

Constatons maintenant qu'en matière de chaudières, de cuves et de réservoirs, la rivure était non seulement gênante pour plus d'une raison et particulièrement à cause des recouvrements qu'elle impose, mais qu'elle était encore beaucoup plus difficile à réaliser qu'en charpente métallique. En effet, il ne suffisait pas d'obtenir une bonne résistance mécanique de la couture, mais il fallait encore une étanchéité parfaite, souvent même en surpression, à l'essai, d'où la nécessité impérieuse d'une rivure serrée, avec matage des lèvres des tôles. C'est la raison pour laquelle la soudure autogène, au chalumeau, la soudure au gaz à l'eau et la soudure électrique furent utilisées très tôt [3]) dans certains ateliers de chaudronnerie [4]) des pays industriels les plus avancés.

Il n'y a pas besoin d'insister sur l'importance actuelle de la soudure à l'arc électrique en matière de récipients et de réservoirs, de même que pour les appareils nécessaires à l'industrie chimique ou alimentaire. Disons simplement

---

[3]) La soudure à l'arc électrique a été utilisée industriellement bien avant le début du siècle. Une gravure provenant d'une publication de 1895 montre en effet un atelier de soudure en 1894; la source du courant était une batterie d'accumulateurs et l'on soudait au moyen d'électrodes de charbon des tôles à bord recourbés, en utilisant des fondants. La gravure en question a été reproduite dans la «Revue de Soudure Sécheron», n° 30, novembre 1958, à la figure 1 d'un article de M. F. Wörtmann, Dr sc. techn., ingénieur-conseil. Cet article est intitulé «Historique du début des électrodes de soudure à l'arc».

[4]) De l'exposé très intéressant de M. F. Wörtmann, cité à la note précédente, nous extrayons le passage suivant: «Comme l'électricité était encore peu répandue à cette époque, la soudure électrique à l'arc n'était employée que par quelques rares entreprises. Avec l'avènement de la soudure autogène au chalumeau, vers 1904, la soudure à l'arc fut reléguée au second plan. Elle pénétra cependant lentement dans les fonderies où elle permit de combler les pores et les retassures sans avoir besoin de réchauffer toute la pièce, comme il fallait le faire pour la soudure à l'acétylène. On se résigna à la qualité inférieure du métal déposé.»

M. F. Wörtmann ajoute: «Il est probable que les soudeurs avaient observé que les fils auxquels adhérait encore un peu de chaux, provenant de leur tréfilage, fondaient mieux que les fils propres. Or, dans toutes les entreprises en question, l'on disposait déjà de générateurs d'acétylène et le résidu du carbure, la chaux éteinte, était toujours disponible. Des soudeurs curieux trempèrent leurs fils dans cette chaux pour voir l'effet. Ils virent que cela allait mieux. Ce fut le début des électrodes enrobées.»

que des pièces souvent fort difficiles par leur forme, leur sollicitation, les contraintes internes dues à la multiplicité des cordons, le contrôle serré auquel elles sont soumises et allant parfois jusqu'à l'essai d'étanchéité à l'hélium, ont obligé les fabricants et leur personnel à une technique de plus en plus poussée [5]). Pensons également aux questions métallurgiques qui se posent journellement, notamment pour le soudage d'aciers inoxydables ou plaqués (bimétal). L'âge atomique qui vient de commencer, on peut l'affirmer dès maintenant, accentuera encore la nécessité d'une haute qualification des fabricants de ce matériel nouveau, soumis à des règles très strictes.

Ainsi, les fabricants suisses de chaudières, récipients, réservoirs sous pression et appareils pour l'industrie chimique ou alimentaire, disposant d'un personnel particulièrement qualifié en matière de soudure, tant au bureau d'études qu'à l'atelier, n'ont pas eu de difficultés techniques importantes, quand ils ont voulu passer à la construction de conduites forcées. Aux fabricants qui étaient en même temps des constructeurs de ponts et de charpentes, il était facile de prélever une partie de ce personnel, lorsque la chose s'avérait nécessaire en construction métallique [6]).

Conduites forcées

Au cours des trente dernières années, la nécessité d'utiliser à un rythme accéléré l'énergie hydroélectrique des régions montagneuses a conduit à la construction de conduites forcées pour des chutes de plus en plus élevées et des diamètres de plus en plus grands. Or l'énergie accumulée dans de telles conduites est considérable, surtout lorsqu'elles sont alimentées par un lac. En cas de rupture d'un tuyau, les destructions matérielles [7]) peuvent être très grandes, sans parler des morts d'hommes et du manque à gagner d'une importante centrale hors service. Il était donc indispensable de construire ces conduites, pour lesquelles la soudure présentait les mêmes avantages qu'en chaudronnerie générale, avec une sécurité aussi absolue que possible [8]). C'est pourquoi,

---

[5]) Le phénomène est ancien. Voir par exemple les rapports n° 11 (mai 1926) et 12 (juin 1926) du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, intitulés «Theorie und Praxis der autogenen Schweißung» et «Über elektrisch und autogen geschweißte Konstruktionen».

[6]) Signalons ici que le soudage à l'arc en atmosphère gazeuse, utilisé aujourd'hui en charpente métallique dans certains cas bien déterminés, où il présente des avantages, est employé depuis des années pour la soudure des réservoirs en aluminium.

[7]) Voir par exemple la figure 57 du rapport n° 132 du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, Zurich, février 1941. Ce rapport du prof. M. Roš est intitulé: «Problèmes actuels de la soudure des aciers de construction.»

[8]) D'après les théories probabilistes de la sécurité, cette dernière n'est jamais absolue. Pour plus de détails, on se reportera aux «Publications préliminaires» et «Rapports finals» des congrès de Liège et de Cambridge de notre Association Internationale des Ponts et Charpentes.

dans la règle et depuis fort longtemps, les maîtres de l'œuvre ont imposé et les constructeurs ont pris les plus grandes précautions, soit en ce qui concerne le choix de l'acier et des électrodes, soit en ce qui concerne la qualité du travail et son contrôle.

En Suisse, on donna jusque tout récemment une importance capitale aux essais d'endurance[9]), et ceci aussi bien sur éprouvettes de fatigue que sur des éléments ou des modèles d'ouvrages[10]). Actuellement, on n'attache plus la même importance à l'endurance, au moins en matière de conduites forcées, puisque ces dernières ne sont pas effectivement soumises à un effort de fatigue[11]). Par contre, l'accent est mis aujourd'hui sur la résistance à la fragilité[12]) des tôles et des soudures dans les conditions de service. Nous ne pouvons malheureusement nous étendre sur cette *question pourtant capitale de la fragilité des aciers et des soudures;* elle est en effet beaucoup trop vaste et les publi-

---

[9]) Le prof. M. Ros s'était fait le champion des essais à l'endurance, avec application de la théorie généralisée de la rupture selon HUBER-v. MISES-HENCKY et introduction de la contrainte dite de comparaison. Dans sa conférence faite le 10 octobre 1947 à la réunion d'automne de la Société de Métallurgie et publiée sous le titre «La fatigue des métaux», le prof. M. Roš déclarait: «Le jugement de la soudure bout à bout d'après la limite de fatigue est certainement correct, car, dans le cas de la sollicitation par fatigue, les défauts mécaniques inhérents à la matière, en elle-même et à l'exécution, ainsi que les erreurs ou avantages constructifs ressortent beaucoup plus nettement que dans le cas de la sollicitation statique.»

En Belgique, les idées du prof. Roš ont été reprises pour l'«Auscultation des réservoirs sous pression». Voir à ce propos l'article de MM. W. SOETE et R. DECHAENE paru dans la «Revue de Soudure», n° 3, 1958.

[10]) Voir à ce sujet les divers rapports du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux publiés par M. le prof. Roš et ses collaborateurs. En plus des titres déjà donnés aux remarques 7 et 9, citons encore: «Festigkeit und Berechnung geschweißter Verbindungen im Kessel- und Rohrbau; Schweißverbindungen im Kessel- und Behälterbau» (Mai 1936), «Erfahrungen mit röntgen-durchstrahlten, geschweißten Druckleitungen und deren festigkeitstechnische Sicherheit» (1939), «Festigkeit und Berechnung von Schweißverbindungen» (Mai 1943), «Die Festigkeit und Sicherheit der Schweißverbindungen» (Januar 1946).

[11]) En effet, les sollicitations dynamiques qu'elles subissent sont rares et ne forment qu'un certain pourcentage de leur sollicitation statique, permanente lorsque la conduite est en service. Même en cas de manœuvre tout à fait exceptionnelle, on ne dépasse guère 10 % pour les hautes chutes équipées de turbines Pelton et 30 % pour les chutes moyennes équipées de turbines Francis sans orifice compensateur.

[12]) L'essai de résilience à l'état naturel et après vieillissement artificiel n'a jamais été négligé en Suisse; il était presque toujours utilisé conjointement avec l'essai d'endurance. L'examen microscopique et l'essai de dureté permettaient en outre de déceler une formation éventuelle de martensite, dure et cassante, souvent responsable des ruptures fragiles. Ceci était d'autant plus nécessaire qu'à part la nuance douce (résistance 35 à 44 kg/mm^2 sur éprouvette de traction statique), on utilisait pour les conduites forcées une nuance plus dure (41 à 50 kg/mm^2), prévue par les prescriptions du 1er janvier 1932 de l'Association suisse des propriétaires d'appareils à vapeur. Cet acier avait une teneur en carbone élevée, sans éléments d'alliage. Cf. les rapports de la note 10.

cations paraissant chaque année à ce sujet, beaucoup trop nombreuses. Disons simplement que l'on trouve sur le marché, à l'heure actuelle, plus d'une dizaine de marques de tôles de qualité spéciale, en provenance des divers pays producteurs. Il s'agit d'aciers faiblement alliés, à grain fin, calmés et présentant du point de vue résilience[13]) en long et en travers, à l'état naturel et après vieillissement artificiel, à la température ambiante et à basse température, avec entaille aiguë et ordinaire, des garanties très sérieuses[14]). Ces aciers, primitivement à haute résistance[15]), sont à l'heure actuelle élaborés également en nuances plus douces. Tous conviennent parfaitement pour des constructions soudées, délicates et difficiles, qu'il s'agisse de matériel chaudronné ou de charpente métallique[16]); ils supportent sans difficulté la déformation à froid lors du pliage et du roulage, opérations capitales en chaudronnerie; ils supportent également sans dommage d'importantes contraintes polyaxées dues à la soudure,

---

[13]) L'essai de résilience, c'est-à-dire la chute d'un poids (mouton) sur un barreau entaillé de faible section, n'est pas le seul à rendre compte de la résistance à la fragilité des métaux. Malgré diverses tentatives, en particulier de M. Henri-M. Schnadt, cet essai est d'ailleurs difficile à interpréter pour les conditions données d'un ouvrage déterminé. Pour les tôles épaisses, l'essai global de pliage Kommerell est indispensable. L'essai de rupture statique sur éprouvette de traction entaillée est en outre particulièrement suggestif.

[14]) En chaudronnerie sous pression, on procède depuis longtemps aux essais mécaniques sur chaque tôle-mère, à la réception. Notons à ce sujet que les prescriptions actuelles en matière d'aciers (et les usages en matière de réception) sont un mélange assez incohérent de propriétés mécaniques, qui intéressent en premier lieu les utilisateurs (maîtres de l'œuvre et constructeurs) et de procédés d'élaboration, qui préoccupent avant tout les sidérurgistes (et les chercheurs). On se reportera à ce propos aux critiques très violentes de M. Henri-M. Schnadt dans les «Oerlikon-Schweißmitteilungen» n° 26 (1957). Ces critiques font l'objet du chapitre «Unzulänglichkeit der üblichen Denk- und Prüfmethoden» de son article «Prüfmethoden von Stählen und Schweißwerkstoffen für große Schweißkonstruktionen».

[15]) On peut se demander à ce sujet s'il faut véritablement fixer les contraintes admissibles, c'est-à-dire la sécurité calculée d'un ouvrage, à partir du seul essai à la rupture sur éprouvette de traction, qu'il s'agisse de la résistance statique, de la limite élastique ou même de l'endurance. D'ailleurs, si l'on fixe de bons critères de fragilité et de soudabilité, on oblige les laminoirs à une élaboration et à une composition chimique telles que la résistance à la rupture sur éprouvette de traction se trouve fixée dans des limites assez restreintes, au moins pour les aciers normaux avec surprix abordables pour des constructions courantes.

Signalons encore qu'en Suisse la différence de prix entre deux aciers de marque, nuance 37 kg/mm² et nuance 52 kg/mm², était très faible jusque tout récemment. Malgré cela, l'acier nuance 52 kg/mm², presque exclusivement employé pour les conduites forcées, était peu utilisé en charpente métallique, où l'on compare en général un acier nuance 37 kg/mm² de qualité courante, c'est-à-dire sans garantie de fragilité, à un acier nuance 52 kg/mm² résistant à la décohésion.

[16]) Cf. E. Folkhard: «Die Entwicklung und der heutige Stand des schweißbaren St 52», paru dans le «Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik», 1955, Heft 6.

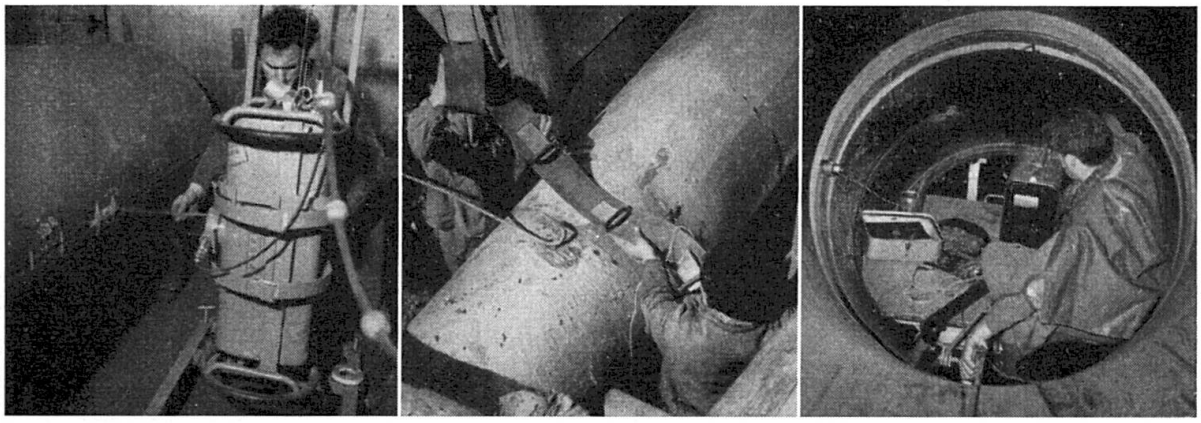

Fig. 1. Contrôles radiographique, gammagraphique et ultrasonique de conduites forcées.

très dangereuses si l'acier est fragile [17]). On peut dès lors se passer, en règle générale, du recuit [18]) à 620—650°, destiné d'une part à annuler l'effet de vieillissement et d'autre part à faire disparaître les contraintes internes.

Il faut en outre remarquer que l'emploi généralisé des électrodes basiques [19]), peu sensibles aux impuretés du métal de base et très tenaces, a augmenté la sécurité effective des conduites forcées dans une proportion considérable.

L'importance accordée depuis toujours à la question de la qualité des aciers et des électrodes en matière de conduites forcées, comme d'ailleurs pour les chaudières, récipients et réservoirs sous pression, ressort clairement de ce que nous venons de dire. En ce qui concerne la question capitale du contrôle des soudures, elle nous entraînerait beaucoup trop loin si nous voulions la traiter. Dès lors, nous montrerons simplement à la fig. 1, comment s'opère, en atelier

---

[17]) Il ne suffit pas d'utiliser en l'occurence un acier à grand allongement mesuré sur éprouvette de traction, où la striction peut se produire librement, contrairement à la tôle large. Rappelons à ce propos que la limite élastique de l'essai de traction augmente en sollicitation bidimensionnelle et que, sans tenir compte des contraintes internes, cette limite est dépassée localement sur bien des éléments d'ouvrages en service. L'auscultation tensométrique de pièces chaudronnées compliquées montre assez souvent un tel dépassement.

Rappelons en outre que la fragilité des tôles se manifeste également en construction rivée. On consultera à ce sujet l'article de M. G. Ferrand, intitulé: «A propos du cinquantenaire d'une conduite forcée» et paru dans le numéro de mars-avril 1958 de «La Houille Blanche».

[18]) Le recuit ne peut évidemment pas faire disparaître les fissures; l'exécution doit donc être effectuée de manière à les éviter. Le plan de soudage de pièces compliquées doit être prévu dès lors de manière à permettre une dilatation aussi libre que possible. Ce problème du recuit, ainsi que beaucoup d'autres, a été abordé dans le «Bulletin technique Vevey», années 1954 et 1958, n° 1, aux articles intitulés «Solutions à quelques problèmes de charpente métallique et de grosse chaudronnerie» et «Récentes réalisations Vevey en matière de conduites forcées».

[19]) En allemand «kalkbasisch», en anglais «low-hydrogen». Pour l'historique, voir l'article cité à la note 3.

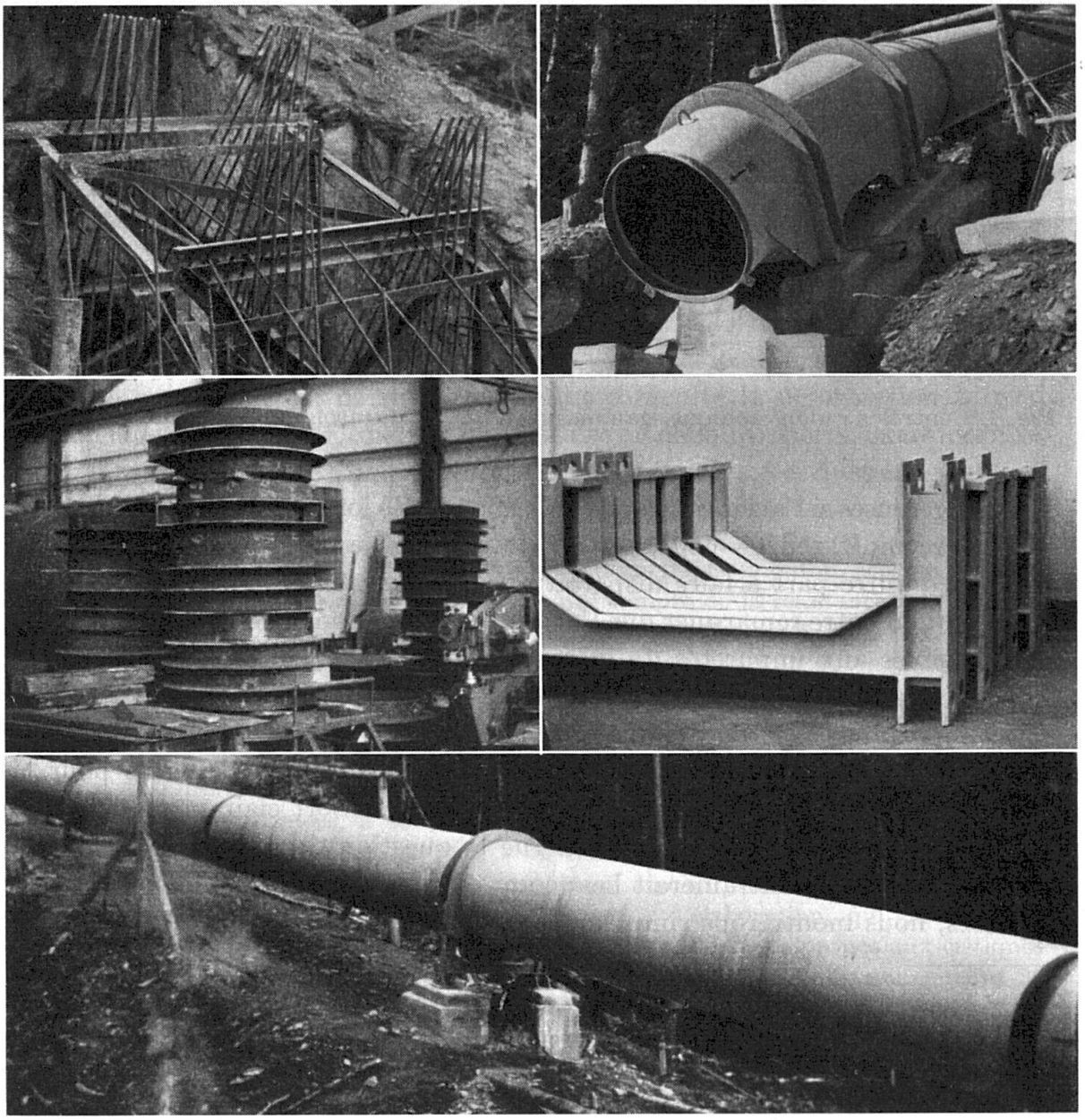

Fig. 2. Ancrage des coudes dans les massifs, coude et détails des appuis d'une conduite forcée récente.

et sur place, dans des conditions souvent très difficiles, les contrôles radiographique, gammagraphique et ultrasonique.

En contrepartie, il faut bien avouer que le calcul des chaudronniers s'est trop souvent borné à quelques formules élémentaires, dont celle du tube sous pression. La manière de faire est donc l'inverse de celle de la charpente métallique, où le calcul et les études théoriques sont en général très poussés, *tandis que l'on s'occupe encore beaucoup trop peu de la conception générale de l'ouvrage en vue de la soudure, des détails constructifs, du choix de l'acier et des électrodes, de l'exécution correcte en atelier et au montage, ainsi que du contrôle approfondi depuis l'aciérie jusqu'à la mise en service.* La logique oblige évidemment à

rapprocher des manières de faire aussi divergentes, soit en matière de grosse chaudronnerie, soit en matière de charpente métallique. Quant aux ponts, on se trouve en général dans une situation plus satisfaisante, les soins apportés aux ponts-rails soudés étant très souvent aussi poussés que pour une conduite forcée.

Il ne nous paraît pas inutile, en complément à ce que nous venons de dire, de montrer à la fig. 2 quelques vues d'une conduite forcée toute récente, où les coudes et les appuis ont été réalisés d'après les principes et la manière de calculer de la charpente métallique. Les efforts de déviation des coudes ont été en effet repris où ils se produisent et conduits le plus directement possible au sol de fondation par l'intermédiaire des massifs d'ancrage. La répartition de ces efforts dans le béton a été effectuée, conformément à la technique de ce matériau, en utilisant des fers ronds, soudés, comme nous l'avions fait à plusieurs reprises pour transmettre la poussée horizontale d'un cadre à double rotule dans un plancher. Pour les appuis, nous avons recherché, par une étude théorique, la forme et les dimensions à donner pour obtenir une sécurité aussi uniforme que possible, malgré les grandes portées. Des colliers indépendants, épais et robustes, formant de véritables tuyaux très courts, ont fourni une solution rationnelle, tant du point de vue technique que du point de vue économique (fig. 2).

Pour clore ce chapitre relatif aux conduites forcées, rappelons que, du fait des essais en surpression usuels en grosse chaudronnerie, l'auscultation tensométrique est beaucoup plus courante qu'en charpente métallique; on l'exécute volontiers sur les pièces spéciales telles que culottes, piquages et trous d'homme.

Autres domaines de la technique

Nous ne voulons pas parler longuement des réservoirs à hydrocarbures de grandes dimensions, pour lesquels, très souvent, on néglige presque complètement la question capitale de la qualité des aciers, en particulier celle de leur soudabilité et de leur fragilité. Il en est presque toujours de même de la qualité des soudures [20]). Quant aux questions de calcul, il est très rare que l'on se penche sérieusement sur le problème du renforcement du manteau à son encastrement dans le toit et dans le fond, eux-mêmes à renforcer localement. Les choses ne sont guère plus satisfaisantes en ce qui concerne la transmission correcte des efforts autour des trous d'homme et, pour les réservoirs à pression, du manteau dans le sol. Montrons cependant à nos lecteurs, à la fig. 3, quelques

[20]) Dans plusieurs pays, il semble usuel de ne pas souder à cœur les tôles du manteau et de diminuer simplement les contraintes admissibles par un facteur dit «de soudure». Du point de vue économique et technique (sécurité), il est certainement plus juste d'exécuter une soudure bien pénétrée, reprise à l'envers et contrôlée par sondage radiographique, avec des tôles plus minces.

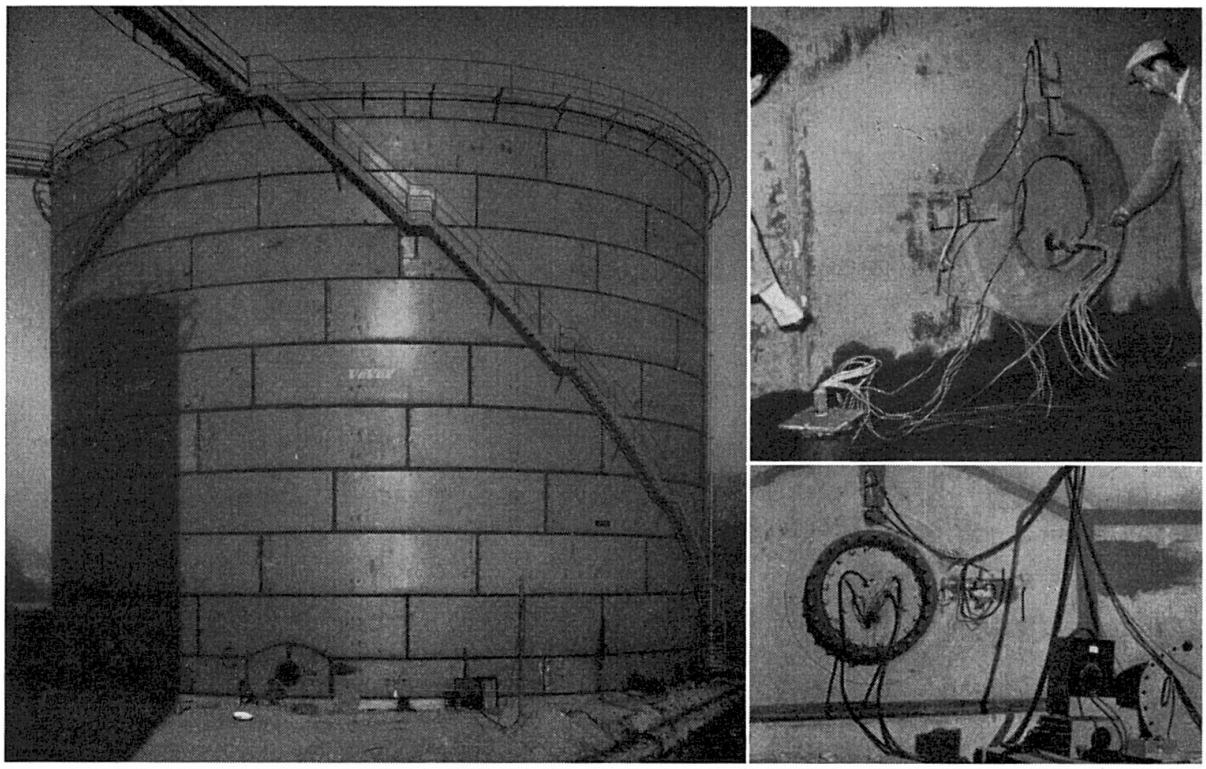

Fig. 3. Réservoir à hydrocarbures de 12 000 m³ avec auscultation tensométrique intérieure et extérieure.

vues d'un réservoir de 12 000 m³ réalisé dernièrement selon ce qui devrait être considéré comme les règles de l'art, et avec une auscultation tensométrique des points jugés névralgiques.

En matière de turbines hydrauliques, disons seulement que l'accroissement constant des unités oblige les fabricants à abandonner de plus en plus les grandes pièces en fonte pour passer à une construction presque entièrement soudée. A titre d'exemple, montrons à la fig. 4 les bâches d'une turbine Pelton et d'une turbine Francis, toutes deux de forte puissance. Ajoutons que, pour certaines grosses unités Kaplan ou Francis, le cercle d'entretoise, les différents supports et couvercles à réaliser en tôles très épaisses, avec ou sans utilisation de pièces de raccordement en acier moulé, posent des problèmes très ardus de qualité des aciers, de soudage et de traitement thermique.

En grosse mécanique, l'évolution est identique à celle des turbines hydrauliques. Là encore, les constructeurs, pour des raisons économiques et de sécurité, ont dû passer à une construction allégée, complètement soudée, comme le châssis des wagons-grues représentés [21]) à la fig. 5. En ce qui concerne les charpentes d'engins de levage, leur conception et leur exécution, du point de vue esthétique, technique et économique, donnent le ton en matière de construction moderne (fig. 5).

Pour les véhicules de chemin de fer, l'emploi de tôles minces pliées et

[21]) Cf. «Bulletin technique Vevey» 1954: «Wagons-grues CFF 25 tonnes.»

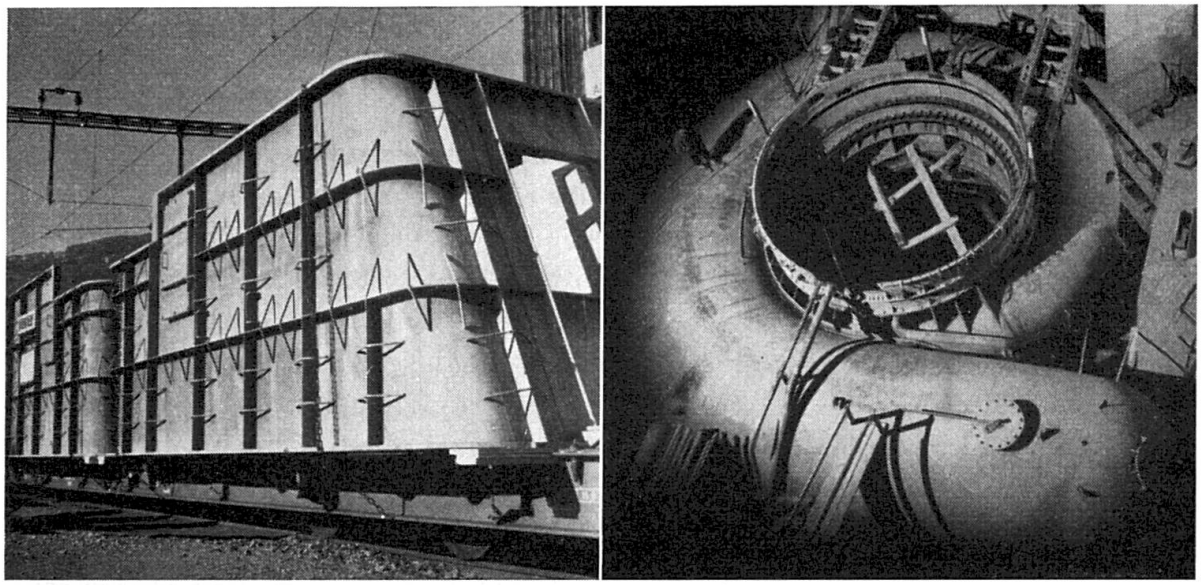

Fig. 4. Bâche de turbine Pelton de grande puissance pendant son transport et bâche de turbine Francis de très grande puissance lors de l'essai en surpression sur place.

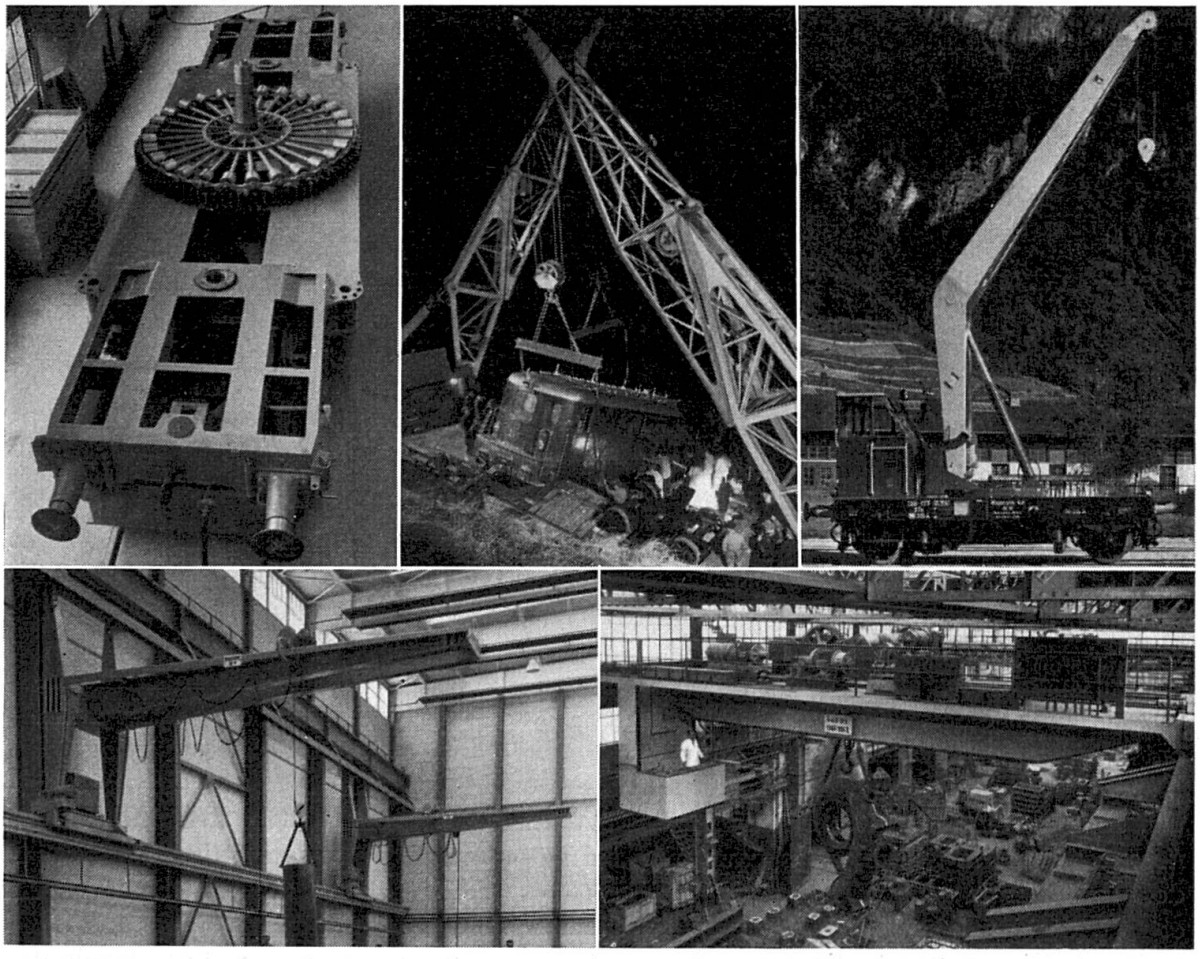

Fig. 5. De gauche à droite et de haut en bas: châssis d'un wagon-grue de 25 t, wagons-grues de 25 t au travail, wagon-grue de 4 t, grues-consoles et pont roulant d'atelier.

l'utilisation de machines à souder par points pourraient être appliqués avec intérêt à la fabrication d'éléments en série de charpente métallique, comme les poutrelles et les planchers.

Quant au soudage des rails de chemin de fer ou de ponts roulants, la technique actuelle permet de procéder en toute sécurité, malgré les teneurs élevées en carbone et les fortes sections. On recourt pour cela au préchauffage, avec emploi d'électrodes de gros diamètres, en passes de forte épaisseur, sans interruption du travail et sans enlèvement du laitier [22]). On sait en effet aujourd'hui qu'il faut accumuler une grande quantité de chaleur dans les pièces en acier dur, pour empêcher un refroidissement trop rapide, c'est-à-dire la trempe. Cette technique vaut également pour l'acier moulé, dont la teneur en carbone est en général assez forte.

Considérations finales

Nous avons parlé jusqu'ici des principaux problèmes que posent actuellement en Suisse la grosse chaudronnerie et d'autres secteurs voisins de la technique, en fait de constructions soudées. Bien entendu, les solutions trouvées ont été appliquées en charpente métallique, suivant les possibilités et les nécessités, mais il y a lieu de faire encore bien davantage à l'avenir.

En matière de qualité des aciers, d'exécution correcte des soudures et de contrôle, il faut agir tout d'abord sur le plan des prescriptions, étant entendu que ces prescriptions devraient peu à peu déborder le cadre des divers pays pour devenir européennes et que l'on doit tenir compte dans une juste mesure des deux facteurs sécurité et économie. C'est pourquoi les normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes concernant le calcul, l'exécution et l'entretien des constructions métalliques sont à l'heure actuelle revues entièrement par une commission de revision permanente. Tout en tenant compte des besoins et des particularités suisses [23]), la commission s'efforcera de s'en

---

[22]) On recommandait autrefois le contraire, soit la soudure par passes minces et avec électrodes de faible diamètre. Cf. les publications citées aux notes 7, 9 et 10. Dans certains cas, le préchauffage peut être remplacé par un «beurrage» au moyen d'électrodes ultra-douces.

[23]) Quand elles existent, les prescriptions suisses, qui possèdent rarement un caractère vraiment officiel, sont plus générales que celles d'autres pays. En effet, leurs auteurs ont toujours eu le souci constant de ne pas freiner le progrès technique et de laisser le plus possible de liberté et d'initiative aux constructeurs conscients de leurs responsabilités, ainsi qu'aux autorités ou organismes éventuels de contrôle. Cette attitude est une nécessité pour la Suisse, pays pauvre en soi et sans grandes ressources naturelles, qui doit importer la plus grande partie des matières premières nécessaires à son industrie et ne peut vivre que par le travail acharné de ses habitants. L'industrie suisse doit donc s'efforcer d'être partout à l'avant du progrès technique pour livrer des produits de qualité, très appréciés par un monde pour qui seule la productivité, rarement synonyme de qualité, compte actuellement. Voir à ce propos la page 25 du rapport n° 100 du Labora-

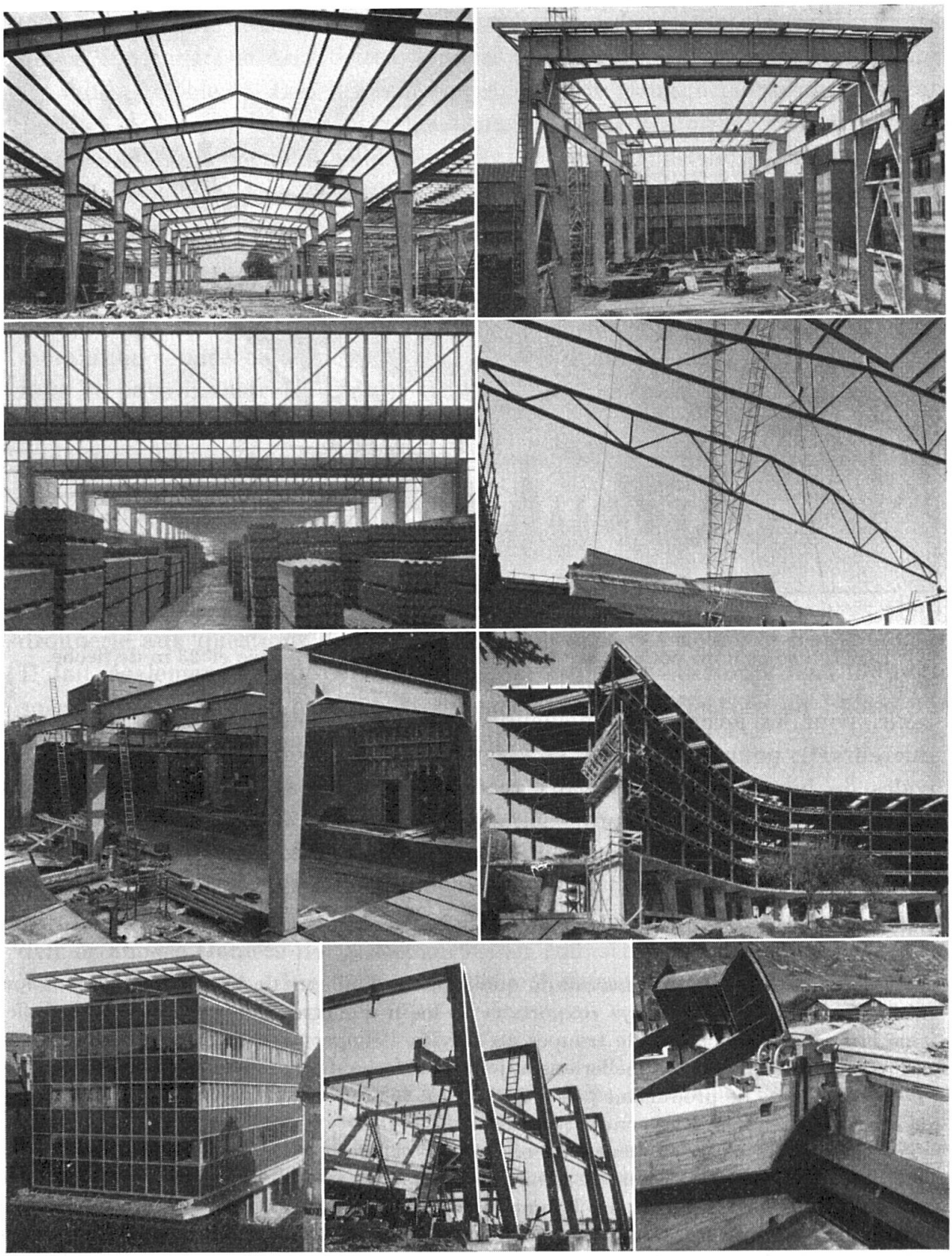

Fig. 6. Quelques exemples de charpentes métalliques modernes pour des bâtiments industriels (ateliers ou halles de fabrication), des bâtiments administratifs et des magasins. A droite en bas, barrage en rivière avec vannes-secteurs, dont l'une à clapet.

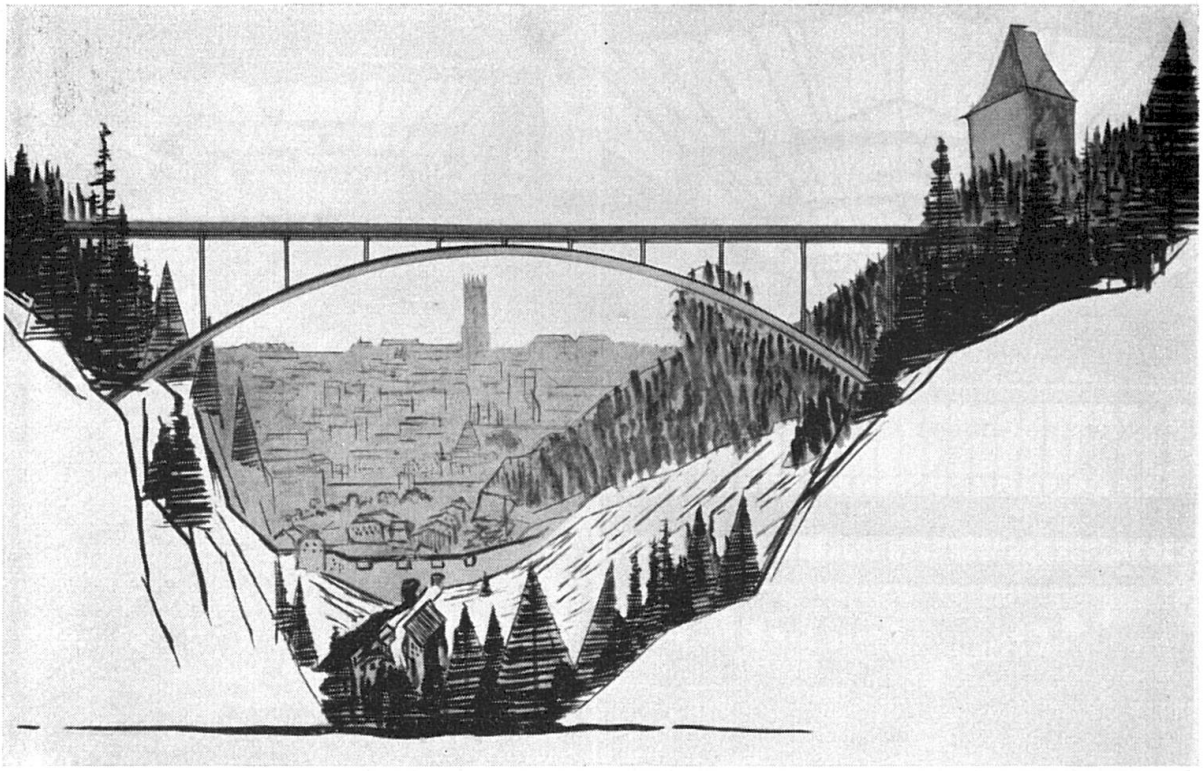

Fig. 7. Projet d'un pont en arc métallique de 119 m de portée et 23 m de flèche.

tenir, pour les aciers, aux meilleures prescriptions étrangères des pays producteurs [24]); pour les soudures et le contrôle, elle espère pouvoir se rallier aux codes de bonne pratique et aux recommandations des grandes associations internationales, en les adaptant si nécessaire [25]).

En matière de conception générale et de détails constructifs, de gros pro-

---

toire fédéral d'essai des matériaux, intitulé «Schweißverbindungen im Kessel- und Behälterbau», Zürich 1936.

En Suisse, la notion du travail de qualité date d'ailleurs de bien avant l'apparition de l'industrie, puisque le pays «exportait» sa main d'œuvre depuis le quinzième siècle, sous la forme très spéciale de troupes au service étranger, dont les princes et les états appréciaient ce que nous appellerions aujourd'hui la haute qualification.

[24]) La Suisse ne produisant pas d'acier, il est logique qu'elle adopte les prescriptions de ses fournisseurs, si elles sont satisfaisantes.

En ce qui concerne les essais de réception, on peut se demander si l'on ne devrait pas un jour en arriver, au moins pour les charpentes métalliques normales, à pouvoir faire confiance aux contrôles des laminoirs eux-mêmes. Cela exigerait naturellement une demande d'agrégation des laminoirs intéressés, avec des super-contrôles inopinés par un laboratoire indépendant. En outre une institution centrale, habilitée à recevoir d'éventuelles doléances des utilisateurs, serait à mettre sur pied.

[25]) Il ne saurait être question de prescriptions détaillées du genre «livre de recettes de cuisine», qui présentent d'ailleurs pour l'industriel l'avantage incontestable de le débarrasser des problèmes techniques, en lui permettant ainsi de concentrer tous ses efforts sur les problèmes de rationalisation de sa fabrication. Vis-à-vis de sa clientèle, elles lui permettent en outre d'opposer une fin de non-recevoir à certaines exigences.

grès ont déjà été réalisés. Pour cela une bonne information des milieux intéressés, ingénieurs et architectes, maîtres de l'œuvre, constructeurs et public, est indispensable [26]). Les différentes images [27]) de la fig. 6 montrent d'ailleurs jusqu'à quel point la charpente classique [28]) s'est transformée et comment un important rapprochement a été effectué avec les branches industrielles voisines. En ce qui concerne le pont-route de la fig. 7 [29]), précisons qu'il vient d'être exécuté en un autre matériau, moins élégant et sensiblement plus coûteux que l'acier, pour des raisons complètement étrangères à la technique.

Nous sommes en finale persuadés qu'une interpénétration technique toujours plus poussée est l'un des facteurs importants qui permettra à la charpente métallique soudée de se développer considérablement, en Suisse comme dans tous les pays industriels. L'acier reste en effet le matériau moderne idéal de résistance élevée, qui se prête admirablement à la préfabrication dans des ateliers bien équipés et travaillant dès lors à bon marché [1]), malgré des salaires élevés.

Résumé

L'auteur montre tout spécialement l'importance attachée en grosse chaudronnerie aux questions de qualité et de contrôle des aciers et des soudures. Il fait également une brève incursion dans d'autres secteurs de l'industrie suisse. Quelques exemples montrent comment s'est effectuée en Suisse une certaine interpénétration technique, encore à développer.

Zusammenfassung

Der Verfasser zeigt insbesonders die Wichtigkeit der Qualität und der Kontrolle des Stahles und der Schweißung im Großkesselbau. Sehr kurz behandelt er andere Gebiete der schweizerischen Industrie. Einige Beispiele zeigen, wie in der Schweiz schon eine technische Zusammenarbeit besteht, die noch stark zu entwickeln ist.

---

[26]) Cf. entre autres les «Bulletins de la construction métallique» (Stahlbauberichte) de la Chambre suisse de la Construction métallique.

[27]) Pour plus de détails, on se reportera à l'article «Quelques charpentes métalliques soudées exécutées en Suisse au cours des cinq dernières années» du «Bulletin technique Vevey» 1957.

[28]) En Suisse, on ne peut plus guère parler de charpente rivée en acier, depuis la dernière guerre où l'emploi de la soudure a permis de parer dans une large mesure à la pénurie de matières premières. Dès lors, il est parfois difficile de trouver des ouvriers connaissant bien la rivure, quand il s'agit de procéder au remplacement des rivets d'un ancien pont métallique; les vieux ouvriers riveurs ont en effet disparu, tandis que les jeunes ne sont plus formés à ce métier.

[29]) Cf. l'article «Projet d'un pont à arc métallique...» du «Bulletin technique Vevey» 1956.

Summary

The author calls special attention to the importance of the quality and inspection of the steel and the welding employed in the construction of boilers and allied equipment. He also briefly considers other sections of the Swiss engineering industry. Some examples are given which show how a certain amount of technical interpenetration has occurred in Switzerland, which has yet to be further developed.