

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 56 (1930)
Heft: 22

Artikel: Le soudage électrique, procédé moderne pour la construction des machines électriques
Autor: Meyfarth, G.L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43538>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

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

régulateur *double* ; en outre, comme il n'y a plus de cercle de vannage, les organes d'amenée et les ouvrages en maçonnerie sont simplifiés. Quant aux distributeurs, ils peuvent être identiques pour les groupes réglables et les groupes non réglables d'une même usine.

Sur la figure 7 sont comparées deux turbines Kaplan, l'une avec directrices réglables, l'autre avec directrices fixes, et la figure 8 reproduit les courbes de rendement relatives à trois groupes de trois unités chacun, l'un composé de turbines Kaplan « pures » ; le deuxième, de turbines Kaplan à directrices fixes et le troisième de turbines-hélices à pales réceptrices fixes.

(A suivre.)

Le soudage électrique, procédé moderne pour la construction des machines électriques¹

par M. G. L. MEYFARTH,
directeur général de la S. A. des Ateliers de Sécheron.

Le progrès, dans le domaine de la construction des machines électriques a été caractérisé, au cours de ces dernières années, par une augmentation rapide de la puissance unitaire des machines. La tension pour laquelle celles-ci peuvent être bobinées a, naturellement, suivi une augmentation parallèle et le rendement s'est notablement amélioré. Mon intention n'est pas de vous entretenir de ces nouveaux « records » mais bien d'attirer votre attention sur un autre développement non moins important : L'introduction rapide d'une nouvelle méthode de fabrication dans l'industrie des machines électriques, grâce à l'emploi du soudage au moyen

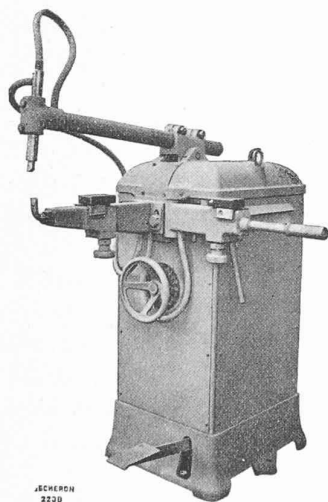


Fig. 1. — Machine à souder combinée, type Sécheron.

de l'arc électrique. Il semble que ce progrès est encore relativement peu connu en Suisse. Cela provient sans doute de ce que les machines construites suivant ce nouveau procédé ont été, jusqu'ici, presque toutes destinées à l'exportation. Mon sujet, choisi d'accord avec le Comité de l'A. S. E., sera donc nouveau pour plusieurs de nous. J'ai la conviction que les conférences faites au sein de l'A. S. E. doivent être tout à fait objectives et ne pas se limiter aux expériences faites par une seule maison ; j'ai donc cherché à traiter mon sujet sur une base aussi large que

possible. Je tiendrai compte, dans mon exposé, non seulement des trois grandes maisons suisses de construction de machines électriques, mais encore de maisons allemandes et autrichiennes choisies parmi les plus importantes. Malheureusement, le temps m'a manqué pour obtenir des maisons américaines, si avancées dans le domaine de la technique du soudage, les renseignements dont j'eusse désiré tenir compte.

Le soudage électrique à l'arc est connu depuis bien des

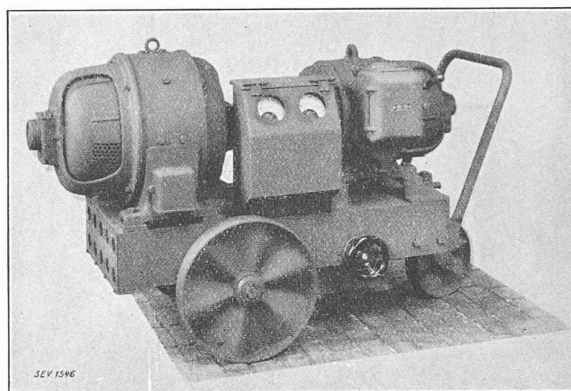


Fig. 2. — Groupe convertisseur Brown-Boveri, pour soudage électrique.

années ; il est même antérieur au procédé de soudage au chalumeau à gaz. Ce dernier procédé n'entre pas en ligne de compte pour le travail sur les pièces volumineuses. En effet, il donne lieu à une transmission de chaleur très importante qui atteint huit à dix fois celle qui se produit lors du soudage électrique. Il s'ensuit que les pièces se voilent ou sont le siège de tensions intérieures inadmissibles. On peut se demander pourquoi le procédé de soudage à l'arc ne s'est pas introduit plus tôt de façon générale dans la construction des machines électriques. La raison principale peut probablement en être cherchée dans la difficulté qu'il y avait à se procurer des électrodes donnant une soudure absolument sûre. Pendant longtemps, la solution du problème a été cherchée par les électriciens seuls ; on croyait qu'il suffisait d'assurer un

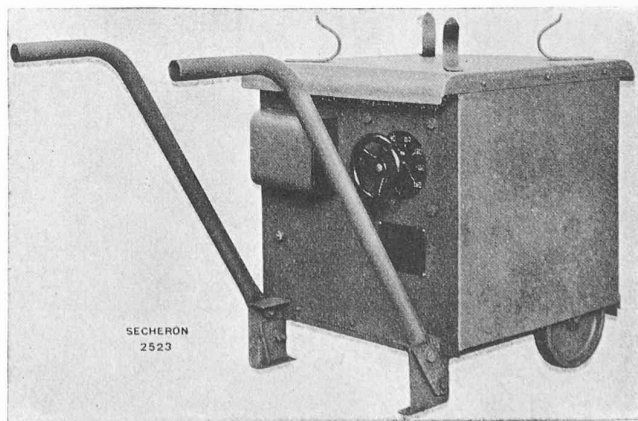


Fig. 3. — Appareil type Sécheron pour soudage à l'arc.

¹ Conférence faite à l'occasion de l'assemblée générale de l'Association suisse des Electriciens, en juin 1930, à Genève.

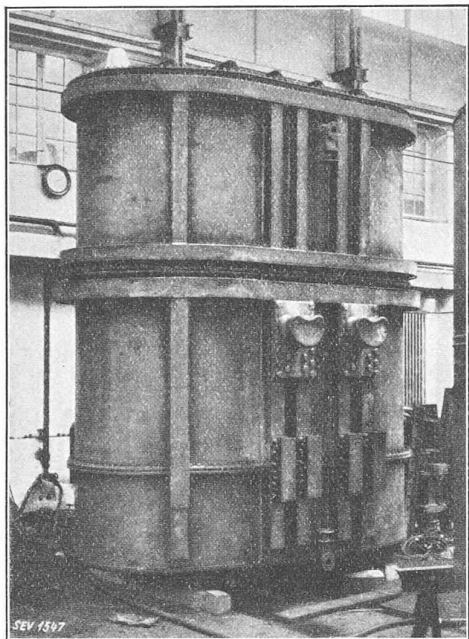


Fig. 4. — Cuve soudée pour un grand transformateur, construction Brown, Boveri & Cie.

réglage parfait de l'arc, pour obtenir des résultats satisfaisants. On reconnut enfin que le soudage à l'arc est, en fait, un processus électro-métallurgique et les électriciens s'adjoignirent la collaboration des chimistes. Cette collaboration fut fructueuse et on ne tarda pas à avoir en main tout ce qu'il fallait pour employer le soudage électrique avec un plein succès. Actuellement on peut, sans exagération, prétendre que le procédé de soudage à l'arc électrique est capable de répondre à toutes les exigences de la pratique.

Pour souder à l'arc, il faut disposer d'une source de courant qui permette d'obtenir un arc stable pour toute la gamme des intensités usitées pour le soudage. On peut souder au courant continu ou au courant alternatif ; le genre de courant n'a aucune influence sur les résultats. Il suffit que l'arc s'amorce facilement, reste stable et puisse se régler entre certaines limites, ce sont là les seules conditions que doit remplir la partie purement électrique de l'appareillage employé. On a cru pendant longtemps — certains soutiennent encore cette opinion — que seul le courant continu donnait de bons résultats ; la pratique, les essais extrêmement complets exécutés par des personnes impartiales ont prouvé que cette opinion est absolument erronée. En Europe, on ne pratique guère que le sou-

dage ordinaire à l'arc, où un pôle est constitué par la pièce à souder, l'autre par le bâtonnet de métal d'apport (l'électrode). En Amérique, et récemment aussi en Allemagne, on a introduit un procédé qui consiste à effectuer le soudage dans une atmosphère de gaz protecteurs. On lance, à l'endroit où l'on soude, un jet d'hydrogène. La chaleur réduit en atomes les molécules d'hydrogène ; à proximité de la pièce à souder, ces atomes se réunissent à nouveau de façon à reconstituer les molécules, ce qui produit un dégagement intense de chaleur. Les molécules d'hydrogène brûlent alors au contact de l'air. Ce procédé a l'inconvénient d'être coûteux et compliqué. Nous doutons qu'il puisse s'introduire chez nous. Du reste, la transmission considérable de chaleur et les tensions qui en résultent à l'intérieur du métal des pièces soudées donneraient lieu, pour la construction des machines, à des inconvénients identiques à ceux que produit le procédé de soudage au chalumeau.

Du point de vue métallurgique, le soudage à l'arc devra remplir les conditions suivantes :

En premier lieu, le cordon de soudure devra être propre, exempt de porosités et avoir autant que possible les mêmes propriétés de résistance que le métal des pièces à souder lui-même.

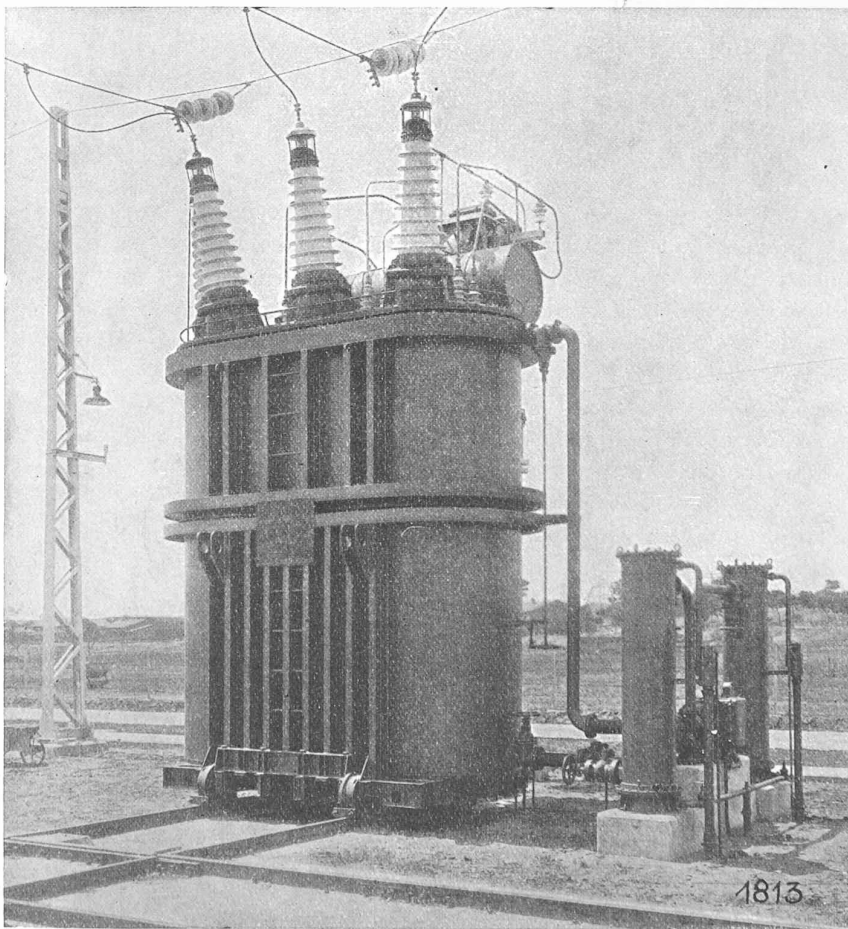


Fig. 5. — Transformateur de grande puissance pour montage en plein air, construction des Ateliers de Sécheron.

En deuxième lieu, la soudure doit, en quelque sorte, se contrôler elle-même et être assez facile à exécuter pour qu'on ne dépende pas entièrement de l'habileté manuelle de l'ouvrier soudeur.

Ces conditions sont remplies par les électrodes filiformes à enrobage approprié. Les enrobages ont tous

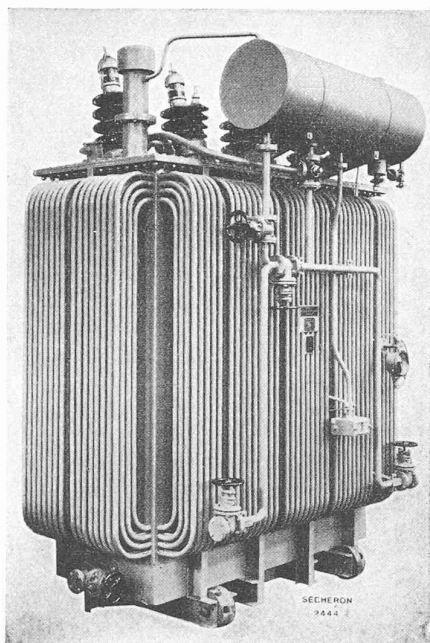


Fig. 6. — Transformateur avec cuve à tubes, S. A. des Ateliers de Sécheron.

pour but de protéger le métal en fusion contre l'oxydation provenant de l'influence de l'oxygène de l'air. Ils contiennent souvent aussi des matériaux qui s'allieront au métal en fusion et lui donneront les propriétés désirées. Ils servent enfin de contrôleurs car ils permettent de déceler les défauts du cordon de soudure. Si l'on soude avec de bonnes électrodes enrobées, il est pratiquement impossible de ne faire que coller les pièces les unes aux autres. Dans certains pays, en Allemagne et en Autriche par exemple, on préconise encore le soudage au moyen de fils nus (sans enrobage). On prétend même parfois que cette méthode donne de meilleurs résultats que l'emploi des électrodes enrobées. Cette opinion étrange vient de ce que le marché y est inondé d'électrodes enrobées de qualité déplorable qui n'ont aucune des propriétés ci-dessus mentionnées. Ces électrodes n'ont certes pas contribué au développement de la technique du soudage électrique et ont parfois amené à l'adoption du procédé coûteux et compliqué du soudage en atmosphère gazeuse. Ce procédé n'est pourtant nullement nécessaire pour obtenir des soudures d'excellentes qualités. Il suffit, pour s'en dispenser, de n'employer que des électrodes enrobées éprouvées. Le tableau suivant donne quelques chiffres qui permettent de se rendre compte des résultats que l'on obtient par soudage à l'arc électrique.

Désignation	Résistance à la traction kg : mm ²	Allongement %	Coefficient de qualité ¹
fil nu <i>normal</i>	27—35	3—5	0,08—0,16
fil nu <i>spécial</i>	40—45	3—5	0,12—0,23
fil enrobé <i>normal</i> . . .	37—42	12—15	0,45—0,63
fil enrobé (électrodes <i>Exotherm SCW</i>) . . .	49—51	22—25	1,1 —1,3
fil enrobé (amélioré par recuit et forgeage) .	49—50	27—29	1,3 —1,45
Soudure en atmosphère gazeuse.	33	28	0,93

Les chiffres indiqués se rapportent à des soudures effectuées selon les règles, au courant continu ou au courant alternatif. Le coefficient de qualité, déterminé au moyen de la résistance et de l'allongement permet une comparaison rapide des propriétés des électrodes employées. On constate par exemple qu'une soudure exécutée au moyen d'un fil nu normal ne « vaut » que cinq fois moins qu'une soudure exécutée avec une électrode enrobée normale et dix fois moins que celle que l'on peut faire avec une électrode enrobée spéciale. Il faut encore tenir compte du fait que la première est, pour ainsi dire, impossible à contrôler. Il n'est donc pas étonnant que l'électrode de premier ordre malgré son prix relativement élevé, soit de plus en plus employée en Suisse, où l'on tient à produire du travail de qualité.

Il y a des électrodes des nuances les plus diverses qui donneront à la soudure telle ou telle propriété que l'on tient à obtenir, suivant le genre de soudure à effectuer : électrodes pour le fer, pour l'acier, pour soudures for-

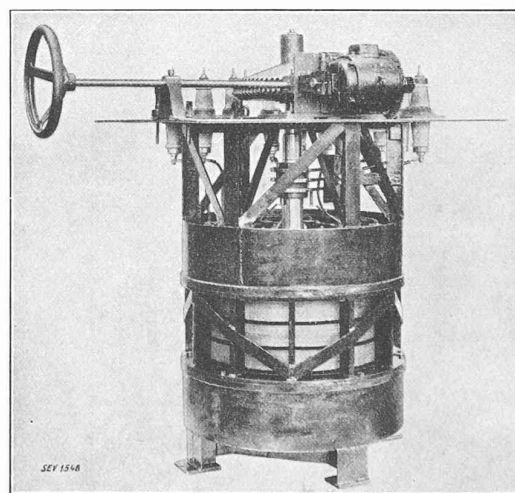


Fig. 7. — Régulateur d'induction, Ateliers de Sécheron.

geables, pour l'acier à forte résistance à l'usure, pour la fonte de fer, pour l'acier coulé, etc., etc.

La soudure *par résistance* est également un procédé de soudage électrique ; toutefois, elle diffère de la

¹ Produit de la résistance à la traction, en tonnes/cm², par l'allongement centésimal.

soudure à l'arc de par son principe même. Pour la construction des machines électriques, on emploie généralement la soudure par points — variété de la soudure par résistance — pour souder

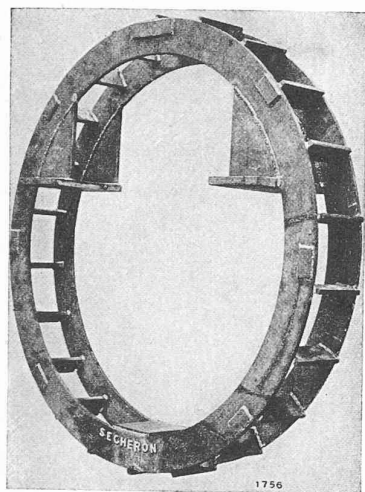


Fig. 8. — Stator d'un alternateur à roue polaire extérieure, S. A. des Ateliers de Sécheron.

des nervures sur les tôles d'extrémité des paquets de tôles (canaux de circulation d'air), pour souder des couvercles et des protections en tôles minces. Pour souder par résistance, il faut disposer d'un courant extrêmement intense — plusieurs milliers d'ampères — sous une très faible tension. Une telle intensité ne peut guère se transporter à distance. La machine à souder par résistance sera donc forcément stationnaire.

Toutes les pièces à souder devront lui être amenées, ce qui en limite naturellement les applications, car, dans la construction des machines électriques, les pièces sont en général fort lourdes.

La figure 1 représente une machine combinée du type Sécheron, permettant de souder soit à l'arc, soit par résistance. On peut, sur cette machine, exécuter la soudure par points, la soudure de deux pièces bout à bout, recuire des pièces, chauffer des rivets, etc. Le simple déplacement du levier d'un commutateur permet d'employer la machine pour souder à l'arc. Nous venons de montrer que les applications de la soudure par résistance sont, pour la construction des machines, très limitées ; je m'abstiendrai donc, dans la suite de mon exposé, de revenir à ce mode de soudage.

L'emploi de l'acier doux (Fluss) au lieu de la fonte de fer, comme matériau de construction n'a pas seulement pour résultat une économie de poids très sensible mais aussi une amélioration considérable de la qualité. Chacun sait que la fonte de fer est cassante et résiste mal aux chocs et aux charges imprévues. Il s'ensuit trop souvent des avaries de machines difficiles, parfois même impossibles à réparer qui peuvent immobiliser une machine pendant plusieurs mois. En cours de fabrication, il arrive que l'on doive rebuter pour malfaçon certaines pièces de fonte, ce qui cause, non seulement des dépen-

ses imprévues, mais aussi des dépassements du délai de livraison. La construction en acier doux soudé de pièces de ce genre pare à tous ces inconvénients. Si même, en cours d'usinage, des défauts de construction venaient à se déceler, il serait facile d'y porter remède au moyen du soudage électrique.

Les éléments de construction, pour les machines électriques, doivent être rigides et ne pas avoir tendance à vibrer. Il semble au premier abord qu'une pièce en fonte soit plus rigide qu'une pièce en acier doux. Toutefois, si on examine les choses de plus près, on constatera qu'à dimensions égales, le fléchissement d'une pièce en fonte sera plus que deux fois supérieur à celui d'une pièce en acier, car le module d'élasticité du premier matériau est moins de la moitié de celui du second.

Il est bien évident qu'on aurait tort de choisir, en construction soudée, les formes usuelles pour la fonte. Une telle erreur conduirait à obliger à découper et à estamper un nombre considérable de pièces en acier doux et à exécuter un nombre exagéré de cordons de soudure. Or, il faut autant que possible diminuer le nombre des soudures et l'importance des travaux de préparation. On emploiera donc de préférence, comme éléments de construction, les fers profilés, les tôles et les tubes de dimensions normales. Il faut naturellement toujours tenir compte de la rigidité que doit avoir l'ensemble. En écartant la matière de la ligne neutre, on obtiendra un moment résistant considérable, donc une grande rigidité, avec un poids de fer relativement faible. Les tubes sont l'exemple classique que l'on cite pour les corps de ce genre. Une carcasse de machine ne peut toutefois pas avoir la forme d'un tube. Ce n'est du reste ni nécessaire ni même désirable car les efforts qu'elle aura à supporter ne sont pas les mêmes dans toutes les

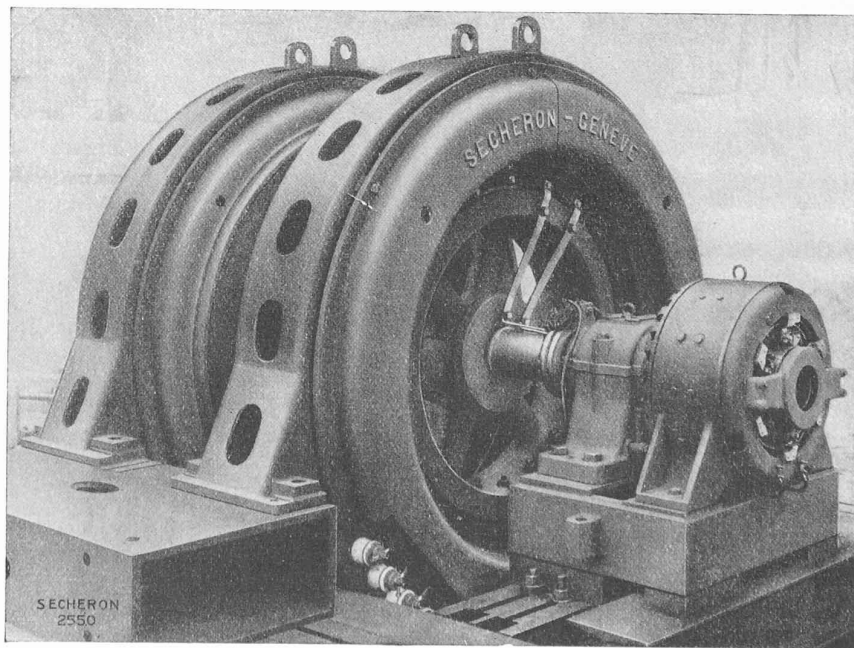


Fig. 9. — Stator d'un alternateur à roue polaire intérieure, S. A. des Ateliers de Sécheron.

directions. Il y aura lieu d'étudier à fond la direction des forces qui agissent sur la machine, pendant la marche normale et au moment d'un court-circuit par exemple. Cette étude permettra de construire une carcasse relativement légère bien que parfaitement rigide, en plaçant au bon endroit des croisillons par exemple, comme on les emploie couramment dans la construction des ponts et charpentes.

Le soudage des carcasses, des plaques de base, des bras porteurs et des protections, donc des pièces qui, actuellement, s'assemblent par soudure, a toujours lieu à l'arc électrique. Autrefois, ces pièces se faisaient soit en fonte de fer, soit en acier coulé.

Le moulage des pièces fondues donnait au constructeur une grande liberté dans le choix des formes qu'il jugeait esthétiques. Les pieds des machines étaient incurvés, les protections largement arrondies, ce qui donnait aux machines un aspect que chacun s'accordait à trouver esthétiquement harmonieux. Si l'on passe à la construction soudée, il faut naturellement adopter de nouvelles formes. Le constructeur, le client même, sont ainsi obligés de soumettre leur sentiment de l'esthétique à une revision radicale. Ce qui remplit exactement et parfaitement sa fonction ne saurait être laid. Il est donc à prévoir que ce changement du sentiment esthétique se fera rapidement. En construction soudée, on emploie les formes de fers les plus simples que l'on peut se procurer dans le commerce, soit les profilés normaux et les feuilles de tôles. Il faut bien dire que, au début, on a commis des erreurs considérables du point de vue esthétique. On s'efforçait alors de copier les pièces moulées et d'en suivre les formes d'aussi près que possible. Le résultat était un hybride qui n'était satisfaisant ni du point de vue de l'esthétique ni de celui de l'utilitarisme et dont le prix était extrêmement élevé. Nous voyons souvent encore des constructions manquées de ce genre, émanant d'anciens constructeurs qui n'ont pas pu se faire aux conditions nouvelles. Le temps et l'expérience feront justice de ces erreurs.

(A suivre.)

DIVERS

III^e Congrès international d'architecture moderne.

L'assemblée annuelle du Comité international d'architecture moderne, tenue à Francfort sur le Main, à l'occasion du départ pour la Russie de MM. Ernest May, Mart Stam et Hans Schmidt, a définitivement fixé aux 27, 28 et 29 novembre 1930, au palais des Beaux-Arts de Bruxelles, le III^e Congrès d'architecture moderne, continuation des congrès tenus à La Sarraz en 1928 et à Francfort en 1929.

Le sujet général du congrès sera le suivant : « Lotissements rationnels ». Des conférences seront faites par M. G. van Eesteren, architecte municipal à Amsterdam, et M. Victor Bourgeois (Bruxelles) ; elles renseigneront sur les intentions des organisateurs de l'exposition, qui coïncidera avec le congrès et qui illustrera le même sujet. MM. Le Corbusier (Paris), W. Gropius (Berlin) et M. Kaufmann-Böhm (Francfort sur le Main), remplaçant M. May, y exposeront le problème des logements dans les constructions à un et à plusieurs étages. Eventuellement sera discutée la question des logements dans les gratte-ciel.

Le comité international du congrès a décidé entre autres d'exposer, à l'occasion de chaque congrès, un détail important de construction et de fournir une documentation complète s'y rapportant. Le congrès de 1930 s'occupera des fenêtres coulissantes. Une exposition présentera des dessins des photographies et des maquettes. MM Steiger (Zurich) et Pierre Barbe (Paris) donneront des explications concernant les documents exposés.

La Suisse sera représentée à ce congrès par MM. P. Artaria (Bâle), E.-E. Haefeli (Zurich), A. Hoechel (Genève), K. Hubacher (Zurich), Werner M. Moser (Zurich), R. Preiswerk (Bâle), E. Roth (Zurich), R. Steiger (Zurich), Robert H. Vonder Mühl (Lausanne). Le congrès sera présidé par M. Carl Moser, ancien professeur d'architecture à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich.

A. T.

SOCIÉTÉS

Société suisse des ingénieurs et des architectes.

VI^e Concours de la Fondation Geiser.

Sujet : Projet et calcul de ponts en bois, à voie unique, reposant sur des palées ou des culées en bois (éventuellement en fer) conçus de façon qu'ils puissent être construits au moyen de pièces normalisées et être utilisés plusieurs fois avec le minimum de dommage. Portées supérieures à 7,0 m.

Sont autorisés à concourir : outre les membres de la S. I. A., tous les ingénieurs, architectes, officiers du Génie et autres techniciens, domiciliés en Suisse ou qui résident à l'étranger mais sont de nationalité suisse. *Délai pour les demandes d'informations :* jusqu'au 31 décembre 1930.

Terme du concours : 28 février 1932.

Jury : MM. E. Huebner, ingénieur, à Berne (président) ; H. Jenny-Dürst, professeur et J.-J. Vischer, major, tous deux à Zurich ; un représentant, avec voix consultative, de la Fédération des charpentiers. Le programme du concours et ses annexes sont en vente au Secrétariat de la S. I. A., Zurich, Tiefenhöfe 11, au prix de 5 fr.

Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (section S. I. A.) et A³. E². I. L.

Les membres de nos Associations sont cordialement invités à participer à la visite des établissements suivants, le samedi 1^{er} novembre prochain :

14 h. Hôpital Sandoz, au Bugnon, à Lausanne.

15 h. Chantier des immeubles de la Mercerie, à Lausanne.

16 h. Zinguerie de Renens, à Renens.

Rendez-vous à 14 h. précises devant l'entrée principale de l'Hôpital cantonal.

Nos collègues propriétaires d'automobiles sont instamment priés de les mettre à la disposition des participants à cette visite, pour permettre un déplacement rapide.

Les Comités.

BIBLIOGRAPHIE

Annuaire hydrographique de la Suisse 1929. — (13^e année.) Publié par le Service fédéral des Eaux. — Fr. 30.— En vente au secrétariat du Service fédéral des Eaux et dans toutes les librairies.

Premier Annuaire téléphonique suisse. — 19^e édition. — Administration : Berne, 97 Breitenrainstrasse, 97. — Prix : Fr. 15.

Ce recueil qui contient 250 000 adresses avec indication de la profession, de la rue et du numéro, classées dans l'ordre alphabétique des localités est trop connu et apprécié pour qu'il ne soit pas superflu d'en dire davantage.

Voir page 8 des feuilles bleues le communiqué de l'Office suisse de placement.

Nous nous permettons d'attirer l'attention de nos lecteurs sur l'encartage de la Maison Sulzer.