

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 67 (1941)
Heft: 16

Sonstiges

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: 15.03.2025

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

l'établissement des projets ait à son entière disposition les agents auxiliaires nécessaires¹. Même dans ce cas il ne faudrait pas exiger une avance rapide des travaux avant que les projets soient à point. Cet état de choses exclut les mises au concours, car les procédés en vigueur ne permettent pas l'étude approfondie que nécessite une construction de cette importance.

Le peu de place dont il disposait et les circonstances actuelles ont contraint l'auteur à réduire cet exposé au strict minimum. Mais il est tout disposé à fournir, dans la mesure du possible, tous les renseignements désirés si l'on entreprenait une nouvelle construction de ce genre.

Mentionnons, pour terminer, les entreprises, les bureaux d'ingénieurs et les ingénieurs qui ont collaboré aux travaux :

Lot 1. Groupe d'entreprises : F. Müller, ingénieur, Hoch- und Tiefbau A.-G., Streit & C^{ie}, tous deux à Berne. La construction métallique du pont du « Polygonweg » a été exécutée par M. Kissling, Eisenbau, Berne (ingénieur M. Ochsner).

Lot 2. Groupe d'entreprises : A.-G. Hatt-Haller, Zurich, Keller & C^{ie}, Berne, A. Marbach, Berne. Ont participé à l'établissement du projet, les bureaux d'ingénieurs Dr ing. Burgdorfer et Lauterburg, ainsi que R. Eichenberger, tous deux à Berne. La partie métallique des ouvertures 2-3-4 a été réalisée par Buss & C^{ie}, Bâle, et Wartmann & C^{ie}, Brougg.

Lot 3. Entreprise Bürgi & C^{ie}, Berne. A participé à l'établissement du projet, le bureau d'ingénieur W. Siegfried, Berne.

Lot 4. Groupe d'entreprises : Hans Kästli, Berne, Locher & C^{ie}, Zurich, F. Ramseier & C^{ie} et K. Rieser A.-G., Berne.

Lot 5. Exécution par le groupe d'entreprises ci-dessus, qui réutilisa les installations du lot 4. La partie métallique a été projetée (avec la collaboration de la section des ponts des C. F. F.) et livrée par les Ateliers de constructions mécaniques Vevey S. A., à Vevey (ing. en chef, J. Trüb) et Giovanola frères S. A., à Monthey.

BIBLIOGRAPHIE

Problèmes actuels de la soudure des aciers de construction. Rapport 132 du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux et Institut de recherches, présenté par M. le professeur Dr ing. h. c. M. Rös. — Zurich, février 1941. — 84 pages dont 63 d'illustrations, textes français et allemand.

Cette brochure, dont l'auteur est bien connu pour sa compétence, contient un résumé très documenté des essais faits au Laboratoire fédéral d'essais des matériaux, au cours des années 1934 à 1940.

L'étude de cette brochure peut être recommandée à tous ceux qui s'intéressent à la soudure. On y trouve une documentation remarquable se rapportant à tous les domaines d'utilisation de ce procédé.

Nous en citerons quelques remarques intéressantes :

Les constructeurs demandent actuellement que l'on augmente les sollicitations admissibles pour les joints soudés. Ils voudraient obtenir que l'on reconnaisse l'équivalence de la résistance des soudures avec les rivures et même avec l'acier non soudé. Si, en ce qui concerne la résistance statique, l'équivalence entre le joint de soudure et le métal de base est acquise, ce n'est actuellement pas encore le cas pour la résistance aux sollicitations répétées (fatigue).

L'auteur traite ensuite des questions métallurgiques. Pour obtenir de bons résultats, il recommande de chauffer préalablement les aciers d'une teneur en carbone de 0,15 % et plus à 250-300° pour les pièces de petite dimension et à 80° pour les pièces de grandes dimensions. La conclusion de ce chapitre disant qu'on peut désormais souder des aciers de tous alliages

¹ L'écroulement du cintre du pont de Sandö en Suède prouve également l'importance de ces exigences et des conclusions formulées. *Schweiz. Bauzeitung* (fasc. 115, n° 2, 20 janv. 1940).

avec certitude de succès, semble toutefois prématurée. Le texte allemand étant cependant moins affirmatif que le texte français, il doit s'agir d'une traduction inexacte.

Le chapitre suivant traite des mesures techniques à prendre pour la construction et l'exécution d'assemblages soudés. L'auteur estime que c'est la résistance à la fatigue qui doit être prise comme base des sollicitations admissibles. La moyenne de la résistance à la fatigue (sollicitations répétées entre zéro et maximum) est de 18 kg/mm² pour soudures bout à bout de première qualité, de 12 à 14 kg/mm² pour soudures au plafond. L'auteur préconise en outre le choix d'un acier doux à $\leq 0,15\%$ de carbone, de bonne qualité, et l'emploi d'électrodes d'une nuance analogue, de première qualité également.

Pour la construction et l'exécution du travail, outre les mesures générales que l'on prend communément, il recommande d'éviter les encoches en bordures des soudures, d'aplanir les cordons, de faire des transitions graduelles, de placer les soudures à faire sur le chantier aux endroits de faibles sollicitations, etc. La préparation des soudures se fera en V pour des tôles jusqu'à 20 mm d'épaisseur, en X entre 20 et 40 mm et en forme de tulipe à partir de 40 mm. Les soudures seront recuites entre 600° et 620° pour éliminer les tensions internes.

L'examen approfondi des soudures comporte principalement les opérations suivantes. Avant l'exécution : examen de l'acier et des baguettes d'apport, contrôle des soudeurs, contrôle des dispositions constructives. Une fois la soudure faite : examen aux rayons X, par flux magnétique, fraisage des soudures, essais mécaniques et examens de structure sur des éprouvettes prélevées dans la pièce soudée, mesures directes des déformations et des tensions. Les radiographies révèlent certains défauts, mais une bonne radiographie ne permet pas de conclure qu'une soudure est irréprochable : des petites fissures peuvent passer inaperçues. Des radiographies prises ici et là aux endroits les plus difficiles à souder permettent cependant de déceler les défauts systématiques.

Le chapitre suivant énumère les causes de certains échecs : mauvaise exécution des soudures, formation de fissures ou de martensite cassante, acier non chauffé préalablement, etc. La brochure contient à ce sujet des illustrations instructives. Ce chapitre mérite un commentaire que nous donnerons à la fin de cette analyse.

Les conditions imposées pour une soudure de première qualité sont en résumé les suivantes :

L'image radiographique doit être impeccable ; l'examen de la microstructure ne doit révéler ni fissures ni formation de martensite ou de grains durs.

Chiffre de dureté Vickers (= Brinell) : 135 à 180 dans la section, et ≤ 200 à la surface. Résistance à la traction, de l'assemblage soudé, ≈ 40 kg/mm², égale à celle de l'acier. Coefficient de pliage dans le sens transversal :

mm d'épaisseur	racine de la soudure comprimée	dans la zone tendue
12	40	30
12 à 20	30	25
plus de 20	25	20

Résilience de la petite éprouvette V.S.M.		
acier de base	10	kgm/cm ²
métal d'apport	8	»
zone de transition	6	»

Endurance à la fatigue pour 10⁶ changements de tension entre 0 et maximum :

18 kg/mm ² pour joints bout à bout soudés horizontalement
14 kg/mm ² pour joints bout à bout soudés au plafond
tolérance — 10 %.

Eprouvettes prélevées dans le métal d'apport : résistance à la traction 45 à 55 kg/mm², limite d'élasticité 35 à 45 kg/mm², allongement ($l = 5 d$) 15 à 25 %, coefficient de pliage 30 à 50, résilience ≥ 8 kgm/cm², endurance à la fatigue 30 kg/mm².

Tensions admissibles dans les constructions soudées :		
aciers	pour les ponts	pour les charpentes métalliq.
St 52	14 kg/mm ²	16 kg/mm ²
St 44	13 »	15 »
St 37	12 »	14 »

Pour l'avenir l'auteur prévoit des progrès similaires à ceux obtenus dans le passé, par exemple : résistance à la fatigue (sollicitations répétées entre 0 et maximum) en 1930 ≈ 14 kg/mm², 1936/40 ≈ 19 kg/mm², dans l'avenir 24 kg/mm².

De nombreuses illustrations et graphiques accompagnent le texte et démontrent la progression des résultats obtenus, et des photographies d'objets soudés dans tous les domaines de l'industrie illustrent le développement actuel de la soudure.

Dans la construction de ponts métalliques, on peut admettre actuellement, pour les poutres à âme pleine soudées, des sollicitations égales ou même de 10 % supérieures à celles que l'on admet pour des assemblages analogues rivés. Les poutres en treillis soudées ne sont pas admissibles pour les ponts de chemins de fer, tandis qu'elles peuvent l'être pour des ponts-routes à condition que les sollicitations maxima soient les 75-100 % de celles que l'on tolère dans les ouvrages rivés.

Des progrès remarquables ont été faits dans l'assemblage des tubes métalliques, pour les constructions aéronautiques, par procédé oxy-acétylénique, ainsi que dans le soudage des rails de chemins de fer par résistance. De même les progrès accomplis dans le soudage des conduites forcées, récipients et chaudières, incitent l'auteur à préconiser l'élévation des tensions admissibles de 20 à 25 % et de 20 % pour les chaudières à vapeur.

L'auteur cite encore un acier nouveau ayant une résistance de rupture de 53 kg/cm² très facile à souder, dont la composition est la suivante: $C \approx 0,16\%$, $Si \approx 0,26\%$, $Mn \approx 0,76\%$, $P \approx 0,02\%$, $S \approx 0,02\%$, $Cu \approx 0,48\%$, $Mo \approx 0,17\%$. Il énumère ensuite quelques règles pour l'application de la soudure dans les constructions mécaniques, et donne quelques exemples remarquables de réparations par soudure.

Nous ajouterons quelques commentaires susceptibles d'intéresser le lecteur.

Il s'agit principalement des leçons que l'on peut tirer des échecs, dont la brochure montre un des plus impressionnants exemples: soit le pont effondré en 1938 près de Hasselt, et auquel, entre temps, ont succédé plusieurs autres ponts de même construction. L'exécution médiocre du travail mise à part, la cause principale de l'échec peut être attribuée à la mauvaise soudabilité de l'acier employé. Le même défaut paraît être la cause de presque tous les échecs encourus lors de constructions modernes exécutées avec des aciers d'une résistance supérieure à 42 kg/mm². Il serait à recommander, pour ces aciers, de chauffer la pièce avant de commencer une soudure; mais cette méthode étant pratiquement inapplicable lorsqu'on a affaire à des pièces de grandes dimensions, il n'y a alors que trois solutions: soit d'utiliser une électrode exactement adaptée à la qualité d'acier employée, soit d'améliorer la soudabilité de ce dernier en le normalisant (recuire à 900°) avant de commencer la soudure, soit enfin de choisir un acier plus soudable.

Ces trois solutions sont généralement applicables avec les aciers de construction et il est probable que l'on aurait pu éviter les échecs encourus avec ces ponts, si l'on avait choisi avec plus de soin les électrodes appropriées, ou en normalisant l'acier avant l'exécution des travaux. Mais le meilleur moyen est le choix d'un acier bien soudable. Des aciers réunissant toutes les qualités requises ont été créés par plusieurs aciéries; nous en avons donné plus haut une analyse type. Ces aciers sont caractérisés par une teneur relativement faible en carbone (0,2 % au maximum) une teneur élevée en Mn (jusqu'à 1,5 %), et parfois une addition de petites quantités de Cu , de Cr et de Mo . Il semble toutefois que l'analyse de l'acier n'est pas seule déterminante, mais que son procédé de fabrication joue un rôle important. L'analyse conventionnelle, en effet, ne mentionne pas la teneur en O et N , et ne précise pas si les métaux d'alliages se présentent sous forme métallique ou sous forme d'oxydes par exemple.

En outre les essais habituels de résistance (traction, allongement, résilience, pliage, fatigue) ne donnent aucun indice concernant la soudabilité d'un acier. Il existe cependant des essais déterminants, dont nous citons le plus fréquemment utilisé: le pliage d'une pièce avec soudure longitudinale. Comme éprouvette, on prend par exemple une coupe de 60 x 300 mm sur laquelle on applique un cordon de soudure dans le sens de la longueur.

Selon les conditions proposées par le V.S.M., la première fissure ne doit pas apparaître avant un pliage de 30° et l'éprouvette doit casser lentement si l'on continue l'opération. Une cassure subite est signe d'une mauvaise soudabilité.

Dans tous les cas d'échecs des ponts soudés mentionnés ci-dessus, cet essai a prouvé la mauvaise soudabilité des aciers employés. Dans le cas du pont effondré de Herentals en Belgique, dont la construction était semblable à celle du pont de Hasselt, cet essai donnait un angle de pliage variant entre 12,5 et 46° (sur une tôle de 45 mm) et une cassure subite. En améliorant l'acier par un recuit à 900° (normalisation), on obtient un angle de pliage à peu près équivalent jusqu'à l'apparition de la première fissure, mais la rupture n'est plus subite. Suivant le type d'électrode employé on peut varier l'angle de pliage du simple au double, mais la cassure reste subite tant que l'on a affaire à un acier mal soudable.

Ce n'est qu'avec un acier possédant toutes les qualités requises de soudabilité que le constructeur jouira d'une grande liberté dans le choix qu'il fera de la forme à donner à une pièce soudée.

A l'époque actuelle on ne dispose souvent pas d'un acier remplissant les conditions voulues, on se contente alors de l'améliorer en le normalisant. Il est d'ailleurs facile de contrôler si un acier a déjà été normalisé avant la livraison, en comparant l'essai décrit ci-dessus, fait sur une éprouvette prise telle quelle dans la pièce brute avec un essai semblable exécuté sur une éprouvette identique que l'on aura recuite à 900° et laissée refroidir à l'air. On se rendra compte, du même coup, si l'acier se laisse bien ou mal souder.

D^r WÖRTMANN.



ZÜRICH, Tiefenhöfe 11 - Tél. 354 26. - Télégramme: INGENIEUR ZÜRICH.

Emplois vacants :

Section mécanique.

623. *Technicien électricien*, éventuellement *technicien mécanicien*, connaissances commerciales, contrôle des matériaux. Age: 26 ans. Suisse centrale.
625. Jeune *technicien mécanicien*. Fabrique de machines agricoles de Suisse centrale.
627. Habile *dessinateur mécanicien*, éventuellement *technicien mécanicien*. Atelier de construction de Suisse centrale.
629. *Ingénieur* ou *technicien mécanicien* diplômé. Plusieurs années d'expérience, Suisse orientale.
631. Jeune *dessinateur* ou *technicien mécanicien*. Suisse orientale.
635. Jeune *technicien en chauffage*. Suisse orientale.
637. Jeune *dessinateur* ou *technicien mécanicien*. Fabrique de machines de Suisse orientale.
639. *Dessinateur mécanicien*. Connaissances en appareils et installations électriques. Zurich.
641. Jeune *technicien mécanicien* diplômé. Suisse orientale.
645. *Technicien électricien*. Entreprise d'installations électriques de la Suisse romande. Age dans la trentaine.
647. Bon *dessinateur mécanicien*. Fabrique de machines du nord-est de la Suisse.
- Sont pourvus les numéros, de 1940 : 575 — de 1941 : 125, 431, 551, 559, 587, 619.

Section du bâtiment et du génie civil.

952. *Dessinateur en génie civil*. Quelques années de pratique. Bureau technique d'un chemin de fer. Suisse romande.
954. 1 à 2 *techniciens en génie civil*, *techniciens en béton armé* ou *dessinateurs*. Eventuellement bon *technicien* ou *dessinateur en bâtiment*. Entreprise de Suisse centrale.
956. *Dessinateur en béton armé*. Bureau d'ingénieur de Zurich.
966. Jeune *technicien en génie civil* ou *technicien géomètre* pour travaux de bureau et sur le terrain. Bureau d'ingénieur, Zurich.
968. a) *Conducteur de travaux*, jeune et indépendant, pour adduction d'eau; b) jeune *dessinateur en génie civil*. Bureau d'ingénieur de Zurich.
972. *Technicien en génie civil*. Béton armé et constructions en bois. Bureau d'ingénieur de Suisse centrale.
974. Jeune *dessinateur en bâtiment*, éventuellement *technicien en bâtiment*. Bureau d'architecte du canton d'Argovie.
976. *Technicien en bâtiment* ou *dessinateur en bâtiment*. Bureau d'architecte de Suisse orientale.
978. *Technicien en bâtiment*. Conducteur de travaux. Entreprise de construction de Zurich.
980. Jeune *ingénieur civil* ou *technicien en génie civil*. Chantier. Travaux militaires avec engagement à base civile.
- (Suite du « Service technique suisse de placement », page 5 des annonces.)

DOCUMENTATION - INFORMATIONS DIVERSES

Régie : ANNONCES SUISSES S. A., à Lausanne, 8, Rue Centrale (Place Pépinet) qui fournit tous renseignements.

L'ionisation de l'eau.

Sa décalcification afin d'éviter l'entartrage.

Imaginons une ampoule de verre dans laquelle est enfermé du mercure, en atmosphère très réduite de néon. Agitons cette ampoule. Le frottement des gouttelettes de mercure sur les parois internes de l'ampoule agit sur le néon en modifiant certains de ses atomes, qui se transforment en ions.

Il en résulte une émission — généralement négative — d'électrons qui se rassemblent autour du noyau des ions ¹.

Mettons en mouvement des ampoules comme celle que nous venons de décrire succinctement et plaçons-les au contact d'un circuit d'eau, chaude ou froide : l'eau sera ionisée. L'ionisation ainsi produite agit sur les minéraux en suspension dans l'eau et particulièrement sur le calcaire en modifiant ses propriétés physiques.

Il devient incapable de s'agglomérer en cristaux. Au lieu de former des couches adhérentes sur les parois de la canalisation, il se dépose, sous forme de petites écailles libres et de boue amorphe, qu'il est aisé de recueillir et d'éliminer.

Non seulement la formation du tartre devient matériellement impossible, mais encore le tartre déjà formé se désagrège progressivement. Au bout d'un temps plus ou moins court, suivant la nature et l'étendue de la couche, il arrive même à disparaître complètement.

L'eau ionisée à un endroit quelconque d'un circuit conserve ses nouvelles propriétés « antitartre » même lorsqu'elle doit traverser ensuite de longues canalisations. Il est donc possible de préserver de dommages sérieux des réseaux tout entiers dans lesquels l'eau, même froide, provoque toujours des dépôts de calcaire et de la corrosion, à l'aide d'un seul poste d'ionisation.

L'ionisation confère donc à l'eau un double avantage : elle la rend plus pure en la décalcifiant ; elle la rend inoffensive pour les tuyauteries en supprimant son aptitude à fabriquer du tartre.

L'ionisation de l'eau est réalisée commercialement par le *décalcificateur d'eau Ionator* (brevet suisse n° 171 040). Les ampoules de mercure dont nous avons parlé plus haut sont montées sur une roue faisant office de turbine et actionnée par un jet d'eau sortant d'une tuyère.

Roue et ampoules tournent très lentement, d'où minimum d'usure. Le fonctionnement est automatique, d'où économie de temps et d'entretien.

On voit aisément la supériorité considérable de l'ionisation en tant que décalcificateur d'eau et agent « antitartre » sur les procédés employés auparavant, qu'ils soient chimiques ou physiques.

Avant l'utilisation de l'ionisation, on laissait, le plus souvent, les chaudières et les tuyauteries s'entartrer et, une fois les ravages faits, on se préoccupait d'y remédier, comme un arthritique qui se bornerait à attendre que ses dents fussent malades pour les faire soigner, au lieu de chercher à guérir son arthritisme, cause du mauvais état de sa denture.

Quand le tartre avait fait des dégâts dans les tuyauteries, quand les conduites étaient plus ou moins obstruées, voire même plus ou moins attaquées par la corrosion, on avait surtout recours aux acides qui dissolvent le calcaire, mais qui ne sont pas sans danger pour les tuyauteries.

De toute façon, comme les détartrants chimiques n'agissent que sur les dépôts existants, sans pouvoir évidemment prévenir la formation de dépôts ultérieurs, le détartrage est une opération qu'il faut continuellement recommencer... au moins tant que les chau-

¹ Les ions positifs et les électrons tendent aussitôt à se recombiner. Ces recombinaisons s'accompagnent de radiations lumineuses. C'est sur ce principe qu'est basé le fonctionnement des enseignes lumineuses au néon.

dières et les tuyauteries ne sont pas complètement rongées par la corrosion des détartrants aussi bien que par celle du tartre.

C'est pourquoi, devant les inconvénients du détartrage « chimique », on a pensé tout d'abord aux adoucisseurs d'eau ¹. Ce procédé « physique » constitue déjà un progrès fort appréciable, surtout lorsqu'on peut disposer d'un appareil parfaitement au point. Malheureusement, cette méthode nécessite une manutention et une surveillance constantes, c'est-à-dire de gros frais de main-d'œuvre, qui s'ajoutent au prix d'achat. Ces nettoyages et ces vérifications provoquent des arrêts fréquents, c'est-à-dire encore des pertes de temps et d'argent.

L'ionisation de l'eau n'a aucun des inconvénients des procédés chimiques et physiques du détartrage. Se bornant à modifier l'aptitude du calcaire à se former en cristaux, elle est absolument sans danger pour le métal des conduites comme pour l'eau. Loin d'être nuisible à l'eau, l'ionisation lui est salutaire puisqu'elle la débarrasse de son excédent de calcaire, si préjudiciable à bien des points de vue.

En outre, l'automatisme de son fonctionnement supprime les frais de main-d'œuvre et les temps d'arrêt.

C'est pourquoi l'ionisation de l'eau se généralise de plus en plus dans les branches les plus diverses.

Dans les hôpitaux, les hôtels, les maisons de rapport, où le facteur « hygiène » compte avant tout, l'ionisation est surtout appréciée parce qu'elle rend l'eau plus pure, plus saine, plus digestive, en un mot : plus potable.

Dans les industries alimentaires : brasseries, laiteries, confiseries, etc... l'ionisation donne une eau qui, outre ses avantages au point de vue « hygiène », facilite le problème du nettoyage des récipients.

Dans les blanchisseries et autres établissements où l'on utilise l'eau savonneuse, l'ionisation simplifie singulièrement le travail, puisqu'elle permet l'élimination du calcaire qui rend le savon insoluble dans l'eau.

Quant à la grosse industrie, où la qualité de l'eau ne compte guère, l'ionisation améliore le fonctionnement des installations thermiques en permettant une marche régulière des chaudières par la suppression des arrêts nécessaires pour l'entretien et les réparations dus à l'entartrage des bouilleurs comme des tuyauteries.

Des décalcificateurs d'eau Ionator fonctionnent un peu partout en Suisse. Nous conseillons à nos lecteurs qui désireraient visiter quelques installations de s'adresser directement à *Kugler S. A.*, La Jonction, Genève, qui leur enverra une liste d'établissements où l'ionisation de l'eau est déjà en pratique. Sch.

¹ Pour plus amples renseignements sur l'adoucissement de l'eau, voir aux pages 175 et suivantes du remarquable ouvrage : *Hydraulique et technique sanitaire appliquées au bâtiment*, de CH. HERTER, ingénieur diplômé et directeur du Service des eaux de Vevey-Montreux.

Cours de soudure électrique à Baden.

La Société Anonyme *Brown, Boveri & Cie* organise, dans l'école de soudure (qui contient 20 postes de soudure électrique) de ses usines de Baden, le cours de soudure N° 132 en allemand, qui durera du 25 au 28 août 1941. Théorie et exercices pratiques traitant tous les métaux soudables. Chaque participant a un poste à sa disposition pendant toute la durée du cours.

Celui-ci se terminera par une visite des usines *Brown, Boveri* dans lesquelles 40 postes de soudure au chalumeau et plus de 120 postes de soudure électrique à l'arc sont en service (sans les postes de soudure de l'école).

Les intéressés sont invités à demander le programme du cours à la *Société Anonyme Brown, Boveri & Cie*, Baden.