

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 56 (1930)
Heft: 23

Artikel: Le soudage électrique, procédé moderne pour la construction des machines électriques
Autor: Meyfarth, G.L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43539>

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: 25.11.2024

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Le soudage électrique, procédé moderne pour la construction des machines électriques* (suite), par M. G. L. MEYFARTH, directeur général de la S. A. des Ateliers de Sécheron. — *Sur les conséquences des inondations du torrent Saint-Barthélemy et les remèdes proposés.* — *Concours d'idées pour l'étude d'un projet du nouveau bâtiment aux voyageurs, à Neuchâtel* (suite). — *Le jubilé de l'Ecole Polytechnique fédérale.* — *Bureau international de l'aluminium.* — *II^e Congrès international de technique sanitaire et d'hygiène communale.* — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — Service de placement.

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

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

(Suite et fin.)¹

Le succès de la nouvelle méthode de construction dépend des conditions suivantes :

Premièrement : il faut disposer d'un personnel d'ouvriers soudeurs donnant toutes garanties de travail consciencieux. Or il s'agit là d'un métier entièrement nouveau. Le choix et la formation du personnel sont donc des plus importants.

Pleinement conscients de ce fait, les dirigeants de Sécheron ont étudié la question de façon scientifique et systématique, en collaboration étroite avec l'*Institut psychotechnique de Zurich*, et établi des méthodes pratiques pour guider ce choix et cette formation. Il s'agissait, en premier lieu, d'éliminer les non-valeurs par des moyens psychotechniques, pour ne pas gaspiller les sommes assez considérables que représente l'apprentissage d'un ouvrier qui, plus tard, serait inutilisable. Il fallut ensuite créer une méthode qui permit d'inculquer aux

¹ Voir *Bulletin technique* du 1^{er} novembre 1930, page 268.

candidats, aussi rapidement que possible et de façon systématique, le minimum de dextérité manuelle qui est indispensable pour produire des pièces soudées sans que la qualité risque d'en souffrir.

Il faut, *deuxièmement*, que les appareils à souder travaillent de façon économique. Nous avons vu que ces appareils peuvent être soit à courant continu, soit à courant alternatif.

Pour le soudage au courant continu, il faut un groupe convertisseur transformant le courant alternatif, presque toujours triphasé, du réseau, en courant continu à basse tension et à intensité réglable.

La figure 2 représente un groupe convertisseur à souder, construit par la Maison Brown Boveri. En régime normal, les groupes de ce genre ont un rendement relativement bas — environ 60 %. Pendant la marche à vide du groupe, qui, dans les cas les plus favorables, dure au moins les deux tiers du temps total, le rendement baisse encore notablement. En revanche, le facteur de puissance ($\cos \varphi$) est assez élevé à pleine charge.

Pour la soudure à courant alternatif, on se sert de transformateurs transportables qui, par couplage spécial, produisent le courant monophasé à basse tension nécessaire à l'alimentation de l'arc. Ces transformateurs ont un bon rendement — environ 85 % à pleine charge ; en revanche, le facteur de puissance ($\cos \varphi$) est bas ; suivant le système employé, il variera entre 0,25 et 0,4 environ.

Le fait que les transformateurs de soudure sont monophasés peut parfois être fâcheux. On pourra y obvier en ajoutant un diviseur de tension à l'appareil, ce qui permettra de le brancher sur un réseau triphasé dont les phases seront alors chargées dans le rapport 2 : 1 : 1.

Le transformateur à souder Sécheron présente, par opposition aux autres, une propriété importante. Son facteur de puissance est relativement élevé et la tension d'amorçage de l'arc est forte pour les faibles intensités de soudage, ce qui facilite grandement le travail sur les tôles minces. La tension d'amorçage est, en effet, d'autant plus forte que l'intensité est plus petite. Depuis peu, Sécheron construit des transformateurs à souder pour

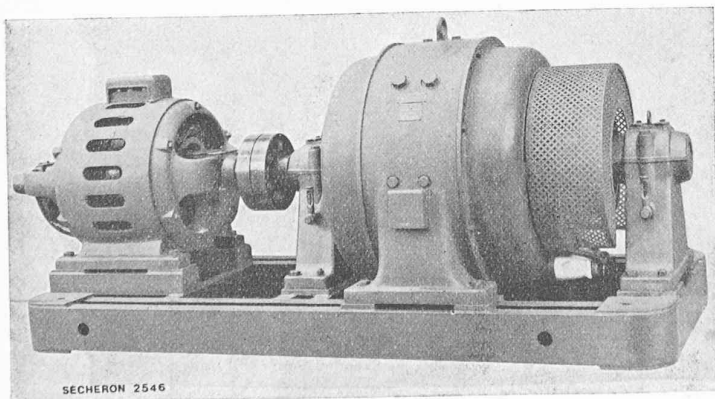


Fig. 10. — Plaque de base d'un groupe convertisseur, S. A. des Ateliers de Sécheron.

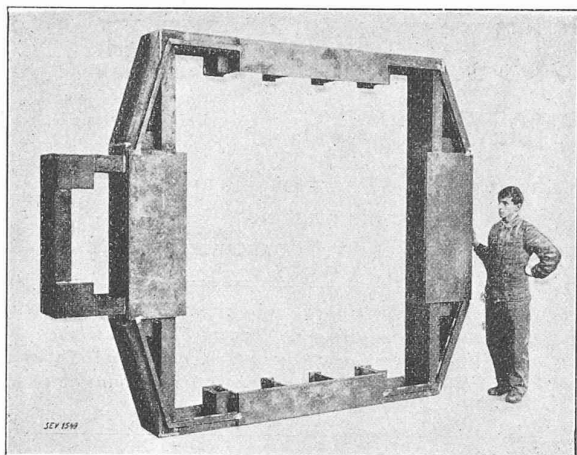


Fig. 11. — Plaque de base d'un alternateur triphasé, S. A. des Ateliers de Sécheron.

lesquels l'inconvénient du faible facteur de puissance est éliminé par l'emploi de condensateurs statiques. Ceux-ci sont montés dans le chariot qui contient le transformateur et permettent de remonter à 0,7 le $\cos \phi$ de l'ensemble à pleine charge. Pendant la marche à vide, qui, nous l'avons dit, dure au moins les deux tiers du temps total, l'appareil produit une puissance déwattée de 4 kVA, décalée en avant. On peut donc admettre que, en moyenne et connecté au réseau, l'appareil enverra du courant déwatté décalé en avant dans le réseau, ce qui est extrêmement avantageux pour ce dernier.

Troisièmement, il faut disposer d'électrodes qui permettent de garantir la bonne qualité du travail de soudage. En Suisse, on n'emploie guère que les électrodes enrobées. L'enrobage se compose, dans la règle, de corps qui fixent l'oxygène de l'air, protégeant ainsi le fer en fusion contre l'oxydation. Les électrodes dites *Exotherm* fabriquées par Sécheron ont en outre une propriété intéressante. Comme leur nom l'indique, leur enrobage contient une réserve de chaleur latente, chimiquement

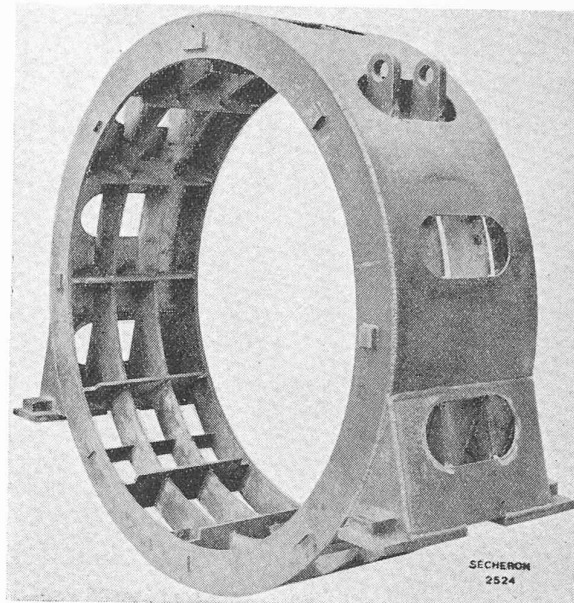


Fig. 12. — Carcasse d'un alternateur triphasé, S. A. des Ateliers de Sécheron.

fixée, qui est libérée par la fusion. Ce dégagement de chaleur n'a pas lieu instantanément mais bien peu à peu, ce qui donne à la scorie le temps d'absorber les battitures et les crasses de la surface de la soudure. En outre, la chaleur qui se forme dans la scorie ralentit le refroidissement et la solidification du métal en fusion, ce qui a pour effet d'augmenter le coefficient d'allongement de la soudure.

Enfin, *quatrièmement*, il faut disposer d'engins pour la coupe au chalumeau, de façon à pouvoir façonner rationnellement les fers que l'on emploiera. En effet, pour les travaux de soudure, il faut constamment couper à la grandeur et à la forme voulues des profilés et des tôles d'épaisseurs les plus diverses. Les chalumeaux-coupeurs à gaz permettent actuellement de couper des tôles ayant jusqu'à 350 mm d'épaisseur. La tranche est

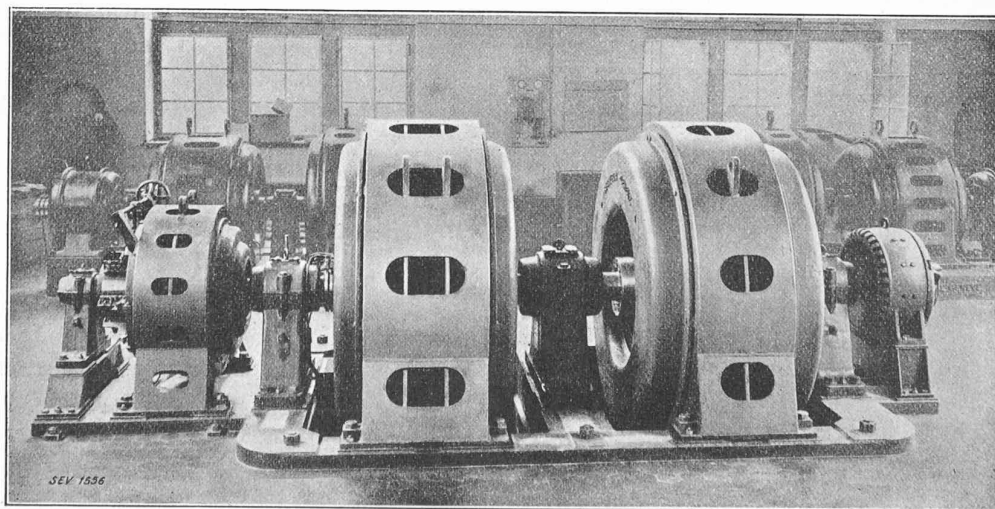


Fig. 13. — Groupe convertisseur, S. A. des Ateliers de Sécheron.

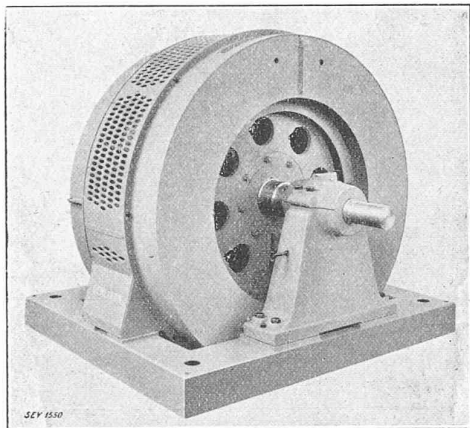


Fig. 14. — Moteur triphasé de 1000 ch, Ateliers de Construction Oerlikon.

nette et peut être soudée sans autre préparation. Une installation moderne de chalumeau-coupeur à guide pantographe permet de couper facilement les fers suivant un profil quelconque.

Sitôt ces quatre conditions remplies, la construction soudée des pièces de machines pour l'industrie électrique peut être abordée sans arrière-pensée. Les clichés qui ont été aimablement mis à notre disposition par plusieurs

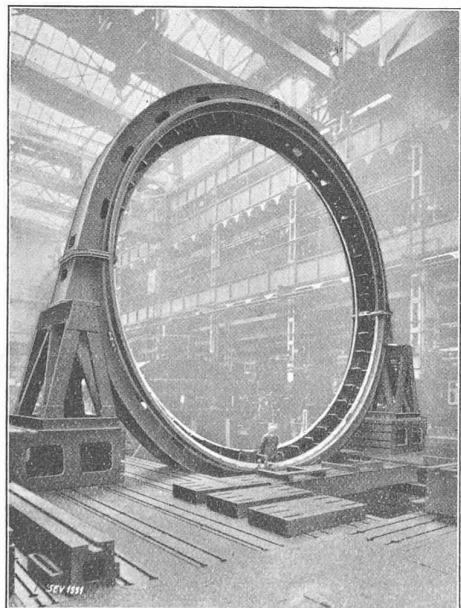


Fig. 15. — Alternateur triphasé de 5000 kVA, Ateliers Siemens-Schuckert.

maisons permettront de se rendre compte des résultats obtenus dernièrement dans ce nouveau domaine de l'industrie¹. On constatera la tendance à appliquer le procédé du soudage à des machines de dimensions croissantes. On verra aussi combien l'adaptation des formes aux nouvelles méthodes a été pénible et les voies détournées qui ont été prises avant d'arriver au but.

¹ Les clichés promis par la maison A. E. G. ne sont pas encore arrivés et ne peuvent donc être montrés ici.

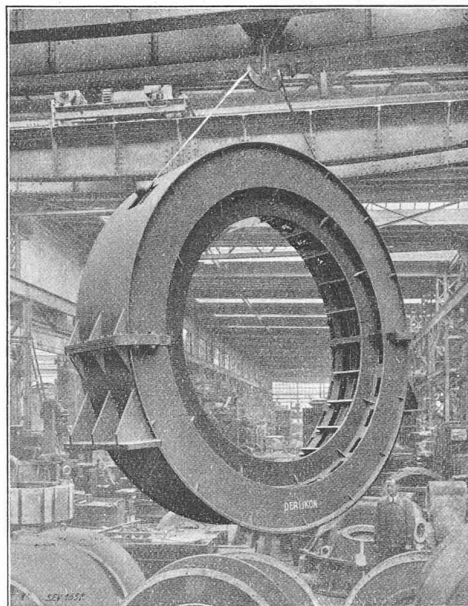


Fig. 16. — Alternateur triphasé de 4200 kVA, Ateliers de Construction Oerlikon.

La soudure électrique s'est introduite tout d'abord dans la construction des appareils et des transformateurs. La figure 4 représente une cuve de transformateur constituée par trois compartiments et destinée à la Centrale de Vernayaz des C. F. F. Les trois sections ont été, sur place, assemblées au moyen de boulons. La figure 5 se rapporte à un transformateur de 15 000 kVA pour la station transformatrice de Madrid. Le gabarit des chemins de fer a ici aussi obligé le constructeur à scinder la cuve en deux. Il est intéressant de remarquer que, sur place, l'assemblage s'est fait par soudage. On n'a donc

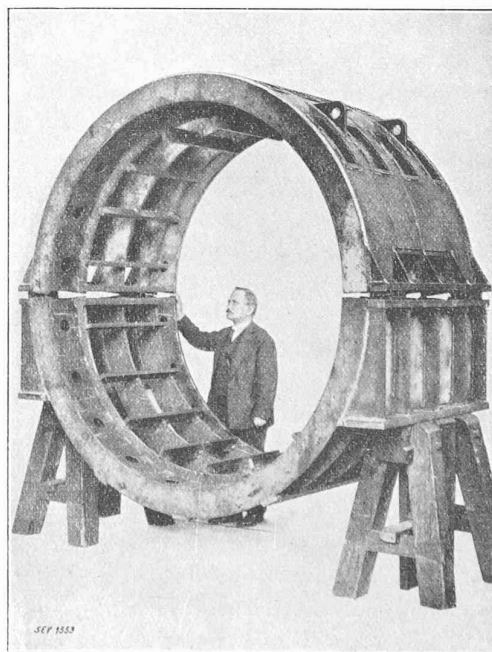


Fig. 17. — Carcasse d'un alternateur de 3800 kVA, Ateliers de Sécheron.

pas eu besoin, à pied d'œuvre, de faire un joint boulonné étanche. La partie active des transformateurs comporte toute une série de pièces à exécuter par soudure. Les plaques d'extrémités de l'empilage de tôles peuvent être renforcées par des nervures en fers plats soudés. Les anneaux de serrage des enroulements sont souvent

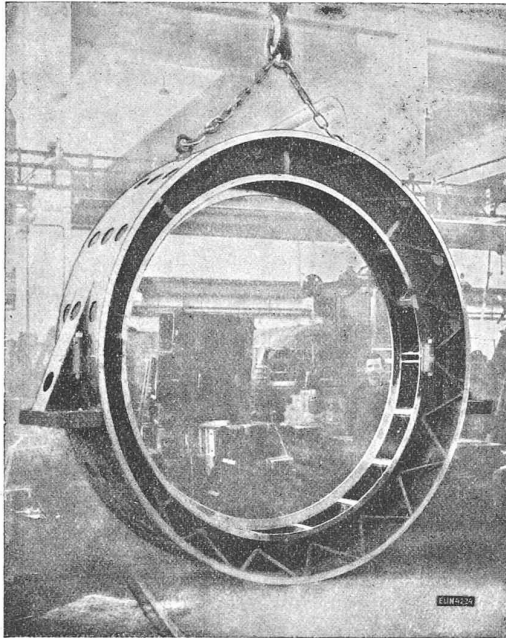


Fig. 18. — Moteur synchrone, construction Elin (Autriche).

découpés dans des plaques de tôle et soudés. Le soudage des faisceaux de tubes de refroidissement dans les parois des cuves de transformateurs constitue aussi une application intéressante du procédé. En effet, actuellement, la plupart des transformateurs à refroidissement naturel, de 600 à 5000 kVA, sont immergés dans des cuves à huile à tubes de refroidissement. Les tubes, dont les parois ont à peu près 1 mm d'épaisseur, sont soudés électriquement à l'intérieur de la cuve. La figure 6 représente un transformateur de ce genre. Cette disposition a l'avantage d'assurer un refroidissement très énergique combiné à une grande rigidité de la cuve. Le soudage des tubes à parois minces constitue un travail délicat car l'étanchéité doit être parfaite.

La figure 7 se rapporte à un régulateur d'induction, d'une puissance traversante de 1500 kVA. C'est là une construction soudée typique et bien étudiée. Les entretoises transversales en biais sont particulièrement remarquables. Une carcasse en fonte, remplissant le même but eût pesé 690 kg ; la carcasse soudée ne pèse que 428 kg. La diminution de poids est donc de 38 %.

La première pièce soudée par Sécheron pour ses machines a été la carcasse du stator d'un alternateur-volant à roue polaire extérieure tournante, pour accouplement à un moteur Diesel (fig. 8). Cette carcasse est formée par deux anneaux, assemblés par soudage à des traverses qui servent à centrer les tôles du stator. La

carcasse repose sur sa base par trois appuis soudés aux anneaux. En fonte, cette carcasse aurait pesé 700 kg, en tôle soudée, elle n'en pèse que 400. L'économie de poids a donc été de 43 %. La figure 9, par opposition à la précédente représente deux alternateurs-volants du type à pôles intérieurs. La roue polaire, qui doit avoir un moment de giration élevé, est en fonte, la carcasse du stator et la plaque de base du palier extérieur et de l'excitatrice, en revanche, sont soudées. Les protections sont en fonte de fer, concession au sentiment actuel de l'esthétique. Une carcasse semblable, exécutée en fonte aurait un poids de 800 kg, en fer soudé, ce poids se réduit à 450 kg, la diminution est de 44 %.

On a commencé relativement tôt à employer le soudage électrique à la confection des plaques de base. La figure 10 représente un groupe convertisseur avec génératrice à courant continu de 10 000 V, 4 A. Pour dessiner sa plaque de base, le constructeur s'est laissé guider par ses anciennes habitudes, d'où les forts arrondis aux angles. En revanche, la plaque de base de la figure 11, destinée à un alternateur puissant, est de conception toute moderne. L'exécution peut servir de modèle. Le même profilé sert pour tous les éléments. On pourrait peut-être encore apporter une simplification en remplaçant les semelles de paliers par des fers plats normaux. La figure 12 représente la carcasse d'un alternateur triphasé. La construction est tout à fait bonne, toutefois la fixation des boucles de levage est critiquable, du point de vue de la technique du soudage. La figure 13 montre la vue d'ensemble d'un groupe convertisseur dans la centrale de Massaboden (usine des C. F. F.). Toutes les machines ainsi que la plaque de base sont soudées. Je

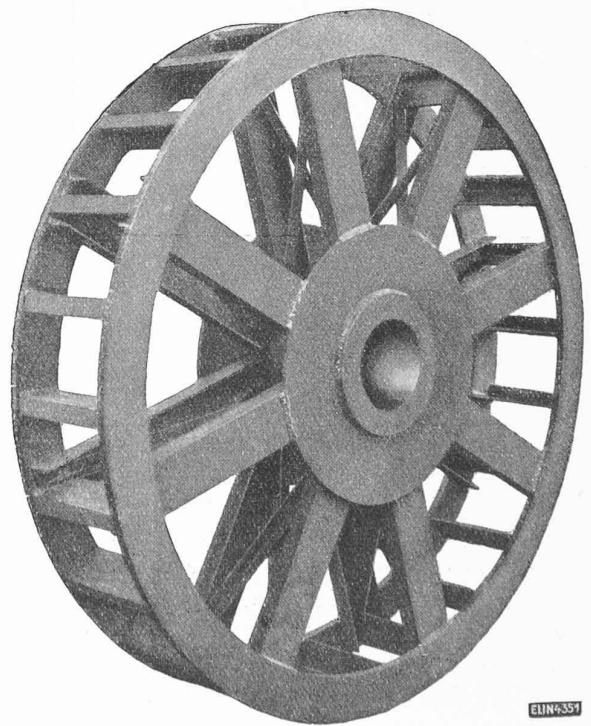


Fig. 19. — Rotor d'un moteur de 800 ch, construction Elin.

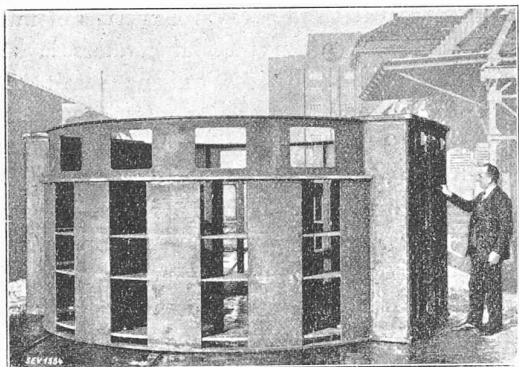


Fig. 20. — Carcasse d'un alternateur à axe vertical de 27 000 kVA, Ateliers Siemens-Schuckert.

ne crois pas que ce groupe puisse sembler laid. Le moteur asynchrone de 1000 ch de la figure 14 a la carcasse, le bâti et le croisillon d'induit soudés. La figure 15 montre jusqu'à quelles dimensions on a osé porter les pièces assemblées par soudage. Il s'agit de la carcasse d'un alternateur de 5000 kVA tournant à 94 tours/minute. La figure 16 montre l'aspect de la carcasse d'un alternateur triphasé de 4200 kVA à 375 tours/minute.

La figure 17 se rapporte à un alternateur de 3800 kVA tournant à 1000 tours/minute. Le poids de cette pièce est de 2060 kg, ce qui représente une économie de 46 % par rapport au poids d'une pièce semblable mais fondue. La figure 18, qui représente la carcasse d'un moteur synchrone de 1000 ch à 250 tours, est particulièrement intéressante car elle montre le parti que l'on peut tirer d'entretoises obliques et d'une carcasse très large ce qui permet de simplifier les protections de bobines. La figure 19 représente le croisillon du rotor d'un moteur de laminoir de 800 ch à 245 tours/minute ; la figure 20, la carcasse d'un alternateur à axe vertical de 27 000 kVA à 428 tours. Enfin, la figure 21 donne l'aspect du stator d'un turbo-alternateur de 45 000 kVA à 3000 tours : minute.

Qu'il me soit permis, en terminant, d'insister sur l'importance du nouveau procédé de fabrication, pour l'économie nationale.

Les pays où la Suisse peut exporter ont tendance à élever toujours plus haut leurs barrières douanières. Les

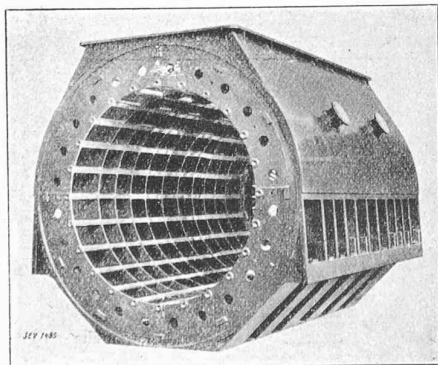


Fig. 21. — Carcasse d'un turbo-alternateur de 45 000 kVA, Brown, Boveri & C^{ie}.

taux des droits d'entrée sont presque partout basés sur le poids des objets importés. D'après les chiffres que j'ai cités, on constate que le soudage permet de diminuer de près de 50 % le poids des pièces qui, en quelque sorte, forment le poids mort de la machine. On conçoit donc de quelle importance ce nouveau procédé puisse être pour l'industrie suisse des machines électriques, qui est obligée d'exporter une grande partie de ses produits.

Le problème a du reste encore une autre face, très intéressante du point de vue économique. La fonderie de fer emploie des quantités considérables de charbon qui doit être importé de l'étranger à des prix fort onéreux. La soudure électrique emploie, comme source de chaleur, l'énergie électrique, ce qui constitue pour les réseaux suisses un débouché intéressant et pour l'économie nationale un profit direct. Ces avantages économiques, le fait que l'adoption du procédé du soudage électrique comporte une amélioration des produits des fabriques qui l'adoptent, font qu'il serait désirable que les acheteurs du marché national renoncassent à leur attitude réticente vis-à-vis de ce procédé et acceptassent sans arrière-pensée les machines soudées. Les partis pris d'ordre esthétique, s'ils subsistent encore doivent céder et céderont, chez nous comme ailleurs, au progrès technique.

Sur les conséquences des inondations du torrent Saint-Barthélemy et les remèdes proposés

1. *Introduction.* Ainsi que nous le disions dans une note à la *Tribune de Lausanne*, du 28 octobre 1926, sur les méfaits d'alors du Saint-Barthélemy et les remèdes à envisager, ce maudit cours d'eau fait couler beaucoup d'encre et des flots plus ou moins liquides de couleur assez semblable. On se flattait alors de voir une assez longue périodicité s'établir entre les vidées successives de la profonde cuvette que le torrent s'est creusée en amont de la gorge. L'événement récent l'a démenti ; mais on n'a cependant pas signalé cette année d'éboulement de rochers de la chaîne supérieure de la montagne. Le texte qui suit est d'ailleurs, comme en 1926, une opinion tout à fait personnelle.

2. *Déjections du torrent.* Selon les chroniques, le Saint-Barthélemy a intercepté et refoulé le Rhône en 563, en 1635, en 1818, en 1835, sans parler des mêmes accidents durant la longue période muette du moyen âge et on a revu le même fait, à moindre échelle, en 1926. Le lit du fleuve a été finalement rejeté contre le pied même du massif montagneux abrupt de Morcles. Ces débordements graves ont chaque fois été causés par l'écroulement de pans de la chaîne supérieure, soit de la Dent du Midi, soit de Gagnerie¹.

¹ Nous avons publié une description détaillée du Saint-Barthélemy, de ses coulées et du projet de correction adopté par les C. F. F. dans nos numéros du 4 et du 18 mai 1929. — *Réd.*