

REVUE DES PUBLICATIONS ÉTRANGÈRES

ELECTRICAL WORLD

COMPTEUR CORRIGÉ DE L'ÉNERGIE ABSORBÉE DANS LES PARTIES DU TRANSFORMATEUR. *Electrical world*, 68, p. 1289, 30 déc. 1916.

Cette correction permet de mesurer à l'aide d'un compteur connecté sur la basse tension, l'énergie qui est délivrée du côté haute tension, c'est-à-dire l'énergie basse tension augmentée des pertes. Ceci est obtenu au moyen d'enroulements correcteurs.

On suppose que les pertes dans le cuivre du transformateur sont proportionnelles au carré de l'intensité, et les pertes dans le fer au carré de la tension.

ELECTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

ESSAIS DE COMPTEURS D'INDUCTION SUR CHARGES INTERMITTENTES. J.-A. MÖLLINGER et W.-V. KRUKOWSKI (*Electrotechnische Zeitschrift*, 38, pp. 332-333, 21 juin 1917). — Il est de la plus haute importance de se rendre compte si les compteurs d'induction enregistrent correctement sur les charges intermittentes telles que celles produites par les ascenseurs, les arcs destinés à la soudure, etc... La théorie montre que les compteurs doivent donner des indications exactes même avec ce genre de charge et ceci est confirmé par l'expérience. Trois compteurs semblables furent connectés dans un circuit tel que le premier ou le second était traversé par la charge, tandis que le troisième était toujours parcouru par la dite charge. Les circuits tension étaient tous branchés sur le même voltage. Un tambour tournant muni de bagues de contact et de balais amenait le courant de charge à passer alternativement à travers l'un ou l'autre des deux premiers compteurs pendant des intervalles égaux, tandis qu'il passait continuellement dans le troisième. De cette façon, les deux premiers compteurs étaient soumis à une charge-alternative et le troisième à une charge continue. On trouva que la somme des lectures sur les compteurs chargés de façon intermittente était pratiquement égale à la lecture du compteur soumis à une charge constante. L'erreur due à la charge intermittente ne dépassait pas 1 % lorsque la charge était interrompue et rétablie toutes les unes ou deux secondes.

ELECTRICIAN

SERVICE DE RECHANGE DE BATTERIES EDISON POUR TRUCS ÉQUIPÉS ÉLECTRIQUEMENT. *Electrician*, 80, pp. 19-20, 5 octobre 1917.

L'article contient les résultats d'une expérience de cinq années à Hartford (Connecticut). Il y a en exploitation actuellement 88 trucs. Les clients achètent à la Compagnie un truc sans batterie. La Compagnie fournit les batteries, les charge, et les installe sur le truc du client à toute demande de celui-ci. L'échange d'une batterie chargée contre une à bout de charge ne demande pas plus de deux minutes et demie à l'aide d'un appareil de levage hydraulique et de deux hommes. Un troisième lit le parcours kilométrique effectué. Quarante-trois panneaux servent à la recharge des batteries qui rentrent après décharge. Vingt-un hommes environ y sont employés. La Compagnie se charge également du garage et des réparations et, de plus, elle recharge régulièrement de 600 à 700 batteries d'éclairage ou d'allumage pour lesquelles il est facturé 50 cents (2.75) par batterie et par semaine.

Le parcours kilométrique moyen par voiture et par mois a été de 1.100 kilom. (avec maximum 1.300 et minimum 490). La consommation d'énergie moyenne a été de 1 kilow-heure par voiture-kilomètre, et de 0.08 kil.-heure par tonne-kilomètre.

À la fin de quatre années et demie d'exploitation, 6.936 bacs Edison étaient en service et 225 seulement avaient été retournés pour réparations.

LOCOMOTIONS ÉLECTRIQUES DU PENNSYLVANIA RAILWAY.

Le courant est collecté sur cette locomotive, au trolley, à la tension de 11.000 volts en monophasé et est transformé à l'aide de transformateurs et de convertisseurs de phase en courant triphasé qui est livré à la tension de 850 volts à 4 moteurs d'induction. Chaque truck possède 3 paires de roues motrices de 183 centimètres de diamètre groupées sur un bâti rigide de 4 m. de long. La longueur totale de la locomotive est de 22 mètres. Le secondaire du transformateur fournit la puissance au convertisseur de phase qui consiste essentiellement en un moteur d'induction avec

un bobinage primaire diphasé sur le stator. Ces moteurs sont disposés pour deux vitesses de 16 et 32 kilomètres à l'heure. Il y a 4 rhéostats liquides, la tension maxima entre les extrémités de ces derniers atteignant 1.000 volts. Ce chiffre considérable est rendu possible par l'emploi de cloisons isolantes au fond des bacs.

P. BOURGUIGNON,
Ingénieur E.C.P.

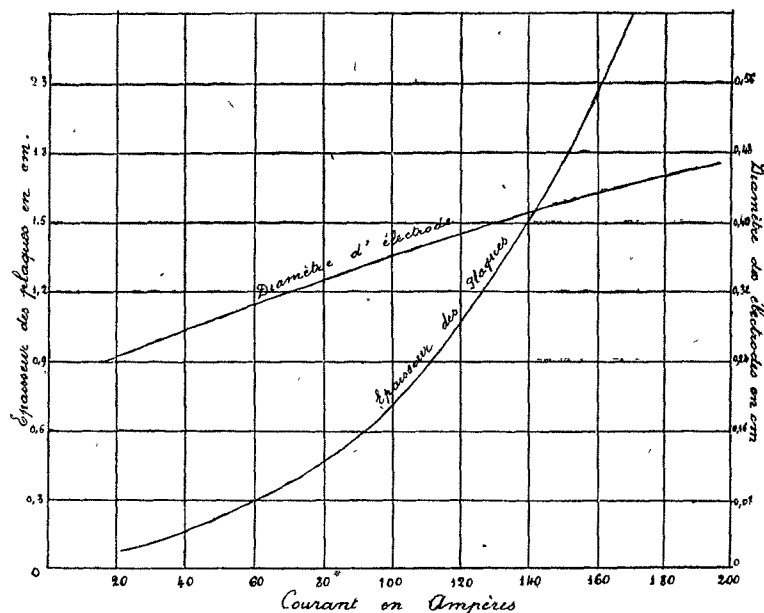
LA SOUDURE ÉLECTRIQUE

Le principe de la soudure à l'arc est évidemment d'utiliser la chaleur produite par effet Joule pour déterminer la fusion d'une électrode, amener son dépôt sur la pièce à souder, le dépôt constitue ainsi la soudure. L'arc éclate entre la pièce à souder et une électrode, amener son dépôt sur la pièce à souder, le dépôt cons-

Les types fondamentaux d'arcs employés sont les suivants : 1° Arc à potentiel constant, avec résistances fixes en série ; 2° arc à potentiel variable, le potentiel croissant lorsque l'intensité du courant décroît, et réciproquement ; 3° arc à courant d'intensité constante ; 4° arc à courant alternatif.

Lorsque l'électrode employée est métallique, elle constitue généralement, avec quelques exceptions cependant, le pôle négatif ; lorsque l'électrode est en carbone elle peut devenir le pôle positif sans inconvénient.

La fusion obtenue sur la surface à souder et dans le corps de la barre métallique formant, si c'est le cas, l'électrode est déterminée par le diamètre de l'électrode, l'angle d'écart, la longueur de l'arc, l'intensité du courant. L'angle d'écart le plus favorable pour la soudure de plaques épaisses est 90 degrés. Les valeurs approximatives des intensités de courant et des diamètres d'électrodes nécessaires pour la soudure de plaques d'acier doux sont fournies par le graphique suivant :



Dans la pratique, l'ouvrage à souder est autant que possible disposé horizontalement ; dans quelques cas on fait un boulonnage rapide, on pratique la soudure, puis on enlève les boulons. Les trous de boulonnage sont ensuite comblés au moyen de fiches que l'on soude alors à l'ouvrage. Les bords de la pièce ou les plaques à souder doivent être fixés solidement l'un à l'autre, dans ce cas les forces de dilatation ou de contraction ont un effet sensiblement nul, après libération les deux joints ne se séparent pas ; au contraire, la soudure faite sur des plaques libres de se mouvoir est difficile ; durant l'opération les forces développées par la chaleur ou le refroidissement amènent la torsion des ouvrages et le déplacement des bords à souder. Le travail de soudure effectué au-dessus de la tête a une valeur très douteuse, il est peu commode pour l'opérateur de provoquer le dépôt d'une forte quantité de soudure par suite de la grande fatigue produite par cette position. Le voltage de l'arc au courant continu atteint 25 volts,

comme il est nécessaire pour limiter les courants de court circuit produits lorsque l'électrode touche les pièces à souder, de disposer des résistances, il est nécessaire d'avoir un voltage d'au minimum 50 volts, 25 étant absorbés par les résistances. Un voltage plus élevé est inutile, il ne détermine que des pertes par les résistances, pertes atteignant parfois le double ou le triple de l'énergie consommée par l'arc. Le plus bas voltage utilisé pour l'arc est 18 volts, en aucun cas il ne doit dépasser 25 ; si le courant alternatif est employé, la tension est de 30 volts environ. Dans les appareils à électrode métallique, comme une certaine quantité de métal est transporté de la cathode à l'anode à travers l'arc, il est facile de concevoir que la cathode doit être constituée par la barre métallique électrode, et l'anode par l'ouvrage lui-même ; cette quantité de métal transporté est proportionnelle au temps de passage du courant et à l'intensité de ce dernier, elle vaut 0,0013 gr. par ampère-minute. Dans ces appareils, le cratère de l'arc doit être établi dans l'ouvrage à souder et non dans le dépôt métallique, de cette manière l'union obtenue est effective. Il faut d'ailleurs utiliser un arc court ; un opérateur de force moyenne travaillant sur un réseau de distribution maintiendra inconsciemment 1 arc long, l'opération étant en effet plus facile ; or, la soudure n'est pas améliorée par un accroissement de la longueur de l'arc, cette dernière ne doit pas excéder $0\frac{1}{3}$ ou $0\frac{1}{4}$ m.

APPAREILS ET PROCÉDÉS SPÉCIAUX

De nombreux procédés spéciaux de soudure à l'arc sont déjà en usage, les appareils destinés à améliorer ou faciliter le travail sont également variés.

Le procédé Slavianoff à électrode métallique est très employé aux Etats-Unis, la barre métallique à la fois électrode et source du métal de la soudure atteint automatiquement la température de fusion. Dès qu'elle est ramollie, elle se dispose sur la partie la plus chaude de la surface à souder. Un écran protecteur de celle-ci se forme, grâce à la production de gaz incandescents, mais les mouvements de l'air ambiant tendent à l'enlever aussi rapidement qu'il est formé ; le soudeur doit donc manipuler son électrode de telle manière que par enveloppement dans la flamme de l'arc, du jet de l'arc et du dépôt de soudure, une protection maximum soit atteinte. En maintenant un arc court et inclinant l'électrode sous un angle convenable par rapport à l'ouvrage, cette condition se réalise automatiquement.

Le procédé Kjellberg est aussi utilisé sur une grande échelle et avec succès, l'électrode métallique est ici recouverte et forme le pôle positif, il y a donc tendance au dépôt naturel du métal de l'électrode sur l'ouvrage. La couverture de la barre métallique est formée d'un fondant, silicate fusible, volatilisé par l'arc et ne laissant aucune trace. Le courant continu est employé, la tension varie de 45 à 90 volts. Les électrodes sont constituées par des barres de fer doux, leur diamètre est $0\frac{1}{4}$ m. Une intensité de 145 ampères est nécessaire pour la soudure de plaques d'acier doux ayant une épaisseur comprise entre $0\frac{1}{8}$ m et $1\frac{1}{4}$ m. Pour des plaques plus minces, d'épaisseur inférieure à $0\frac{1}{8}$ m, le procédé n'est pas satisfaisant.

Le procédé dit du « quasi-arc » utilise également l'électrode métallique, celle-ci est recouverte d'un treillis d'amiante avec parfois inclus, quelques fils d'aluminium. Le recouvrement en fondant constitue une scorie vitreuse, qui se plaçant sur la soudure empêche son oxydation. Le procédé permet le découpage des pièces quoique cette opération soit plus facile avec l'électrode de carbone.

Le procédé Thomson ou à résistance est employé suivant deux modes ; dans certains cas on détermine une soudure lente avec peu de puissance électrique, dans d'autres la soudure est rapide, la puissance électrique très forte. La vitesse de soudure est environ de $0\frac{1}{30}$ par 8 secondes ; des cylindres d'acier doux de $0\frac{1}{30}$ de long, $2\frac{1}{2}$ m de diamètre, $0\frac{1}{8}$ m d'épaisseur ont été soudés en long par ce procédé, ils ont pu être réduits ensuite au moyen de la presse hydraulique et de filières à des tubes de $1\frac{1}{4}$ m de diamètre, mais la soudure fut détériorée totalement.

Le procédé Benardas enfin, utilise l'électrode de charbon, son emploi est vaste et comprend la soudure, le découpage, le per-

forage. L'électrode est négative, l'ouvrage positif. La soudure obtenue est constituée de fer plus pur que le métal de la plaque à souder. Le courant continu utilisé est de 250-300 ampères avec 90 volts. L'arc atteint $3\frac{1}{8}$ à $5\frac{1}{4}$ m de longueur, la chaleur produite se répartit sur une surface assez grande, les accidents locaux dans la soudure, et la détérioration du métal dans la plaque environnante sont ainsi évités. Des plaques d'acier doux de $3\frac{1}{4}$ m d'épaisseur sont soudées à une vitesse de $0\frac{1}{30}$ par 2 minutes $\frac{3}{4}$ en comprenant le temps de chauffage. La méthode est moins rapide que celle utilisant le chalumeau oxyacétylénique, mais elle coûte beaucoup moins. Les soudures faites par ce procédé sur des cylindres analogues à ceux de l'expérience citée plus haut, résistent à l'épreuve.

Ces procédés emploient des générateurs divers et dispositifs destinés à améliorer le résultat. Parmi les générateurs, le type Daysohm à embrayage électro-magnétique est fort utilisé, son avantage est que le courant de court-circuit est limité sans aide de résistances en séries. L'embrayage est disposé entre le moteur et le générateur, sa construction est telle qu'au départ il tourne d'une pièce, mais si le courant de l'arc dépasse une certaine valeur il glisse. La nécessité de maintenir un arc de longueur courte a fait créer des types de moteurs-générateurs facilitant la production d'un arc court et rendant difficile au contraire le maintien d'un arc de grande longueur. Dans ces appareils, lorsque l'arc se raccourcit par l'action de l'opérateur, le courant croît, la vitesse de consommation de l'électrode s'élève et la longueur normale de l'arc tend ainsi à se maintenir ; si, au contraire, l'arc s'allonge, le courant décroît jusqu'à ce que l'arc disparaisse.

INFLUENCE DES DIVERS FACTEURS DANS LA SOUDURE A ARC

a) Nature de l'électrode.

Les pôles entre lesquels l'arc jaillit sont constitués d'une part par la pièce à souder, de l'autre par une électrode. Cette électrode est faite de métal ou de charbon. L'électrode de carbone est supérieure à l'électrode métallique pour l'exécution des travaux pénibles et également dans le cas où la tension n'a pas d'importance. L'électrode métallique est de nature variable, allant du fer pur au fer contenant jusqu'à 0,2 % de carbone et 0,05 % de manganèse, une bonne composition de l'électrode est la suivante : fer pur allié à 0,18 % de carbone et 0,05 % de manganèse. Des expériences nombreuses faites, il semble résulter que si l'on veut étendre l'emploi de la soudure à l'arc, il faut autant que possible bien connaître les constituants de la soudure. Or, la vaporisation du métal, l'oxydation à haute température peuvent facilement les altérer, on a donc pensé à envelopper l'électrode de produits réfractaires, par exemple d'un revêtement d'amiante, ou bien encore de la recouvrir d'un fondant engendrant durant l'opération une atmosphère de gaz, inerte, permanente, enveloppant l'arc et la soudure. D'où les deux types d'électrodes métalliques employés : électrode nue, électrode recouverte. D'après les résultats obtenus, il est difficile encore de se faire une idée de leur valeur comparée, pour les uns les électrodes nues donnent d'aussi bons résultats que les couvertes et elles sont bien moins chères, 1 fr le kilog environ au lieu de 5 francs, ce prix élevé est un obstacle évident à l'emploi des électrodes couvertes si elles n'ont pas une supériorité pratique élevée. Enfin, dans tous les cas, le point de fusion de l'électrode doit être plus élevé que celui des plaques à souder.

b) Influence du courant. — Le courant est soit du courant continu, soit du courant alternatif ; lequel est le plus adapté à l'usage de la soudure à l'arc ? Ici encore les opinions sont très variées ; le courant continu offre une plus grande facilité de travail, mais la vitesse de l'opération est plus lente ; dans le cas des soudures au-dessus de la tête il est préférable au courant alternatif ; ce dernier présente l'avantage d'une plus grande portabilité des appareils, il permet ainsi le travail dans des endroits inaccessibles avec les types à courant continu, mais l'arc est plus difficile à maintenir, et des interruptions trop fréquentes dans sa continuité peuvent déterminer des soudures franchement mauvaises. L'intensité du courant doit varier entre 140 et 160 ampères, un courant trop faible détermine un recouvrement excess-

sif de la plaque à souder, trop élevé il peut amener la perforation, les soudures obtenues avec cette intensité sont fortes et flexibles, avec des courants inférieurs, 80 à 100 ampères, la qualité est diminuée, pour des aciers forts on utilise jusqu'à 200 ampères. La densité de courant s'élève de 1.000 à 1.500 ampères par $\frac{1}{m^2}$ en général, elle peut atteindre 1.800, en Angleterre le travail s'effectue souvent avec des densités bien inférieures, 7 à 800 ampères seulement. Le voltage est sans influence sur la qualité, un voltage élevé semble présenter quelques avantages cependant.

c) Examen des résultats. Influence de l'opérateur.

La qualité de la soudure dépend surtout de l'habileté de l'opérateur, des expériences faites avec des ouvriers différents opérant avec des appareils différents, ont montré que les caractéristiques des appareils n'ont pas d'influence pratique.

De nombreuses études ont été faites sur la nature de la soudure obtenue, l'action des gaz incandescent produits autour de l'arc est de raffiner le métal vaporisé en diminuant la quantité de carbone et de manganèse, par contre le phosphore, le soufre, le silicium, ont été rencontrés dans les soudures souvent avec un pourcentage plus élevé que dans l'électrode. On a attribué cela à leur absorption par le métal chaud de la soudure, il y a d'ailleurs de grandes variations dans le degré de raffinage obtenu, dues au fait que le dépôt du métal fondu se fait en gros globules, la proportion de carbone et de manganèse brûlés varie aussi avec la composition de l'électrode, on peut en faisant varier celle-ci obtenir des dépôts dont la nature est telle que la lime ne les attaque pas et d'autres au contraire comparables à la fonte. Le métal déposé renferme également O et Az; leur pourcentage décroît d'ailleurs, lorsque le courant croît l'influence de l'O est mauvaise, on peut empêcher sa présence par incorporation dans l'électrode de réducteurs : carbone, aluminium ou magnésium.

L'influence du chauffage n'est pas très forte, on peut varier considérablement la température sans affecter appréciablement les qualités physiques de la soudure; des essais sur des specimens d'acier doux dont les uns constituaient l'électrode et dont les autres restaient comme témoins l'ont montré nettement. Cependant, l'influence combinée de la température de chauffe et du temps pendant lequel elle est appliquée est visible, une soudure faite à une température trop élevée et pendant une durée trop grande, de même qu'une soudure faite à température basse et trop rapide sont mauvaises, le métal est gonflé; une soudure faite à la température nécessaire 1200° environ ne donne qu'un très léger gonflement du métal. L'examen des soudures obtenues a été fait le plus souvent par la microphotographie. Les soudures faites dans les conditions défavorables exposées plus haut sont plus faibles que l'acier environnant; le recuit peut rendre sa structure primitive à l'acier de la plaque, mais non au métal de la soudure, étant donné sa décarburisation. Lorsque les conditions sont juste réalisées, il devient difficile de déterminer exactement l'endroit où la soudure est produite.

La force des soudures a été également étudiée, des essais au marteau, des essais de tension ou encore des essais hydrauliques sont faits pour évaluer cette force de résistance, on remplit par exemple les coques de navire soudés électriquement, totalement avec de l'eau, on change les points de support et on examine minutieusement les joints, on éprouve ces derniers à coups de bélier. Les soudures quand elles sont bien faites peuvent se comparer aux joints rivés, mais on ne doit pas les considérer encore comme pouvant supporter des vibrations nombreuses et fortes; leur ductilité est comparable à celle des soudures oxyacétyléniques.

APPLICATIONS. — Valeur économique

L'usage de la soudure à l'arc s'est développé considérablement pendant ces dernières années aux Etats-Unis, également en Angleterre. On y a fait appel dans la construction des coques de navire, des sous-marins; l'U.S. Shipping Board Emergency Fleet Corporation a construit aussi des bateaux de 9.600 tonnes, de même la Pittsfield General Electric Co a fabriqué des tanks soudés à l'arc. La soudure des barres de cuivre des moteurs à induction, la réparation des pignons, des arbres coulés, des dents d'engrenage,

s'effectue également par son intermédiaire. Avec l'acier à électrode carbonée, la soudure des fontes, le découpage et le perçage des plaques sont faciles. Les applications de la soudure électrique sont donc nombreuses. Ses avantages économiques résident dans son bon marché, dans l'obtention de soudure de valeur au moins égale aux soudures faites au chalumeau oxyacétylénique, dans la diminution du coût de manufacture. Pour un bateau de 9.600 tonnes, le prix de revient, travail, force, électrodes, indépendamment bien entendu du prix de l'acier employé, s'élève à 1.600 fr. par tonne d'acier; or, la soudure électrique fait réaliser sur la quantité d'acier employé une économie de 500 tonnes (2.300 au lieu de 2.800); pour un tonnage équivalent elle revient à 1.300 fr. par tonne, tandis que le rivetage coûte 2.000 francs par tonne. Pour le navire indiqué plus haut, 25.000 plaques étaient à assembler; soudées, l'opération revenait à 250 000 francs environ; rivées, à plus de 600.000. Enfin, une économie de temps sérieux est réalisable, le travail est agréable, sans bruit, facile à contrôler dans une usine, plus difficile il est vrai sur un chantier.

Les inconvénients du système tiennent en premier lieu à la résistance, au moment de son introduction, faite par l'ouvrier, à la rareté des opérateurs aussi; on remédie à cela en établissant des écoles de soudeurs, quatre à six semaines d'entraînement suffisent et le gain de l'ouvrier basé sur la quantité de métal déposé s'augmente de 25 % vis-à-vis de celui de l'ouvrier employé à river.

En outre, pour des plaques d'épaisseurs inférieures à $\frac{3}{16}$, la soudure oxyacétylénique donne de meilleurs résultats; enfin, il faut une bonne préparation de l'ouvrage à souder et de l'attention dans le travail pour obtenir de bons résultats. Le coût élevé des électrodes recouvertes est aussi un obstacle.

Néanmoins, les avantages de la soudure à l'arc sont évidents, il n'est pas aventureux de lui prédire une large utilisation industrielle dans un avenir peu éloigné, l'éducation des ouvriers, la portabilité des appareils sont les premiers facteurs à améliorer si l'on veut étendre son emploi.

Les tableaux suivants donnent quelques indications précises sur les caractéristiques de la soudure à arc.

Soudure avec électrode nue.

Vitesse moyenne de soudure.....	1 ^m ,50 par heure.
Quantité de métal déposé par mètre courant..	900 grammes.
Courant 150 ampères, 20 volts.....	3 kw.
Moteur générateur, efficacité 50 %.....	6 kw.
Energie par mètre courant.....	$\frac{6}{1,5} = 4$ kw heure.
Prix de l'énergie par mètre courant $4 \times 0,15 = 0$ fr. 60	
Prix de l'électrode 1 fr par kilogram. avec la perte (extrémités. etc.).....	1 fr. 20 par mètre courant.
Travail à 3 fr. 15 l'heure, soit ...	$\frac{3,15}{1,5} = 2$ fr. 10 —
Prix de revient total.....	3 fr. 90 —

Soudure avec électrode couverte.

Voltage : 100 volts; 900 gr. d'électrode par mètre courant.	
Vitesse moyenne de soudure.....	1 ^m ,50 par heure.
Quantité de métal déposé par mètre courant....	900 grammes.
Prix de l'énergie :	
12 kw. pour 1 ^m ,50 soit 8 kw. par mètre $8 \times 0,15 = 1$ fr. 20	
Prix de l'électrode par mètre courant.....	6 fr. 90
Prix du travail par mètre courant.....	2 fr. 10
Prix de revient total.....	10 fr. 20 par mètre.

Signalons enfin la nécessité d'appareils de protection contre les radiations émises par l'arc : radiations infra rouges et ultra violettes invisibles, radiations visibles aussi. L'emploi d'un casque avec fenêtre ronde ou rectangulaire est nécessaire; l'éclat des rayons visibles est atténué par des verres colorés. Les rayons infra rouges, qui peuvent être présents à un degré dangereux, sont combattus par des verres absorbant ou renvoyant la chaleur, l'effet des rayons ultra violets est annihilé par l'emploi de verre clair ordinaire, ou de mica, cellulose ou gélatine.

UN INGÉNIEUR.