Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 32 (1941)
Heft: 15

Artikel: La protection des constructions métalliques par les enduits antirouille
Autor: Blom, A.V.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057643

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: 08.08.2025

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

Prix d'équivalence, par rapport à un prix du coke de 75 fr./t.

Frais annuels fr.	Quantité d'énergie kWh/an	Prix d'équival. ct./kWh
a) Préchauffage de l'eau souterraine par la chaleur perdue de Selnau $\frac{980 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ [1] = 14 900		
b) Préparation de l'eau chaude par deux thermo-pompes $\frac{1317 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ = 20 200	302 000	6,7
c) Chauffage du bâtiment jusqu'à —5° C par trois thermo-pompes $\frac{1815 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ = 27 800	683 000	4,1
d) Chauffage du bâtiment au-dessous de —5° C et remplissage mensuel complet du bassin, par chaudière électrique $\frac{612 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ = 9 400	739 000	1,27
Total 72 300	1 871 000	

[1]) Le premier chiffre des formules indique la consommation de chaleur calculée, en 10^6 kcal. On a admis 4900 kcal/kg de coke comme quantité de chaleur utile pour un chauffage au coke, ce qui correspond à un rendement de $\frac{4900}{7000} = 70\ \%$.

Le prix d'énergie moyen annuel était donc de

$$\frac{72\,300 - 14\,900}{1\,871\,000} = 3{,}06 \text{ ct./kWh.}$$

Si l'on avait prévu un chauffage au coke à la place de la chaudière électrique, pour suppléer au chauffage quand la température extérieure est inférieure à — 5° C et pour le remplissage mensuel complet du grand bassin, on aurait atteint pour les deux installations de thermo-pompes mentionnées sous b) et c), un prix moyen de $\frac{48\,000}{985\,000} = 4{,}87$ ca./kWh, c'est-à-dire un prix d'énergie très avantageux pour une consommation annuelle d'environ un million de kWh.

En se basant sur le prix du coke de 145 fr./t, pratiqué à Zurich au printemps 1941, on obtient les prix d'équivalence théoriques suivants:

b) Préparation d'eau chaude:

$$\frac{6{,}7}{7{,}5} \cdot 14{,}5 = 12{,}9 \text{ ct./kWh.}$$

c) Chauffage du bâtiment:

$$\frac{4{,}1}{7{,}5} \cdot 14{,}5 = 7{,}9 \text{ ct./kWh.}$$

Le prix actuel normal du tarif pour les moteurs n'est que de 7,5 ct./kWh. Il s'ensuit que le Service de l'électricité de la Ville de Zurich encaisse ainsi un important supplément de recettes, tandis que les frais d'exploitation de la piscine municipale sont sensiblement plus faibles que pour un chauffage au coke. Le renchérissement des combustibles a augmenté le rendement économique des fournisseurs d'énergie électrique, de même que celui des abonnés. Dans ce cas particulier, l'acceptation du risque inhérent à toute innovation était donc pleinement justifiée.

La Maison Escher Wyss, de Zurich, a d'ailleurs pu augmenter les puissances thermiques spécifiques au-dessus des valeurs minima prescrites dans le cahier des charges. Ce fait aura son importance pour les projets d'autres installations. Au lieu des compresseurs Rotasco prévus, on a finalement utilisé des compresseurs à pistons à 2 étages entraînés directement par des moteurs triphasés à 720 t/min.

En ce qui concerne la partie électrique, une nouveauté intéressante a été réalisée, en substituant aux démarreurs centrifuges des induits à double cage qui ramènent le courant de démarrage à 3,5 fois seulement la valeur de l'intensité nominale. La puissance installée de tous les moteurs de la piscine municipale dépasse 600 kW, de sorte qu'une installation de transformateur d'environ 800 kVA a dû être prévue. Cette installation supporte aisément les courants de démarrage des moteurs des pompes, qui démarrent automatiquement avec un certain retard. Cette innovation s'est également fort bien comportée en pratique. Il faut donc espérer que le moteur à double cage dont la construction est simple sera dorénavant admis pour des puissances plus grandes que cela n'a été le cas jusqu'ici.

Nous indiquerons ultérieurement quelles ont été les puissances thermiques spécifiques obtenues en pratique par les deux groupes de thermo-pompes. Les progrès réalisés dans ce domaine, par rapport à la première installation de thermo-pompage, sont fort réjouissants, car ils augmentent le rendement économique des installations de ce genre, ce qui ne peut que contribuer à leur diffusion.

La protection des constructions métalliques par les enduits antirouille.

Par *A. V. Blom*, Zurich.

(Communication du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux.)

667.624.6.

Ce rapport résume les essais de protection au moyen d'enduits antirouille entrepris par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (EMPA) sur des constructions métalliques d'usines hydroélectriques. Il fait suite au rapport publié dans le Bulletin ASE 1934, No. 14. Ces essais complémentaires ont été exécutés à la demande de l'UCS. Le rapport décrit les travaux de décapage du fer, le choix de la couche de fond et de l'enduit de couverture, ainsi que leur application. Pour terminer, l'auteur indique sept règles à observer pour l'application des enduits antirouille.

Im Anschluss an den frühern, hier erschienenen Bericht über die Versuche der Eidg. Materialprüfungsanstalt mit Anstrichen an Eisenbauwerken der Wasserkraftwerke (Bull. SEV 1934, Nr. 14) wird zusammenfassend über den Korrosionsschutz durch Anstrich berichtet. Grundlage hiefür sind die weiteren Versuche, die die EMPA im Auftrage des VSE ausführte. Es wird die Reinigung des Eisens, die Wahl des Grund- und Deck-Anstriches und die Durchführung der Anstricharbeit besprochen. Zum Schluss werden 7 Regeln für den Anstrich gegeben.

(Traduction.)

La protection du fer contre la rouille exige l'observation des trois points suivants: le nettoyage des surfaces, le choix des enduits antirouille et l'application de ceux-ci. Il suffit que l'un de ces trois points soit négligé, pour que la durée de la protection antirouille soit précaire. Les mauvais résultats obtenus avec ces enduits proviennent beaucoup moins d'une qualité médiocre des enduits que d'un nettoyage négligé ou d'une mauvaise exécution du revêtement protecteur. Il arrive assez souvent que la cause de ces défectuosités soit due à des circonstances particulières sur le chantier ou d'un manque de temps. En laboratoire, il est relativement facile de créer les conditions les plus favorables pour l'application d'un enduit. Mais, en pratique, on se heurte fréquemment à des difficultés de toute nature et l'on doit parfois se résoudre à des compromis, au détriment de la durée de la protection antirouille. L'une des exigences primordiales d'une bonne protection est son étude en temps utile. Si l'on prend une décision trop tardive au sujet de la protection contre la rouille, l'exécution risque souvent d'être défectueuse.

Un exemple tiré de la pratique montrera combien il est dangereux de vouloir faire des économies sur ce genre de travail. Le pont de la Golden Gate, à San-Francisco, devait être protégé d'une façon exemplaire contre la rouille. La chose n'étonnera personne, car l'Amérique est considérée comme un pays où la technique est en tête du progrés. On savait pertinemment que le renouvellement de l'enduit antirouille d'un pont aussi considérable présenterait d'énormes difficultés. Or, une année s'était à peine écoulée, que ce revêtement commença à s'écailler! C'était donc du bien mauvais travail. Une forte attaque de rouille pouvant mettre en danger le trafic, il fallut entreprendre immédiatement des travaux de rénovation. En examinant les raisons de cet échec, on constata que les charpentes métalliques n'avaient pas été décapées au jet de sable, en raison du coût élevé de ce mode de nettoyage. A peine le pont fut-il terminé, que la couche d'oxyde de laminage commença à s'écailler, ce qui provoqua des craquelures dans l'enduit de protection et permit à la rouille de commencer son travail de destruction. Les frais de rénovation pour sauver ce pont dépasseront largement le coût du décapage au jet de sable que l'on avait voulu éviter. N'est-il pas ridicule de vouloir faire des économies sur l'entretien de constructions métalliques qui ont coûté si cher et exigé tant de travail pour leur étude, leur exécution et leur montage?

Nettoyage des surfaces.

On prétend souvent que la *couche d'oxyde de laminage* du fer constitue d'elle-même une protection contre la rouille. Cela est vrai. Mais il ne faut pas oublier que cette couche ne protège le fer que pour autant qu'elle forme une gaine bien adhérente et ininterrompue. Or, cette couche superficielle s'abîme aisément au cours des travaux d'usinage, du transport et du montage. Il s'établit entre elle et le fer pur une différence de potentiel qui conduit inévitablement à une formation d'éléments locaux et par conséquent à une corrosion. Lorsqu'un enduit recouvre le tout, il se produit alors des attaques de rouille sous-jacentes, qui n'en sont que plus dangereuses.

Tant qu'un enduit protecteur n'est pas appliqué sur du fer sain et sec, il ne peut pas assurer sa mission protectrice. Le nettoyage du fer est donc absolument indispensable. Un décapage chimique n'est pas recommandable lorsque les pièces traitées ne peuvent pas être neutralisées ensuite dans des bains appropriés. Le rabotage, le piquetage et le grattage ne permettent pas d'éliminer parfaitement la couche d'oxyde de laminage. En général, il faut procéder à un décapage au jet de sable ou au chalumeau.

Décapage au jet de sable.

Pour obtenir une surface parfaitement apte à recevoir l'enduit de protection, il faut choisir correctement la grandeur et la forme des grains de sable, la pression du jet, l'ouverture de la tuyère, la direction du jet et la distance entre l'extrémité de la tuyère et la surface à décaper. Le jet de sable ne doit pas rendre le fer trop rugueux, sinon l'enduit s'accumulerait dans les creux et des *pointes de fer* émergeraient de la pellicule protectrice. Ces endroits deviendraient rapidement le siège des premières attaques de la rouille (fig. 2c). Nous avons fréquemment constaté que même deux couches d'enduit présentent des traces punctiformes de rouille lorsque la surface du fer avait été rendue trop rugueuse. Les figures 1 et 2 permettent de comparer le degré de rugosité obtenu par deux sortes de sable avec une même pression de jet. Le sable utilisé dans le cas de la figure 2a est grossier et présente des arrêtes vives. Une surface devenue trop rugueuse peut être au besoin égalisée en la passant à l'émeri. Le sable utilisé dans le cas de la figure 1a permet d'obtenir une surface légèrement rugueuse, mais le travail est assez lent, car les grains de ce sable sont arrondis. Le mieux est de travailler avec un mélange de ces deux sables.

L'air comprimé doit être bien sec et deshuilé, afin qu'il n'encrasse pas la surface à traiter. Le décapage au jet de sable ne doit se faire que par un temps sec ou sous toit, et la couche de fond doit être appliquée *dans les 2 heures.* Auparavant, la surface sera soigneusement brossée et dépoussiérée, pour que l'enduit puisse être appliqué directement sur du fer propre et sec.

Le dégagement de poussière gêne l'ouvrier et peut provoquer la silicose. Une bonne ventilation est donc indispensable. Il ne faut jamais procéder à une application d'enduit à une endroit où il y a un dégagement de poussière. On transporte généralement les pièces à enduire dans un autre local. S'il s'agit de constructions métalliques à traiter sur place, le local pourra être par exemple cloisonné par des sacs humides.

Comme on le voit, le nettoyage au jet de sable n'est pas applicable partout, d'autant plus que le montage des lourds compresseurs présente parfois des difficultés. La poussière peut endommager des

machines se trouvant à proximité. Dans certain cas, il est difficile d'éviter que de la poussière ne vienne se déposer sur l'enduit frais, ce qui serait très préjudiciable.

En utilisant de la grenaille d'acier au lieu de sable de quartz, il se produit moins de poussière

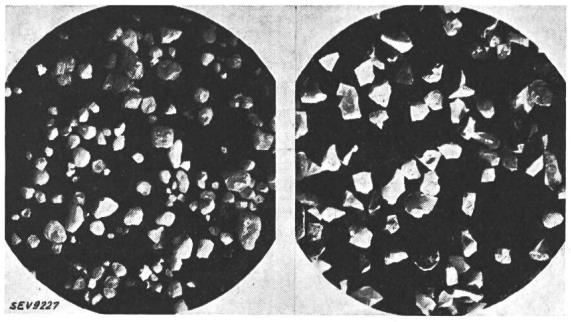


Fig. 1a. Sable rond.

Fig. 2a. Sable grossier à arêtes vives.

Echelle 1 : 1.

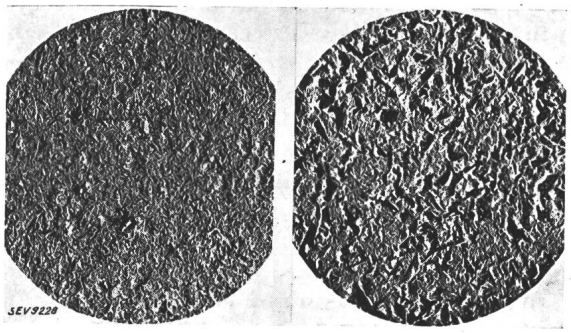


Fig. 1b. Surface légèrement rugueuse.

Fig. 2b. Surface trop rugueuse.

Echelle 2,5 : 1.

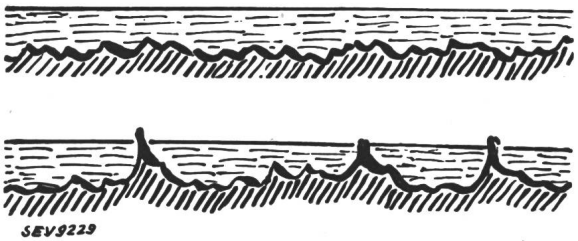


Fig. 1c (en haut). Fer rendu correctement rugueux. L'enduit protège bien contre la rouille.

Fig. 2c (en bas). Fer trop rugueux. L'enduit est percé par les aspérités, qui deviennent le siège des premières attaques de rouille.

et la grenaille peut être en grand partie récupérée par un dispositif approprié. Il y a lieu de décider dans chaque cas si cette variante est économique et susceptible de donner de bons résultats. Lorsque le décapage au jet de grenaille d'acier ne permet pas non plus un résultat satisfaisant, on aura recours au décapage au chalumeau.

Décapage au chalumeau.

Certaines difficultés inhérentes au décapage au jet de sable ont amené les ateliers des Chemins de fer fédéraux suisses à essayer depuis quelques années un autre procédé, dont ils attendent de nombreux avantages. Il s'agit de l'*emploi du chalumeau* pour l'enlèvement de la couche d'oxyde de laminage et de la rouille. Si l'on chauffe la surface brute du fer à l'aide d'une flamme intense, la couche d'oxyde de laminage se détache en majeure partie. De grandes plaques de rouille sont également détachées et peuvent ensuite s'enlever facilement au grattoir. Quant aux parcelles de couche d'oxyde de laminage et de rouille qui adhèrent encore, elles sont réduites et se fondent à la surface du fer pur. On obtient de la sorte une surface qui présente des cicatrices.

Le décapage au chalumeau est généralement plus coûteux que celui au jet de sable. Il faut donc bien considérer les avantages et les désavantages de ces deux modes de nettoyage. La suppression de la poussière et la possibilité d'enduire immédiatement la surface absolument sèche et encore chaude sont les avantages essentiels du décapage au chalumeau. Tandis que le travail au marteau pneumatique incruste la couche superficielle et la rouille à la surface du fer et qu'il peut ensuite se produire des écaillements sous l'enduit de protection, la couche d'oxyde de laminage et la rouille sont exfoliées lors du décapage au chalumeau et on peut alors les enlever sans peine. Ce procédé évite l'une des principales causes de l'échec de certains enduits.

Le décapage au chalumeau ne permet toutefois pas d'obtenir une surface aussi métalliquement pure qu'avec le jet de sable. Il reste en effet de petits îlots de couche d'oxyde de laminage fondue et de rouille réduite. En outre, la surface du fer se couvre d'une couche d'oxyde dure. Les essais ont montré que cette couche est manifestement poreuse et qu'elle diffère nettement de la couche d'oxyde de laminage. On a donc examiné si les enduits adhèrent bien sur la surface ainsi traitée et si des attaques de rouille sous l'enduit ne sont pas à craindre. Des essais entrepris pendant 2 ans sur du fer décapé au chalumeau ont montré que les enduits appliqués sur une couche de minimum tiennent parfaitement et qu'il ne se présente aucune trace de rouille sous l'enduit. Aux endroits où l'enduit était détérioré, la corrosion ne s'est pas propagée latéralement, ce qui est fort important en pratique. Les craintes du début n'étaient donc pas justifiées. Le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux entreprend néanmoins de grandes séries d'essais afin d'élucider complètement cette question sous tous ses aspects.

Le décapage au chalumeau ne doit pas chauffer toute la construction métallique. Il ne doit chauffer fortement et rapidement que la surface de celle-ci, sinon de l'énergie thermique serait dépensée en pure perte et la construction métallique pourrait devenir le siège de flexions et de tensions internes. Il faut par conséquent travailler avec une flamme aussi intense que possible, en adoptant une vitesse élevée des gaz de combustion et une haute température de la flamme.

D'après un rapport publié l'an passé [1]), les Etats-Unis s'intéressent également à ce procédé.

[1]) F. H. Dill, Civil Engineering, t. 10 (1940), p. 412.

Les prescriptions de l'American Institute for Steel Construction spécifient que la flamme du chalumeau doit être alimentée, pour ce procédé de nettoyage, par parties égales d'acétylène et d'oxygène, le rapport entre la longueur du cône intérieur de la flamme et celle de la flamme devant être de 1 : 8. Dans cette flamme réductrice, la surface de l'acier est suffisamment échauffée pour que la couche d'oxyde de laminage et les

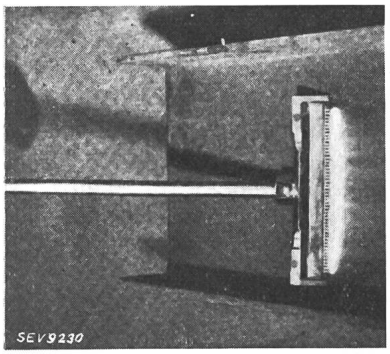


Fig. 3.
Chalumeau américain pour le décapage du fer.

Fig. 4.
Décapage au chalumeau.

plaques de rouille s'exfolient. On a mis au point des brûleurs spéciaux qui permettent un travail rapide. Leur largeur peut atteindre 15 cm et ils sont munis d'une série de fines tuyères distantes de 0,4 cm. Les figures 3 et 4 montrent un brûleur de ce genre.

L'angle que forment le sens de la flamme et la surface à traiter doit être d'environ 60°, afin que les particules détachées puissent être projetées par le souffle et que les tuyères ne deviennent pas trop chaudes sous l'action d'une réverbération de la chaleur. Le chalumeau doit être déplacé en raison de 9 m par minute environ. Les particules dégagées sont ensuite enlevées avec une brosse métallique, puis on ôte la poussière avec un vieux pinceau. La couche antirouille de fond s'applique *sur le fer chaud.* Cette manière de procéder offre deux grands avantages. D'une part, on évite que le fer ne redevienne humide, ce qui pourrait provoquer des attaques de rouille sous l'enduit. D'autre part, les enduits adhèrent beaucoup mieux sur le fer chaud. Le degré de température dépend de la matière utilisée comme enduit de fond. Le chalumeau n'est par contre pas approprié au séchage du fer humide, ni à la brûlure des graisses, huiles ou vieux enduits, car il faudrait beaucoup trop de gaz. Il est donc recommandable de procéder à un nettoyage préliminaire, pour permettre un travail économique au chalumeau.

Aux Etas-Unis, ce procédé devient fréquent et il paraît que l'on y est satisfait des résultats obtenus. Il est actuellement utilisé pour la rénovation de la protection antirouille du pont de la Golden Gate, à San-Francisco, dont la construction compliquée ne permettait pas le décapage au jet de sable. Toutes les autres méthodes étaient estimées insuffisantes. Cette méthode doit donc nous intéresser également. Pour qu'elle soit vraiment économique, il faut cependant que son coût plus élevé soit compensé par des avantages très nets. Le décapage au chalumeau ne sera jamais d'un emploi universel, mais il peut être utile dans certains cas.

Choix de l'enduit antirouille.

Il faut savoir, avant tout, quelles sont les sollicitations auxquelles l'enduit antirouille sera soumis. Tandis que la couche de fond doit assurer la protection directe contre la rouille, l'enduit de couverture doit protéger la couche de fond contre les sollicitations extérieures.

Couche de fond.

Tant que l'eau et l'air ne peuvent pas atteindre la surface du fer, celui-ci n'est pas attaqué par la rouille. Les enduits de protection constituent toutefois des pellicules qui sont perméables, jusqu'à certain point, à ces deux agents de la corrosion. Les enduits absolument imperméables (par exemple d'épaisses couches de bitume ou une métallisation) sont fort coûteux et parfois inapplicables. Le plus souvent, la protection contre la rouille s'obtient économiquement en admettant une certaine porosité des pellicules protectrices et en immunisant par contre la surface du fer contre toute attaque de la rouille, par exemple en la rendant passive. Des adjonctions de minium ou de chromates solubles à la couche de fond agissent en ce sens. De même, un traitement préalable de fer avec des phosphates (Parker, Bonder, Antox) évite des corrosions sous la couche de protection et augmente en même temps l'adhérence des enduits.

Enduits de couverture.

Les enduits de couverture doivent être choisis de façon à résister aux sollicitations extérieures. Il existe des enduits pour les constructions métalliques à l'air libre, pour les constructions intérieures, résistants aux intempéries et résistants à l'eau. Nous considérons ici ces deux derniers cas. En pratique, on exige souvent que les enduits soient capables de résister aux intempéries et à l'eau. La plupart des pellicules protectrices étant constituées par des pigments et des liants, il faut donc considérer la capacité de résistance de ces deux composantes.

On sait, par expérience, que les liants capables de résister aux *intempéries* sont peu nombreux. Il s'agit surtout des huiles siccatives et de quelques résines synthétiques. L'adjonction de pigments à base de plomb rend la pellicule plus dense et en prolonge la durée. Lorsque les métaux à protéger

sont soumis à une forte insolation, la durée de la couche de protection peut être augmentée par une adjonction de pigments, qui réfléchissent les rayons lumineux (par exemple de l'oxyde de fer en paillettes ou micacé, de la poudre d'aluminium).

On pourrait croire qu'une combinaison de céruse et d'oxyde de fer en paillettes ou micacé permet d'obtenir d'excellents résultats. Des essais approfondis ont toutefois prouvé que l'on ne peut atteindre de bons résultats avec une combinaison de ce genre qu'avec un dosage bien déterminé. Si l'on estime les enduits soumis aux agents atmosphérique d'après le schéma indiqué dans le Bulletin ASE 1934, No. 14, page 365, c'est-à-dire si

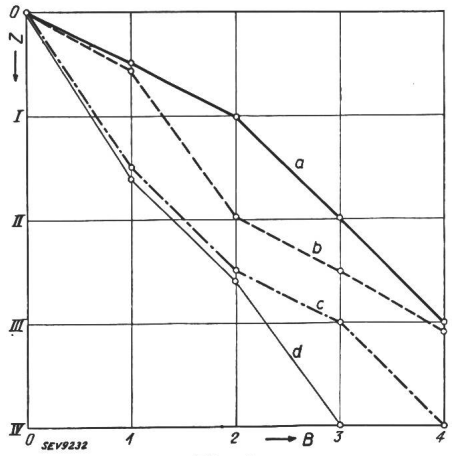


Fig. 5.
Durabilité d'enduits, en position sud, inclinée à 45°. Degré de destruction (Z) en fonction du nombre d'années d'exposition aux intempéries (*B*).
0 sans modification, *I* devenu mat, *II* formation de fissures superficielles, *III* fissures profondes, *IV* détruit. *a* Céruse avec 60 % d'oxyde de fer micacé. *b* Céruse seule. *c* Céruse avec 20 à 40 % d'oxyde de fer micacé. *d* Céruse avec 10 % d'oxyde de fer micacé.

l'on désigne par 0 l'enduit n'ayant subi aucune modification et par IV l'enduit entièrement détruit, on obtient les valeurs reproduites sur la figure 5 pour une exposition à l'air libre, au sud, avec inclinaison à 45°.

Seule une adjonction de 60 % de l'oxyde de fer micacé à la céruse a donné une meilleure durabilité que la céruse pure. Des adjonctions en moindre proportion ont au contraire réduit la durabilité. Ce phénomène a été exactement le même dans les stations d'essais de Zurich, St-Moritz, Altenrhein et Mannheim. Il ne dépend donc pas du climat. Cet exemple montre combien sont compliquées les relations entre la composition et la durée des enduits. L'adjonction à l'enduit de couverture de pigments qui réfléchissent les rayons lumineux est surtout recommandable pour les liants qui sont sensibles à l'action des rayons solaires (caoutchouc chloré, bitume, goudron).

La *résistance à l'eau* des enduits à l'huile n'est pas bonne, car les pellicules d'huile absorbent l'eau en se gonflant. Par contre, des émulsions ou des vernis de bitume, des couleurs à base de caoutchouc chloré, ainsi que des vernis à base de résines synthétiques ont donné de bons résultats à cet égard. Nous avons publié dans le Bulletin ASE 1934, No. 14, les résultats de nos premières expériences. Ces essais ont été poursuivis, mais il n'ont pas donné de résultats sensiblement différents. Certaines émulsions et certains vernis au bitume ont supporté sans aucune défaillance, durant 6 ans, des sollicitations continues sous l'eau. On a toutefois constaté que la durée d'enduits de composition chimique analogue est souvent fort variable. La constitution de la pellicule a une très grande importance. Durant ces 6 années d'essais, un certain vernis au caoutchouc chloré a parfaitement tenu, tandis que d'autres vernis du même genre furent rapidement détruits. La constitution de la pellicule protectrice joue donc également un rôle essentiel. La durabilité d'un enduit dépend souvent, dans une très large mesure, de la nature de l'eau dans laquelle il se trouve, comme le montre la figure 6. A Eglisau, un vernis anglais au bitume a bien tenu pendant 5 ans, tandis qu'à Mühleberg, ce même vernis a été détruit au bout

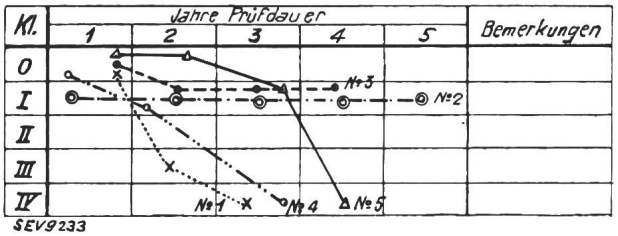


Fig. 6.
Résultats:
Genre de sollicitation: Exposition alternative à l'eau et à l'air.
Remarques: Essais parallèles à différentes stations.
Enduits: Vernis anglais au bitume.

No.	Désign.			No.	Désign.		
1	BC	Mühleberg	×	4	BC	Beznau R	○
2	BC	Eglisau R	◎	5	BC	Niederried	△
3	BC	Eglisau S	●				

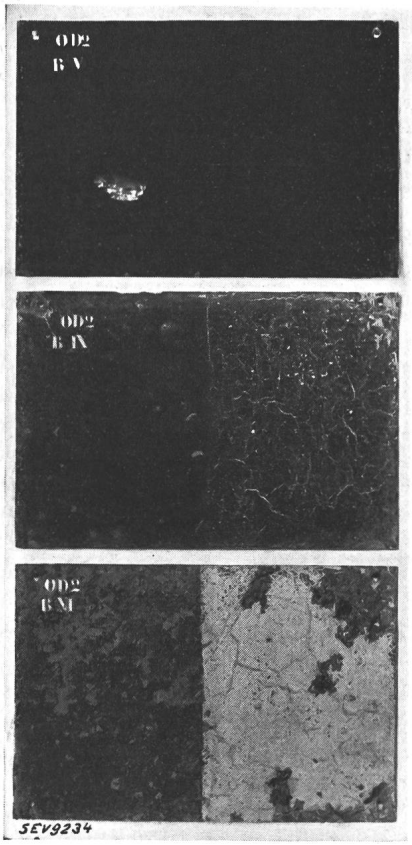
de 3 ans déjà. Il se peut que l'eau de Mühleberg renferme les mêmes bactéries que celle de la Limmat en aval de Zurich, bactéries capable d'attaquer le bitume.

Lorsqu'une construction métallique doit supporter des sollicitations alternatives dans l'eau et dans l'air, il est recommandable de prévoir des systèmes d'enduits résistants à l'eau et dont la couche de couverture renferme un pigment réfléchissant la lumière. On peut alors tabler sur la même durée que dans le cas d'une sollicitation permanente dans l'eau. Les enduits qui se trouvent continuellement dans de l'air humide, par exemple sur les conduites forcées logées dans des galeries ou dans des tranchées humides, doivent satisfaire aux mêmes conditions que les enduits immergés.

Avant de choisir un enduit, il est nécessaire de connaître exactement à quelles sollicitations cet enduit sera soumis, car en pratique les conditions dans lesquelles un enduit doit assurer la protection du fer sont extraordinairement variables. Il faut sans cesse procéder à des essais avec les nouveaux enduits lancés sur le marché, afin de vérifier s'ils constituent vraiment un progrès. L'UCS a donc bien fait d'ordonner l'exécution d'autres essais comparatifs, qui tiendront largement compte des produits suisses.

Parmi les nombreuses matières qui ont été examinées depuis des années, voici un exemple très intéressant. La figure 7 représente trois plaques

d'essais à une échelle fortement réduite, sur lesquelles on a appliqué le même système d'enduits, mais qui furent installées dans des stations différentes et soumises alternativement à l'action de l'eau et à celle de l'air. La moitié de gauche n'a



BV Aar, à l'ombre.

BIX Rhin, au soleil.

BXI Aar, au soleil.

Fig. 7.
Exposition alternative à l'eau et à l'air d'un vernis maigre au bitume. La moitié de droite a été appliquée sur du minium.

pas reçu de couche de fond, tandis que celle de droite porte une première couche de minium à haute dispersion. La plaque entière était recouverte de vernis maigre au bitume.

Sur la plaque représentée en haut de la figure (B V), l'enduit est resté en parfait état des deux côtés, car l'exposition à l'air a eu lieu à l'abri des rayons solaires, qui attaquent le bitume. Dans ces conditions, la durabilité de l'enduit ne dépend pas de la couche de minium.

Pour les deux autres plaques, l'exposition à l'air s'est faite en plein air. Dans le cas de la plaque du centre de la figure (B IX), les rayons solaires ont quelque peu durci la couche au bitume appliquée directement sur le fer, mais elle ne s'est pas écaillée. Par contre, le bitume appliqué sur la couche de minium était fendillé. Dans le cas de la plaque du bas de la figure (B XI), l'enduit appliqué directement sur le fer s'est partiellement écaillé et l'enduit sur minium est presque complètement délayé. La différence entre ces deux dernières plaques provient probablement du fait que la première plaque plongeait dans l'eau du Rhin, qui peut déposer une mince couche protectrice de calcaire, tandis que l'autre plaque qui plongeait dans l'eau de l'Aar a été beaucoup plus rapidement attaquée par les rayons solaires, car elle ne portait pas cette couche de calcaire. Nous avons noté comme suit la valeur de ces enduits:

	sans couche de fond	sur minium
B V:	0	0
B IX:	I	III
B XI:	IV	IV

La plaque B IX montre nettement le danger qu'une couche de fond au minium peut faire courir, dans certaines conditions, à un vernis de bitume. La formation de fissures détruit prématurément l'enduit de couverture.

Cet exemple prouve que le genre de la période d'exposition à l'air et la composition de l'eau peuvent avoir une grande importance au point de vue de la durée d'un enduit. L'importance de l'action des rayons solaires sur la durée des en-

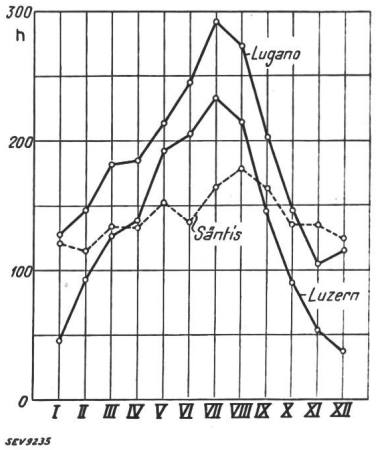


Fig. 8.
Durée d'insolation à trois endroits.

duits dépend naturellement de la durée d'insolation moyenne. La figure 8 montre combien la durée d'insolation est variable suivant les endroits dans un petit pays comme le nôtre.

Il ne faut donc pas s'étonner si l'on fait, à un endroit, de bonnes expériences avec un certain enduit et, à un autre endroit, de mauvaises expériences avec le même enduit. Des essais systématiques permettent de déterminer les exigences générales d'une bonne durabilité et d'indiquer quel est le système d'enduits le mieux approprié dans un cas donné.

Quelques règles pour l'application des enduits.

1° Les enduits ne doivent être appliqués que sur du fer soigneusement décapé et parfaitement sec. Quelques émulsions de bitume sont capables de fournir, sur du fer humide, un bon revêtement antirouille.

2° Les couleurs à l'huile et les vernis au caoutchouc chloré, utilisés comme enduits de couverture, exigent généralement que la couche de fond renferme également de l'huile ou du caoutchouc chloré comme liants. Sous les vernis au bitume, on applique généralement une couche de fond au bitume.

3° Le choix de l'enduit de couverture dépend toujours des sollicitations prévues. On distingue les systèmes d'enduits résistants aux intempéries et ceux résistants à l'eau.

4° Les vernis à l'huile ne sont pas appropriés

pour les constructions constamment submergées, car ils gonflent. Les vernis au bitume et au caoutchouc chloré peuvent être imperméables, mais ils ont tendance à vieillir prématurément sous l'action des rayons solaires s'ils ne sont pas protégés par une pigmentation réfléchissant la lumière.

5° Les travaux de protection contre la rouille doivent être discutés dans chaque cas d'avance entre les entrepreneurs, la direction des travaux et les spécialistes des revêtements antirouille, afin que ces travaux puissent être entrepris en temps utile dans le cadre des travaux de construction.

6° Le temps consacré aux travaux de protection contre la rouille doit être largement prévu, pour que ces travaux puissent être exécutés selon les règles de l'art.

7° Les revêtements antirouille ne sont pas un accessoire négligeable, mais ils sont au contraire très importants pour la durée d'une construction et pour l'économie des frais d'entretien.

Die Verwendung von Fluoreszenzlampen in USA.

Von *Heinz Hausner*, New York.

621.327.4 : 535.37

In der gleichen Zeit, da die Länder Europas sich mit den lichttechnischen Problemen der Verdunkelung zu befassen haben, erstrahlt Amerika in immer hellerem Lichte.

Wenn man durch die Strassen New Yorks wandert, fällt einem die von Woche zu Woche steigende

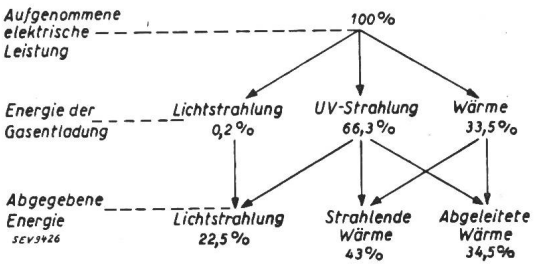


Fig. 1.
Energieumwandlung in einer 40-W-Fluoreszenzlampe.

Verwendung von Fluoreszenzlampen auf. Während diese Lampentypen im Jahre 1939 hauptsächlich zur Nutzraumbeleuchtung verwendet wurden, findet man sie heute immer häufiger auch in Wohnräumen. Im Jahre 1939 wurden in den Vereinigten Staaten zirka 3,5 Millionen Fluoreszenzlampen abgesetzt. Dieser Absatz wurde im Jahre 1940 mehr als verdoppelt. Es erscheint daher zweckmässig, im folgenden einen kurzen Ueberblick über die Fluoreszenzlampen, ihre Typen und ihre Verwendung in USA zu geben.

Das Prinzip der Fluoreszenzlampe, die Umwandlung der Ultraviolett- (UV-) Strahlung einer Hg-Dampflampe in sichtbare Lichtstrahlung durch die Verwendung von Phosphoren, ist allgemein bekannt. Diese Strahlungsumwandlung und der prozentuale Anteil der einzelnen Strahlenarten ist im Schema Fig. 1 dargestellt.

Eine Uebersicht über die hauptsächlich verwendeten Phosphore, die erregenden Strahlen und den Wellenlängenbereich der ausgesandten Fluoreszenzstrahlung ist in Tabelle I enthalten.

Die Fluoreszenzlampen werden derzeit der Hauptsache nach in 5 verschiedenen Typen erzeugt, die sich entsprechend ihrer Leistungsaufnahme, durch Länge und Durchmesser unterscheiden. Die Leistungsaufnahme ist von 15...100 W, die Länge von 18...60 Zoll (ca. 45...150 cm) abgestuft. In Tabelle II sind die 5 Typen zusammengestellt. Daraus ist auch zu ersehen, dass die Lebensdauer der 15...40-W-Typen derzeit 2500 Stunden, diejenige des 100-W-Typs 2000 Stunden beträgt. Die Lichtausbeute der Fluoreszenzlampen ist sehr hoch

Fluoreszenzmassen, ihre Erregung und Ausstrahlung.

(Wellenlängen in Ångström-Einheiten (1 Å = 10^{-8} cm)

Tabelle I.

Phosphore	Farbe	Erregende Strahlung		Ausstrahlung	
		Bereich Å	Maxim. Å	Bereich Å	Maxim. Å
Kalzium-Wolframate	blau	2200...3000	2730	3800...7000	4400
Magnesium-Wolframate	blau-weiss	2200...3200	2850	3800...7200	4800
Zink-Silikate	grün	2200...2960	2537	4500...6200	5250
Zink-Beryllium-Silikate	gelb-weiss	2200...3000	2537	4500...7200	5950
Kadmium-Silikate	gelb-rosa	2200...3200	2400	4300...7200	5950
Kadmium-Borate	rosa	2200...3600	2500	4000...7200	6150

Fluoreszenzlampentypen in USA.

Tabelle II.

Leistungsaufnahme . . . W	15	20	30	40	100
Durchmesser . . . . . Zoll	1	1½	1	1½	2⅛
Länge . . . . . Zoll	18	24	36	48	60
Nennstrom . . . . . A	0,30	0,35	0,33	0,42	—
Nennspannung V	56	62	103	108	—
Betriebspannung V	110...125	110...125	200...220 220...250 110...125	200...220 220...250 110...125	200...220 220...250 110...125
Lebensdauer in Stunden . . .	2500	2500	2500	2500	2000