Nouvelles installations d'éclairage de la gare de Bienne-Triage

Autor(en): **Gros, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **80 (1954)**

Heft 5

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-60698

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

80e année 6 mars 1954 N° 5

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements:
Suisse: 1 an, 24 francs
Etranger: 28 francs
Pour sociétaires:
Suisse: 1 an, 20 francs
Etranger: 25 francs
Prix du numéro: Fr. 1.40
Ch. post. « Bulletin technique de la Suisse romande » N° II. 5775, à Lausanne.
Expédition
Imprimerie « La Concorde » Terreaux 31 — Lausanne.
Rédaction
et éditions de la S. A. du Bulletin technique (tirés à part), Case Chauderon 475
Administration générale
Ch. de Roseneck 6 Lausanne

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève; Vice-président: G. Epitaux, architecte, à Lausanne; Secrétaire: J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg: MM. P. Joye, professeur; † E. Lateltin, architecte — Vaud: MM. F. Chenaux, ingénieur; † H. Matti, ingénieur; E. d'Okolski, architecte; Ch. Thévenaz, architecte — Genève: MM. † L. Archinard, ingénieur; Cl. Grosgurin, architecte; E. Martin, architecte; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel: MM. J. Béguin, architecte; R. Guye, ingénieur — Valais: MM. J. Dubuis, ingénieur; D. Burgener, architecte.

Rédaction: D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration
de la Société anonyme du Bulletin technique: A. Stucky, ingénieur, président; M. Bridel; G. Epitaux, architecte; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

1/1 page		Fr. 264.—
1/2	»	» 134.40
1/4	»	» 67.20
1/8	»	» 33.60

Annonces Suisses S. A. (ASSA)

Rue Centrale 5. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *Nouvelles installations d'éclairage de la gare de Bienne-Triage*, par A. Gros, ingénieur EPL, Ier Arrondissement des CFF, Lausanne. — *Mise à la terre d'installations électriques par l'intermédiaire de conduites de distribution d'eau.* — Bibliographie. — Les congrès : *Association suisse pour l'essai des matériaux.* — Carnet des concours. — Service de placement. — Documentation générale. — Documentation du batiment. — Nouveautés, Informations diverses.

NOUVELLES INSTALLATIONS D'ÉCLAIRAGE DE LA GARE DE BIENNE-TRIAGE

par A. GROS, ingénieur EPL,
Ier Arrondissement des CFF, Lausanne

La gare de Bienne-Triage est la troisième en importance, après celle de Muttenz et de Zurich, du réseau des CFF. Sa construction date de 1917. Par la suite, la gare (fig. 1) fut dotée d'une zone électrifiée (F). Les manœuvres de triage s'y effectuent au moyen de la traction à vapeur ; seuls les trains arrivants et partants sont tirés par des locomotives électriques. Les opérations de décrochage et de freinage des wagons se font à la main.

La gare comprend quatre zones bien distinctes :

1. Les bosses de débranchement (A).
2. Les têtes de faisceaux (B).
3. Les corps de faisceaux (C).
4. Les sorties de faisceaux (D).

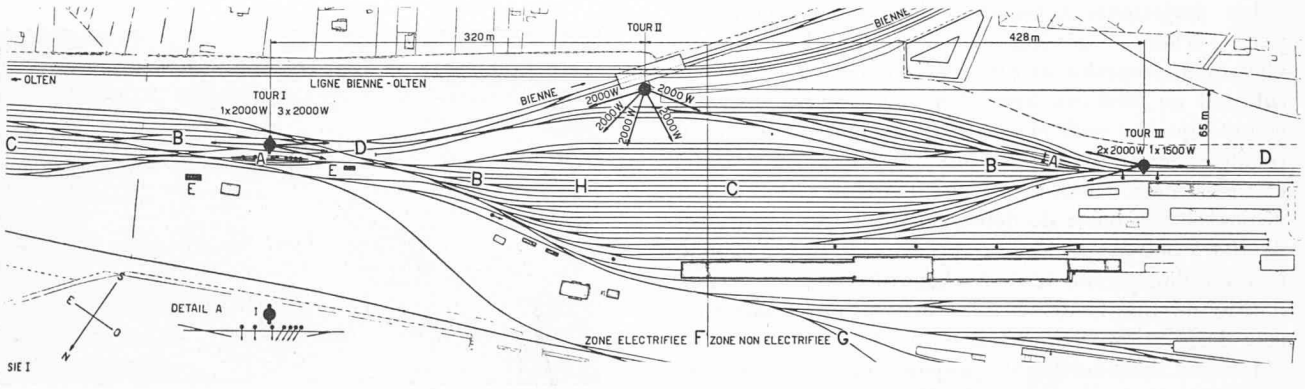

Fig. 1. — Plan schématique de la gare de Bienne-Triage, avec emplacement des foyers lumineux, direction des axes des faisceaux lumineux et puissance des projecteurs.

Pour le travail de nuit, les quatre zones mentionnées ci-dessus reçoivent chacune un éclairage approprié au genre de travail qui s'y accomplit.

Jusqu'ici, la technique de l'éclairage des champs de manœuvre consistait à répartir, dans le terrain, un grand nombre de lampes de moyenne intensité (300 à 500 W) placées chacune sur un poteau de 8 à 12 m de haut. Dans les gares électrifiées, les lampes sont portées par des mâts tubulaires à 2-3 m au-dessus des jougs. Une telle disposition des points lumineux a l'inconvénient de créer des zones sombres entre chaque poteau. Un éclairement uniforme ne pourrait être obtenu qu'à l'aide d'un nombre de lampes considérable. D'autre part, ces nombreux appuis dans les entrevoies entravent la visibilité et le déplacement des agents. De plus, les lampes et réflecteurs sont souillés en peu de temps par la fumée des locomotives à vapeur et les poussières. Un nettoyage fréquent est donc nécessaire. Ce mode d'éclairage nécessite encore un réseau de distribution important et onéreux. Par contre, le système à lampes multiples doit donner de meilleurs résultats dans un brouillard épais, ainsi que pour l'éclairage des faisceaux en courbe.

Les inconvénients de ce système ont engagé certaines compagnies étrangères (SNCF, FS, BR) à le remplacer par un éclairage par projecteurs à grande puissance (1000 à 2000 W) placés sur des tours de 25 à 35 m de hauteur, suivant l'étendue du terrain à éclairer. Au sommet de ces tours, une batterie de projecteurs est installée sur une plateforme facilitant les opérations de réglage et d'entretien. Par un recouvrement judicieux des zones éclairées, ce mode d'éclairage permet d'obtenir une uniformité de l'éclairement au sol. Le travail de nuit des agents s'effectue ainsi avec un éclairage plus agréable, tout en présentant moins de danger, les wagons en mouvement étant toujours bien visibles. Vu leur grande hauteur et le nombre restreint des points lumineux, l'entretien des projecteurs exige des interventions moins fréquentes ; il s'effectue aussi plus rapidement, vu qu'il n'est pas nécessaire de déclencher les lignes de contact. La hauteur rationnelle des projecteurs est déterminée de manière à éviter l'éblouissement des agents et à obtenir l'éclairement désiré avec le minimum de puissance.

Dans le cas de nouvelles gares, ce mode d'éclairage permet de réaliser des économies sensibles sur les installations électriques, puisqu'il ne faut alimenter que quelques points dans le terrain.

Les projecteurs à grande puissance sont employés pour l'éclairage général des faisceaux. L'emploi de visières appropriées assure généralement un éclairage suffisant au pied des tours. On devra cependant tenir compte que les endroits où s'effectuent des opérations rapides nécessitant une certaine précision, devront être éclairées plus intensément. Pour cette raison, on a disposé sur la bosse de débranchement (A) des lampes de 100 à 300 W placées sur poteaux de 3 à 5 m pour faciliter l'opération de décrochage des wagons et permettre de lire facilement les inscriptions relatives à leur destination (voir détail A, fig. 1).

Lors de l'élaboration de projets d'éclairage, on peut être conduit à augmenter l'éclairement d'un endroit précis proche du pied de la tour. Dans ce but, un ou deux projecteurs de moyenne puissance (500 W) sont placés soit au sommet de la tour, soit à une hauteur inférieure en applique.

Au vu des résultats concluants obtenus à l'étranger, les CFF ont décidé d'appliquer l'éclairage par projecteurs à la gare de Bienne-Triage. Douze projecteurs totalisant 23,5 kW, placés sur trois tours d'éclairage de 31,60 m de haut, remplacent les 40 lampes sur poteaux (18 kW) situées auparavant dans le champ de manœuvre.

La détermination de l'emplacement des tours doit être examinée de très près, le déplacement d'une tour étant une opération coûteuse. De plus, l'emplacement des projecteurs doit être choisi pour ne gêner en rien les agents des postes d'aiguillage (E), ni les sabotiers chargés de la pose des sabots de freinage dans la zone (H), ni les mécaniciens circulant sur les voies principales situées à proximité du triage (ligne Bienne-Olten).

Compte tenu de tous ces facteurs, les trois tours d'éclairage de Bienne-Triage ont été disposées dans le terrain aux emplacements I, II et III. Les tours n^{os} I et III sont situées aux extrémités, dans l'axe du faisceau. Quant à la tour n° II, elle est placée sur le côté sud, en arrière de la tête du faisceau, afin que les sabotiers placés en (H), à la hauteur des derniers aiguillages, et regardant l'extrémité est du faisceau ne soient pas éblouis par les projecteurs.

Les projecteurs ~~sont~~ alimentés par du courant commutable monophasé $16\frac{2}{3}$ Hz, 220 V (normal) et, le cas échéant, 50 Hz, 220 V (secours). La commutation est automatique. L'asservissement des projecteurs se fait du poste d'aiguillage. Au pied de la tour, un interrupteur manuel peut commander l'allumage de chaque tour. Pour éviter de trop grands à-coups sur les filaments, la tension d'allumage est réglée à 150 V, puis elle monte progressivement, en moins de 3 minutes, jusqu'à 220 V. Les rayons lumineux éclairent le terrain jusqu'à une distance de 270 m du pied de la tour.

Les projecteurs sont équipés de parties optiques composées de plusieurs miroirs elliptiques ou paraboliques en aluminium pur (99,99 %) dont les surfaces ont subi un polissage électrolytique et une oxydation anodique, et émettant des faisceaux lumineux de forme rectangulaire. Ces faisceaux s'adaptent grâce à leur forme à la zone à éclairer, ce qui augmente le facteur d'utilisation. Selon la partie optique, ces faisceaux peuvent être plus

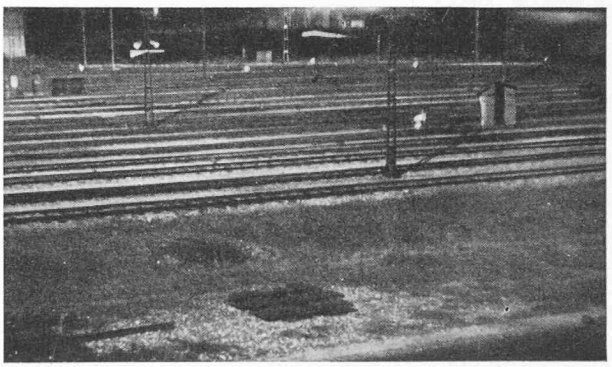

Fig. 2. — Eclairage de la zone (H).

Fig. 3. — Eclairage au centre du faisceau de triage.

ou moins larges et varient entre 25 et 70° dans le sens de la largeur et de 10 à 35° dans le sens de la hauteur, ou vice versa si la zone à éclairer est étroite et très longue. Lampes : à incandescence avec filament, en feston ou en spirale.

Pour avoir un éclairage aussi uniforme que possible, l'éclairement moyen au sol — moyenne de l'éclairement horizontal et de l'éclairement vertical maximum en un point — à obtenir dans les différentes zones de la gare de triage est compris entre les valeurs suivantes (I) :

	Eclairement moyen au sol
1. Bosses de débranchement (A) :	
a) sur la bosse	2 et 5 lux
b) à la sortie de la bosse .	3 et 7 lux
2. Têtes de faisceaux (B) et en (H)	2 et 5 lux
3. Corps de faisceaux (C). . . .	0,2 et 2 lux
4. Sorties de faisceaux (D) . . .	0,5 et 2,5 lux

Pour l'opération de débranchement des wagons et la lecture des inscriptions sur la bosse, l'éclairement vertical est compris, respectivement entre 5 et 15 lux et entre 30 et 50 lux (fig. 2 et 3).

La perception des pylônes de la ligne de contact, sabots, etc., peut être considérablement améliorée par l'emploi de peinture brillante blanche.

Tours d'éclairage

Les tours d'éclairage en acier, de construction à treillis, dont les échelles et plates-formes intermédiaires sont disposées à l'intérieur de la charpente, présentent certains inconvénients d'exploitation. Les agents escaladant ces tours sont exposés au vertige et aux intempéries (vent, pluie, glace) ; en cas d'accident, la hauteur de chute pourra être considérable. De nuit, l'éclairage direct des échelles est difficile à réaliser. D'autre part, ces charpentes métalliques avec revêtement de peinture demandent un entretien régulier.

Les tours d'éclairage des gares de triage, qui doivent pouvoir être placées facilement dans les entrevoies, sont nécessairement à base étroite.

La flèche due au vent au sommet de la charpente doit être faible. Un trop grand déplacement du faisceau lumineux des projecteurs aurait pour conséquence d'incommoder les agents. L'expérience a montré que la déviation maximum théorique admissible d'un mât d'éclairage ne devait pas dépasser 1,5 cm par mètre de hauteur de l'ouvrage :

$\delta \leq 0{,}015 \times h$ où δ est la flèche au sommet en m
h la hauteur totale de la tour en m

pour une pression dynamique horizontale du vent de 100 kg/m² ($h \leq 40$ m). D'après la formule :

$q = \frac{\gamma}{2g} v^2$ où q est la pression dynamique horizontale du vent en kg/m²,
γ la densité de l'air = 1,3 kg/m³,
g l'accélération terrestre en m/sec²,
v la vitesse du vent en m/sec,

cette pression correspond à une vitesse du vent de 140 km/h.

C'est la première fois en Suisse qu'une gare de triage est dotée d'une installation d'éclairage par projecteurs. Comme les CFF envisagent d'introduire dans d'autres gares ce nouveau mode d'éclairage, il importait de rechercher une construction type satisfaisante aussi bien du point de vue de la sécurité que de l'esthétique. La Division des Travaux du Ier Arrondissement a mis au point, en collaboration avec l'Aluminium Laboratories Ltd., à Genève, une tour d'éclairage à structure fermée de 31,60 m de haut, constituée par un tube tronconique en tôles d'aluminium autoportantes. Au sommet du tube, une plate-forme construite en tôles d'aluminium pliées peut recevoir jusqu'à huit projecteurs de 1000 à 3000 W. Tant par

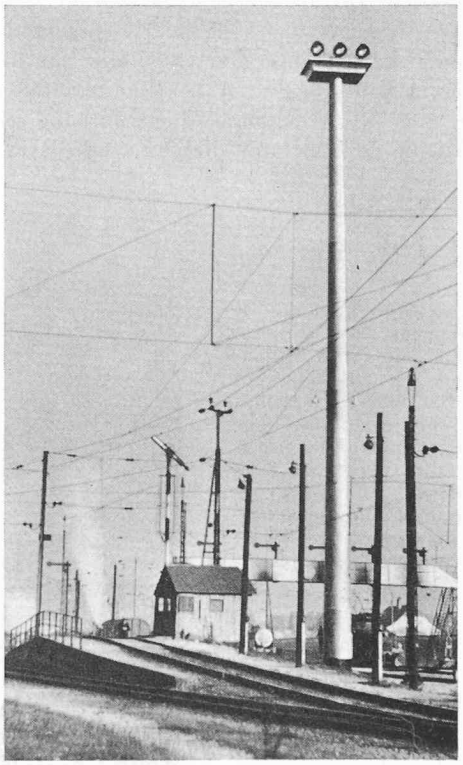

Fig. 4. — Tour d'éclairage n° I. Au premier plan, la bosse de débranchement (A).

sa forme que par le métal employé, cette construction constitue une nouveauté. (Fig. 4).

Le module d'élasticité de l'aluminium est environ trois fois plus faible que celui de l'acier. Cependant, il a été possible, en choisissant un système statique moins déformable (le tube), d'obtenir une construction en métal léger ayant presque la même flèche au sommet qu'une tour d'éclairage en treillis à base étroite. Voici les caractéristiques principales :

Diamètre à la base du tube : 1,40 m
Diamètre au sommet du tube : 0,70 m
Hauteur du tube : 30,55 m
Hauteur de la plate-forme : 0,53 m
Hauteur sur sol du point lumineux : 32 m
Epaisseur des tôles : 5,5 mm à la base
3,0 mm au sommet
Dimensions de la plate-forme : 3,37 × 2,38 m
Matériel de construction : alliage 57 S 1/2 H laminé, dont la composition chimique est la suivante :
Aluminium 96 à 97 %
Magnésium 2,5 à 3 %
Manganèse ou chrome 0 à 0,4 %
Soudure : alliage 57 S.

Le diamètre au sommet du tube a été choisi de manière à permettre le passage d'un homme. Le tube tronconique est composé de dix éléments de section transversale circulaire. Les éléments inférieurs, de plus grand diamètre, sont formés de trois segments (fig. 5) et les éléments supérieurs de deux segments de tôle de 3 m de hauteur soudés longitudinalement. Pour donner la rigidité nécessaire à la section transversale du tube, on a interposé une virole entre chaque élément, constituée par un profil de même alliage. Un cordon de soudure circulaire la fixe à chaque extrémité des segments.

Pour faciliter le travail en atelier ainsi que le transport jusqu'au lieu de montage, la tour est construite en quatre tronçons (deux de 2 éléments et deux de 3 éléments soudés ensemble) assemblés par des boulons bout à bout (fig. 6). A l'extrémité inférieure du premier tronçon est boulonnée une couronne renforcée en fer zingué de 1,40 m de diamètre, fixée à la fondation au moyen de boulons d'ancrage. De cette façon, la tôle d'aluminium est à une distance de 25 cm du ciment. Sur la plate-forme supérieure (fig. 7), les projecteurs sont fixés sur un cadre rectangulaire évidé, situé à 53 cm au-dessus du plancher. Le cadre est relié au plancher par une tôle cintrée formant corniche sur tout le pourtour de la plate-forme. Pour des raisons autant utilitaires qu'esthétiques, les dimensions des côtés extérieurs du cadre (2,38 × 3,37 m) sont dans le rapport $\sqrt{2}$. Sous le cadre, on a aménagé deux armoires destinées au matériel de réserve (lampes, matériel d'entretien des projecteurs). L'équipement électrique des projecteurs (câbles, disjoncteurs, prises) est aussi abrité par le cadre.

On accède à la plate-forme supérieure par l'intérieur de la tour au moyen d'une échelle verticale. Tous les six mètres, des plates-formes intermédiaires formées

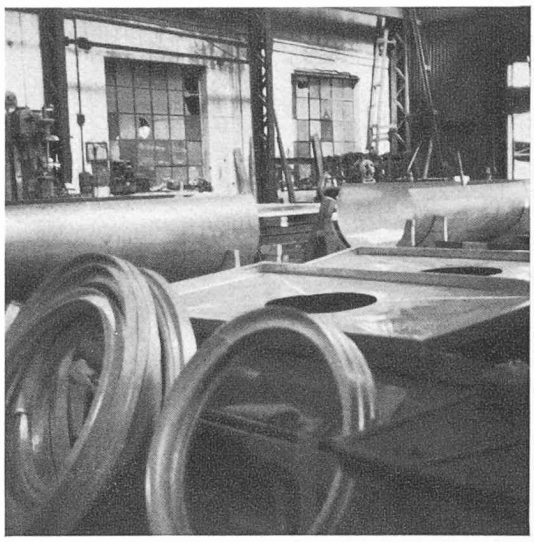

Fig. 5. — Au premier plan, viroles et planchers des plates-formes supérieures. Au fond, mise en place des trois segments de grand diamètre.

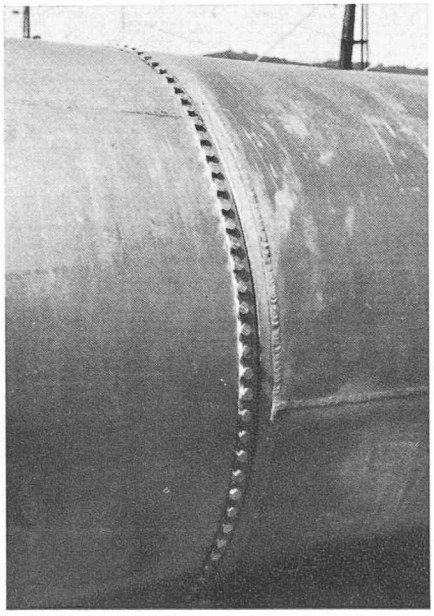

Fig. 6. — Joint boulonné de deux tronçons, avec cordons de soudure circulaire et longitudinaux. Ces derniers sont décalés d'un élément à l'autre afin de ne pas créer une génératrice rigide sur toute la hauteur du tube. Les têtes des boulons sont tenues par une bande d'aluminium rabattue, permettant de resserrer les écrous de l'intérieur du tube.

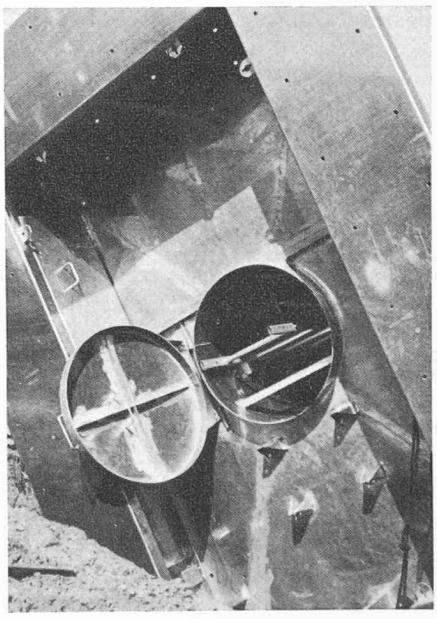

Fig. 7. — Détails de la plate-forme supérieure. Sur le plancher, soudées tangentiellement au tube, les canalisations de sortie des câbles électriques.

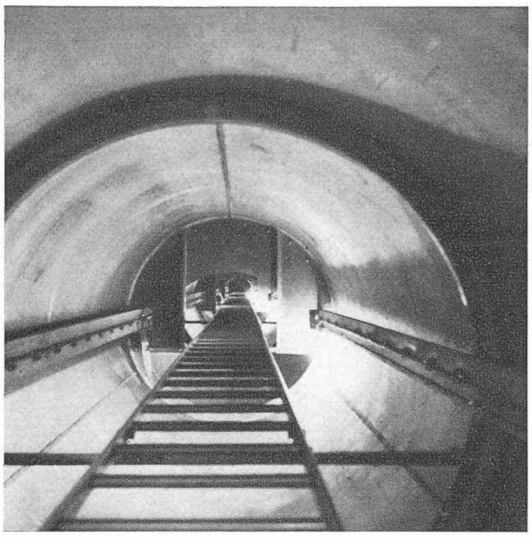

Fig. 8. — Eclairage de l'intérieur de la tour, avec plates-formes intermédiaires et montées des câbles électriques à gauche et à droite de l'échelle.

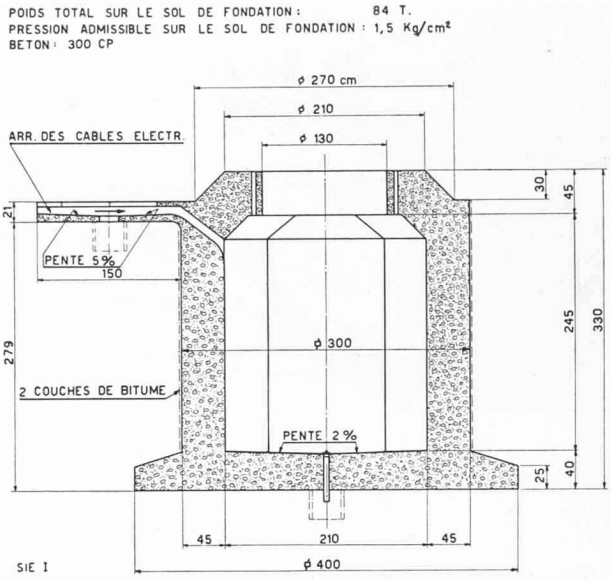

Fig. 10. — Coupe du massif de fondation.

d'une tôle d'aluminium dans laquelle on a aménagé un trou juste assez grand pour le passage d'un homme en position verticale (fig. 8), évitent aux agents d'entretien toute chute supérieure à cette hauteur. En cas d'accident, les plates-formes peuvent être déboulonnées par-dessous pour dégager le blessé à l'aide d'une corde. Ces plates-formes permettent en outre de se reposer durant l'ascension.

Au sol, une porte (fig. 9) commande l'accès de la tour. Le tube est fermé hermétiquement à sa partie supérieure par un couvercle. Des trous aménagés dans le tube sous la plate-forme supérieure assurent avec un volet réglable, placé dans le panneau de la porte d'entrée, la ventilation nécessaire à l'intérieur du tube.

Grâce à la bonne réverbération des parois, cinq lampes de 36 V éclairent l'intérieur du tube d'une manière parfaite.

Les plates-formes intermédiaires, les câbles d'alimentation des projecteurs, ainsi que les montants de l'échelle sont fixés uniquement aux profils des viroles.

Un garde-corps démontable avec chaîne est fixé sur le pourtour de la plate-forme. Des trous percés dans la tôle du plancher servent à l'évacuation des eaux de pluie.

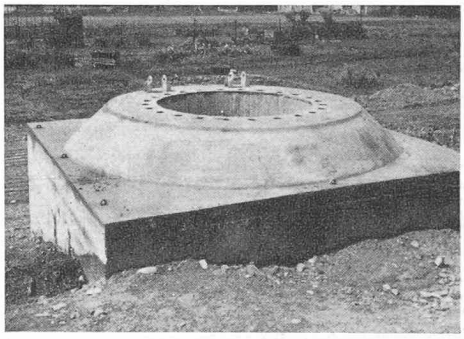

Fig. 11. — Fixation des éléments de la charnière à la fondation.

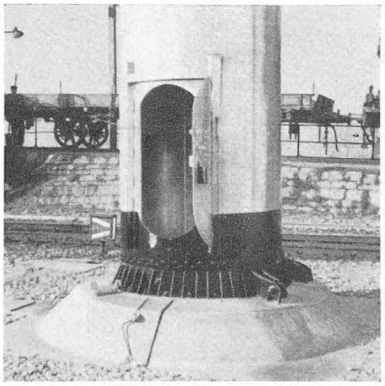

Fig. 9.

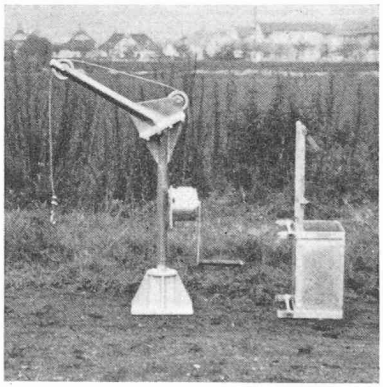

Fig. 12. — Chèvre démontable et corbeille.

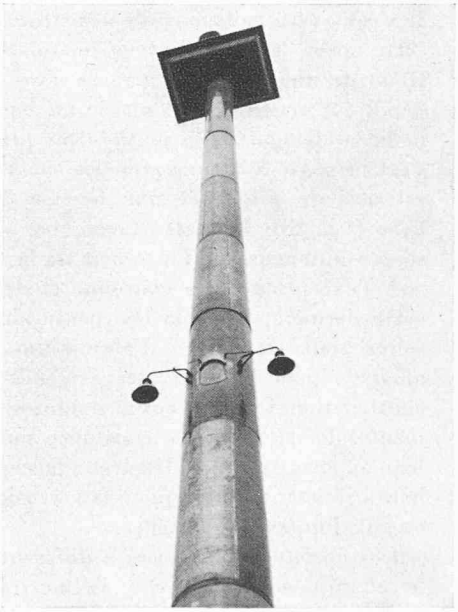

Fig. 13. — Tour nº I, fenêtre pratiquée à 13 m du sol et armatures mobiles de 500 W.

Fig. 14. — Transport d'un tronçon de 9 m de long composé de trois éléments soudés. Au premier plan, la couronne en acier.

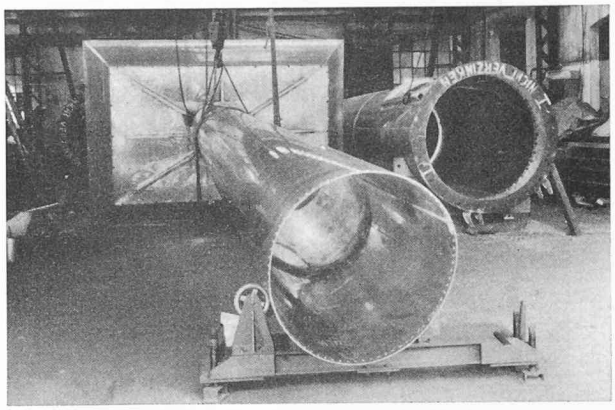

Fig. 15. — Déplacement du tronçon supérieur de 6 m de long (deux éléments soudés).

Ce genre de construction a permis d'évider le massif de fondation (fig. 10 et 11) pour y loger l'appareillage électrique, en particulier le régulateur de tension et les coupe-circuit principaux. L'accès de cette chambre souterraine se fait par la porte d'entrée de la tour et une échelle auxiliaire.

A l'intérieur de la charpente, les lignes d'alimentation des projecteurs et des lampes de 36 V montent verticalement, bridées sur des planches étroites. On pourrait aussi fixer ces lignes à un ou plusieurs câbles porteurs amarrés au haut du tube et guidés par des trous pratiqués dans chaque virole. Les extrémités inférieures de ces câbles comporteraient un ressort à boudin, amarré au massif, qui donnerait à ce système de fixation une certaine élasticité.

Deux dispositifs ont été prévus pour amener des objets sur la plate-forme supérieure. Les projecteurs, d'un diamètre de 70 cm, ont été hissés à l'extérieur de la tour au moyen d'une chèvre démontable. Le petit matériel (lampes, outils, etc.), ainsi que les trois parties de la chèvre, sont transportés au sommet à l'aide d'une corbeille coulissant sur les montants de l'échelle. Il s'est avéré judicieux de construire cette chèvre et cette corbeille également en métal léger (fig. 12). Le treuil de manœuvre est déposé dans une des armoires.

S'il est nécessaire de placer un ou des points lumineux au-dessous de la plate-forme principale — ce cas s'est présenté à Bienne pour les tours n^{os} I et III — il est aisé de pratiquer une fenêtre dans la paroi du tube (fig. 13). De cette façon, on peut accéder à la source lumineuse de l'intérieur de la tour.

A l'exception de la couronne et des boulons fixés à cette dernière, toute la charpente ainsi que les accessoires sont en alliage d'aluminium 57 S 1/2 H. Cet alliage répond à toutes les exigences de ce genre de construction à nombreuses soudures circulaires fortement sollicitées : bonne résistance mécanique, se prête bien au rivetage, au cintrage et à la soudure à l'argonarc, haute résistance chimique à la corrosion atmosphérique et aux fumées industrielles.

Des éprouvettes, placées à différentes hauteurs dans le champ de manœuvre, permettront de contrôler facilement le comportement du métal au cours des prochaines années.

Les assemblages secondaires ainsi que les assemblages exécutés sur place sont boulonnés (boulons en aluminium).

Cette charpente formée de tôles auto-portantes sans raidisseur longitudinal est le type de construction le plus léger et le plus économique pour une tour en aluminium à structure fermée. Le poids d'une tour avec tous ses accessoires en métal léger (sans l'équipement électrique) est d'environ 1600 kg. Il est trois fois inférieur à celui d'une même construction en acier ; d'où facilité de transport jusqu'au lieu de montage et de déplacement des tronçons en atelier (fig. 14 et 15). Il a aussi permis de dresser la tour en une seule pièce au moyen d'une charnière soudée à la couronne et à la fondation, les contraintes dans le métal n'atteignant en aucun moment au cours de cette opération les valeurs obtenues sous l'effet de la charge du vent (fig. 16).

Cette réalisation présente les avantages suivants par rapport aux tours en acier (construction à treillis) :

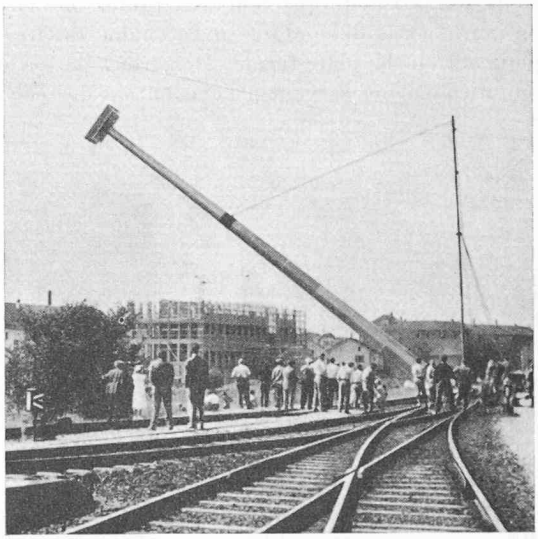

Fig. 16. — Dressage de la tour n° III. Elle a atteint sa position verticale en 25 min.

1. Montée et descente aisées. Le personnel ne peut être sujet au vertige, les parois qui entourent le tube empêchant de voir à l'extérieur.
2. Le personnel d'entretien n'est pas exposé aux intempéries (vent, pluie). La glace et la neige ne recouvrent jamais les échelons, ni les plates-formes intermédiaires, donc escalade moins dangereuse.
3. Toute chute de plus de 6 mètres est impossible (plates-formes intermédiaires).
4. Forme moderne et esthétique.
5. Echelle mieux éclairée la nuit.
6. Aucun entretien de la charpente, ni des accessoires.

La minime différence de prix avec une exécution cylindrique en acier est largement compensée par les économies réalisées sur l'entretien.

Travail en atelier

Du fait de ses propriétés et caractéristiques, l'aluminium exige des dispositions de construction ainsi qu'une technique de soudage et d'assemblage différentes de l'acier. C'est ainsi que les trous de passage des boulons ont été usinés sans jeu afin d'éviter par la suite une ovalisation des trous. En effet, par suite du retrait du métal à basse température, les boulons n'assurent plus la transmission des efforts par compression des têtes du boulon et de l'écrou sur la paroi des trous, mais uniquement par cisaillement de sa tige.

On sait que le chauffage local dans la zone de soudure a un effet de recuit sur cet alliage d'aluminium, entraînant une réduction des propriétés mécaniques du métal.

Toutes les soudures ont été réalisées par le procédé électrique à l'arc avec atmosphère protectrice d'argon. Cette méthode est préférable, pour une construction soudée, fortement sollicitée et exposée à l'humidité, à la soudure autogène vu qu'elle ne nécessite aucun flux et s'effectue plus rapidement, donc zone de recuit plus étroite.

Le grand coefficient de dilatation thermique a pour conséquence de créer des déformations dues à l'échauffement plus considérables qu'avec l'acier. Vu la grande dimension des segments à souder, une technique spéciale a été pratiquée pour maintenir constante la largeur du joint à souder sans créer pour autant des tensions intérieures importantes dans la tôle. La soudure demande un réglage judicieux de l'ampérage et de l'espace entre les tôles pour chaque épaisseur du métal. Toute trace d'amorçage d'arc sur les bords du cordon de soudure constitue un affaiblissement local de la tôle. Sous le joint à souder, on dispose une barre d'aluminium de section transversale rectangulaire dans laquelle on a aménagé une encoche longitudinale de 1 mm de profondeur et de 15 mm de largeur. On place l'axe de cette encoche dans l'axe de l'espace entre les tôles ; le métal d'apport en fusion remplit de cette façon complètement l'encoche. La presque totalité de la couche d'oxyde détachée des faces du métal est refoulée sur les bords supérieurs du cordon et au fond de l'encoche. Une infime partie reste à l'intérieur du cordon, pulvérisée. Par ce procédé, on obtient un cordon de soudure de bonne résistance mécanique, dont l'aspect de la face intérieure est bien régulier et la texture homogène. Les essais statiques et dynamiques sur éprouvettes soudées, ainsi que l'essai aux rayons X sur ouvrage fini effectués par le Laboratoire d'essai des matériaux de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne (LEMEPUL), ont montré qu'avec ce procédé on n'avait pas d'inclusion d'oxyde apparente dans le cordon. Afin que les cordons de soudure soient de même qualité sur tout le tube, le soudeur opérait toujours dans la même position.

Dans une construction en métal léger, il est indiqué d'éviter les actions de frottement et les efforts fortement localisés sur la surface. On empêche la formation de fissures locales par frottement en enduisant les surfaces de contact des boulons et des joints boulonnés de bitume spécial. Toutes les têtes des boulons et les écrous sont munis d'une rondelle assez forte pour répartir la pression. L'effet galvanique dû à la différence de potentiel entre le fer et l'aluminium a été éliminé par zingage et revêtement de bitume des surfaces en contact. A l'atelier, pendant le transport et au montage, les ouvriers doivent éviter de rayer le métal (souliers à semelles caoutchouc) et de faire des bavures sur les bords. Les outils déjà employés pour les autres métaux devront être nettoyés soigneusement avant de s'en servir pour l'aluminium, afin d'éviter toute souillure.

Ces précautions prises par le constructeur n'étaient pas les seules à envisager. Il y avait lieu encore d'instruire les agents chargés de l'équipement électrique des tours et de l'entretien des projecteurs sur les recommandations à observer envers une construction en métal léger. A cet effet, on a affiché dans chaque tour des instructions leur rappelant notamment que l'escalade de la tour avec des souliers à clous, le dépôt prolongé de copeaux de cuivre provenant du travail aux fils électriques, l'emploi de certains produits de nettoyage, ainsi que le contact direct de l'aluminium avec un métal lourd, doivent absolument être évités.

Les joints boulonnés des tronçons ayant leurs surfaces de contact recouvertes de bitume, la mise à la terre de la charpente métallique est assurée par les montants de l'échelle. L'écoulement de la surtension passera donc de la plate-forme supérieure aux montants de l'échelle, puis dans le segment tubulaire de plus grand diamètre par la fixation des montants à la dernière virole se trouvant à 3 m du sol. Les surfaces de contact entre le segment de base et la couronne, sur laquelle sont soudés les taquets du fil de mise à terre, étant enduites de bitume, deux rubans de 4×25 mm² relient électriquement les deux parties boulonnées (conformément aux « Recommandations pour la protection des bâtiments contre la foudre », Publication n° 113 a de l'A.S.E.).

Calculs et essais

Les essais de traction statique effectués par le Laboratoire d'essai des matériaux de l'*Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne* (LEMEPUL), sur une éprouvette de tôle alliage 57 S 1/2 H laminé, épaisseur 5,5 mm, ont donné, par exemple, les résultats suivants :

Limite de proportionnalité :	17,5 kg/mm² (déformation permanente de 0,2 ‰)
Limite apparente d'élasticité :	23 kg/mm² (déformation permanente de 2 ‰)
Résistance à la rupture :	27,6 kg/mm²

Module d'élasticité :	6.900 kg/mm²
Coefficient de striction :	32 %
Coefficient de qualité :	2,6 kg/mm²

et sur une éprouvette de 3,5 mm d'épaisseur, avec joint soudé (soudure brute) :

Limite apparente d'élasticité :	8,51 kg/mm² (déformation permanente de 2 ‰)
Résistance à la rupture :	20,4 kg/mm² (rupture dans la zone de recuit).

Nous savons que la résistance à la fatigue de cet alliage pour 50.10^6 sollicitations alternées est de $\pm$ 950 kg/cm².

La charpente métallique (tube) étant de forme géométrique simple, il est aisé de connaître par le calcul les efforts agissant sous l'effet de la pression dynamique du vent en chaque point du tube. L'effort maximum de traction dans la tour est de 440 kg/cm² en pleine tôle et de 660 kg/cm² à la ligne des boulons. Ces valeurs sont celles obtenues avec la répartition des charges du vent suivant la hauteur de l'ouvrage et l'application des coefficients propres à chaque forme des surfaces frappées, compte tenu de tous les facteurs, selon les normes provisoires S.I.A. nº 160. Avec de tels efforts, le danger de flambement local du tube sous l'action de la pression dynamique du vent n'est pas à craindre. La poussée due au vent sur tout l'ouvrage produit un moment renversant au sol (34 Tm) qui est sensiblement le même que celui d'une tour en treillis cornière prismatique et à base étroite. Le poids total de la charpente (2 T) étant d'autre part minime par rapport au poids du massif (51 T) ; le volume des massifs de fondation pour ces deux types d'ouvrage diffère donc peu. Quant au poids de la terre entrant en jeu, il est de 31 T.

La détermination de la fréquence propre de la construction permet d'évaluer le danger par phénomène de résonance.

Rappelons que la fréquence propre est la vitesse d'oscillation d'un mouvement libre de la charpente (soumise à aucune force extérieure).

Les méthodes de calcul connues ne donnent que des valeurs approximatives. Ces calculs sont en outre très complexes du fait des nombreux facteurs qui entrent en considération : variation de l'épaisseur des tôles

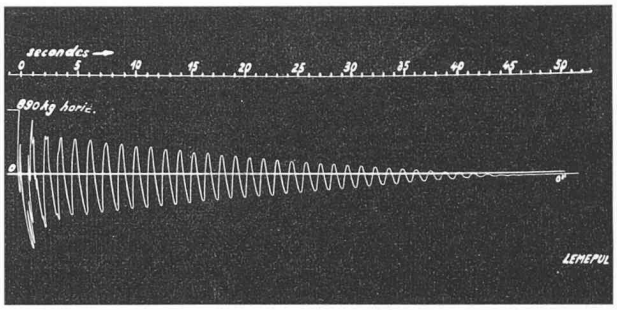

Fig. 17. — Diagramme de l'oscillation propre d'une tour.

pour chaque segment, influence de la répartition des masses des accessoires et de l'équipement électrique sur toute la hauteur. Une construction légère rend d'autant plus grande l'influence de ces masses accessoires en mouvement. Dans le but de déterminer très exactement la fréquence propre de la tour de Bienne-Triage, M. le professeur J. Paschoud, de l'Ecole Polytechnique de Lausanne, a enregistré l'oscillation de la tour complètement équipée, une fois celle-ci libérée brusquement d'une charge équivalente à une charge horizontale de 890 kg appliquée à 18 m de hauteur. L'appareil enregistreur a indiqué une fréquence propre de 46 ~/min, c'est-à-dire une période d'oscillation de 1,3 sec avec huit projecteurs au sommet. Le mouvement oscillatoire de la tour s'est amorti en 45 sec (fig. 17).

Au cours de cet essai, la déflection statique au sommet a été mesurée. Elle correspond exactement à la valeur déterminée par le calcul avec un module d'élasticité de 7000 kg/mm², sans tenir compte de l'augmentation locale des moments d'inertie des viroles (profils T et H).

Relevons enfin que les tours d'éclairage de construction tubulaire cylindrique de même diamètre et rayon de giration à la base, et de même hauteur, ainsi que les tours en treillis à base étroite et de section carrée constante sur toute la hauteur, ont une période d'oscillation propre plus grande que les tours tronconiques de Bienne-Triage. D'autre part, l'aluminium étant trois fois plus élastique et plus léger que l'acier, une construction tronconique identique aurait sensiblement

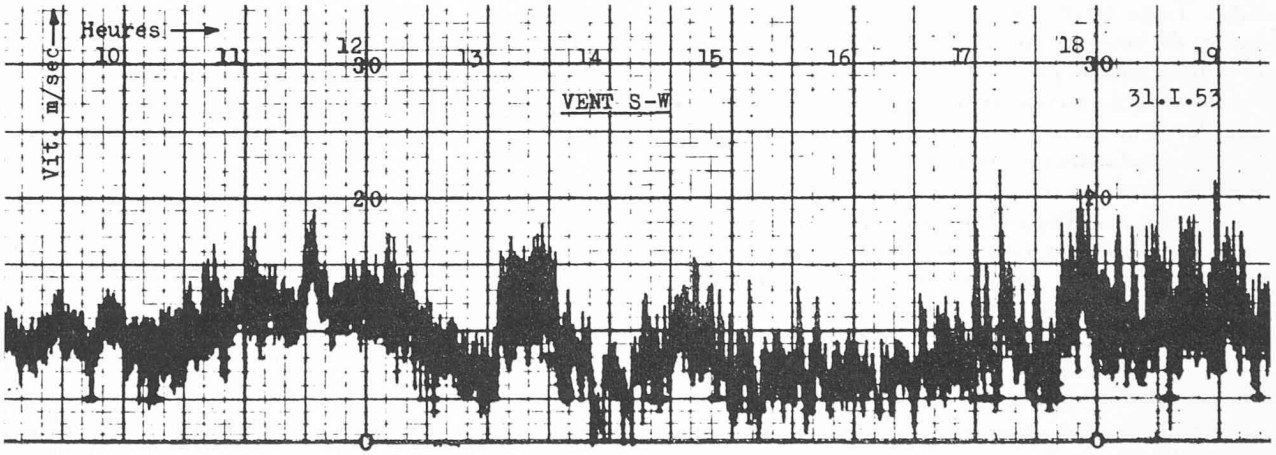

Fig. 18. — Diagramme d'enregistrement représentant un vent fort et irrégulier, avec violentes rafales.

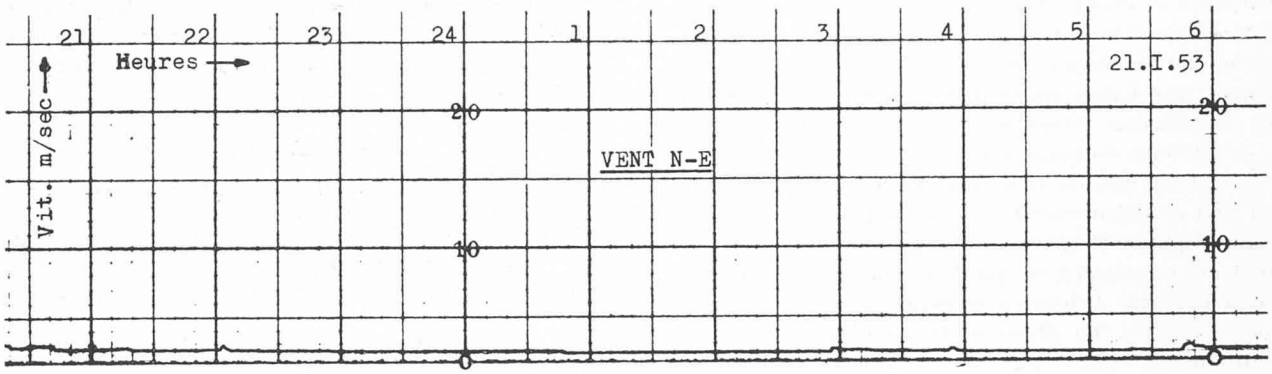

Fig. 19. — Diagramme d'enregistrement d'un vent faible et persistant (bise).

la même fréquence propre, qu'elle soit construite en acier ou en aluminium. En effet, la fréquence dépend du rapport du poids spécifique au module d'élasticité et d'un coefficient qui, pour fixer les idées dans le cas de construction à section pleine, est, par rapport à la construction conique :

2,5 plus petit pour la construction cylindrique et

2,1 plus petit pour la construction prismatique (II).

L'analyse des diagrammes de la vitesse du vent, avec échelle développée des temps, enregistrés par des anémomètres spéciaux à faible inertie, a montré que la succession des rafales de vent n'est pas périodique. Il en est de même des variations de pression agissant dans une rafale. Les considérations concernant le danger de résonance n'entrent donc pas en ligne de compte. Les normes relatives à la charge du vent tiennent compte de l'effet dynamique des rafales. Cependant, la succession des rafales de vent (fig. 18) engendre des oscillations longitudinales dont les conséquences sont importantes si la période d'oscillation propre de l'ouvrage est élevée. Il a été constaté, en effet, que pour un temps de déploiement (moyenne 2 sec) donné des rafales, l'effet de la surcharge est d'autant plus grand que la fréquence propre de la construction est plus faible. D'après les normes françaises (III), il est nécessaire d'appliquer aux actions du vent un coefficient de majoration variable avec la période de vibration de la construction. Nous dirons, par exemple, que pour les pylônes d'antennes, qui ont parfois plus de 100 m de hauteur et une période de 1 à 4 sec, il est indiqué (IV) de majorer les efforts de 15 à 70 %. Pour les cheminées en béton armé : 2 à 3 sec et 30 à 60 %.

Quant aux phares de construction rigide, on adopte : < 1 sec, et 10 %.

Les constructions cylindriques à section circulaire sont très exposées aux pulsations des tourbillons alternés de Karman. Ces tourbillons prennent naissance à l'arrière du tube cylindrique, dans la zone de passage de surpression en dépression, par un vent parfaitement régulier. L'influence de ces pulsations varie avec la période de vibration compte tenu des caractéristiques de la matière et de la forme de la construction. Il peut y avoir résonance entre ces pulsations et la période d'oscillation propre d'une tour cylindrique à parois minces encastrée à sa base. La fréquence de vibration de ces tourbillons varie avec la vitesse du vent et le diamètre du cylindre suivant la formule établie par Karman (V) :

$$\frac{f.D}{v} \cong 0{,}22$$

où f est la fréquence des tourbillons en $\sim$ /min,
d le diamètre du cylindre en m,
v la vitesse critique du vent en m/min.

Supposant, pour un instant, que nous pouvons assimiler la tour d'éclairage de Bienne-Triage à une tour cylindrique de 1,0 m de diamètre, nous aurions résonance avec un vent parfaitement régulier de 12,5 km/h (3,5 m/sec). L'ouvrage commencerait alors à vibrer transversalement à la direction du vent et d'autant plus vite qu'il est de construction légère. Ce phénomène peut apparaître également derrière la plate-forme supérieure et les projecteurs. Il est à noter que les à-coups des grandes oscillations seraient aussi nuisibles aux filaments incandescents des projecteurs.

De par sa situation au pied du Jura, Bienne a un régime des vents semblable à celui de Genève. Les diagrammes des anémomètres du Poste météorologique de l'aéroport de Genève-Cointrin indiquent qu'il y souffle, parfois pendant des heures (fig. 19), un vent (bise) ayant une vitesse de 2 à 3 m/sec.

Du fait de la conicité des tours de Bienne-Triage, la fréquence des tourbillons de Karman varie en fonction de la hauteur, ce qui en diminue forcément les conséquences ; les tourbillons de même fréquence, frappant localement la construction, étant moins nombreux. Il y a lieu également d'envisager l'influence, surtout par fort vent, des interférences des tourbillons de différentes fréquences agissant sur toute la hauteur de l'ouvrage. Comme dans toute construction, le constructeur tient compte de phénomènes de ce genre dans le coefficient de sécurité qu'il choisit.

L'observation du comportement d'ouvrages existants a parfois permis de déceler des indices de résonance par vent régulier : oscillations continues, sons émis par la charpente. Il a été alors possible, suivant les cas, de supprimer cet inconvénient, soit en changeant la fréquence propre par la fixation de masses, de raidisseurs intérieurs, ou la modification du système d'amarrage, soit en rendant moins lisse la surface et en perturbant ainsi le régime turbulent stable à l'arrière au moyen d'une corde enroulée en hélice autour de la

charpente — ce qui entraîne une diminution du coefficient de sécurité — ou par la fixation de nervures rectilignes sur les faces extérieures. Pour éviter cet inconvénient aux lignes électriques aériennes, on leur fixe des amortisseurs (Stockbridge). Mises en vibration par les oscillations du câble, les masses de ces amortisseurs transmettent des chocs à la ligne, lesquels perturbent son effet de balancement. Les tourbillons ont alors leur angle de phase décalé et n'ont plus un effet de balancement et ceci jusqu'à ce que l'alternance du tourbillon soit à nouveau dirigée en conséquence par les oscillations du câble. La phase et la grandeur de la force résultante du vent — agissant sur le câble perpendiculairement à la direction du vent — dépendent de son mouvement oscillatoire. En reportant, en de courts intervalles, de nouvelles ondes de chocs, on arrive donc à amortir ces vibrations (VI).

Ce phénomène est d'autant plus sensible sur les lignes fabriquées en une matière à faible pouvoir amortissant, comme par exemple le cuivre et le bronze trempé dur et les alliages d'aluminium durs. D'une façon générale, le danger est plus grand en hiver, vu que les métaux ont une capacité d'absorption des vibrations plus faible.

Vu la nouveauté de la construction de ces tours d'éclairage, il nous a paru intéressant de montrer leurs avantages ainsi que les phénomènes entrant en considération.

BIBLIOGRAPHIE

(I) Notice Technique VB 127 d, *Eclairage des gares de triage* de la SNCF Paris, 1947.

(II) *Théorie des vibrations*, par S. Timoshenko. Paris, 1947, p. 389 et 390.

(III) *Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions*, éditées par le Ministère de la reconstruction et de l'urbanisme. Paris, janvier 1947.

(IV) *Einwirkung von Windstössen auf hohe Bauwerke*, von Dr. Ing. E. Rausch. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Band 77, Nr. 17.

(V) *Mechanische Schwingungen*, von J. P. Den Hartog. Springer, Berlin, 1952, p. 336.

(VI) *Aufschaukelung und Dämpfung von Schwingungen*, von Dr. Ing. Otto Föppl. Springer, Berlin, 1936, p. 38 à 43 et 75.

* * *

N. B. : Diagrammes d'enregistrement du vent mis aimablement à notre disposition par la Station centrale suisse de Météorologie, à Zurich.

MISE A LA TERRE D'INTALLATIONS ÉLECTRIQUES PAR L'INTERMÉDIAIRE DE CONDUITES DE DISTRIBUTION D'EAU [1]

Texte publié à la demande de la Commission pour l'étude des questions de mise à la terre, de l'*Association suisse des Electriciens (ASE)*, et de l'*Union des centrales suisses d'électricité (UCS)*.

Beaucoup d'autorités communales, de bureaux techniques et d'entrepreneurs, qui ont à établir des projets de distribution d'eau ou à aménager de telles installations, ne sont guère familiarisés avec le problème de la mise à la terre d'installations électriques par l'intermédiaire de conduites d'eau. Nous aimerions donc attirer leur attention sur ce sujet, en vue d'éviter un danger pour les personnes et des dégâts matériels.

En Suisse, les conduites de distribution d'eau comportent, depuis quelques années, non seulement des tuyaux à emboîtement à joint en plomb, mais aussi des tuyaux à emboîtement à vis, dont l'étanchéité est assurée par un anneau de caoutchouc maintenu dans l'emboîtement par une bague filetée. Dans ce cas, les deux tuyaux sont plus ou moins isolés électriquement, de sorte que la présence d'un ou de plusieurs emboîtements à vis dans une conduite d'eau diminue la qualité de la mise à la terre d'installations électriques ou rend même impossible une mise convenable à la terre, ce qui risque d'avoir de graves conséquences en mettant en danger les personnes ou en causant des dégâts matériels, au cas où une avarie surviendrait dans l'installation électrique. Il existe toutefois un dispositif de shuntage simple et peu coûteux, qui permet de satisfaire pleinement aux exigences des électriciens, sans affecter les avantages que les emboîtements à vis présentent du point de vue de la construction des conduites d'eau. En conséquence, les deux associations directement intéressées à cette solution ont décidé de résoudre les questions relatives à la sécurité et aux frais résultant de l'emploi de tuyaux à emboîtement à vis par la Convention ci-après.

Convention

1° Celui qui établit une mise à la terre d'installations électriques est responsable devant la loi de toutes les conséquences, tous les dommages, etc., qui pourraient en résulter (voir aussi les Prescriptions de l'A.S.E. sur les installations intérieures, § 22).

2° Le contrôle relatif à l'existence et au maintien de la mise à la terre incombe à celui qui l'a établie.

3° S'ils font usage de tuyaux à emboîtement à vis, les services des eaux n'utiliseront que des tuyaux pourvus de dispositifs de shuntage recommandés à la fois par l'A.S.E et la S.S.I.G.E. Au cas où, dans le but d'éviter des corrosions ou pour d'autres motifs, la pose d'une série de tuyaux isolants ou l'aménagement d'endroits isolants est indiqué, les services des eaux s'entendront au préalable avec les entreprises intéressées aux mises à la terre.

4° Les entreprises intéressées aux mises à la terre [2] prendront à leur charge tous les frais supplémentaires causés aux services des eaux, du fait que ceux-ci doivent adopter des tuyaux à emboîtement suffisamment conducteurs.

Recommandation

de dispositifs de shuntage
pour tuyaux à emboîtement à vis

Selon la « Convention » des années 1946/47 entre la Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (S.S.I.G.E.) et l'Association suisse des électriciens (A.S.E.) relative à la mise à la terre d'installations électriques, par l'intermédiaire de conduites de distribution d'eau, le dispositif de shuntage « Ryf » a été examiné en vue des qualités exigées.

Des essais en laboratoire et des mesures effectuées à différents endroits des conduites d'eau de la Ville de Zurich ont montré que le dispositif de shuntage « Ryf » répond aux exigences posées. Ce dispositif est en conséquence recommandé par les associations.

Si d'autres dispositifs de shuntage satisfaisants sont

[1] Voir « Bull. ASE », t. 37 (1946), n° 25, p. 750, et « Bull. mens. Soc. Suisse Ind. Gaz Eaux », t. 26 (1946), n° 12, p. 312.

[2] Ces entreprises sont les entreprises électriques; les PTT, les compagnie ferroviaires et les compagnies d'assurance contre les incendies.