

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 57 (1931)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Le tunnel sous-fluvial, pour véhicules, entre Détroit et Windsor  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44174>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.10.2024

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

# BULLETIN TECHNIQUE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE TECHNIQUE SANITAIRE

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : Le tunnel sous-fluvial, pour véhicules, entre Détroit et Windsor. — Répartition du coup de bélier le long d'une conduite hydraulique en pression, par M. L. DU BOIS, ingénieur. — CHRONIQUE. — Fenêtres en acier ou en bois? — Bêlidor. — Nécrologie. — BIBLIOGRAPHIE. — Service de placement.

## Le tunnel sous-fluvial, pour véhicules, entre Détroit et Windsor.

« En vue du tunnel sous l'Escaut, au droit d'Anvers, qu'elle a pour objet de construire, la Société intercommunale de la rive gauche de l'Escaut a chargé M. Thonet, directeur des Ponts et chaussées, de visiter les principaux tunnels pour véhicules construits au cours des dernières années, aux Etats-Unis. » M. Thonet rend compte de sa mission dans un mémoire admirablement documenté et plein d'enseignements précieux, notamment sur la question si complexe de la ventilation des galeries sillonnées par les véhicules à moteur, reproduit dans le numéro de juin 1931 (T. XXXII, 3<sup>e</sup> fascicule) des Annales des travaux publics de Belgique (éditeur : Gœmare, 21, rue de la Limite, à Bruxelles). Nous en détachons la description du tunnel Detroit-Windsor que nous illustrons au moyen de clichés gracieusement mis à notre disposition par la direction des dites « Annales ». Voici la liste des ouvrages décrits par M. Thonet : Holland-Tunnel, sous l'Hudson, à New York (2 tubes de 2800 m de long, de 9 m de diamètre extérieur, à cuvelage en fonte revêtu intérieurement de béton. Trafic moyen journalier : 23 372 véhicules). — « Fulton street Subway », tunnel sous-fluvial pour le métropolitain de New York. — Tunnel pour métro de Prospect Park (New York). — Tunnel sous-marin d'Oakland, dit « Posey-Tube », à San-Francisco (Californie). — « Liberty-Tunnel », à Pittsburgh, tunnel pour véhicules creusé dans une montagne, ventilé mécaniquement. — Tunnels pour véhicules à Boston et à Los Angeles.

Accessoirement, M. Thonet relève les caractéristiques des grands ponts suspendus qu'il a rencontrés dans son voyage : pont sur l'Hudson, « Ambassador Bridge », à Détroit et pont sur la Delaware-River. Réd.

Le tunnel dont il s'agit établit une communication pour véhicules à moteurs entre les importantes villes de Détroit (Michigan-Etats-Unis) et Windsor (Ontario-Canada); il passe sous la Detroit River qui réunit les lacs Huron et Erie et forme en cet endroit la frontière entre les Etats-Unis et le Canada. Bien qu'il existe à moins de deux milles (3,2 km) de l'emplacement du tunnel un grand pont suspendu au-dessus de la Detroit River, l'« Ambassador Bridge », pont récent, commencé en 1927, ouvert au trafic en 1929, l'intensité du trafic

entre les deux provinces et les deux Etats est telle qu'une compagnie privée n'a pas hésité à construire le tunnel à ses frais; l'ouvrage sera donc à péages, tout comme le pont, construit par une autre compagnie. Le tunnel de Détroit sera le troisième grand tunnel sous-fluvial pour véhicules aux Etats-Unis.

*Description générale.* — L'origine de l'ouvrage à Détroit se trouve dans le district des affaires, à quelque 1200 pieds (365 m) de la ligne de rive des Etats-Unis (voir fig. 1), l'origine côté Windsor se trouve dans le district d'affaires de cette ville à quelque 1800 pieds (548 m) de la ligne de rive canadienne. La longueur entre portiques est de 5135 pieds (1566 m) et la longueur totale est de 5845 pieds (1783 m). Du côté Windsor, la rampe est de 3,97 % et du côté Détroit elle atteint 5 %. Les prescriptions officielles exigeaient une profondeur de 30 pieds au droit des lignes de rive; le chenal de la rivière, sur laquelle d'ailleurs il n'y a pas de navigation maritime, est près de la rive canadienne, ce qui a conduit à prévoir le tunnel dans cette région à 45 pieds (13,72 m) en dessous du niveau des eaux. La pente de 5 % du côté Détroit résulte de la position imposée à l'origine

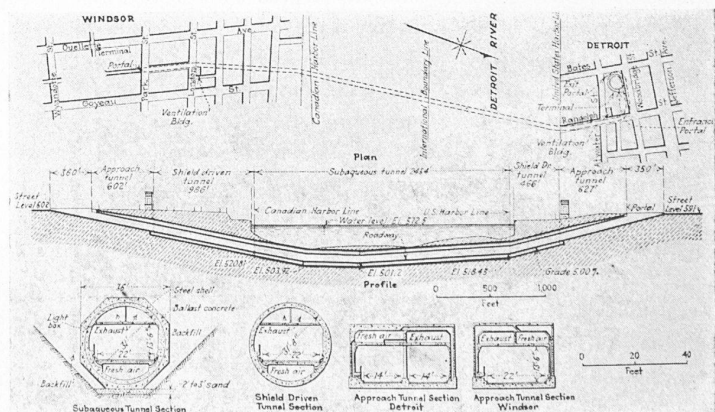


Fig. 1. — Tunnel à Détroit.

Plan, profil en long et coupes transversales.

Entrance postal = entrée des véhicules. — Exit postal = sortie des véhicules. — Approach tunnel = tunnel d'approche. — Shield driven tunnel = tronçon foncé au bouclier. — Subaqueous tunnel = tronçon sous-fluvial. — Exhaust = aspiration de l'air vicié. — Fresh air = air pur. — Steel shell = tube en tôle d'acier. Concrete = béton.

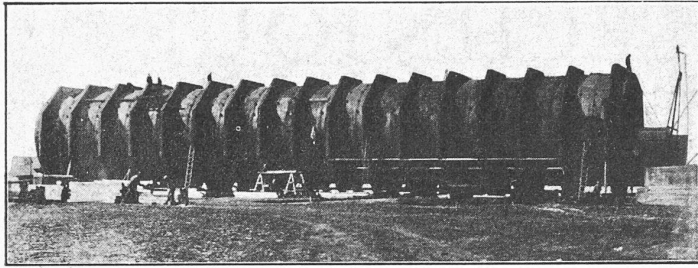


Fig. 2. — Tunnel à Détroit.  
Vue d'un tronçon de tube en acier laminé.

de la rampe sur cette rivière par des raisons d'économie ; le succès de l'entreprise exigeait impérieusement la réduction au minimum des expropriations dans cette partie de la ville, où la valeur des terrains et des immeubles est très élevée.

La rampe d'accès à Détroit (voir fig. 1) se trouve confinée sur un faible espace de terrain : ce résultat a été atteint en disposant l'origine de la rampe sous forme d'hélicoïde, bien qu'il soit clair que ce dispositif force le trafic à tourner dans un rayon assez faible et de ce chef ralentit la circulation ; cet inconvénient n'est pas aussi grand à Détroit parce que nécessairement à l'entrée et à la sortie du tunnel, les véhicules sont astreints à des formalités douanières qui exigent un arrêt plus ou moins prolongé. Les entrées et les sorties des véhicules dans la rampe spirale sont nettement séparées. Sur Windsor, la valeur des immeubles est moins grande et la rampe rectiligne, toujours de loin préférable a pu être adoptée.

Deux bâtiments, près des extrémités du tunnel, un bâtiment sur chaque rive, contiendront les appareils de ventilation, les bureaux de l'administration du tunnel, les bureaux destinés aux autorités contrôlant l'immigration et les bureaux de douane.

Comme l'indique le profil en long (voir fig. 1) la chaussée carrossable au point le plus bas se trouve à 61 pieds (18,60 m) sous le niveau de la rivière. En général, la chaussée a 22 pieds (6,70 m) de largeur entre bordures dans le tunnel, et la hauteur libre est de  $13\frac{1}{2}$  pieds (4,11 m). Dans l'approche en spirale à Détroit, toutefois, il y a deux chaussées (une pour chaque direction du trafic) ayant chacune 14 pieds (4,27 m) de largeur.

La largeur de 22 pieds a été considérée comme un strict minimum pour permettre le passage aisé et rapide du trafic ; bien que l'exploitation normale du trafic doive se faire par deux files de véhicules, une dans chaque sens, la largeur admise permet le passage à très faible vitesse, d'une troisième file, ce qui peut être fort utile en cas d'accident. La chaussée dans le tunnel sera pavée en pavés de granit de petit échantillon, posés en mosaïque. Le passage des piétons dans ce tunnel sera interdit, le petit trottoir figuré sur les coupes transversales étant destiné uniquement au personnel de service et aux policiers. L'ouvrage est réservé aux véhicules automobiles.

*Méthode d'exécution. — A. Partie sous-fluviale.* La partie sous-fluviale du tunnel de Détroit, comprise entre les lignes de rive a été exécutée par flottage (trench method), c'est-à-dire par des tronçons amenés flottants, immergés et échoués dans une tranchée préalablement draguée dans le fond de la rivière et à travers celle-ci. La partie sous-fluviale longue de 2454 pieds (748 m) comporte dix tronçons, un de 220 pieds (67 m), huit de 248 pieds (76 m) et un de 250 pieds (76 m). Ces tronçons sont constitués par un tube en tôle d'acier de 31 pieds (9,45 m) de diamètre intérieur recevant intérieure-

ment un revêtement en béton armé et entouré à l'extérieur après échouage, d'un revêtement en béton déposé sous eau par trémies. Les tôles ont  $\frac{3}{8}$  pouce (9,50 mm) d'épaisseur ; elles sont reçues en plats rectangulaires de  $99 \times 53$  pouce ( $2,51 \times 1,35$  m) ; elles sont disposées alternativement suivant la grande et la petite dimension le long de la circonférence. Les joints circonférenciels sont à simple recouvrement, rivés et soudés en vue de l'étanchéité ; les joints longitudinaux sont soudés, les tôles étant posées bout à bout et chanfreinées de manière à recevoir le métal soudant du côté extérieur. Le cylindre ainsi constitué est raidi (voir fig. 2) par des raidisseurs de forme octogonale disposés tous les 12 pieds (3,60 m), en tôles de  $\frac{5}{16}$  pouce (8 mm), assemblées au cylindre au moyen de cornières et raidies elles-mêmes le long de leurs bords par deux cornières. Un raidissage intérieur provisoire complète la construction.

Les tubes sont montés sur un slip-way (voir fig. 3). Avant la mise à l'eau, les tubes sont fermés hermétiquement à chaque bout au moyen de batardeaux et poutres, comme le montrent les figures 4 et 5. Les coffrages inférieurs entre raidisseurs et les coffrages adjacents à 45 % sont placés le plus tôt possible et remplis partiellement de béton. Ensuite le tube est mis à l'eau et remorqué dans un bassin où l'on complète le bétonnage du revêtement armé intérieur. Au moment de la mise à l'eau, les tubes ont un tirant d'eau de 7 pieds (2,13 m). La figure 6 montre l'armature du revêtement intérieur : celui-ci est calculé pour supporter toutes les pressions, l'enveloppe métallique assurant simplement l'étanchéité. Le

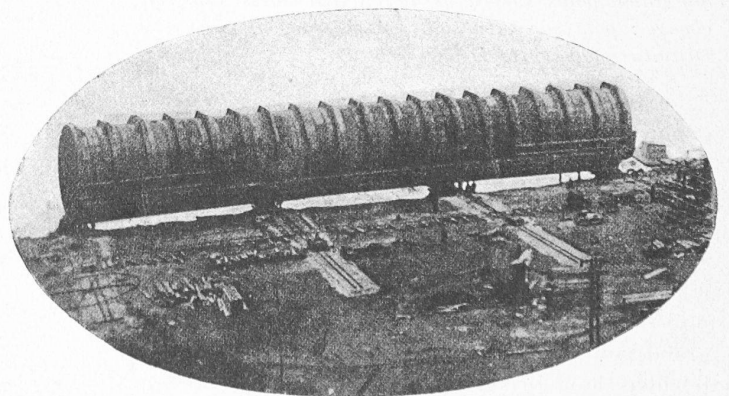


Fig. 3. — Tunnel à Détroit. — Vue d'un tube avant l'immersion.



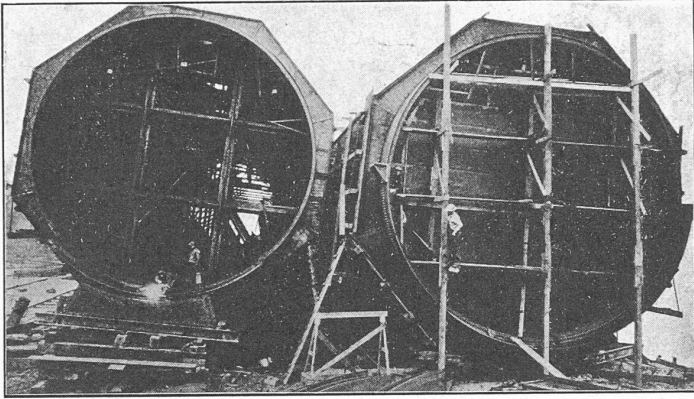


Fig. 4. — Tunnel à Détroit.

Vue de deux tubes, l'un étant fermé provisoirement aux deux bouts. Aux extrémités de son diamètre horizontal : oreilles en acier moulé pour la jonction avec le tube suivant. Dans le tube ouvert : raidissage provisoire.

bétonnage à l'intérieur est exécuté grâce à des ouvertures carrées de 4 pieds (1,20 m) ménagées au sommet du tube. Le bétonnage intérieur est exécuté jusqu'aussi près que possible des batardeaux de fermeture. On bétonne en même temps la dalle supportant la chaussée et le petit massif du trottoir. On complète, en outre, par du béton déposé sous eau par trémie, le bétonnage de la quille inférieure. Le tirant d'eau des tubes flottants est alors de 23 pieds (7 m). La figure 7 montre l'exécution du bétonnage intérieur. Au fur et à mesure de l'enfoncement, on a monté entre les raidisseurs les coffrages destinés au bétonnage par trémie. La figure 8 montre ce stade des travaux. Le tube est ensuite remorqué et amarré au-dessus de la tranchée draguée, à cinq ducs d'albe de part et d'autre. On poursuit alors le coulage du béton sous eau au moyen d'une installation flottante de manière à maintenir le tronçon de tunnel horizontal. Des

scaphandriers inspectent d'ailleurs les coffrages au cours de ces opérations.

Pour opérer la descente dans la tranchée, le tube est suspendu à des bigues flottantes solidement ancrées ; lorsque le bétonnage est arrivé au point que le tube est près de s'immerger, des blocs de béton de 5 tonnes sont employés pour immerger d'abord une extrémité, puis l'autre, de manière que les bigues puissent passer au-dessus du tube, puis le bétonnage est encore poursuivi jusqu'à ce qu'un effort de 40 à 50 tonnes soit exercé sur les attaches des appareils de levage des bigues ; ensuite le tube est descendu sur le fond de la tranchée, recouvert au préalable d'un fort matelas de sable de 3 à 4 pieds d'épaisseur (0,90 m à 1,20 m) dont la surface a été égalisée et disposée sous la pente exigée, au moyen d'une herse spéciale suspendue à un ponton flottant (fig. 9).

Au moyen des bigues flottantes, le tronçon de tunnel peut être soulevé et déplacé légèrement. Lorsqu'il est dans sa position définitive, la tranchée est remplie de sable, des deux côtés à la fois pour éviter des mouvements du tube ; le bétonnage sous eau à la trémie est complété et les blocs de béton ayant servi au lestage sont enlevés. On termine par le remblayage complet de la tranchée. Tout le travail sous eau est contrôlé par scaphandrier.

Les joints entre deux tronçons de tunnel sont faits de la manière suivante : des oreilles en acier coulé sont rivées sur les tubes : à l'une des extrémités (voir figure 10) les oreilles sont placées un peu en dessous des extrémités du diamètre horizontal, à l'autre extrémité elles sont placées un peu au-dessus. Les oreilles sont trouées et un pivot de 5 pouces (125 mm) peut être placé par scaphandrier et être maintenu en place par une goupille. Le trou dans l'oreille inférieure est ovalisé, les deux trous superposés dans l'oreille supérieure sont ronds : de cette manière le pivot est maintenu en position verticale, mais

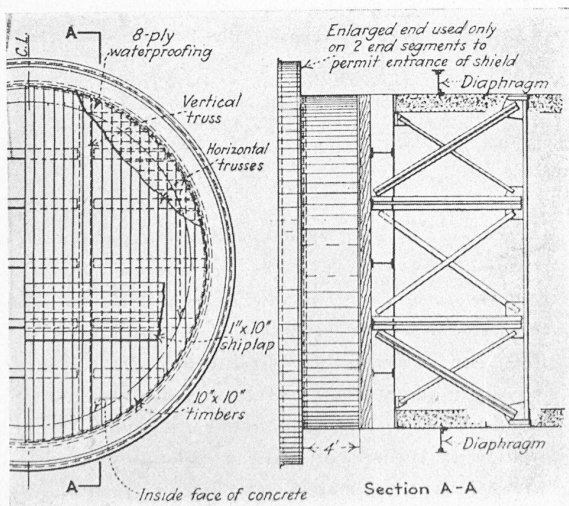


Fig. 5. — Tunnel à Détroit. — Fermeture provisoire d'un tube par batardeau, avant l'immersion.

Truss = poutre. — Timber = bois. — Inside face of concrete = face interne du béton. — Enlarged end used only on 2 end segments to permit entrance of shield = extrémité élargie utilisée seulement sur les deux tronçons extrêmes, pour permettre l'entrée du bouclier.

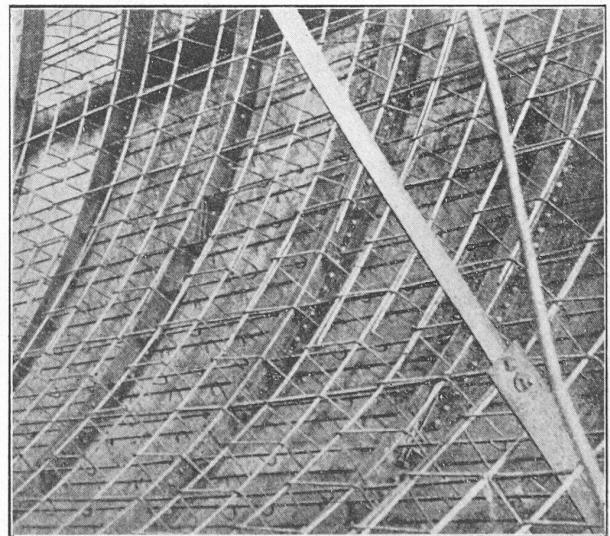


Fig. 6. — Tunnel à Détroit. Armature du revêtement interne, en béton armé.

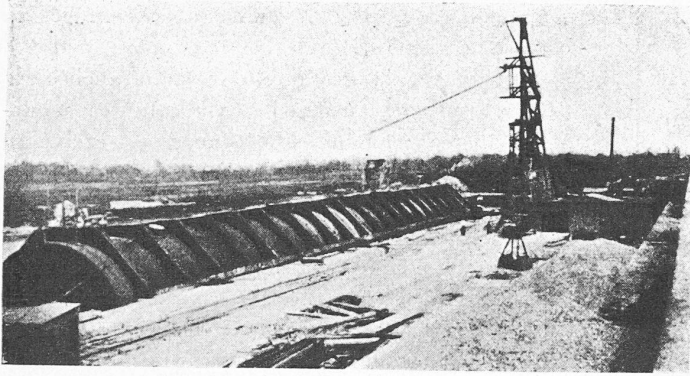


Fig. 7. — Tunnel à Déroit. — Bétonnage intérieur.

un certain mouvement latéral reste possible. Les opérations d'étanchement du joint sont faites tant à l'extérieur qu'à l'intérieur : à l'intérieur, le revêtement en béton armé, interrompu aux abouts, doit être complété

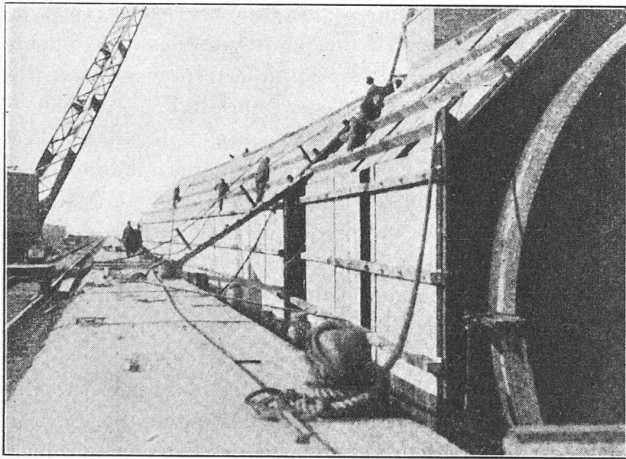


Fig. 8. — Tunnel à Déroit. — Pose des coffrages, sur tube flottant, pour le bétonnage intérieur, sous l'eau, avant le remorquage vers la tranchée. Tout en avant, une oreille de jonction.

ultérieurement. A l'extérieur, on a ménagé la possibilité d'attacher des coffrages métalliques aux diaphragmes raidisseurs et de bétonner sous eau par trémie tout autour

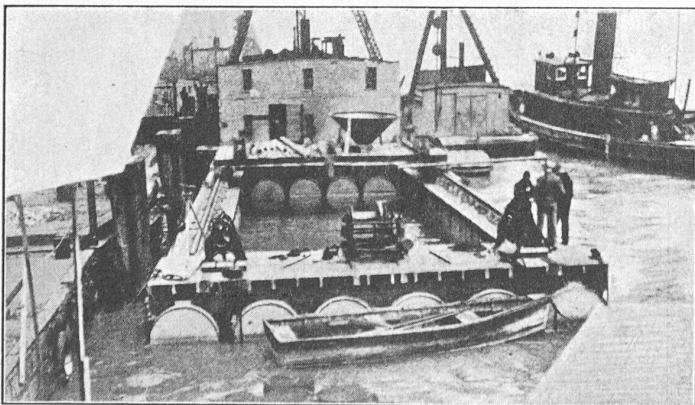


Fig. 9. — Tunnel à Déroit. — Ponton avec herse.

du joint (voir fig. 10). L'étanchéité peut d'ailleurs être complétée par des injections de ciment liquide sous pression. La figure 11 représente une coupe transversale type de la section du tunnel construite par flottage.

Le terrain sous la rivière est de l'argile assez compacte. Le dragage de la tranchée a été fait au grappin.

B. Parties sous rives. — En dehors des parties de tunnel construites à ciel ouvert dans des tranchées blindées, les sections de jonction avec les éléments échoués sont exécutées par la méthode du bouclier : en effet, les rives étant bâties,

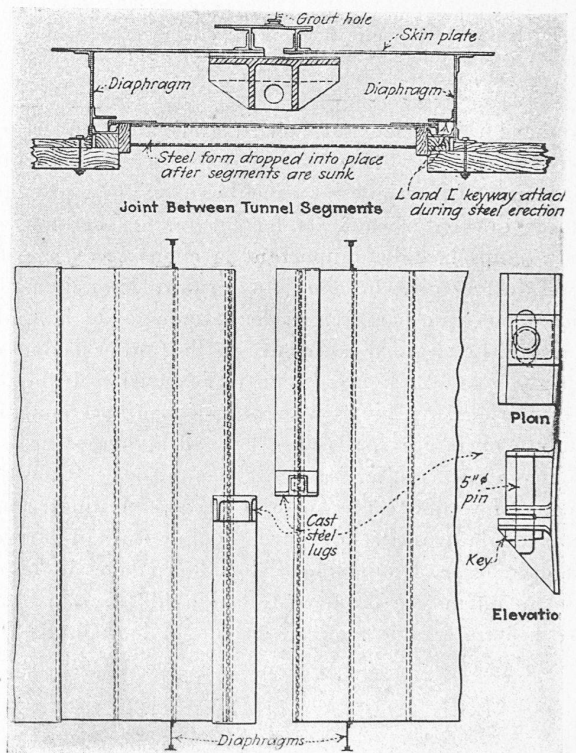


Fig. 10. — Tunnel à Déroit. — Détail du joint de deux tronçons de tubes ; oreilles en acier moulé percées de trous destinés à recevoir des broches de 5 pouces. Cast steel lugs = oreilles en acier moulé. — Key = goupille. — Pin = broche.

le creusement de la tranchée d'échouage ne pouvait être poursuivi sous les rives.

Après pose des tronçons extrêmes les tranchées draguées près des rives ont été remblayées d'argile, afin d'éviter la production de « renards » lors de la pénétration ultérieure du bouclier. Sur chacune des rives un bouclier est monté à l'extrémité du tunnel construit à ciel ouvert ; ce bouclier est avancé ensuite vers la rive, jusqu'à venir rejoindre sous la rivière l'extrémité du tronçon échoué. La figure 11 montre que cette extrémité, est élargie de manière à réserver une marge suffisante pour corriger l'effet de déviations éventuelles dans la progression du bouclier.



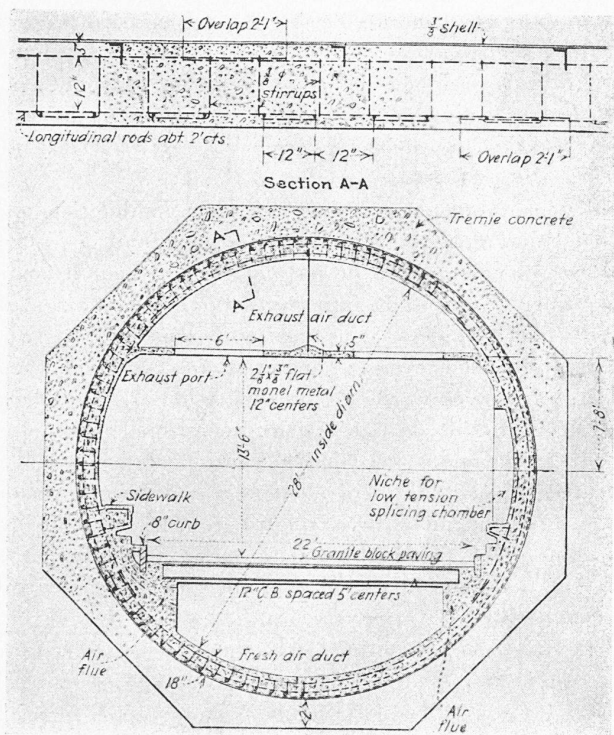


Fig. 11. — Tunnel à Détroit. Coupe transversale type de tronçon construit par flottage.

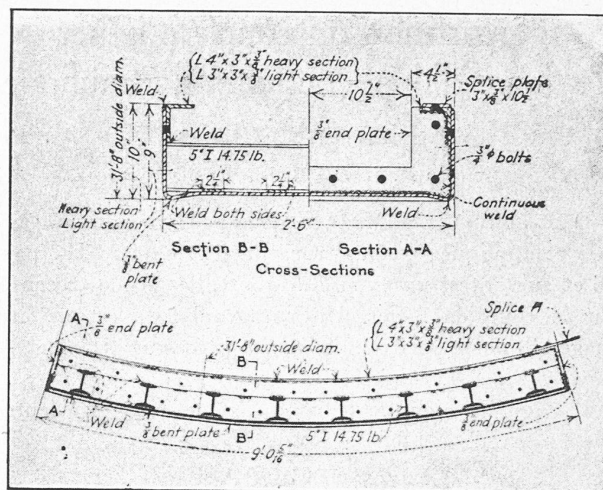


Fig. 12. — Tunnel à Détroit. — Détails des voussoirs en acier laminé. — Weld = soudure.

La longueur de tunnel exécutée au bouclier est de 466 pieds (124 m) sous la rive américaine et 1136 pieds (346,50 m) sous la rive canadienne. Le diamètre du bouclier était de 32 pieds 3 1/2 pouces (9,83 m), le plus grand qui ait été employé jusqu'à présent. Le travail au bouclier fut exécuté de la manière usuelle suffisamment connue; une particularité remarquable du travail de Détroit est l'emploi de voussoirs en acier laminé au lieu et place des voussoirs en fonte jusqu'alors exclusivement usités en Amérique. Les voussoirs à Détroit étaient constitués par une tôle emboutie en forme de U, raidie par des profilés soudés sur la tôle. Les figures 12, 13 et 14 montrent le détail de ces voussoirs en acier laminé, qui d'ailleurs sont assemblés par boulons comme des voussoirs ordinaires en fonte, et comme eux sont munis de trous d'injection. Lorsque le bouclier s'est engagé dans l'espace annulaire réservé pour la jonction dans l'élément

échoué auquel il doit se raccorder, la chemise extérieure circulaire du bouclier est laissée en place, les autres éléments constitutifs du bouclier étant démontés.

Le terrain sous les rives est de l'argile de même nature que celle qui constitue le fond de la rivière.

*Ventilation et divers.* — Le tunnel de Détroit sera ventilé mécaniquement. Chacun des deux bâtiments de ventilation sera équipé de 12 ventilateurs, 6 aspirants et 6 soufflants. Le plus grand débit d'air sera approximativement de

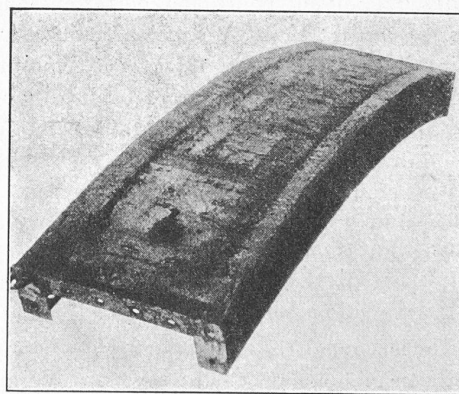


Fig. 13. — Tunnel à Détroit. — Voussoir en acier laminé.

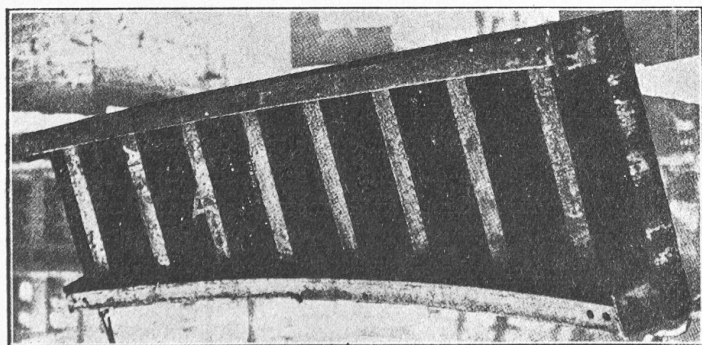


Fig. 14. — Tunnel à Détroit. — Voussoir en acier laminé.

1 000 000 de pieds cubes (28 000 m<sup>3</sup>) par minute et l'air du tunnel pourra être renouvelé toutes les 1 1/2 minutes. La puissance totale disponible est de 1700 chevaux.

L'ouverture officielle du tunnel a eu lieu le 1<sup>er</sup> novembre 1930. Le tunnel coûtera environ 10 millions de dollars non compris les expropriations. L'ouvrage a été construit par les soins de la «Detroit & Canada Tunnel Co.», la firme Parsons, Klapp, Brinckerhoff & Douglas de New York agissant comme ingénieur-conseil pour cette Compagnie, avec M. B. R. Value comme ingénieur dirigeant l'exécution et M. S. A. Thorsen comme ingénieur projecteur des ouvrages. M. O. Singstad était ingénieur-conseil pour la ventilation.