

Rapport technique / domaine du génie-civil

Contenu : Présentation et explication du système de buses en acier ondulé sur le chantier PI Les Saugys à Epagny

Rédaction : Gurtner Thibaut / Etudiant ETC 3 / 1700 Fribourg

Date : 23.12.2015

Présentation du projet

Les TPF (Transport Publics Fribourgeois) depuis 2008 doivent sécuriser tous les passages à niveau jugés dangereux et non conformes aux lois sur la sécurité ferroviaire. En effet l'emplacement et le manque de moyen de sécurité concernent plusieurs passages à niveaux sur la ligne Bulle-Montbovon et présentent des risques de collisions.

Je vais dans ce travail étudier l'exécution d'un PI (Passage Inférieur) sous la voie ferroviaire TPF Bulle-Montbovon qui remplacera le passage à niveau supprimé, c'est un PI de 27 m de long, d'une hauteur de 5.11 m et d'une largeur de 5.30 m, capable d'un passage de véhicules agricoles de grandes tailles.

La principale difficulté du projet est de garantir le délai extrêmement court donné par le maître d'œuvre (env. 26 heures) entre la fermeture et la réouverture du trafic ferroviaire de la ligne.

Plusieurs possibilités s'offrent à nous pour exécuter un passage inférieur de cette taille, je pense au béton, coulé sur place ou préfabriqué. Étant donné le délai extrêmement court le béton coulé sur place est une possibilité à exclure.



Le béton préfabriqué

Beaucoup de passages inférieurs ont jusqu'à maintenant été fait en béton préfabriqué que ce soit pour des piétons, des véhicules et autres. Les avantages et désavantages de ce type d'ouvrage sont les suivant :



Les avantages

- Pas de temps d'attente de prise
- Rapidité de montage
- Possibilité d'inclure des évidements à l'avance
- Grande résistance statique
- Possibilité de le rendre résistant aux attaques chimiques et aux sulfates
- Grande durabilité
- Le choix de la structure du béton de surface

Les désavantages

- Le prix
- Le poids des pièces, manutention et transport conséquent
- Les moyens de levage nécessitent une grande puissance

La buse métallique

Le béton préfabriqué n'as pas été la solution choisie, car sur ce projet la ligne aérienne et le passage de la gaine technique le long des voies posaient des difficultés de manutention des éléments et un va-et-vient continu à proximité augmentait le risque de contact avec les lignes, bien que mise à terre, les dommages auraient été catastrophiques, sans parler de la perte de rendement lors du montage.

Il y a beaucoup d'autres possibilités, pousse tube, béton projeté, terre armée, gabions, etc. Mais le maître d'œuvre a opté pour la buse métallique.

La buse métallique est un élément en tôles d'acier ondulés qui peut se décliner en plusieurs formes selon son application qui peut-être diverse et varié, le dimensionnement est calculé par l'entreprise qui l'a fourni. Le profil de la buse pour ce projet est circulaire mais légèrement aplati sur le bas.



Le déroulement des travaux

La première étape du chantier a été le piquetage du nouveau tracé du chemin AF (Aménagement Foncier) des deux côtés de la voie ferrée, puis du côté de l'accès a suivi le décapage et la creuse du coffre. Une fois la grave mise en place pour le coffre, le chemin a été utilisé comme accès provisoire pour atteindre la zone de chantier en contre-bas de la voie qui est à plus de 6 mètres de hauteur par rapport au terrain agricole. Une stabilisation à la chaux du fond de coffre a été nécessaire car le terrain contenait de l'eau.



Deux places en grave ont ensuite été exécuté, une qui a été recouverte d'embase PVC pour accueillir le camion grue qui déplacera la buse une fois montée et une autre pour le montage de la buse en prenant un soin tout particulier pour la planéité de cette place, demande de l'entreprise de montage.

Pendant le montage de la buse qui à duré environs 3 jours, les travaux de la chaussé de l'autre côté de la ligne étaient exécutés, il fallait baisser le terrain d'environ 6 mètres au plus bas pour accueillir le futur PI et assurer une courbe acceptable de la chaussée. Une permission d'utiliser le passage à niveau a été accordée sur présence d'un employé de sécurité TPF. De lourd travaux de stabilisation on aussi dû être fais de ce côté-là.

Une fois le chemin en grave effectué des deux côtés, seule la traversée de la ligne attendait les travaux. Les travaux de dépose des voies ont été décidés pour le vendredi 14.10.2014 à 21h00. La suite des transports publics s'est dès lors fait en bus. Cette décision nous donne une marge de sécurité sur le délai étant donné l'absence de passage de trains entre 22h00 et 5h00 du matin. Rapidement une équipe des TPF est venue démonter le tronçon de voie et l'entreposer un peu plus loin sur les rails.

Le terrassement de nuit d'environ 2800 m³ a été exécuté à l'aide de deux pelles sur chenille 22 to et d'un dumper A 30 (30m³) qui transportait les matériaux à une décharge ouverte à proximité du chantier. Sans oublier les fouilles et l'exécution des raccords entre les collecteurs et les drainages.



Peu commencer l'exécution du coffre posé sur une natte géotextile pour la séparation des couches et sous une embase en gravillon qui recevra la buse en prenant bien soin de ne pas laisser de vides ou de points durs. La buse métallique de 14to au total a ensuite été déposée avec minutie à l'aide d'un camion grue en prenant garde à la ligne et au chemin de câbles de pas moins de 90 kg/m contreventé par deux dîne métallique planter de chaque côtés de l'ouverture puis relier par un câble.

Prend suite les travaux d'enrobage du PI très important pour la stabilité et la résistance de la buse, des explications plus détaillé suivrons.

Enfin la mise en place de la chaille CFF, le raccordement des voies par les ouvrier CFF et la remise en tentions des lignes sont exécutés. Mission accomplie.



Données techniques

Les avantages

- Les buses métalliques sont des constructions en acier ondulé galvanisé à chaud, d'où une durabilité accrue des ouvrages. Pour des exigences plus particulières il y a la possibilité de leurs appliquer des revêtements spéciaux.
- La légèreté des éléments de montage et de la pièce montée en fond un grand atout par rapport au béton préfabriqué. Ce qui permet de la déplacer en une fois à l'emplacement définitif.
- La technique de montage de l'élément sur le chantier est simple et rapide.
- La souplesse de l'élément
- Le prix attractif

Les désavantages

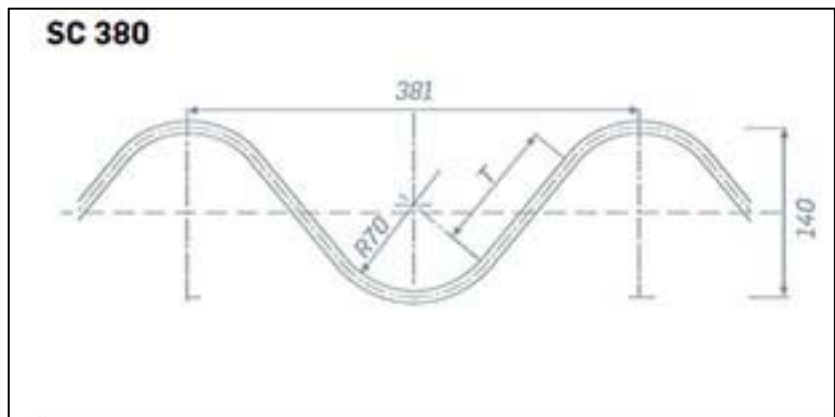
- La souplesse de l'élément peut aussi être un désavantage sur certain cas
- La forme de l'élément est limitée par rapport à un PI en béton



Aperçu des sections transversales

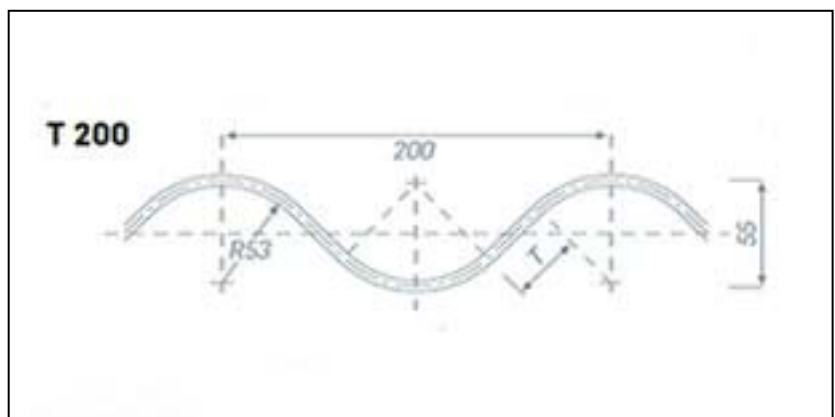
Profil circulaire	
	Profil aplati haut
Profil aplati bas	
	Profil P.I. haut
Profil P.I. bas	
	Profil elliptique

Plusieurs profils de buses sont disponibles et des profils spéciaux peuvent être faits sur demande. Cependant, les profils existants ci-joint sont déjà prévus pour un certain type de travaux. Par exemple un profil aplati sera souvent utilisés pour un passage de ruisseau car la forme du profil nous permet aisément de recréer un lit (fond d'un cours d'eau) au passage de la buse. Mais selon les contraintes de votre chantier chaque type de buse peut être utilisé de façon inédite.

Un dimensionnement des plaques utilisées devra être fait par l'un des ingénieurs de votre fournisseur selon les charges que va subir l'élément, il permettra de déterminer le profil d'ondulation comme les images ci-dessous, le type de boulon, la classe de résistance etc.



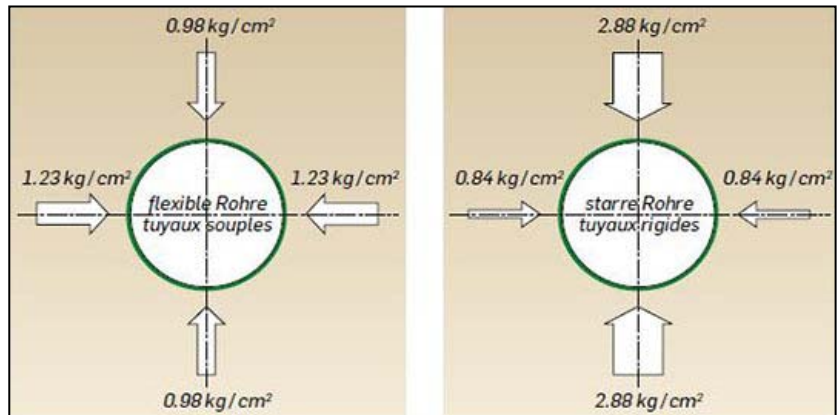
	Profil multi arche
Profil box	



Les contraintes statiques

Les buses métalliques sont des constructions souterraines et forment un système souple. La répartition des charges sera donc bien différente mais lui offre une capacité de chargement élevé.

Ci-contre voici deux représentations, l'une d'un tuyau rigide et l'autre d'un tuyau souple sous une même charge à 10.7m de recouvrement.

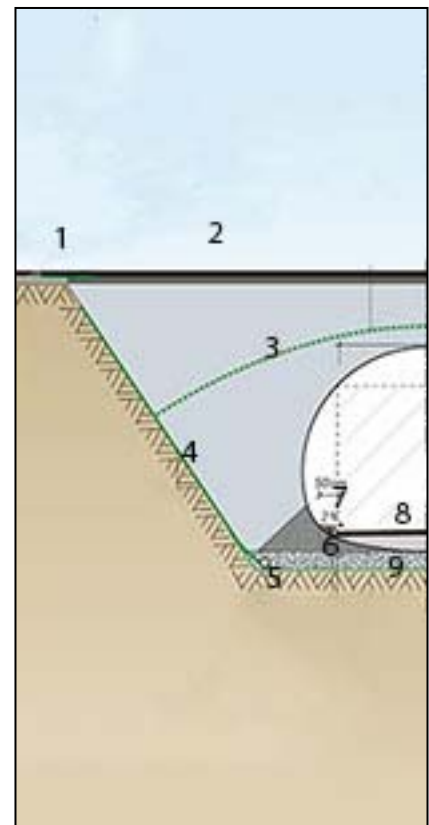


Un dimensionnement est fait pour chaque buse posée même si l'on en pose plusieurs identiques pour des cas similaires. Les facteurs suivants sont les plus déterminants.

- Dimension du profil
- Recouvrement
- Chargement
- Conditions du terrain

Avant et lors du remblayage certains éléments doivent faire partie intégrante de l'ouvrage, le système de drainage devra être optimal afin de préserver un enrobage de bonne qualité autour de l'élément. La coupe type suivante vous le détaille.

- 1. Revêtement existant
- 2. Nouvelle couche de bitume
- 3. Système d'étanchéité (ex. Géomembrane SYTEC Carlisle)
- 4. Natte drainante (ex. SYTECdrain)
- 5. Tuyau de drainage
- 6. Vis d'ancrage
- 7. Bordure
- 8. Assise
- 9. Géotextile non tissé (ex. géonontissé SYTEC NW)



Marches à suivre et prescriptions de montage

Fondation

Pour un sol de qualité le lit au-dessous de la buse métallique doit par une couche en grave compacté de 30 à 50 cm d'épaisseur être légèrement élastique. Si le sol est trop mou et de mauvaise qualité cette fondation doit être renforcé. Au contraire si le sol est trop dur et rocheux l'épaisseur doit être augmentée afin d'assouplir le lit de pose. La largeur de la fondation sera réalisée selon les croquis ci-dessous.

Pré-montage et mise en place

La place de montage de la buse doit être relativement plate. La légèreté des pièces permet aisément à un camion muni d'un bras de déchargement d'effectuer le montage. Lors de la mise en place définitive par le camion grue, les points d'attaches des sangles sont calculés et donnés par l'ingénieur du fournisseur sous peine de déformation de l'ouvrage.

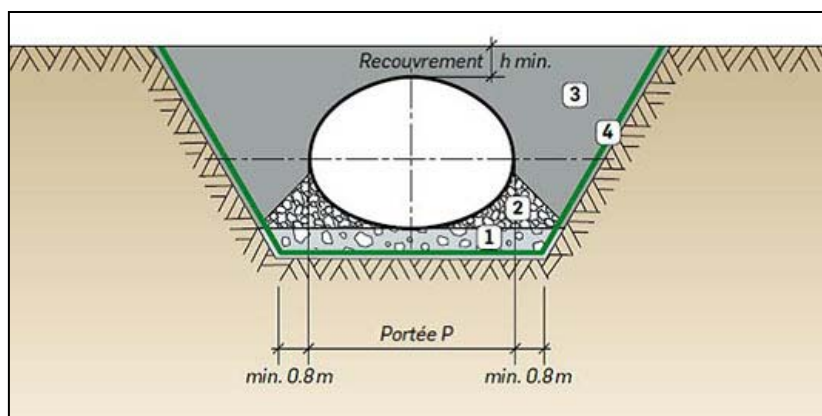
Assise latérale/compactage

Vue la nature souple de l'élément les assises latérales sont très importantes car elles reprennent des charges. Une grave GNT 0-63 mm convient parfaitement. Le matériel compacté doit au minimum obtenir un ME1 de 40MN/m². Pour une bonne assise un gravier rond 8/16 sera « bourré » manuellement le long de la buse, il est impératif qu'il n'y ait pas de vide ou de point dur. Important, le remblayage latéral doit être exécuté simultanément des deux côtés par couche de 40 cm d'épaisseur max. Proche de l'élément (env. 1.0m latéralement et 0.5m au sommet) n'utilisez que des engins de compactage léger. Attention de ne pas déformer l'acier.

Recouvrement

Le recouvrement minimum donné par l'ingénieur doit être respecté, des renforcements peuvent être demandés dans certains cas.

Le déroulement des travaux peut varier et est à regarder avec l'ingénieur du fournisseur.



En terrain de portance élevé

- 1 30 à 50 cm de fondation en grave
- 2 Bourrage manuelle avec gravier rond (0/30 mm)
- 3 Zone d'assise latérale
- 4 Géonotissé SYTEC NW

En terrain de faible portance l'espacement entre le pied de talus et le bord de de la buse devra être égal à la portée P.

Planning des travaux

Semaine 43/2014	Pré-terrassement, de part et d'autre. Deux machines d'excavation nécessaires (une de chaque côté de la voie)
	Pré-montage de la buse métallique, renfort pour mise en place de l'autogruue
	Préparation et stockage des matériaux de remblai
	Mise en place de l'autogruue
24.10.2014	
Jusqu'à 16h00	Mise en place des anticheminants (dispositif d'arrêt des voies)
	Pontage électrique du chantier
	Découpage de la voie (panneau de 24 m) (2 x 12 m) éclissage provisoire (pièce réunissant deux rails)
	Mise en place des signaux ralentissement
19h15	Pré-terrassement final au plus près de la voie
Dès 21h15	Suppression trafic FER, pontage électrique du chantier, déclenchement LC
	Dépose deux panneaux de voie (2 x 12 m) avec l'autogruue ou pelle mécanique, mise en stock à proximité
22h30	Excavation à travers la voie, stockage des déblais à proximité. Min. deux machines d'excavation + réserve en cas de panne
23h00	Lit de pose de la buse métallique, pose canalisation évacuation EC
25.10.2014	
06h00	Pose de la buse métallique avec l'autogruue
12h00	Remblai par couches de 50 cm, de part et d'autre de la buse, compactage (ME : 70 MN/m ²)
14h00	Pré-ballastage ballast qualité 1 32/50, ép. 20 cm, compactage léger
15h00	Pose du panneau de voie 24 m (2 x 12 m) avec autogruue ou pelle mécanique, éclissage et pontage électrique
Dès 16h00	Ballastage avec wagons et bourrage de la voie
Jusqu'à 23h00	Evacuation gabarit ferroviaire, réenclenchement de la LC et rétablissement de la voie

Comparaison de prix estimatif

Variante Buse métallique	U.	Q.	P.U.	Montant
Excavation à travers la voie	m ³	2000	6	12000
Exécution du lit de pose	m ³	115	70	8050
Prix brut buse métallique monté	fr	52000	1	52000
Pose de la buse métallique grue	fr	8	300	2400
Pose de la buse métallique hommes	h	8	65	520
Remblais de part et d'autre de la buse	m ³	1440	70	100800
Montant total				175770

Variante Buse béton préfabriqué	U.	Q.	P.U.	Montant
Excavation à travers la voie	m ³	2000	6	12000
Exécution du lit de pose	m ³	80	70	5600
Prix brut P.I. en béton préfas	fr	45000	1	45000
Montage des élément préfas Grue	fr	48	300	14400
Montage des élément préfas hommes	h	48	65	3120
Remblais de part et du P.I.	m ³	1450	70	101500
Montant total				181620

La comparaison de prix démontrant une différence de 5` 850.00.- est estimative car le prix de chaque buse ou chaque élément préfabriqué est calculé selon le cas.

Conclusion

En fonction des éléments cités dans ce document, nous pouvons tirer un bilan positif des passages inférieurs avec une buse métallique en acier ondulé. Le point important est que le fait que l'on puisse monter l'élément au complet à côté de la voie et de la poser d'une seule fois à son emplacement définitif nous a permis de tenir le court délai de fermeture des voies.

Les éléments en acier ondulé peuvent être une solution d'exécution rapide et économique pour l'entreprise.

Remerciements

Je tiens à remercier les personnes citées ci-dessous qui m'ont aidée à mener à bien ce document.

Personnes : M. Pascal Dupré, ingénieur HES chez SYTEC bausysteme AG

M. Nicolas Rime, ancien conducteur de travaux chez Grisoni-Zaugg SA

Documents: www.sytec.ch

Documentation donné par SYTEC

Photos : Chantier P.I. Les Saugys pris par l'entreprise Grisoni-Zaugg SA

Sytec Bausysteme AG

Divers ouvrages fait d'éléments en acier ondulé

P.I. sous voie de chemin de fer



Passage de cours d'eau



Acier ondulé utilisé verticalement



Contacts

SYTEC Bausysteme AG

Laupenstrasse 47

3173 Neuenegg

Téléphone 031 980 14 14

Fax 031 980 14 24

E-Mail sytec@sytec.ch

