Rapport technique / domaine du génie civil

Contenu : Collecteur en PRV (polyester renforcé de fibres de verre)

Rédaction : RAMUZ Jonathan / élève de 3ème année école technique de la construction de Fribourg
Date : 1er janvier 2017 / v2

1. Introduction

Durant mon stage au sein de l'entreprise Brodard SA à La Roche, j'ai géré plusieurs chantiers de génie civil notamment beaucoup de poses de collecteurs, mise en séparatif etc… Pour ce genre de travaux, j'ai dû utiliser beaucoup de matériaux différents et j'ai pu constater beaucoup de lacunes de ma part sur plusieurs d'entre eux. Celui qui a directement attiré mon attention a été ces étranges éléments de collecteur, les produits Hobas. Leurs produits sont en PRV qui signifie, polyester renforcé de fibres de verre. Effectivement, tous les éléments tels que les tuyaux, les manchons et même les chambres et fonds de chambre étaient de cette matière. J'ai alors fait des recherches sur ce nouveau matériau pour moi afin de connaître ses utilisations, ses avantages, ses inconvénients et surtout son prix.

Chambre préfabriquée au dépôt de l'entreprise Brodard SA

2. Généralités

2.1 Historique

En 1957, en Suisse dans la ville de Bâle, dans une usine de textile, des cylindres en bois étaient utilisés pour teindre les fils de tissus. Ces cylindres se déformaient et s'usaient très rapidement. Il fallait énormément de temps pour les produire et ils étaient forcément très coûteux. Les ingénieurs de l'usine recherchent alors un nouveau système, pour remplacer le bois. Ils ont développé un nouveau procédé de production, la centrifugation, la contrainte était que la surface externe du tube soit absolument régulière et lisse et de ce fait, ils ont utilisé du polyester renforcé de fibres de verre. Le PRV était déjà connu dans les domaines de la construction nautique, automobile et même aéronautique. C'est surtout grâce à sa résistance à la corrosion et aux produits chimiques qui confirment son arrivée dans plusieurs domaines et notamment celui de la construction.

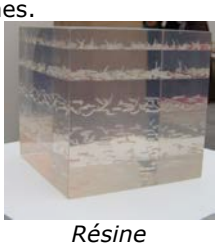
2.2 Composition

Le PRV est un matériau composite, c'est-à-dire qu'il est fait de plusieurs matières :

- Matrice polymère : c'est ce qu'on appelle plus communément de la résine, elle est généralement faite de polyester thermodurcissable, époxyde ou thermoplastique

- Fibres : ce sont des fibres de verre, finalement les mêmes fibres que l'on observe dans les isolations en fibres de verre. Parfois on utilise aussi des microsphères de verre.

La matrice polymère colle les fibres de verre ensemble un peu comme le ciment collerait les granulats. Les tuyaux de type Hobas sont un assemblage de ces couches avec d'autres adjonctions afin de former plusieurs couches dures ou moins dures, lisses ou moins lisses. Hobas garde le secret sur la composition de ces différentes couches.

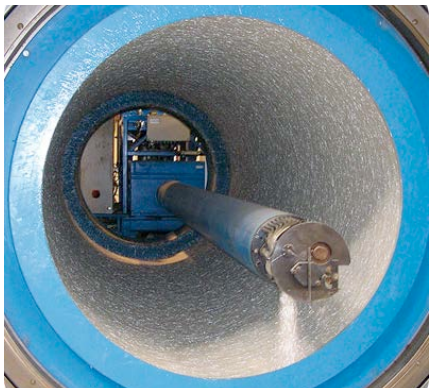


Résine

Fibres de verre

2.3 Fabrication

Le tuyau est fabriqué de l'extérieur vers l'intérieur. Les différents composants cités plus haut sont introduits à l'aide d'un bras d'alimentation dans un moule de 6.00 mètre de long et du diamètre du futur tube. Pendant tout le processus, le moule tourne à différentes vitesses afin de propulser la matière injectée vers les parois. Ainsi les parois du tuyau sont compactées par la force centrifuge que l'on implique à la pièce. Une dernière étape est nécessaire, le produit est chauffé afin que la résine durcisse. Durant cette phase, le tuyau est toujours en rotation constante afin de garantir une uniformité de la paroi et donc d'avoir un diamètre constant sur toute la pièce.



Fabrication par centrifugation

2.4 Caractéristiques

Hobas produit principalement des tuyaux de ce que l'on appelle dans notre région de gros diamètre c'est-à-dire plus de 1.00m voire même jusqu'à 3.60 mètre de diamètre pour les plus grosses pièces que l'entreprise a construites. Il est possible d'utiliser ces produits pour des réseaux d'eau gravitaire, réseaux sous pression (eau potable, eau industrielle) et aussi pour des systèmes de rétention. C'est pour cela qu'ils ont une grande résistance à la pression nominale. La rigidité annulaire est aussi relativement élevée.

Gamme HOBAS	
Diamètre nominal (DN)	150-3600mm
Pression nominale (PN)	1-32 bar
Rigidité annulaire nominale	630-1'000'000 N/m²
Produits	-Conduites pour l'assainissement -Conduites d'eau potable -Conduites d'aération

2.5 Applications

Comme déjà précisé plus haut, les tuyaux de type Hobas ont l'avantage de pouvoir être utilisés de plusieurs manières et offrent certains inconvénients mais surtout beaucoup d'avantages. Les produits Hobas peuvent aussi être utilisés pour des conduites forcées hydroélectriques, dans l'industrie, pour des systèmes de drainage, bien évidemment pour la fabrication de regard de visite et aussi même pour des applications sans tranchée comme des micro-tunneliers ou des pousse-tubes. Les produits Hobas ont aussi été utilisés pour des applications inattendues, dans des cas très spéciaux comme par exemple un passage à faune.

Pousse-tube

Conduite forcée

Conduite industrielle

Passage à faune

3. Cas pratique

3.1 Définition des variantes

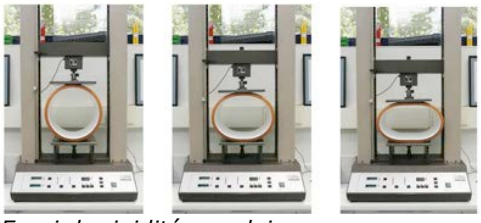
La déviation d'un petit cours d'eau à Bulle était le but de notre mandat. Le tracé du ruisseau dans la nouvelle conduite était long de 280.00 mètres avec des pentes variables et des diamètres différents entre chaque regards de visite. Le calculateur de l'entreprise a demandé plusieurs offres pour la réalisation de l'ouvrage, il s'est avéré que la variante en produit PRV était meilleure marché que les autres matériaux. Pour information j'ai eu la chance de travailler avec chacun de ces matériaux durant mon stage et je connais donc les avantages et les inconvénients de ces différents produits.
Pour le présent rapport, définissons un diamètre et décidons de prendre un DN de 600-630 car c'est le plus gros diamètre que l'on trouve en plastique pour un SN de 10000N/m². Nous allons comparer 3 produits : un tuyau REHAU AWADUCK RAUSISTO de chez Rehau ø630, un tuyau Hobas ø600, et un tuyau béton type Isotub armé ø600. Dans le tableau ci-dessous on trouve les caractéristiques de tous les tuyaux.

Caractéristiques	**AWADUCK RAUSISTO (Rehau)**	**Hobas**	**Isotub**
Matériaux	Polypropylène (PP)	PRV	Béton armé
Rigidité Annulaire (SN)	SN 10 [kN/m²]	SN 10'000 [N/m²]	SN 10 [kN/m²]
Diamètre nominal (DN)	Ø630mm'	Ø600mm'	Ø600mm'
Diamètre extérieur	Ø630mm'	Ø616mm'	Ø760mm'
Épaisseur	24.1mm'	8mm'	80mm'
Diamètre intérieur	Ø581.8mm'	Ø600mm'	Ø600mm'
Diamètre max (avec manchons)	Ø710mm'	Ø651mm'	Ø902mm'
Poids au mètre	44.00kg	61.00kg	465.00kg
Longueur livrée	6.00m'	6.00m'	2.50m'
Largeur de fouille	1.33m'	1.31^{5}m'	1.46m'
Profondeur file d'eau	2.00m'	2.00m'	2.00m'
Profondeur de la fouille	2.12^{5}m'	2.11m'	2.18m'
Volume d'excavation	2.826m³/m'	2.775m³/m'	3.182m³/m'
Matériaux d'enrobage	0.925m³/m'	0.907m³/m'	1.094m³/m'
Matériaux de remblai	1.588m³/m'	1.569m³/m'	1.635m³/m'
Matériaux en décharge	1.238m³/m'	1.206m³/m'	1.547m³/m'
Images			

3.2 Comparaison des variantes

3.2.1 Rigidité annulaire

Tout d'abord il faut savoir que les tuyaux sont bien souvent classés par leur résistance, pour la comparaison il semble important de prendre la même rigidité annulaire pour les 3 matériaux. SN veux dire en anglais nominal stiffness, signifie rigidité annulaire, c'est la contrainte admissible par le tuyau, l'unité de la contrainte ou pression est une force par une surface.



Essai de rigidité annulaire

3.2.2 Les diamètres

On constate que la définition du diamètre nominal (DN) ne se fait pas de la même manière en fonction du matériau. En effet, pour les tuyaux plastiques, le DN se mesure à l'extérieur du tuyau et c'est complètement l'inverse pour le DN des tuyaux en PRV et en béton où le DN est le diamètre intérieur du tuyau. On constate donc qu'un tuyau PPø630 n'a pas un diamètre intérieur de ø600 comparé aux autres produits. Du coup, il faut faire très attention en cas de changement de diamètre, ou pour la proposition d'une variante à un maître d'ouvrage.

3.2.3 Le poids

Dans le tableau ci-dessus, on observe que le PRV et le PP pèsent pratiquement la même chose pour 1m' de longueur. Par contre le tuyau en béton armé est nettement plus lourd, plus d'une tonne par mètre. C'est certainement pour cette raison que les tuyaux ISOTUB sont livrés par longueur maximum de 2.50m' et de 6.00m' pour les 2 autres matériaux. Le poids des éléments est important pour la définition du moyen de levage sur le chantier. Effectivement pour les tuyaux béton, une plus grosse machine sera nécessaire et engendrera certainement un plus gros empâtement et une plus importante pression au sol. Durant mon stage j'ai eu beaucoup à faire avec les géologues qui demandaient les fiches techniques de chaque machine afin de connaître les pressions au sol de celle-ci. L'argument de variante avec des tuyaux légers peut aussi pesé dans la balance d'un maître d'ouvrage soucieux de l'environnement.

3.2.4 Longueur livrée

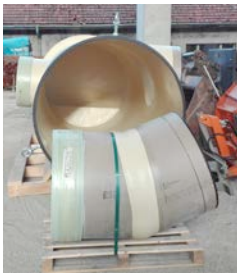
Mise en place d'un tuyau en PRV

Comme déjà mentionné plus haut, les tuyaux en béton armé sont livrés en plus petite longueur que les 2 autres matériaux ceci à cause de leurs poids. Pour avoir utilisé les différents matériaux durant mon stage, j'ai constaté que lorsqu'une fouille est étayée (krings ou panneau bois) il est très difficile de mettre en place de très longs tuyaux à cause notamment des étrésillons. Il est évident que le tuyau en béton s'adapte clairement à la mise en place dans une fouille étayée. On peut constater ceci sur ces différentes photos.

Etayage lourd

3.2.5 Synthèse

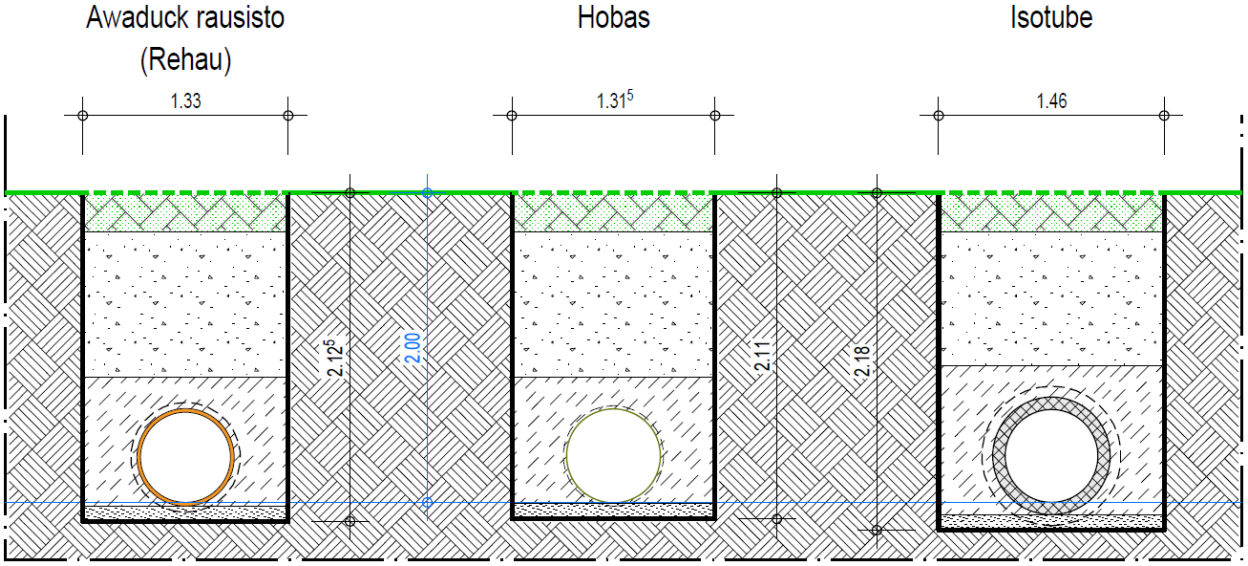
Il est évident qu'il n'y a pas que les caractéristiques physiques du produit pour la comparaison. Il y a sa mise en place, comme cela a déjà été mentionné plus haut et on pourrait aussi parler longuement des raccords aux chambres, des chambres préfabriqués en même matériaux que le tuyau ou des chambres coulées sur place, lesquelles seraient adaptées ? Mais bien souvent les facteurs principaux qui décident du choix de matériaux sont le temps de mise en place et donc le prix de pose mais aussi tout simplement le prix de la pièce franco. Effectivement c'est plus souvent ces derniers facteurs qui rentrent en compte pour la présentation d'une variante lors d'un dépôt d'offre par exemple.



3.3 Le prix

3.3.1 Données

Pour la comparaison j'ai décidé de prendre un cas de fouille simple. La pose d'une tuyau de ø600 à une profondeur au fil d'eau de 2.00m' dans une fouille étayée de manière simple, c'est-à-dire avec des étrésillons et des panneaux de bois avec un entraxe selon la nature du terrain. L'étayage ne sera pas pris en compte dans le prix. Le projet se situerai en campagne : une fouille à travers champs. L'enrobage sera simple, les tuyaux seront posés sur un lit de pose qui est toujours le même pour chaque produit, il ne sera donc pas pris en compte. Les valeurs se trouvent dans le tableau ci-dessus. Ici on retrouve les matériaux avec un schéma des coupes pour les 3 différentes variantes.



Désignation	AWADUCK RAUSISTO (Rehau)		Hobas		Isotub	
	Calcul	Prix	Calcul	Prix	Calcul	Prix
Décapage	1.33*0.25*4.-=	1.33	1.315*0.25*4.-=	1.32	1.46*0.25*4.-=	1.46
Excavation	2.826*12.-=	33.91	2.775*12.-=	33.30	3.182*12.-=	38.18
Pose	3ho*0.25*60.-	45.-	3ho*0.225h*60.-	40.50	3ho*0.20h*60.-	36.00
Fourniture matériaux enrobage	0.925*32.-=	28.96	0.907*32.-=	29.02	1.094*32.-=	35.01
Mise en place et compactage enrobage	0.925*8.-=	7.40	0.907*8.-=	7.26	1.094*8.-=	8.75
Remblayage	1.588*6.-=	9.53	1.569*6.-=	9.41	1.635*6.-=	9.81
Evacuation décharge	1.588*9.-=	14.29	1.569*9.-=	14.12	1.635*9.-=	14.71
Taxe de décharge	1.588*12.-=	19.06	1.569*12.-=	18.83	1.635*12.-=	19.62
Sous total		159.48		153.76		163.54
Prix de fourniture du tuyau franco chantier	290.50*(-40%)	174.30	295.13*(-45%)	162.32	166.00*(-15%)	141.10
Total		333.78		316.08		304.64

3.3.2 Analyse du prix

On constate pour la creuse, l'enrobage et la pose (sous-total) que le tuyau en PRV revient moins cher car effectivement dans la fouille, il prend moins de place, on peut donc diminuer l'emprise de terrassement et gagner des cubes de matériaux terreux à évacuer en décharge par exemple. Contrairement au tuyau en béton armé qui lui est beaucoup plus large et prend plus de place dans la fouille. Il est évident que le prix de fourniture franco chantier sans rabais est plus élevé pour le tuyau en PRV à cause de sa matière première et de ses frais de livraisons. L'Isotub lui est très compétitif car il est fait de matière simple et produit dans notre pays. Les rabais constatés sur le tableau ci-dessus sont ceux que des représentants m'ont donnés. Il est clair qu'ils peuvent variés en fonction du marché au moment de la commande.
Il semble évident que le tuyau en PP est nettement plus cher et on peut affirmer que pour ce genre de diamètre il est préférable de ne plus utiliser ce matériau. Il faut savoir que le tuyau en PRV à une durée de vie énorme, entre 100 et 150 ans d'après le fournisseur, contrairement au tuyau béton qui durerait entre 50 et 75 ans. De plus, le PRV est très lisse contrairement au béton armé. Dans certains cas pratiques si l'ingénieur avait calculé un diamètre d'Isotub ø1000, de part sa rugosité très faible, on pourrait prendre un tuyau PRV ø900. Il est évident que ce n'est pas une science infuse, le calcul devra être vérifié.

4. Conclusion

Les trois matériaux traités se valent. Certains ont des avantages à la pose, d'autres pour l'environnement tel que l'Isotub qui, si le collecteur devient cancellé, peut rester dans le terrain sans problème contrairement peut-être aux autres matériaux. Chaque chantier est différent, chaque chantier est un prototype. Il est important pour l'entreprise qui propose une alternative à la soumission avec un autre matériaux d'avoir une variante bien expliquée avec des arguments de poids pour le maître de l'ouvrage, bien souvent il s'agii du prix. Mais pourquoi ne pas mettre en avant les caractéristiques techniques des matériaux ?

4.1 Remerciements

Entreprise Brodard & Fils SA à La Roche
M. Rütti, conseillé technique de l'entreprise HOBAS

4.2 Sources

www.hobas.ch
www.rehau.com
www.creabeton-materiaux.ch