



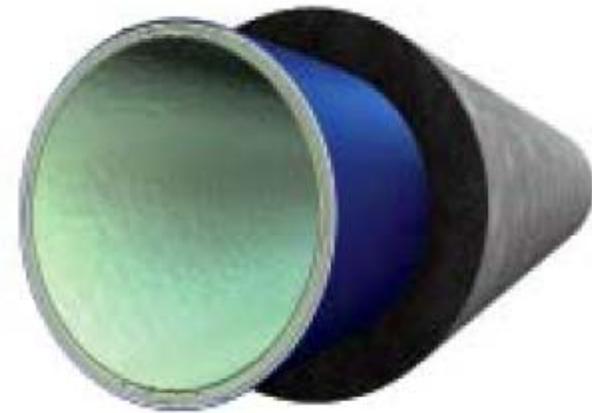
Congrès INFRA 2014

La caractérisation de conduites réhabilitées

*Daniel Poirier, ing. – chargé de projets CDCQ
1^{er} décembre 2014*

Contenu de la présentation

- Le contexte
- Introduction aux matériaux composites
- Les problématiques
- Les objectifs
- Les essais de caractérisation
- La conclusion

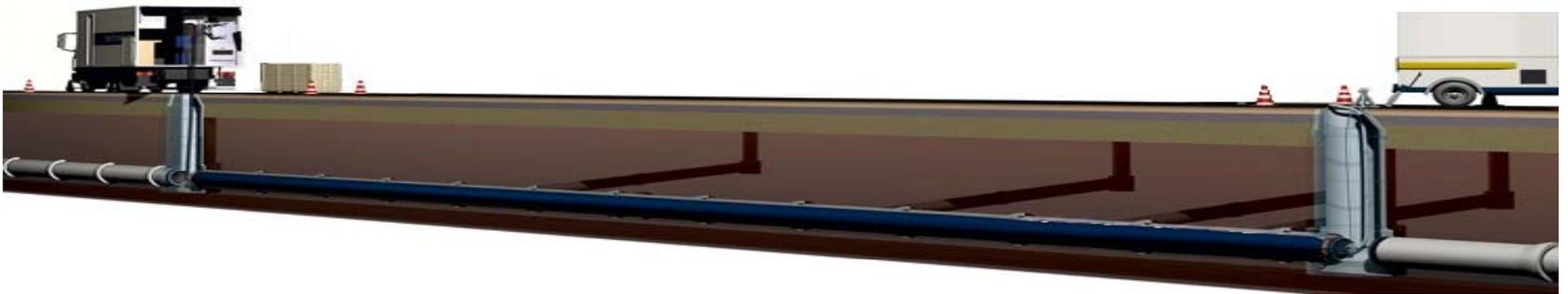


Le contexte

Les travaux de réhabilitation de conduites d'eau potable et d'égout à l'aide de matériaux composites sont de plus en plus fréquents au Québec.

Afin de faciliter l'accès à ces technologies de réhabilitation sans tranchée, le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) a élaboré la norme 1809-400 intitulée « Travaux de réhabilitation sans tranchée - Conduites d'eau potable et d'égout ».

Dans le cadre de ces travaux, le CDCQ a été mis à contribution pour les portions touchant la caractérisation des matériaux composites.

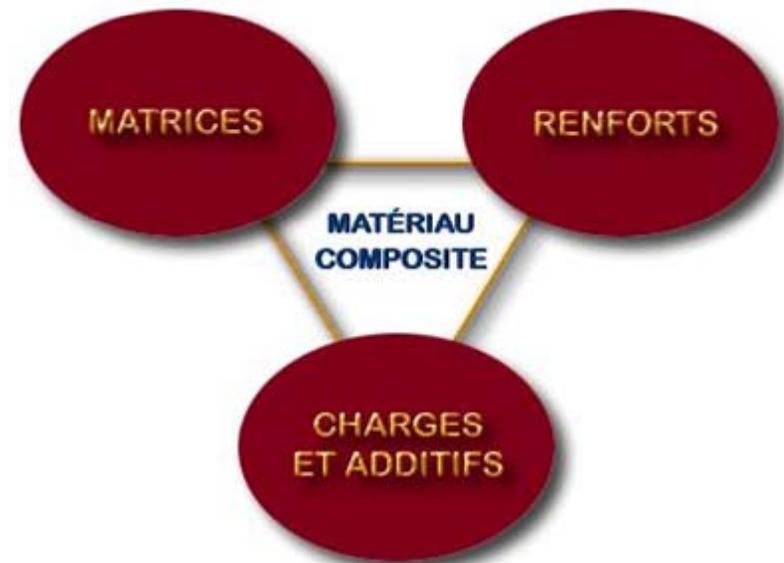


Introduction aux composites

Qu'est-ce qu'un matériau composite?

Assemblage de plusieurs éléments qui produit un effet de synergie entre les propriétés de ces éléments.

Nous retrouvons deux ou plusieurs éléments dans l'assemblage d'un matériau composite. En variant les éléments, nous adaptons le matériau composite aux conditions d'utilisation. Ces éléments peuvent être classés parmi ces trois catégories :



Introduction aux composites



Rôles de la matrice

Dans les matériaux composites, les matrices ont comme rôles:

- Enrober et lier les fibres entre elles
- Transmettre les efforts aux fibres et les répartir
- Séparer les fibres les unes des autres
- Protéger les fibres des agressions extérieures
- Permettre l'obtention de formes diverses

⇒ Les propriétés chimiques dépendent souvent de la matrice ⇐

Introduction aux composites



Rôles des renforts

Dans les matériaux composites, les renforts apportent de la solidité aux matériaux et sont responsables des performances mécaniques.

Pour obtenir les propriétés mécaniques désirées, il faut tenir compte :

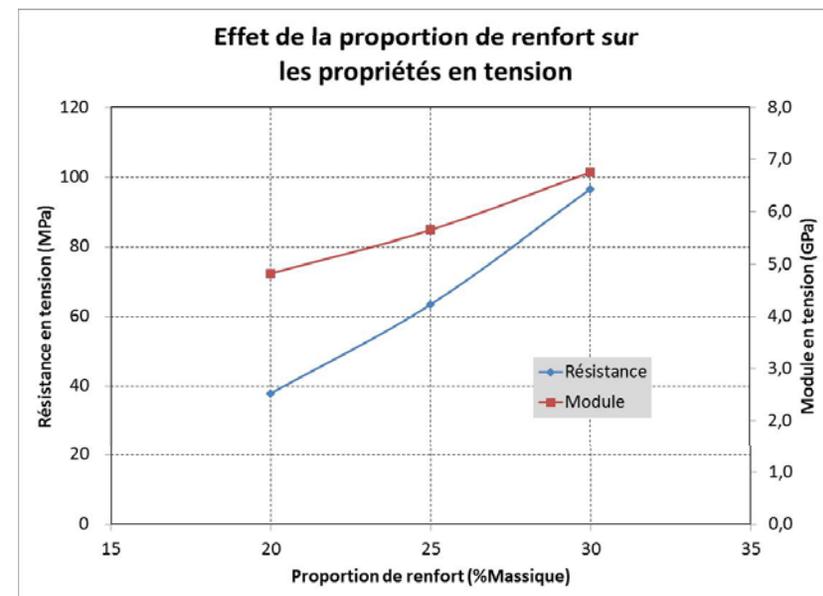
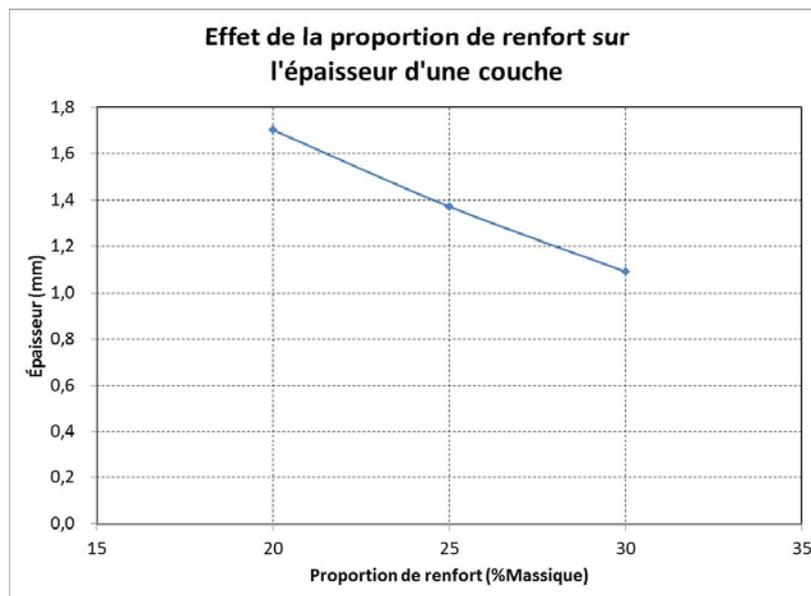
- de la *composition* du renfort,
- du *type de renfort* et de leur *orientation* dans le composite,
- de la *proportion* de renfort dans le composite.

⇒ Les renforts sont responsables des propriétés mécaniques ⇐

Introduction aux composites

Proportion de renfort vs propriétés

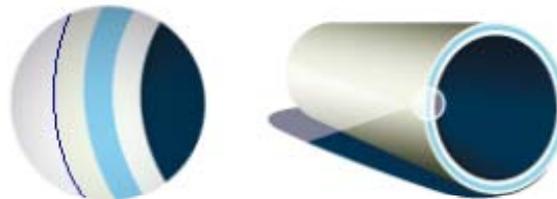
Pour un composite en fibres de verre (renfort en mat de 450 g/m² avec résine polyester), voici les propriétés en fonction de la proportion de renfort :



Source des données: Design Properties of Marine Grade Fiberglass Laminates, Gibbs & Cox inc. (propriétés orientées à 0°)

Les problématiques

- Différents procédés de réhabilitation (pulvérisation, gainage par tirage ou inversion)
- Grande variété de matériaux utilisés :
 - renfort (fibres de verre, fibres synthétiques, ...),
 - résine (polyester, vinylester, époxyde, ...).
- Orientation variée des renforts : aléatoire (mat ou feutre) et/ou orienté (tissé)
- Construction multicouche (incluant des films)



Les problématiques

- Méthodes d'inspection traditionnelles difficiles à réaliser :

- mesures dimensionnelles (épaisseurs),
- construction (taux de renfort et orientation).



- Géométrie des échantillons à caractériser non standard :

- cylindrique ou double courbure,
- fini de surface irrégulier.



- Échantillonnage (méthode et nombre) différent selon contracteur et/ou client

- Requis imposés dans les normes ASTM pour la réhabilitation font place à interprétation (paramètres d'essais et propriétés évaluées)

Les objectifs

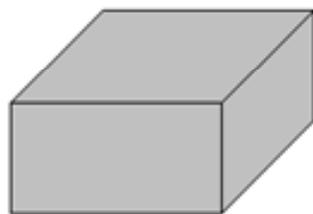
Uniformiser les méthodes de contrôle de la qualité selon les besoins spécifiques de l'application de réhabilitation en tenant compte des différences de chaque produit actuellement disponible sur le marché.

- Aspects traités :
 - ✓ type d'essais
 - ✓ échantillonnage
 - ✓ paramètres d'essais
 - ✓ propriétés

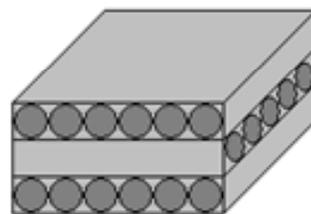
Les essais de caractérisation

Nature des matériaux à caractériser

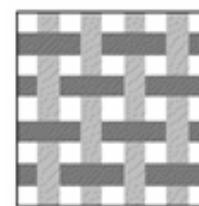
Type de matériaux	Définition	Exemples de matériaux
Isotrope	Qualifie un matériau qui possède les mêmes propriétés dans toutes les directions (x, y et z)	Métaux, matrice seule (époxy, polyurée,...)
Anisotrope	Qualifie un matériau qui possède des propriétés qui ne sont pas identiques dans toutes les directions.	Matériaux composites avec renforts unidirectionnels ou renforts différents dans le plan x et y
Orthotrope	Qualifie un matériau qui possède les mêmes propriétés suivant deux composantes principales perpendiculaires (x et y).	Matériaux composites avec renforts tissés ayant les mêmes filaments en x et y (taffetas)
Quasi-isotrope	Qualifie un matériau qui possède les mêmes propriétés dans le plan x et y.	Matériaux composites avec renfort non orienté (feutre ou mat)



isotrope



anisotrope



orthotrope



quasi-isotrope

Les essais de caractérisation

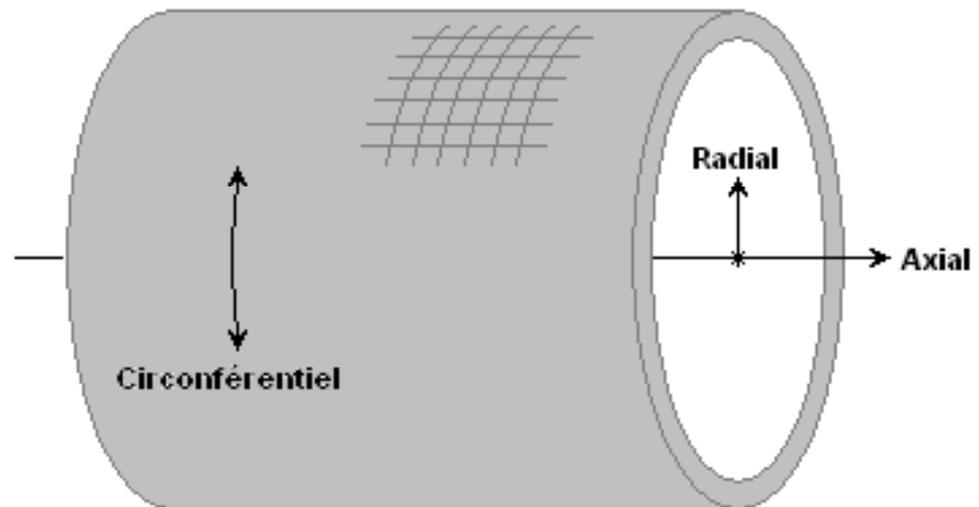
Échantillonnage

Sens d'échantillonnage

Sens axial = axe X

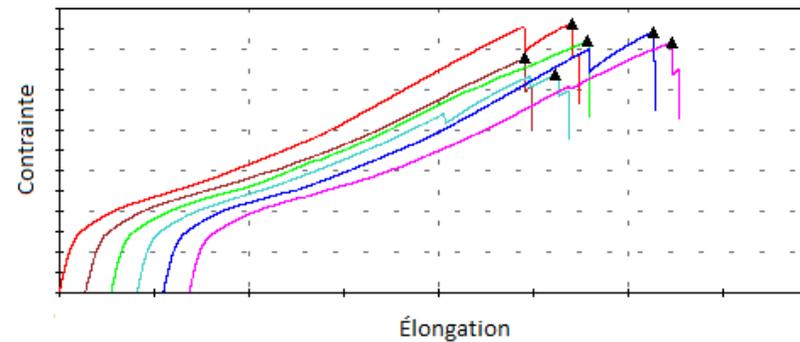
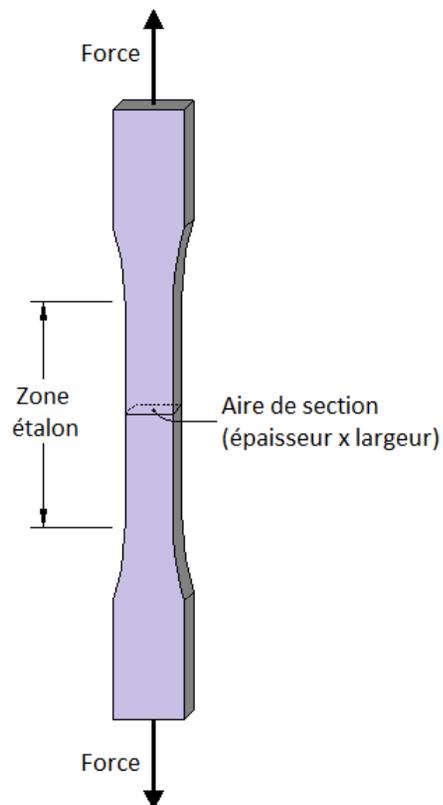
Sens circonférentiel = axe Y

Sens radial = axe Z (épaisseur)



Les essais de caractérisation

Propriétés en tension (ASTM D638)

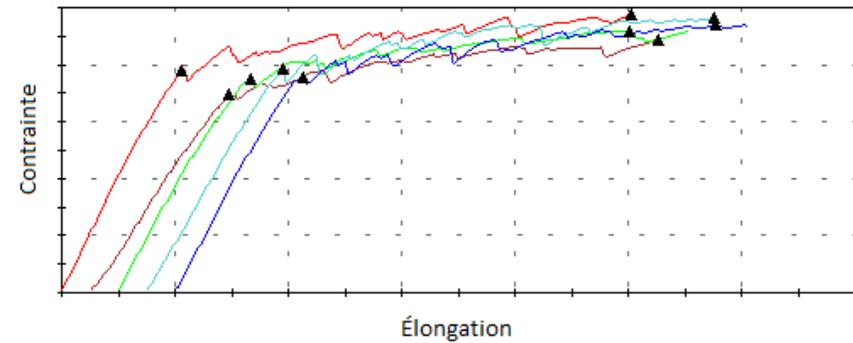
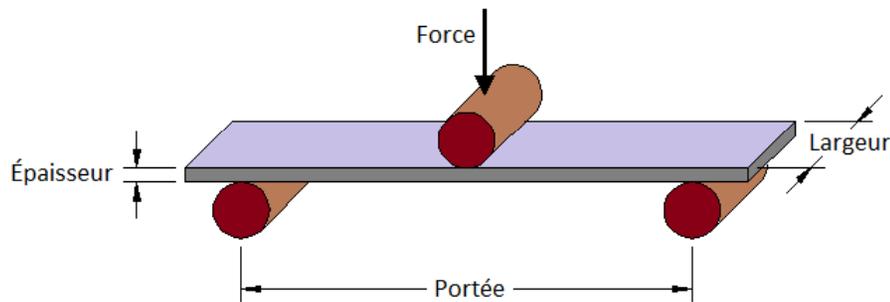


Principales caractéristiques déterminées

- Module
- Résistance (contrainte ultime)
- Élongation

Les essais de caractérisation

Propriétés en flexion (ASTM D790)



Principales caractéristiques déterminées

- Module
- Résistance (contrainte ultime)
- Élongation

Les essais de caractérisation

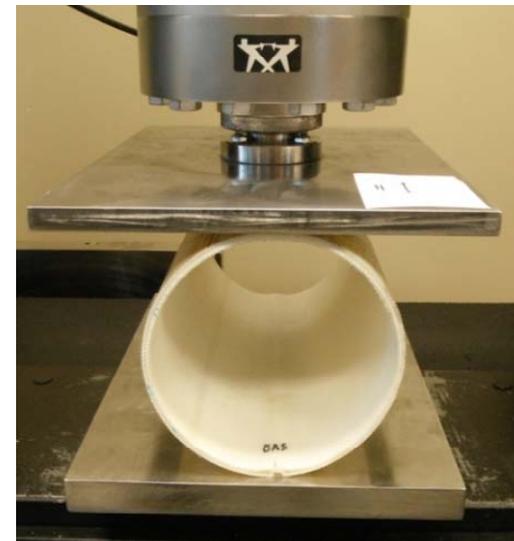
Autres méthodes d'essais évalués



Flexion 3 points sur tuyau
(ISO 178)



Tension « Split-disk »
(ASTM C2290)

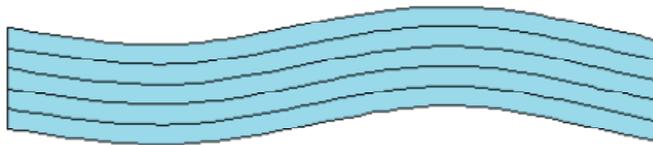


Compression sur tuyau
(ASTM C2412)

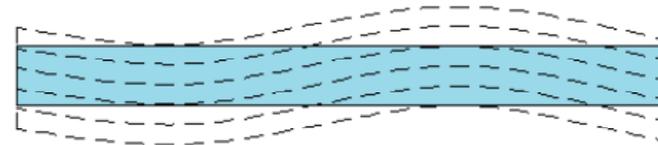
Les essais de caractérisation

Échantillonnage

Découpe et usinage des éprouvettes



Recommandé



Non recommandé

Géométries et dimensions des éprouvettes

- En tension : Type I et III (« dog bone » standardisé)
- En flexion : Rectangulaire (largeur non-standardisée, longueur selon ratio portée/épaisseur)

Les essais de caractérisation

Paramètres d'essais

Sens de chargement

- En tension : Sens axial et/ou circonférentiel selon la nature des matériaux
- En flexion : Sens radial (vers intérieur vs extérieur)



Vitesse d'essais

- Fixe en tension (5 mm/min) et variable en flexion (Procédure A ou B)

Conclusion

La norme BNQ 1809-400 permet :

- l'utilisation de critères de qualité basés sur les performances minimales définies dans la norme ASTM F1216;
- l'encadrement des méthodes d'échantillonnage et de préparation des éprouvettes pour une caractérisation de type « application »;
- la définition des paramètres d'essais et des propriétés à utiliser pour une meilleure uniformité dans le contrôle de la qualité.

Conclusion



Futurs travaux envisagés au CDCQ dans le secteur de la réhabilitation :

- Caractérisation des propriétés des matériaux à long terme.
- Caractérisation à grande échelle sur des conduites de grandeur nature pour une optimisation des constructions et des propriétés.
- Développement de procédures pour quantifier le niveau de réticulation de la résine durant la mise en œuvre.
- Développement d'une procédure universelle pour quantifier la proportion de renfort dans les conduites réhabilitées pour une base de qualité.

Questions?

Merci de votre attention!