



## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 33313 B1** (51) Cl. internationale : **B28B 21/00**

(43) Date de publication :  
**01.06.2012**

---

(21) N° Dépôt :  
**33337**

(22) Date de Dépôt :  
**11.11.2010**

(71) Demandeur(s) :  
**SOCIÉTÉ OMNIUM MAGHREBIN DES CONDUITES D'EAU, COMPLEXE SKHIRATE  
ANGLE AV. HASSAN II ET RTE DE LA PLAGE SKHIRATE (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**Roger LEPAUMIER ; MOHAMED BENLAMAALAM**

(74) Mandataire :  
**MOHAMED BENLAMAALAM**

---

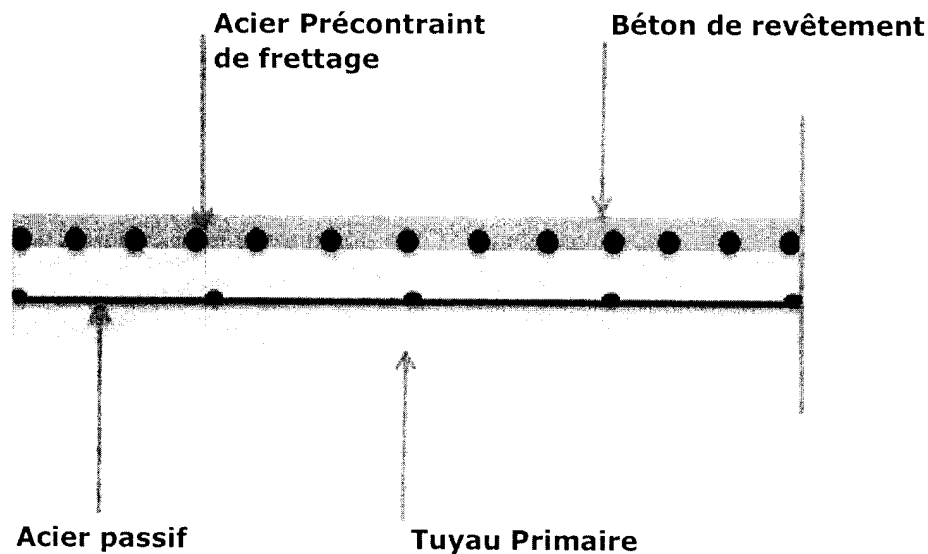
(54) Titre : **NOUVEAU PROCÉDE DE FABRICATION DE TUYAUX SOUS PRESSION EN  
BETON ARME PRECONTRAIT**

(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION A POUR OBJET DE CONCEVOIR ET DE RÉALISER UNE CONDUITE EN BÉTON PRÉCONTRAIT AVEC UN TUYAU PRIMAIRE COULÉ & VIBRÉ VERTICALEMENT SANS ARMATURES PRÉCONTRAINTE ET AYANT UNE LONGUEUR UTILE DE 3,5 M AVEC UN PROCESSUS SIMPLE ET OPTIMISÉ, AVEC MOINS DE MAIN D'OEUVRE ET UN PRODUIT COMPÉTITIF À LA POSE QUI S'AFFRANCHIT DE TOUT LES INCONVÉNIENTS DU TUYAU CENTRIFUGÉ DE 7 M DE LONGUEUR.

**Brevet : Nouveau procédé de fabrication de tuyaux sous pression en  
béton armé précontraint**

**Abrégé :**

La présente invention a pour objet de concevoir et de réaliser une conduite en béton précontraint avec un tuyau primaire coulé & vibré verticalement sans armatures précontraintes et ayant une longueur utile de 3,5 m avec un processus simple et optimisé, avec moins de main d'œuvre et un produit compétitif à la pose qui s'affranchit de tout les inconvénients du tuyau centrifugé de 7 m de longueur.



**COUPE LONGITUDINALE DU TUYAU**

01 JUIN 2012

**Brevet : Nouveau procédé de fabrication de tuyaux sous pression en  
béton armé précontraint**

**Objet :**

L'invention concerne la conception & la réalisation d'une conduite en béton précontraint avec un tuyau primaire coulé & vibré verticalement sans armatures précontraintes et ayant une longueur utile de 3,5 m. Le tuyau est ensuite fretté avec une armature précontrainte et revêtu avec un béton de haute performance.

**Etat de la technique :**

Actuellement, Les conduites en béton armé précontraint sont réalisées avec un tuyau primaire centrifugé sur une longueur utile de 7m. La fabrication du tuyau primaire s'effectue couramment, comme on le sait, au moyen du procédé de la centrifugation du moule à très grande vitesse permettant de mettre en place le béton moyennant la force centrifuge. Ce procédé présente plusieurs inconvénients :

- un risque d'accident très élevé et potentiellement grave
- énormément de main d'œuvre (20% du prix de revient)
- Une difficulté dans la mise en place sur le chantier avec la nécessité de mettre les appuis préférentiels (tasseaux) en raison des 7 m de longueur
- Une vulnérabilité aux simples mouvements de terrain pouvant casser la conduite par le cisaillement en raison des 7 m de longueur

En somme, ces éléments conjugués font que le produit n'est plus compétitif sur le marché.

La présente invention a notamment pour objet de concevoir et réaliser une conduite en béton précontraint avec un tuyau primaire coulé & vibré verticalement sans armatures précontraintes et ayant une longueur utile de 3,5 m qui s'affranchit de tout les inconvénients cités ci dessus avec un processus simple et optimisé, avec moins de main d'œuvre et un produit compétitif à la pose.

**Innovation dans la conception:**

Le tuyau primaire doit répondre à cinq principales caractéristiques :

- Pas de fissuration suite à la déformation instantanée au moment du frettage
- Pas de fissuration par rapport à la contrainte induite dans le béton après le frettage
- l'étanchéité du fut en béton à la mise en pression du tuyau
- l'étanchéité de l'emboîtement entre deux tuyaux
- Un aspect intérieur suffisamment lisse pour assurer une rugosité correcte

Ainsi, l'invention dans la conception consiste à :

- Formuler un béton primaire assurant une rhéologie qui s'adapte bien à la vibration verticale
- Calcul des épaisseurs des tuyaux pour répondre aux contraintes de frettage
- Choisir le mode de vibration adéquat pour assurer l'étanchéité du béton
- Equipement supplémentaire pour le lissage de l'intérieur du fut
- Dimensionner de nouvelles pièces pour les embouts male et femelle du tuyau afin d'assurer l'étanchéité de l'emboîtement et la facilité de pose

**Dans le détail :**1/ Le béton :

Le tuyau fait appel à un béton de durabilité élevée en utilisant un haut réducteur d'eau afin de pouvoir assurer la rhéologie nécessaire à sa mise en place :

- dosage en ciment  $\geq 400 \text{ Kg / m}^3$
- Rapport E/C  $\leq 0,4$
- dosage Réducteur d'eau = 0,5%
- Résistance à la compression à 28 jours  $\geq 450 \text{ bars}$

- o Porosité accessible à l'eau =< 12%

à la différence du béton centrifugé, le béton retenu doit avoir une granulométrie continue.

2/ Les épaisseurs des tuyaux primaire :

Le calcul de l'épaisseur du tuyau primaire est fait pour répondre aux deux contraintes :

- o **la déformation instantanée au moment du frettage Y :**

Coupons la surface moyenne de rayon Rm d'une coque cylindrique d'épaisseur ep par un plan diamétral, l'intersection est formée de deux droites moyennes dΣ symétriques par rapport à l'axe du tuyau.

L'une de ces droites dΣ est repérée par ses coordonnées Ox et Oy. Oy passe par la dernière spire mise en place à un instant t du frettage.

Les expressions de la flèche Y de dΣ, résultant de l'action d'une pression uniforme P due aux spires de frettage, sont les suivantes :

- Pour X > 0 (partie du tuyau déjà frettée)

$$Y = \frac{P \times R^2 m}{E_{(t0)} \times ep} \times \left( 1 - \frac{e^{-\alpha x} \times \cos \alpha x}{2} \right)$$

- Pour X < 0 (partie du tuyau non frettée)

$$Y = \frac{P \times R^2 m}{E_{(t0)} \times ep} \times \left( 1 - \frac{e^{\alpha x} \times \cos \alpha x}{2} \right)$$

- Pour X = 0 (dernière spire mise en place à un instant t du frettage)

$$Y = \frac{P \times R^2 m}{E_{(t0)} \times ep} \times \frac{1}{2}$$

**Formule dans lesquelles :**

$$\alpha = \frac{\sqrt[4]{3}}{\sqrt{Rm \times ep}}$$

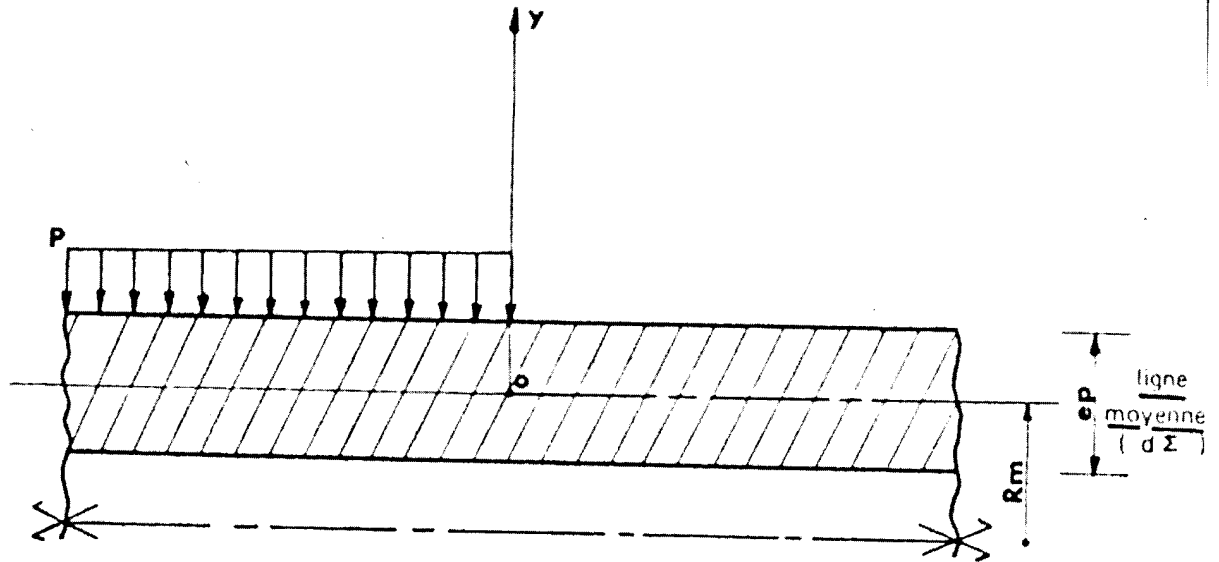
Ainsi, au niveau de la spire où le frettage est parvenu, la flèche y est égale à la moitié de celle qui existerait si la pression uniforme P agissait au même instant t sur toute la longueur du tuyau.

**Les épaisseurs sont calculées pour un rapport mini : Y/EP = 0,11%**

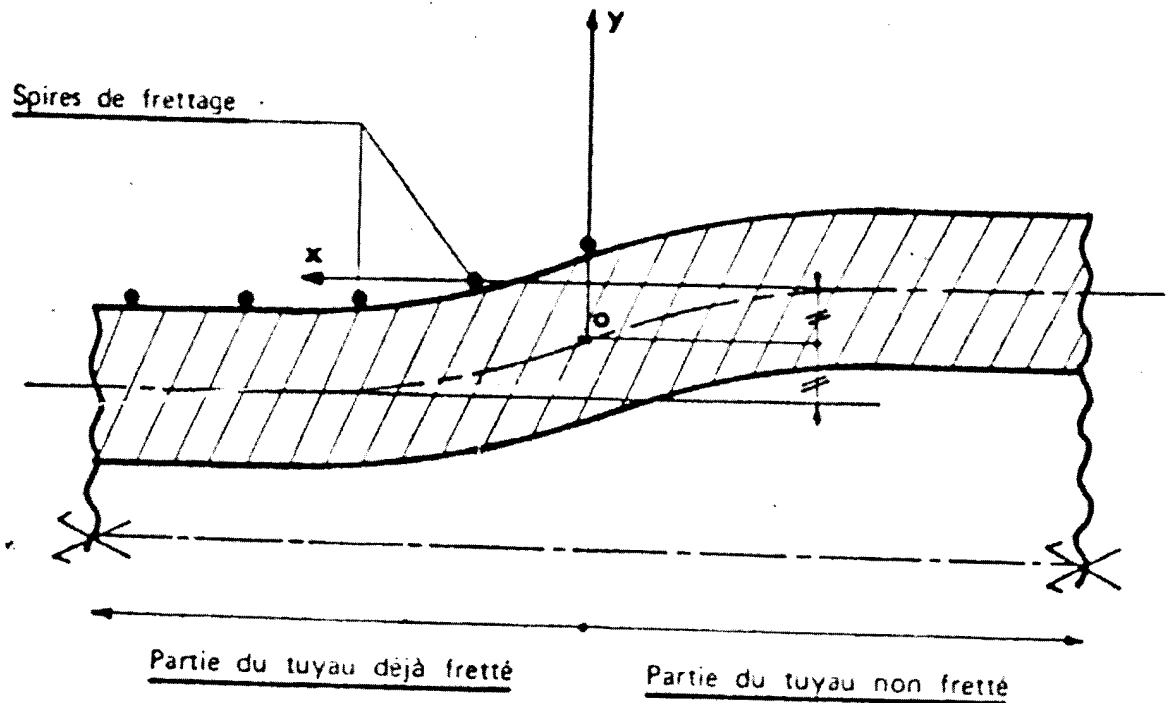
**Et un rapport maxi : Y/EP = 0,18% et ce pour l'état X=0**

Fig. 5

Action de la pression radiale  $P$  due aux spires de frettage



Déformée au moment du frettage



- o **la contrainte induite dans le béton après le frettage** ( $\sigma_b$ ) =

$$\sigma_b = s \cdot PA0 / (s \cdot 2,75 + EP)$$

Où :

- Contrainte dans l'acier = PA0
- Section de l'acier = s
- Epaisseur du tuyau primaire= EP

**Les épaisseurs sont calculées pour :  $\sigma_b \leq 50\%$  de la résistance à la compression du béton au moment du frettage**

### 3/Le mode de vibration :

Deux types de vibration sont possibles, la vibration verticale et la vibration intérieure.

La force centrifuge de vibration doit être uniforme et suffisante pour bien compacter le béton. Ainsi, les différents essais effectués ont abouti au choix de la vibration de l'intérieur du noyau.

### 4/ L'aspect intérieur du tuyau :

Afin d'assurer une rugosité satisfaisante, l'innovation consiste dans l'équipement de la tête du noyau par un dispositif de lissage qui est actionné à la fin du remplissage du moule permettant de parfaire la surface intérieure du tuyau.

### 5/ Les embouts du tuyau :

L'invention consiste dans l'utilisation d'une bague en acier pour produire la tulipe du tuyau. Pour le bout male, une deuxième bague en acier est utilisée pour produire un talon parfait assurant le maintien du joint d'étanchéité.

### **Innovation dans le procédé:**

Habituellement, la vibration verticale était destinée à fabriquer des tuyaux d'assainissement sans pression. L'innovation consiste à adapter cet outil de fabrication à la chaîne du secondaire pour les tuyaux sous pression comportant : la machine de frettage, la presse d'essai et la machine de revêtement.

Ainsi, plusieurs innovations ont été apportées aux deux procédés afin de répondre à toutes les contraintes de conception et de coût de revient :

- Changement de la machine de frettage pour prendre des tuyaux de 3,5 m alors que les machines disponibles traitent des tuyaux de 7 m
- Changement de la presse d'essai pour prendre des tuyaux de 3,5 m alors que les machines disponibles traitent des tuyaux de 7 m
- Changement de la machine de revêtement pour prendre des tuyaux de 3,5 m alors que les machines disponibles traitent des tuyaux de 7 m
- Optimisation des espaces de stockage des tuyaux primaire avec un stockage à la verticale au lieu de l'horizontale permettant d'optimiser également les moyens humains et matériels nécessaires à la manutention
- Intégration d'un nouveau poste de presse d'essai des tuyaux primaire avant frettage à une pression d'épreuve de 1,5 bar afin de contrôler la qualité du béton avant de passer au frettage.



## REVENDEICATIONS

- 1\_ Conception & réalisation d'une conduite en béton précontraint avec un tuyau primaire coulé & vibré verticalement sans armatures précontraintes et ayant une longueur utile de 3,5 m avec un processus simple et optimisé.**
- 2\_ Formuler un béton primaire selon la revendication 1, assurant une rhéologie qui s'adapte bien à la vibration verticale :**
  - dosage en ciment  $\geq 400 \text{ Kg / m}^3$
  - Rapport E/C  $\leq 0,4$
  - dosage Réducteur d'eau = 0,5%
  - Résistance à la compression à 28 jours  $\geq 450 \text{ bars}$
  - Porosité accessible à l'eau  $\leq 12\%$
- 3\_ Utilisation d'un adjuvant haut réducteur selon la revendication 2 afin d'assurer le E/C requis.**
- 4\_ Utilisation du mode de la vibration verticale intérieur selon la revendication 1 pour assurer le compactage parfait du béton.**
- 5\_ Conception de l'épaisseur des tuyaux selon la revendication 1 pour répondre aux contraintes de frettage : déformation instantanée et contrainte induite dans le béton**
- 6\_ Equipement supplémentaire pour le lissage de l'intérieur du fut selon la revendication 1 pour améliorer l'aspect du tuyau**
- 7\_ Utilisation de deux pièces spéciales pour la production des embouts male et femelle du tuyau selon la revendication 1**
- 8\_ Adaptation du procédé du secondaire pour fabriquer des longueurs de 3,5 m selon la revendication 1**
- 9\_ Changement de la machine de frettage pour prendre des tuyaux de 3,5 m alors que les machines disponibles traitent des tuyaux de 7 m selon la revendication 8**

**10\_** Changement de la presse d'essai pour prendre des tuyaux de 3,5 m alors que les machines disponibles traitent des tuyaux de 7 m selon la revendication 8

**11\_** Changement de la machine de revêtement pour prendre des tuyaux de 3,5 m alors que les machines disponibles traitent des tuyaux de 7 m selon la revendication 8

**12\_** Optimisation des espaces de stockage des tuyaux primaire avec un stockage à la verticale au lieu de l'horizontale selon la revendication 8

**13\_** Intégration d'un nouveau poste de presse d'essai des tuyaux primaire avant frettage à une pression d'épreuve de 1,5 bar afin de contrôler la qualité du béton avant de passer au frettage selon la revendication 8