



(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 38607 A1** (51) Cl. internationale : **B29D 23/00; E21B 43/01; F16L 47/02; F16L 11/04; F16L 11/08; F16L 11/02**
- (43) Date de publication : **30.12.2016**

(21) N° Dépôt : **38607**

(22) Date de Dépôt : **10.04.2014**

(30) Données de Priorité : **22.05.2013 FR 1354614**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
N° Dépôt international Date D'entrée en phase nationale
PCT/FR2014/050877 23.11.2015

(71) Demandeur(s) : **BBLM ASSOCIES, 3, rue Michel Voisin F-92330 Sceaux (FR)**

(72) Inventeur(s) : **DAVELOOSE, Frank ; LEBELLE, Claude ; MAYOR de MONTRICHER, Gilbert**

(74) Mandataire : **SABA&CO**

(54) Titre : **TUYAU FLEXIBLE POUR LE TRANSPORT D'EAU DOUCE, ENSEMBLE POUR SON STOCKAGE ET ASSEMBLAGE DE PLUSIEURS TUYAUX**

(57) Abrégé : Tuyau flexible pour le transport d'eau douce, ensemble pour son stockage et assemblage de plusieurs tuyaux Est concerné un tuyau (11) flexible, apte au transport d'eau douce, de section circulaire lorsqu'il est mis sous pression et qui peut s'écraser sur lui-même. Le tuyau, qui présente un diamètre extérieur compris entre 1 et 7 mètres et une longueur comprise entre 200 et 3000 mètres, comprend une enveloppe (1) étanche vis-à-vis du liquide transporté ainsi qu'au moins deux éléments de renfort (5a, 5b) périphériques accroissant la résistance mécanique du tuyau à une pression différentielle positive et qui supporte sans éclater ou se fendre une pression différentielle positive de 1 à au moins 10 x 10

ABREGE

Tuyau flexible pour le transport d'eau douce, ensemble pour son stockage et assemblage de plusieurs tuyaux Est concerné un tuyau (11) flexible, apte au transport d'eau douce, de section circulaire lorsqu'il est mis sous pression et qui peut s'écraser sur lui-même. Le tuyau, qui présente un diamètre extérieur compris entre 1 et 7 mètres et une longueur comprise entre 200 et 3000 mètres, comprend une enveloppe (1) étanche vis-à-vis du liquide transporté ainsi qu'au moins deux éléments de renfort (5a, 5b) périphériques accroissant la résistance mécanique du tuyau à une pression différentielle positive et qui supporte sans éclater ou se fendre une pression différentielle positive de 1 à au moins 10^5 Pa.

(VINGT SEPT AGES)

BBLM ASSOCIES

P. P. SABA & CO., Casablanca

Tuyau flexible pour le transport d'eau douce, ensemble pour son stockage et assemblage de plusieurs tuyaux

Est ici concerné un tuyau allongé suivant un axe,
5 flexible, apte au transport d'eau douce, pouvant être enroulé
longitudinalement sur un touret ou plié dans un conteneur,
longitudinalement continu, de section circulaire lorsqu'il est
mis sous une pression différentielle positive entre
l'intérieur du tuyau et l'extérieur et dont la section peut
10 s'écraser sur elle-même sous l'effet d'une pression
différentielle négative.

Selon la définition commune, un tuyau est ici une
canalisation souple, de section fermée.

Hors la capacité spécifique à transporter de l'eau
15 douce, son diamètre, sa longueur et à être enroulé
longitudinalement sur un touret ou plié dans un conteneur, un
tuyau écrasable sur lui-même est décrit dans US 6926037.

Un problème existe, ici pris en compte, de compromis
entre le poids du tuyau, sa manœuvrabilité (stockage,
20 déplacement, courbure...), son coût de fabrication/mise en
œuvre, sa capacité à transporter de grandes quantités d'eau
douce (débit) et sa résistance mécanique (résistance à la
pression, aux pliures, au déchirement..), avec pour avantage
de n'avoir pas à gérer le problème de la corrosion de la(des)
25 paroi(s) du tuyau par le fluide transporté.

L'alimentation massive en eau douce, de façon
économiquement viable et écologiquement acceptable, est à cet
égard un problème majeur à ce jour, non encore résolu. Le
tuyau ici présenté doit en être un maillon essentiel qui
30 permettra une alimentation en eau douce des régions côtières à
des coûts permettant d'envisager une utilisation agricole et
sans action notable sur l'écologie des bassins versants.

Pour cela, il est proposé que le tuyau présente un diamètre extérieur compris entre 1 et 7 mètres et une longueur comprise entre 200 et 3000 mètres, et comprend une enveloppe étanche vis-à-vis du liquide transporté ainsi qu'au moins deux
5 éléments de renfort périphériques accroissant de la résistance mécanique du tuyau à une pression différentielle positive et qui supporte sans éclater ou se fendre une pression différentielle positive de 1 à au moins 10 bars.

Ceci doit permettre de résister à une pose si
10 nécessaire pour partie à terre pour partie immergée (typiquement en milieu marin), sur des fonds qui peuvent agressifs mécaniquement, à partir de tourets (solution enroulée) ou de conteneurs (solution pliée) de stockage, et à des profondeurs d'immersion pouvant atteindre plus de 100
15 voire plus de 1000 mètres.

Pour favoriser la résistance recherchée, on conseille que l'enveloppe et les éléments de renfort soient en au moins un matériau thermoplastique renforcé par des fils, de telle sorte que le tuyau présente, en section, de l'intérieur vers
20 l'extérieur :

- une première nappe textile à structure tricotée, tressée, tissée ou non-tissée, ayant des fils longitudinaux parallèles à l'axe longitudinal du tuyau, puis, autour de ladite première nappe textile ,

25 - au moins une deuxième puis une troisième nappes textiles chacune :

* à structure tricotée, tressée, tissée, non-tissée ou unidirectionnelle,

* enroulée longitudinalement en hélice, le long
30 de l'axe du tuyau, et

* ayant des fils longitudinaux parallèles à la génératrice de l'hélice.

Ceci doit en particulier combiner étanchéité, poids maîtrisé, résistances à la pression, aux pliures, au déchirement.

Prévoir un diamètre de tuyau compris entre 1 et 5
5 mètres, et de préférence (pour un compromis débit/masse par mètre linéaire/résistance à la pression) 4 à 5 mètres (à 20% près), qui permettra par ailleurs un compromis utile entre débit, résistance mécanique et stockage.

Prévoir une longueur de tuyau comprise entre 300
10 et 1000 mètres diamètre permettra par ailleurs un compromis utile entre stockage, rapidité de mise en œuvre (zones d'aboutement entre deux tronçons successifs moins nombreuses qu'avec des longueurs plus courtes), poids des tourets d'enroulement ou des conteneurs de pliage permettant leurs
15 manutentions par grutage sur ou entre navires de surface, en mer.

Même dernier avantage avec un tuyau ayant une masse par mètre linéaire comprise entre 14 kg/ml et 320 kg/ml, selon le diamètre et la pression d'éclatement, avec en outre
20 alors un compromis entre poids (lest à l'immersion depuis le navire de surface concerné où est alors disposé de tuyau) et résistance mécanique.

De la même manière, la tenue mécanique à l'écrasement et aux courbures, torsions ou flexions subies au stockage ou
25 lors des manutentions, notamment de la pose, conduisent d'ailleurs à recommander que :

- le titre des fils longitudinaux soit compris entre 200 et 8500 Tex,

- et le nombre de ces fils longitudinaux soit
30 inférieur à 3 fils par cm.

En effet, lorsque qu'un tuyau est installé à l'air libre, l'absence de pression extérieure permet d'utiliser un tel tuyau à paroi(s) souple(s), la pression intérieure de

fonctionnement restant supérieure à la pression atmosphérique ambiante. Lorsqu'un tuyau de cette nature est à installer sur le fond marin, la pression interne du fluide transporté doit permettre de maintenir la section du tuyau ouverte. Dans ces conditions, il n'est pas nécessaire d'utiliser une structure résistante à la pression externe, celle-ci étant contrebalancée par la pression interne. Par contre, la structure du tuyau doit être résistante à la pression interne maximum de service de l'installation et doit être de préférence autoporteuse pendant son installation.

En évitant de devoir résister à l'écrasement dû aux charges extérieures, on évite de dépenser de la matière et on obtient de ce fait une structure plus économique, de là l'intervalle de masses par mètre linéaire que l'on peut atteindre.

Les avantages ci-dessus sont également atteints en prévoyant que :

- l'épaisseur de la paroi tubulaire (de section fermée) du tuyau soit comprise entre 6 et 17 millimètres, selon le diamètre et la pression d'éclatement,
- et/ou que l'inégalité suivante soit respectée:

$$\frac{T}{P} \leq \mu \cdot \pi \cdot R^2$$

avec

$$\mu = 0,9$$

T : tension axiale de rupture sous pression différentielle nulle,

P : pression différentielle d'éclatement (Pi-Pe) entre l'intérieur et l'extérieur du tuyau, avec Pi : pression interne du tuyau et Pe : pression externe,

R : rayon interne du tuyau sous pression différentielle positive.

Pour un compromis entre prix/poids/flexibilité/résistance mécanique, on recommande que la pression d'éclatement du tuyau soit comprise entre 3 et 30×10^5 Pa.

5 Dans le même but, on recommande par ailleurs que le tuyau soit :

- déformable entre une section interne circulaire et une section interne aplatie où deux zones opposées du périmètre interne se touchent,

10 - et pliable sur lui-même longitudinalement suivant un ruban aplati présentant, à l'endroit des pliures, un rayon de courbure inférieur ou égal à 50 cm,

sans que la pression d'éclatement ni la tension de rupture axiale sous pression différentielle nulle du tuyau
15 soient modifiées de plus de 5%:

- par le passage de la section interne circulaire à la section interne aplatie et inversement,

- et par le pliage sur lui-même longitudinalement du tuyau, suivant ledit ruban aplati, et son dépliage à plat.

20 Est également concerné, outre le tuyau, un ensemble selon l'une des trois solutions suivantes qui permettent une utilisation opérationnelle rapide du tuyau, sans risquer qu'il s'endommage lors de son stockage, cet ensemble comprenant :

- soit :

25 * un tronçon de tuyau ayant tout ou partie des caractéristiques qui précèdent,

* et un touret autour duquel est enroulé ledit tronçon, à plat ou dans un état immédiatement proche d'un tel état à plat, non replié sur lui-même perpendiculairement à son
30 axe longitudinal, le touret présentant une largeur orientée perpendiculairement à l'axe longitudinal dudit tronçon de tuyau, cette largeur étant supérieure au demi-périmètre du tuyau dans un état circulaire de la section de ce tuyau,

- soit :

* un tronçon de tuyau ayant tout ou partie des caractéristiques qui précèdent,

* et un touret autour duquel est enroulé ledit
5 tronçon, avec sa section aplatie, replié sur lui-même
perpendiculairement à son axe longitudinal, le touret
présentant une largeur orientée perpendiculairement à l'axe
longitudinal dudit tronçon de tuyau, cette largeur étant
inférieure au demi-périmètre du tuyau dans un état circulaire
10 de la section de ce tuyau,

- soit :

* un tronçon de tuyau ayant tout ou partie des caractéristiques qui précèdent,

* et un conteneur dans lequel le tuyau est plié en
15 accordéon.

Est par ailleurs aussi concerné l'assemblage de
plusieurs tuyaux ayant tout ou partie des caractéristiques qui
précèdent, aboutés deux à deux à l'endroit d'une zone de
soudage où au moins une partie des matériaux thermoplastiques
20 précités des tuyaux ont fusionné.

Suit une présentation des figures fournies à titre
d'exemple, comme la description qui suit également, à titre de
mode(s) possible(s) de réalisation :

- Figure 1 : schéma de côté du tuyau,

25 - Figure 2 : renforts filamenteux de la base
tricotée, tressée, tissée ou non-tissée 2 de la structure
textile étanche enduite 1 du tuyau,

- Figures 3a,3b : sections III-III du tuyau de la
figure 1, dans des états respectivement écrasé sur lui-même et
30 sous pression (au rond) ; les fils de renfort ne sont pas
illustrés,

- Figure 4 : schéma de côté du tuyau, avec ses différentes couches concentriques et le possible mandrin central de fabrication,
- Figures 5a,5b : tronçons partiels respectivement, en perspective et coupe, de la structure textile étanche enduite 1 du tuyau,
- Figure 6 : tronçon en coupe longitudinale du tuyau 11,
- Figure 7 : renforts filamenteux de la base tricotée, tressée, tissée ou non-tissée des couches de renfort 5a, 5b du tuyau,
- Figures 8a,8b : tuyau 11 enroulé autour d'un touret de stockage/manutention, suivant deux modes alternatifs d'enroulement,
- Figure 9 : tuyau 11 plié en accordéon dans un conteneur de stockage/manutention,
- Figure 10 : tuyaux 11 aboutés, coaxialement, avec emboîtement longitudinal partiel.

La paroi de section fermée du tuyau 11 présente une structure textile étanche enduite 1 constituée d'une base tricotée, tressée, tissée ou non-tissée, incorporant des fils longitudinaux de renfort 3 (voir figures 1,2,7 notamment). Chaque laize ainsi réalisée est ensuite enduite d'un matériau thermoplastique 4 sur ses deux faces afin de la rendre imperméable au fluide transporté et aux fluides environnants (eau de mer en particulier) ; voir figure 4.

Pour sa fabrication, on recommande que la structure textile étanche enduite 1 soit réalisée à plat, en bande, puis conformée en tube et thermo-soudée longitudinalement. Il y aura alors favorablement recouvrement des bords (longitudinaux) selon au moins une génératrice ; voir figure 5a. Ceci améliorera la résistance mécanique et la sécurité d'étanchéité.

Autour, cette structure textile étanche enduite, est renforcée par l'application de deux, ou plus de deux, couches telles 5a, 5b constituées chacune de bandes de renfort appliquées en hélices croisées (S et Z) à un angle spécifié; voir figure 4.

Les bandes de renfort 5a, 5b sont constituées de fils de renfort hélicoïdaux 8 de haute ténacité noyés dans une matrice 9 constituée du même matériau thermoplastique que celui de la structure textile étanche 4 ou d'un matériau thermoplastique compatible avec celui-ci pour être fusionné avec lui ; voir figures 4,6,7.

On conseille que les bandes de renfort 5a, 5b soient fixées sur (autour de) la structure textile étanche enduite 1 par thermo-soudure, de manière à provoquer la fusion des matériaux thermoplastiques 4 et 9 des surfaces en contact et former ainsi une structure tubulaire renforcée par des fils à haute ténacité selon des hélices croisées. L'angle des hélices est mesuré entre la direction de la bande de renfort et la direction perpendiculaire à l'axe du tube.

Le choix pertinent des matériaux thermoplastiques 4 et 9 de la structure textile étanche enduite et des fils de renfort 3,8 permet de réaliser un assemblage des différents éléments, par fusion des couches en contact, sans que les constituants 1,2,3,4,8 ne soient affectés chimiquement ou mécaniquement.

Le choix judicieux des différents paramètres géométriques permet de constituer une structure résistante à une pression interne spécifiée et à une tension axiale pure spécifiée sans augmenter la quantité de fils de renforts nécessaires par rapport au seul cas de résistance à la pression interne.

Au sein de chaque structure textile, les fils de renfort 3,8 comprendront de préférence, pour l'équilibre et la

maîtrise des contraintes, des fils de chaîne et de trame, respectivement 30,31 et 80,81 ; cf. figures 2,7. On conseille qu'à chaque intersection de la chaîne et de la trame, des fils, respectivement 33,83, relient les deux nappes. Ces fils de liage 33,83 entre chaîne et trame sont représentés figures 2,7 où seuls ces fils de chaîne et trame sont représentés. Les bases textiles utilisées pour la chambre à eau et les bandes en hélice seront de préférence les mêmes, seuls changeront alors les caractéristiques des fils de chaîne et trame, leur titré et leur jauge. La nappe textile peut être également dépourvue de fils de trame.

Jusqu'à une différence de pressions entre l'intérieur (P_i) et l'extérieur (P_e) du tuyau 11 de 30 bars (30×10^5 Pa), une structure du type qui précède est susceptible de s'écrouler (s'écraser sur elle-même, en section ; cf. figure 3a) sans dommages lorsque la pression extérieure qui lui est appliquée est supérieure à la pression du fluide (typiquement eau) situé à l'intérieur du tuyau flexible.

Précisément, le collapse est un flambement de la paroi au sens de la résistance des matériaux et dépend essentiellement de la géométrie et des modules d'élasticité des matériaux employés. On constate généralement que la résistance au collapse requiert nettement plus de matière pour la résistance externe du tuyau que pour la résistance à la pression interne (P_i).

La structure retenue permet d'envisager une production continue, et non plus discrète, et autorise de grandes longueurs de tuyau flexible d'un seul tenant, de 500 mètre à plusieurs kilomètres selon le diamètre et la pression de service et les conditions retenues pour le transport du produit.

Pour une facilité de manutention lors des transports terrestres et lors de l'installation en mer on recommande une

longueur de tuyau d'un seul tenant compris entre 300 et 700 mètres.

Pour cela, le tube passe autour d'un mandrin circulaire 12 (figure 4) autour duquel des banderoleuses vont
5 appliquer les bandes 5a,5b en hélices croisées audit angle spécifié. Le tuyau 11 ainsi constitué est souple et peut être enroulé à plat ou replié, avec des rabats latéraux, sur un touret 15, ou plié de préférence en couches alternées (accordéon) dans un conteneur 16 ; voir figures 8,9.

10 Selon ce processus de fabrication, le tuyau 11 conserve son orientation sur le mandrin tout en avançant sur son axe. Les bobines qui délivrent les bandes de renfort sont disposées sur un support qui tourne autour de l'axe du tuyau. De ce fait la production peut être affranchie de la nécessité
15 de faire tourner le tube sur son axe pendant l'application des bandes de renfort, et permet de s'affranchir des limitations de longueurs correspondantes.

Le tuyau flexible 11 de grande longueur faisant l'objet de la présente invention peut être utilisé comme une
20 canalisation conventionnelle entre les points de départ et d'arrivée du transport d'un fluide déterminé. Ce tuyau flexible peut être placé à l'air libre, posée sur une fondation ou plongé dans un fluide (typiquement eau de mer) à une pression inférieure à la pression de fonctionnement de la
25 canalisation, maintenant ainsi sa section circulaire. Selon la masse volumique du fluide extérieur, la canalisation est posée sur ou retenue par sa fondation.

Le tuyau 11 est susceptible d'être appliqué de manière industrielle au transport d'eau douce en milieu marin. Dans le
30 cas où on désire transporter de l'eau depuis une prise d'eau située sur terre entre deux points d'une côte marine, ce tuyau flexible de grande longueur peut être installé sur le fond marin avec un système de fondations adéquat permettant de

résister aux efforts hydrodynamiques et sismiques et permettant ainsi le transport de grandes quantités d'eau douce entre deux zones.

Est aussi possible le transfert d'eau douce interbassins par canaux terrestres, afin d'éviter des pertes importantes liées à l'infiltration dans le sol et à l'évaporation de la surface libre exposée à ciel ouvert dans des régions chaudes et arides où l'évaporation est élevée. Le tuyau flexible 11 peut alors aussi être inséré dans le fond
5 d'un de ces canaux, pour permettre de transporter de l'eau sans exposer sa surface libre, ce qui évite toute évaporation ou infiltration durant le transport.
10

Comme illustré, le tuyau 11 obtenu est donc allongé suivant l'axe 110, flexible et apte au transport d'eau douce.

15 Il peut donc être enroulé longitudinalement sur un touret ou plié de préférence en accordéon dans un conteneur.

Il est longitudinalement continu et de section circulaire lorsqu'il est mis sous une pression différentielle positive entre l'intérieur et l'extérieur, sa section fermée
20 pouvant s'écraser sur elle-même sous l'effet d'une pression différentielle négative.

Comme caractéristiques notoires, on a déjà noté :

- un diamètre extérieur D_1 compris entre 1 et 7 mètres et une longueur (continue) L_1 comprise entre 200 et 3000
25 mètres,

- une enveloppe 1 (appelée ci-avant structure textile enduite) étanche vis-à-vis du liquide transporté ainsi qu'au moins deux éléments de renfort périphériques (bandes de renfort 5a, 5b étanches ou non à l'eau), accroissant la
30 résistance mécanique du tuyau à une pression différentielle positive (surpression extérieure en immersion) et qui supporte sans éclater ou se fendre une pression différentielle positive de 1 à au moins 10 bars (10×10^5 Pa).

Compte tenu de la fabrication conseillée, l'enveloppe 1 et les éléments de renfort 5a,5b seront donc favorablement en au moins un matériau thermoplastique tel que des plastomères de polyoléfines, de préférence de type LLDPE, 5 métallocènes de chaînes à 8 carbones ou des plastomères polyuréthanes ou encore « des nano-crystal structure controlled elastomer » (élastomères à structure nanocristalline contrôlée), renforcé par les fils 3,8, de telle sorte que le tuyau présentera donc favorablement, en 10 section, de l'intérieur vers l'extérieur, au sein du matériau thermoplastique :

- une première nappe textile à structure tricotée, tressée, tissée ou non-tissée 2, ayant des fils longitudinaux 30 parallèles à l'axe longitudinal 110 du tuyau, puis, autour de cette première nappe textile (1) et au sein du matériau 15 thermoplastique (le même ou un autre intimement lié au premier, typiquement par fusion),

- au moins une deuxième puis une troisième nappes textiles enduites, respectivement 5a,5b, chacune :

20 * à structure tricotée, tressée, tissée, non-tissée ou unidirectionnelle 50,

* enroulée longitudinalement en hélice, le long de l'axe du tuyau, et,

25 *présentant les fils longitudinaux 8 parallèles à la génératrice de l'hélice.

Si elle existe, la zone 111 de recouvrement du matériau thermoplastique par lui-même réalisée lors de la mise au rond de la bande initiale de matière sera donc formée sensiblement à l'endroit du diamètre du tuyau (voir zone ou 30 portion radiale 112, figure 5a,6) où se situe la première nappe textile 1. Une fois le tuyau fabriqué, et donc les couches concentriques de matériau(x) thermoplastique(s) soudées entre, une surépaisseur (ou une marque de bord) pourra

encore apparaître en surface intérieure, comme cela est schématisé figure 3b, en zone 111.

Pour un compromis entre flexibilité, résistance à la pression et débit, le diamètre D1 sera favorablement compris
5 entre 1 et 5 mètres.

Quant à la longueur L1, on la recommande donc comprise entre 300 et 1000 mètres. La technique de fabrication par enroulement autour d'un mandrin central l'autorise.

Pour allier résistance mécanique/vitesse de
10 fabrication/poids limité, on conseille en outre que, sur ce tuyau :

- le titre des fils longitudinaux 3,8 soit compris entre 200 et 8500 Tex,

- et le nombre de ces fils longitudinaux soit
15 inférieur à trois fils par cm.

Et la tenue à la pression que l'on doit atteindre en service, pour une immersion sous-marine possible à plus de 100 mètres, invite, pour assurer une intégrité physique du tuyau, sans éclatement, à ce que le tuyau tienne jusqu'à une pression
20 d'éclatement comprise entre 20 et 30 x 10⁵ Pa, de préférence.

Compte tenu de ces conditions opérationnelles de pose en milieu sous-marin, avec courbure longitudinale et /ou latérales à prévoir, on recommande que la masse par mètre linéaire de la paroi 10 du tuyau 11 soit comprise entre 14
25 kg/ml et 320 kg/ml, selon le diamètre et la pression d'éclatement, et de préférence 14 Kg/ml et 175 Kg/ml.

On recommande aussi que la paroi tubulaire 10 ait une épaisseur E (figure 3b) comprise entre 6 et 17 millimètres, selon le diamètre et la pression d'éclatement.

30 Pour la tenue mécanique opérationnelle, il est aussi conseillé que la paroi 10 respecte l'inégalité suivante :

$$\frac{T}{P} \leq \mu \cdot \pi \cdot R^2$$

avec $\mu = 0,9$,

T : tension axiale de rupture sous pression différentielle ($P_i - P_e$) nulle,

P : pression différentielle ($P_i - P_e$) d'éclatement, avec
5 donc P_i : pression interne du tuyau et P_e : pression externe ;

R : rayon interne R_1 (figure 3b) du tuyau sous pression différentielle positive (pression interne supérieure à la pression extérieure).

Le respect de tout ou partie des caractéristiques
10 techniques de ce tuyau vise à ce qu'il soit, sans être affecté dans ses fonctionnalités, pression d'éclatement et tension de rupture axiale sous pression différentielle nulle :

- déformable entre une section interne circulaire et une section interne aplatie où deux zones opposées du
15 périmètre interne se touchent,

- et pliable sur lui-même longitudinalement suivant un ruban aplati présentant, à l'endroit des pliures, un rayon de courbure inférieur ou égal à 50 cm,

sans que la pression d'éclatement ni la tension de
20 rupture axiale sous pression différentielle nulle du tuyau soient modifiées de plus de 5%:

- ni par le passage de la section interne circulaire à la section interne aplatie et inversement,
- ni par le pliage sur lui-même
25 longitudinalement du tuyau, suivant ledit ruban aplati, et son dépliage à plat.

Figure 8a, on voit un tronçon du tuyau 11 enroulé autour du touret 15, à plat ou dans un état immédiatement proche d'un tel état à plat, non replié sur lui-même
30 perpendiculairement à son axe longitudinal 110, le touret présentant une largeur 12 orientée perpendiculairement à l'axe longitudinal dudit tronçon de tuyau, cette largeur étant

supérieure au demi-périmètre du tuyau dans un état circulaire de la section de ce tuyau.

Pour limiter l'encombrement, on pourra toutefois préférer que les côtés longitudinaux 11a, 11b du tuyau 11 vide, (sensiblement) aplati pour son stockage, soient rabattus l'un vers l'autre, en portefeuille, comme montré figure 8b, évitant ainsi que la structure du tuyau soit écrasée complètement à plat. Le touret présentera alors (parallèlement à l'axe de rotation 150) une largeur 12' de préférence inférieure au demi-périmètre du tuyau dans l'état circulaire de la section de ce tuyau.

Pour enrouler ou dérouler le tuyau, le touret tourne sur lui-même autour d'un axe 150 perpendiculaire à l'axe 110 longitudinal du tuyau.

Figure 9, on voit maintenant un tronçon du tuyau 11 et un conteneur 16 dans lequel le tuyau est plié en accordéon et stocké.

Quant à la figure 10, elle montre plusieurs tuyaux 11 ou tronçons de tuyaux aboutés deux à deux à l'endroit d'une zone 17 de soudage où au moins une partie des matériaux thermoplastiques des (tronçons de) tuyaux ont fusionné. La zone 17 définira de préférence une zone d'aboutement avec recouvrement longitudinal l'une par l'autre des extrémités des tronçons de tuyau, sur une distance variable suivant les cas de figures, typiquement de 50cm à 2m.

Au titre des avantages ou problèmes résolus par le tuyau ci-avant présenté et considéré dans tout ou partie de ses caractéristiques, on relèvera encore ce qui suit :

- le tuyau 11 est un tuyau de grand diamètre,
- il peut être fabriqué dans des diamètres jusque-là jamais atteints (4 mètres et plus)

- il peut être fabriqué, avec des épaisseurs de paroi périphérique et des coûts raisonnables, pour résister à des surpressions internes allant jusqu'à 30×10^5 Pa,

- il est en produits composites, flexible et écrasable
5 sur lui-même sans dommage.

Du fait de cette dernière propriété il est possible de transporter le tuyau vers le site d'installation sous un volume réduit, ce qui réduit les coûts de transport.

Par ailleurs, plus globalement :

10 - le tuyau inséré dans un système de transport d'eau (canal, conduite rigide ...) ne souffrira pas d'un coup de bélier négatif, engendré par un arrêt intempestif de la pompe d'expédition (qui fait circuler le liquide dans le tuyau), alors qu'un tube à section rigide risque de s'écraser sur lui-même de façon plastique, voire destructive, entraînant donc
15 des dommages irréparables à sa structure. Pour résister à un coup de bélier négatif, un tube à section rigide doit employer des épaisseurs de matériau incompatibles avec l'économie d'un projet de transport d'eau douce,

20 - la longueur à poser des tuyaux de transport d'eau douce se chiffre en centaines voire milliers de kilomètres. Pour installer de telles canalisations dans des délais raisonnables, le tuyau doit être fabriqué à une cadence très élevée, de 5 à 10 km/jour. La structure en hélice
25 multicouches permet de répartir la production des composants de l'assemblage sur différents sites de production des composants et réduit la durée de la phase d'assemblage, tout en ayant l'assurance d'une tenue mécanique appropriée (voir ci-avant),

30 - pour poser le tuyau en mer dans des délais raisonnables, il faut minimiser le nombre de soudures à réaliser sur le chantier, en mer, sur le(s) navire(s). La grande longueur élémentaire de chaque segment fabriqué permet

de constituer des longueurs de plusieurs segments à bord du bateau d'installation et permet de réduire ce nombre de soudures et d'accélérer la cadence de pose jusqu'à des valeurs de 6 à 8 km/jour pour un tube de 4m de diamètre. Il en résulte un rythme d'installation élevé par comparaison avec les techniques de pose existantes (typiquement une dizaine de mètres).

Revendications

1. Tuyau allongé suivant un axe, flexible, apte au transport d'eau douce, pouvant être enroulé longitudinalement sur un touret (15) ou plié dans un conteneur (16), longitudinalement continu, de section circulaire lorsqu'il est mis sous une pression différentielle positive entre l'intérieur du tuyau et l'extérieur, dont la section peut s'écraser sur elle-même sous l'effet d'une pression différentielle négative, le tuyau présentant un diamètre extérieur (D1) compris entre 1 et 7 mètres et comprenant une enveloppe (1) étanche vis-à-vis du liquide transporté, caractérisé en ce qu'il présente une longueur (L1) comprise entre 200 et 3000 mètres, et comprend au moins deux éléments de renfort (5a,5b) périphériques accroissant la résistance mécanique du tuyau à une pression différentielle positive et qui supporte sans éclater ou se fendre une pression différentielle positive de 1 à au moins 10×10^5 Pa.

2. Tuyau selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'enveloppe et les éléments de renfort (5a,5b) sont en au moins un matériau thermoplastique renforcé par des fils (3,8), de telle sorte que le tuyau présente, en section, de l'intérieur vers l'extérieur, au sein du matériau thermoplastique:

- une première nappe textile (1) à structure tricotée, tressée, tissée ou non-tissée (2), ayant des fils longitudinaux (30) parallèles à l'axe longitudinal (110) du tuyau, puis, autour de ladite première nappe textile (1),

- au moins une deuxième puis une troisième nappes textiles (5a,5b) chacune :

* à structure tricotée, tressée, tissée, non-tissée ou unidirectionnelle (2),

* enroulée longitudinalement en hélice, le long de l'axe (110) du tuyau, et

* ayant des fils longitudinaux (80) parallèles à la génératrice de l'hélice.

5

3. Tuyau selon les revendications 1 ou 2 présentant un diamètre (D1) compris entre 1 et 5 mètres.

4. Tronçon d'un tuyau selon l'une des revendications précédentes ayant une longueur (L1) comprise entre 300 et 1000 mètres.

5. Tuyau selon l'une des revendications précédentes, ayant une masse par mètre linéaire comprise entre 14 kg/ml et 320 kg/ml, selon le diamètre et la pression d'éclatement.

6. Tuyau selon l'une des revendications précédentes, ayant une paroi tubulaire (10) d'une épaisseur ϵ comprise entre 6 et 17 millimètres, selon le diamètre et la pression d'éclatement.

7. Tuyau selon l'une des revendications précédentes, respectant l'inégalité suivante :

$$\frac{T}{P} \leq \mu \cdot \pi \cdot R^2$$

avec :

25 $\mu = 0,9$

T : tension axiale de rupture sous pression différentielle nulle,

P : pression différentielle d'éclatement entre l'intérieur et l'extérieur du tuyau,

30 R : rayon interne du tuyau sous pression différentielle positive.

8. Tuyau selon l'une des revendications précédentes, ayant une pression d'éclatement comprise entre 3 et 30×10^5 Pa.

5

9. Tuyau selon l'une des revendications précédentes, qui est :

- déformable entre une section interne circulaire et une section interne aplatie où deux zones opposées du périmètre interne se touchent,

10

- et pliable sur lui-même longitudinalement suivant un ruban aplati présentant, à l'endroit des pliures, un rayon de courbure inférieur ou égal à 50 cm,

15

sans que la pression d'éclatement ni la tension de rupture axiale sous pression différentielle nulle du tuyau soient modifiées de plus de 5%:

- par le passage de la section interne circulaire à la section interne aplatie et inversement,

20

- et par le pliage sur lui-même longitudinalement du tuyau, suivant ledit ruban aplati, et son dépliage à plat.

10. Tuyau selon la revendication 2, ou ladite revendication 2 et l'une des revendications précédentes 3 à 9, où :

25

- le titre des fils longitudinaux (3,8) est compris entre 200 et 8500 Tex,

- et le nombre des fils longitudinaux est inférieur à trois fils par cm.

30

11. Tuyau selon l'une des revendications 1 à 10, où, sensiblement à l'endroit du diamètre (112) où se situe la première nappe textile (1), la première nappe textile présente

une zone (111) de recouvrement par elle-même dudit matériau thermoplastique.

12. Ensemble comprenant :

5 - un tronçon du tuyau (11) selon l'une des revendications 1 à 11,

- et un touret (15) autour duquel est enroulé ledit tronçon, à plat ou dans un état immédiatement proche d'un tel état à plat, non replié sur lui-même perpendiculairement à son
10 axe longitudinal, le touret présentant une largeur (12) orientée perpendiculairement à l'axe longitudinal (110) dudit tronçon de tuyau, cette largeur étant supérieure au demi-périmètre du tuyau dans un état circulaire de la section de ce tuyau.

15

13. Ensemble comprenant :

- un tronçon du tuyau (11) selon l'une des revendications 1 à 11,

- et un touret (15) autour duquel est enroulé ledit
20 tronçon, avec sa section aplatie, replié sur lui-même perpendiculairement à son axe longitudinal (110), le touret présentant une largeur (12) orientée perpendiculairement à l'axe longitudinal dudit tronçon de tuyau, cette largeur étant inférieure au demi-périmètre du tuyau dans un état circulaire
25 de la section de ce tuyau.

14. Ensemble comprenant

- un tronçon de tuyau (11) selon l'une des revendications 1 à 11,

30 - et un conteneur (16) dans lequel le tuyau est plié en accordéon.

15. Assemblage de plusieurs tuyaux selon la revendication 2, ou la revendication 2 et l'une des revendications 3 à 11, aboutés deux à deux à l'endroit d'une zone de soudage (17) où au moins une partie des matériaux thermoplastiques des tuyaux (11) ont fusionné.

5

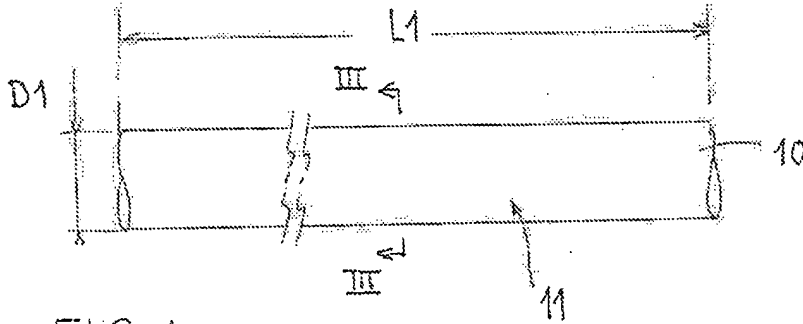


FIG. 1

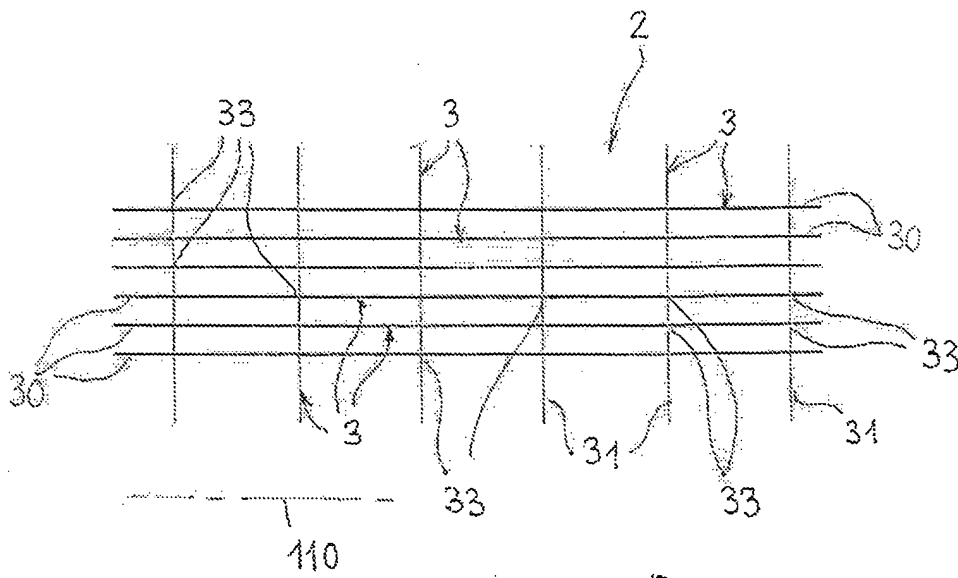


FIG. 2

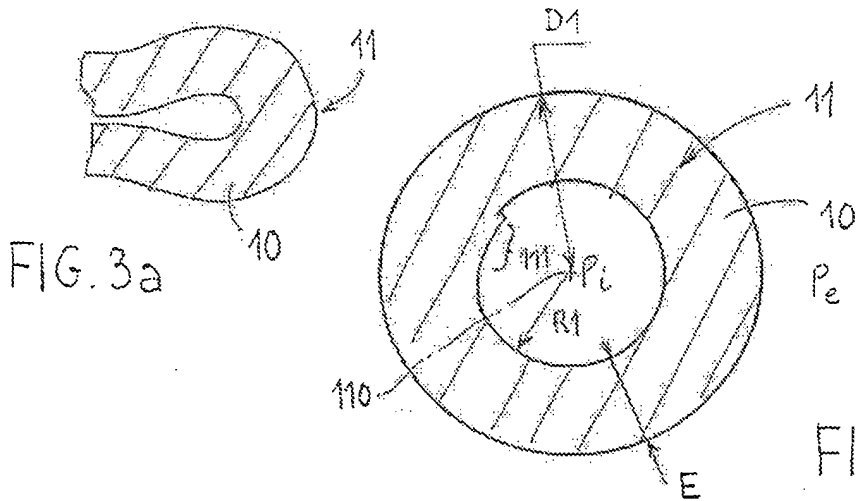


FIG. 3a

FIG. 3b

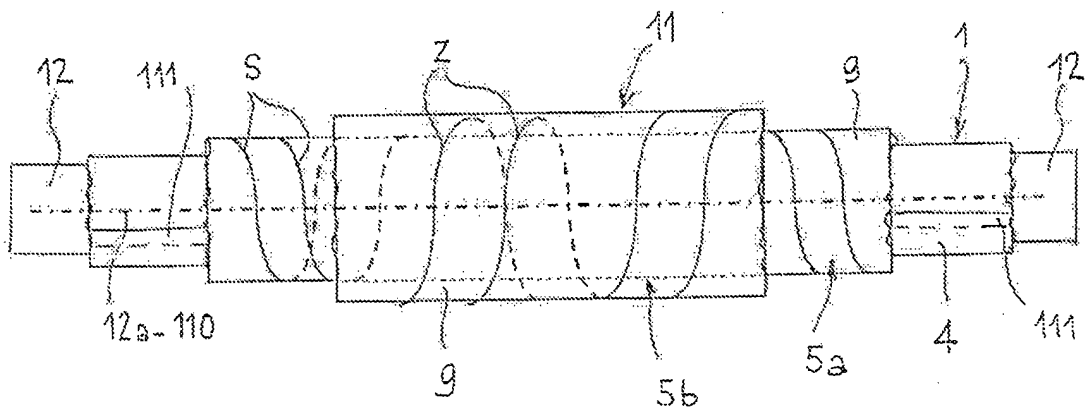


FIG. 4

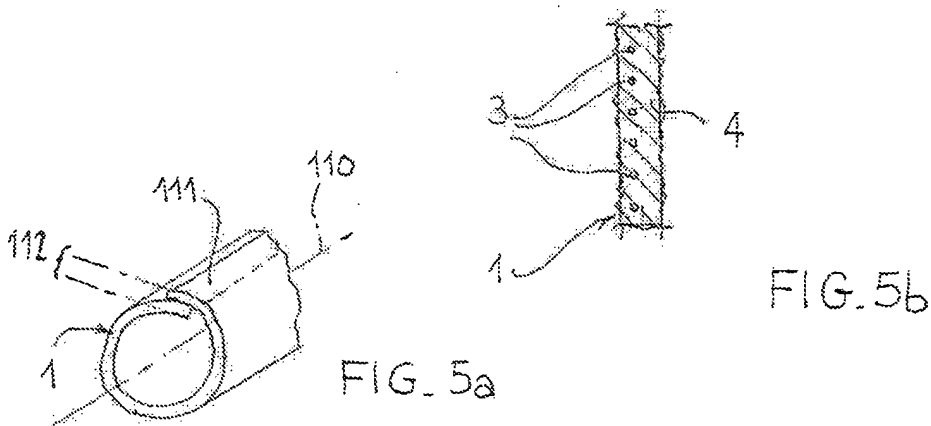


FIG. 5a

FIG. 5b

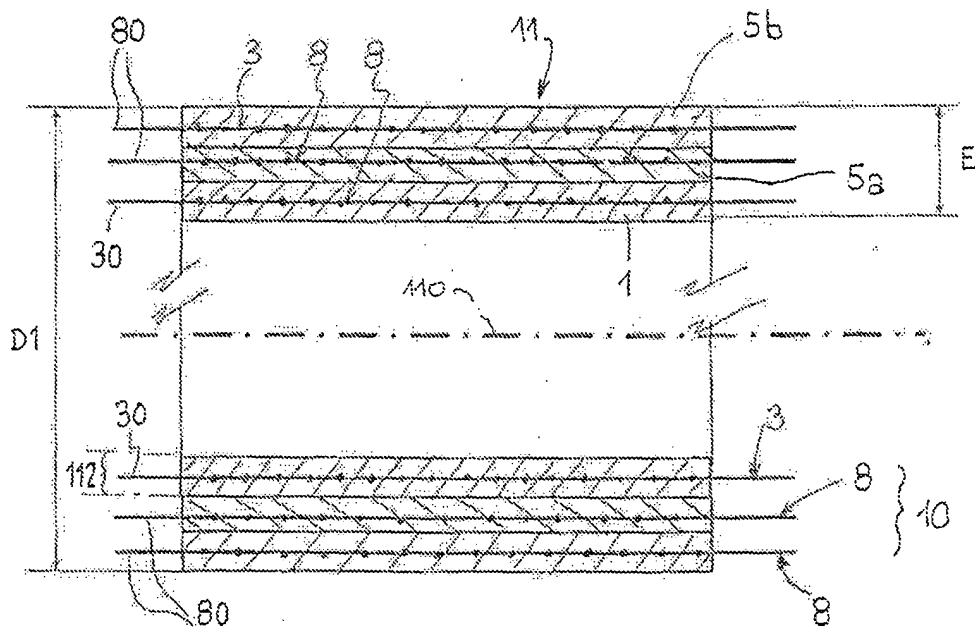


FIG. 6

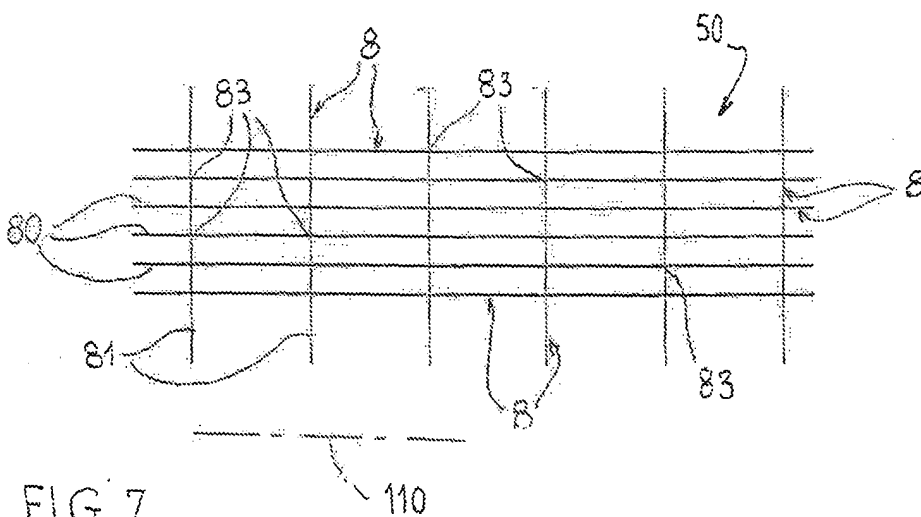


FIG. 7

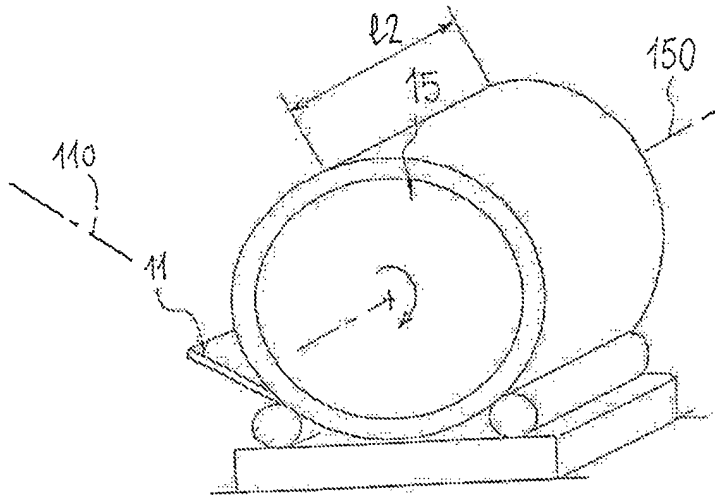


FIG. 8a

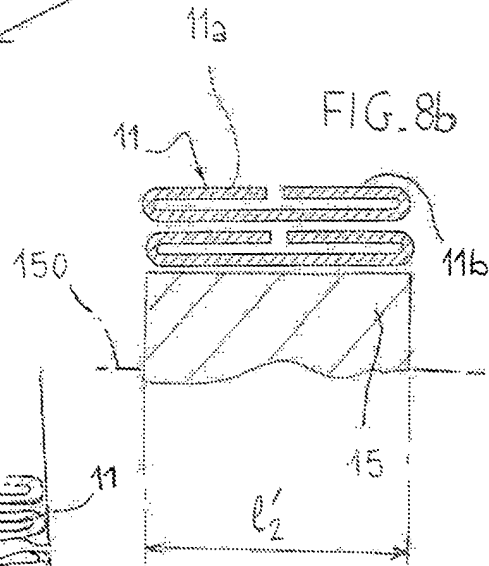


FIG. 8b

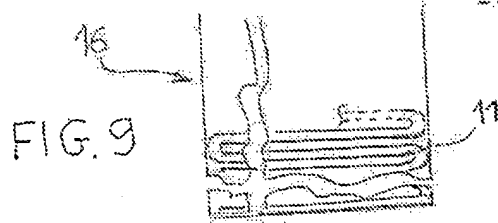


FIG. 9

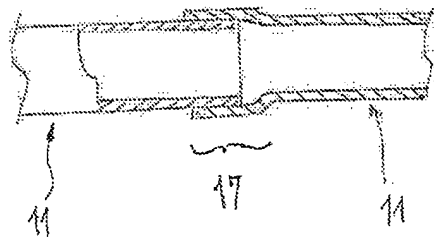


FIG. 10



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 38607	Date de dépôt : 10/04/2014 ; Date d'entrée en phase nationale : 23/11/2015
Déposant : BBLM ASSOCIES	Date de priorité: 22/05/2013
Intitulé de l'invention : TUYAU FLEXIBLE POUR LE TRANSPORT D'EAU DOUCE, ENSEMBLE POUR SON STOCKAGE ET ASSEMBLAGE DE PLUSIEURS TUYAUX	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée	
<input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: M.TAHIRI	Date d'établissement du rapport : 23/12/2016
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales		
<i>Cadre 1 : base du présent rapport</i>		
Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :		
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Description</u> 17 Pages • <u>Revendications</u> 15 • <u>Planches de dessin</u> 4 Pages 		
Partie 2 : Rapport de recherche		
Classement de l'objet de la demande :		
CIB : B 29D 23/00, E 21B 43/01, F 16L 11/02, 11/04, 11/08, 47/02		
Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :		
EPOQUE, Orbit		
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	VIA MARINA: "Submariver® Transportation of water in large quantities and over long distances by underwater flexible pipe, INTERNET CITATION, 14 juin 2011 (2011-06-14) , XP054975243, Extrait de I 1 Internet: URL: http://www.via-marina.com/fr/film.php?lang=gb [extrait le 2013-11-13] 0:58 "the water removed this way is transported by a submarine pipe" 2:28 "the pipe is then layed on the seabed when possible it is place on the continental shelf at a depth of 200m" 3:28 "The pipe is layed with its ballast from a laying barge, this barge is fed by supplies boat ... " 3:45 "laying barge goes forward at a speed of about 5km/day" 4:21 "The pipe is made mainly of very highly resistance thermoplastic textile fibers similar to Kevlar, the fibers are covered with a special coating on the inside to insure the pipe is waterproof and the outside to protect it from the aggressive environment"	1,3,4,6-9
Y		5,11-14
X, P	FR2983 934 A1 ; VIA MARINA [FR]; 14 juin 2013 (2013-06-14) page 17, ligne 12-16; figures 1,3,5A,5B,6A,6B,10-12,15 page 9, ligne 14-20	1,3,4,6-9,13
Y	FR2786246 A;BOGLIOLO FELIX [FR]; 26 mai 2000 (2000-05-26) le document en entier	5

Y	WO2009125330 A2 A1; SAPACK HOLDING SA [CH]; THOMASSET JACQUES [CH]; 15 octobre 2009 (2009-10-15) le document en entier	11
Y	US2012118397 A1; NOVOTNY JOHN [US] ET AL; 17 mai 2012 (2012-05-17)	12
Y	GB2327997 A; LIPPIATT RAYMOND [GB]; EVOLVED PROCESSES LTD [GB]; 10 février 1999 (1999-02-10) le document en entier	13
Y	US3918782 A; ALLMAND THOMAS R; 11 novembre 1975 (1975-11-11) le document en entier	14
A	FR 2 254 746 A1; KURARAY CO [JP]; 11 juillet 1975 (1975-07-11) le document en entier	2
A	GB2254 063 A; BRITISH PETROLEUM CO PLC [GB]; 30 septembre 1992 (1992-09-30) le document en entier	1

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

Nouveauté (N)	Revendications 2,5-15 Revendications 1, 3, 4,	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 2, 10, 15 Revendications 1, 3-9, 11 -14	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-15 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : XP054975243
D2 : FR2786246
D3 : WO2009125330
D4 : US2012118397
D5 : GB2327997
D6 : US3918782

1. Nouveauté (N) :

1.1) Le document D1 divulgue: Un tuyau allongé suivant un axe (voir vidéo 3:36 par exemple), flexible (cf 4:21), apte au transport d'eau douce (proposé de la vidéo), pouvant être enroulé longitudinalement sur un touret ou plié dans un conteneur (voir 3:28), longitudinalement continu, de section circulaire lorsqu'il est mis sous une pression différentielle positive entre l'intérieur du tuyau et l'extérieur (voir 2:28), dont la section peut s'écraser sur elle-même sous l'effet d'une pression différentielle négative, et qui présente un diamètre extérieur compris entre 1 et 7 mètres (4:02) et une longueur comprise entre 200 et 3000 mètres (implicite 3:28), et qui comprend une enveloppe étanche vis-à-vis du liquide transporté ainsi qu'au moins deux éléments de renfort périphériques (4:28, l'enveloppe plus les deux éléments fibres et revêtement extérieur, qui participe également à la tenue du tuyau en résistance à l'éclatement) accroissant de la résistance mécanique du tuyau à une pression différentielle positive et qui supporte sans éclater ou se fendre une pression différentielle positive de au moins 1×10^5 Pa (cf 2:28, le système présenté ne fonctionnerait pas avec moins de pression différentielle, nécessaire pour au moins compenser les pertes de charges).

Donc, l'objet de revendication indépendante 1 et des revendications dépendantes 3 et 4 n'est pas nouveau selon les dispositions de l'Article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

1.2) Aucun des documents trouvés ne divulgue les caractéristiques techniques de la revendication 2. Donc, l'objet des revendications 2, 5 à 15 est nouveau selon les dispositions de l'Article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

2.1) Le document D1 est considéré comme l'état de technique le plus proche à l'objet de la revendication 2. Cette dernière diffère en ce que le tuyau est composé d'au moins 3 nappes textiles. L'effet technique de cette différence réside dans le fait d'améliorer les caractéristiques de tenues mécaniques de la canalisation.

Le problème technique que l'on essaie de résoudre est le transport d'eau douce par le biais d'un tuyau résistant et pliable facilement.

La solution citée dans la revendication 2 propose un tuyau à 3 couches de textile. L'homme de métier ne trouve aucune incitation directe dans les documents trouvés et ne peut résoudre le problème posé sans faire preuve d'un esprit inventif.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2 et 10 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.2) Le même raisonnement est applicable pour la revendication indépendante 15. Par conséquent, l'objet de la revendication indépendante 15 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.3) Selon la description donnée dans D2, la masse métrique de la revendication 5 présente les mêmes avantages que ceux mentionnés dans la présente demande. Par conséquent, l'introduction de cette caractéristique dans D1 serait considérée par l'homme du métier comme une solution de développement ordinaire pour résoudre le problème posé.

Par conséquent, l'objet de la revendication 5 n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.4) Les revendications 6-9 et 13 ne contiennent pas de caractéristiques techniques supplémentaires susceptibles d'impliquer une activité inventive.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 6-9 et 13 n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.5) De la même, les caractéristiques des revendications 11 à 14 sont anticipé respectivement par les documents D3 à D6. Par conséquent, l'objet des revendications 11 à 14 n'implique pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.