

40

## TUYAUTERIES COMPOSITES: INSTALLATION PROTOTYPE SUR UN BATEAU DE PECHE

J.CROQUETTE\* X.DUFOUR\*\* J.M. FORESTIER\*\*\*  
J.C.PARQUIC\*\*\*\*

**Résumé** - Un circuit prototype de refroidissement moteur en matériau composite a été réalisé en juillet 1990 par la société SBPI sur un chalutier de 50 m de l'Armement Jégo-Quéré. L'installation à bord a été facile, et aucun incident n'a été relevé en plus de deux ans de fonctionnement. L'expérience, suivie par un groupe de travail animé par l'IFREMER et contrôlée par le Bureau Véritas, peut être étendue à d'autres circuits.

mots clés: tuyauterie composite, bateau, pêche, corrosion

## TUYAUTERIES COMPOSITES: INSTALLATION PROTOTYPE SUR UN BATEAU DE PECHE

### TUYAUTERIES COMPOSITES A BORD DES NAVIRES

A bord d'un bateau de dimensions moyennes se trouvent plusieurs centaines de mètres de tuyauteries. Exception faite des applications sanitaires, où l'emploi d'alliages cuivreux, de PVC et de polyéthylène est courant, la plupart des circuits sont en acier galvanisé, au moins dans la salle des machines et pour les équipements de sécurité.

Les circuits qui véhiculent de l'eau de mer sont particulièrement sensibles à la corrosion, car ils associent des métaux de nature différente, ce qui crée des couplages galvaniques: par exemple, les tuyauteries en acier galvanisé reliées à des corps de pompes en bronze. La détérioration est accélérée par l'eau chaude et le développement du fouling. Les conséquences sont importantes en termes de sécurité, de travail, et de frais de maintenance, malgré le faible coût de l'acier galvanisé.

---

\* IFREMER  
\*\* SBPI  
\*\*\* BUREAU VERITAS  
\*\*\*\* JEGO QUERE

Les autres métaux utilisables, acier inoxydable, cupro-nickel, sont chers et ne résolvent pas complètement les problèmes de corrosion.

Les tuyauteries composites sont considérées comme une solution d'avenir: elles sont résistantes, légères, de mise en oeuvre simple, insensibles à la corrosion galvanique et réputées peu sensibles à la fixation de fouling. Les principaux obstacles à une utilisation plus large sont le prix des tubes et des raccords, et l'opinion très réservée, jusqu'à un passé récent, de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) et des Autorités Nationales, motivée, selon elles, par la faible tenue au feu des composites et leur résistance au choc limitée. Cependant, à la suite de plusieurs séries d'essais, une évolution très nette en faveur de l'utilisation des composites est observée et l'OMI prépare un document qui sera adopté bientôt sous forme de recommandations.

Sans attendre l'achèvement de ce document, plusieurs organismes français (le Bureau Veritas, Ifremer, le Secrétariat d'Etat à la Mer (Centre de Sécurité du Morbihan), un installateur (SBPI), un armateur (Jégo Quéré) et un chantier (Piriou) ont mis en commun leurs expériences dans un groupe de travail qui étudie, depuis 1988, les problèmes techniques et réglementaires posés par l'emploi de ces nouveaux matériaux.

Le groupe de travail a rapidement constaté que l'absence d'expérience dans les conditions de service représentait un obstacle important. Il fut donc décidé de réaliser une installation prototype de refroidissement moteur sur un bateau de pêche. L'armateur, Jégo Quéré, et l'installateur, SBPI ont conçu, réalisé et installé le prototype en remplacement d'un équipement en acier galvanisé. L'agrément a été donné par le Bureau Veritas.

## DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

L'installation a été faite en Juillet 1990 sur le "Capitaine Cartier", un chalutier de 59 m de 1972.

Le circuit en composite apporte l'eau de mer nécessaire pour refroidir, au travers d'échangeurs, l'eau douce qui assure le refroidissement du moteur principal du bateau. La figure 1 indique les portions composites :

- du collecteur principal d'eau de mer à la pompe,
- de la pompe au moteur,
- du moteur aux échangeurs,
- des échangeurs à la coque avec une dérivation pour le refroidissement du réducteur

Toutes les vannes sont en acier. Les photos 1 à 3 montrent des portions caractéristiques du circuit: vannes, réductions, piquages.

## CONCEPTION-INSTALLATION A BORD-SUIVI

### Conception

Pour la conception du circuit, il a fallu tenir compte de la longueur supplémentaire nécessaire pour le collage, des coudes disponibles et de leur géométrie fixe, et des équipements déjà en place: autres canalisations et brides. Les connexions avec les brides en place ont été faites au moyen de pièces de jonction spéciales, car les brides n'étaient pas du même type.

L'armateur ne disposait pas de plans des tuyauteries dans la salle des machines. Il a fallu se contenter d'un schéma à partir duquel l'installation a été définie approximativement. Les arrangements finals ont été faits à bord.

En fin de compte, la géométrie de l'installation est plutôt complexe, et une portion passe au-dessus du moteur. Un circuit conçu pour un bateau neuf aurait été plus simple.

### Matériaux

Les matériaux choisis par l'installateur pour les tubes et les accessoires -verre époxy bobinés- sont utilisés couramment par les compagnies pétrolières dans les raffineries, et sur les plates-formes offshore. Une description est donnée dans le tableau 1.

### Supportage

La rigidité des tubes suffisamment élevée a permis l'utilisation des supportages du circuit initial en acier. La distance entre colliers varie de 2 à 3 mètres; ils ont été équipés de protections en caoutchouc pour éviter d'abîmer localement le tube.

### Installation à bord

Lors de l'installation à bord la légèreté des tubes a été appréciée. Ceux-ci ont été coupés à dimensions, puis les extrémités à emboîter et coller ont été préparées à l'aide d'un appareil spécial fourni par le fabricant. Les différentes portions ont été mises en place et maintenues avec des cordes; enfin, les collages ont été réalisés. Une attention particulière a été accordée au respect des précautions usuelles pour un bon collage: préparation de surface, dégraissage, proportion de

durcisseur par rapport à la résine, temps et température externe pour le durcissement.

## **Coûts**

De l'expérience acquise dans l'utilisation des tuyauteries composites en offshore et sur des dragues, il y a grand profit, en termes d'achat et de coût d'installation, à ce que le tracé soit le plus rectiligne possible. Lors de la conception d'un bateau neuf, il est intéressant de tracer d'abord les circuits composites. Pour le remplacement d'un circuit existant, cela n'est pas possible et la géométrie du circuit composite peut être complexe, comme dans notre cas.

Le prix du matériau est environ cinq fois le coût de l'acier galvanisé, mais l'installation par une équipe expérimentée est plus simple et plus rapide que pour l'acier, grâce à la légèreté du composite. Globalement, le coût d'une installation composite sur un bateau neuf du même type est considéré comme:

- équivalent à l'acier inoxydable,
- environ trois fois plus cher que l'acier galvanisé,
- moins cher que le cupro-nickel surtout pour les gros diamètres.

L'armateur, qui justifiait son choix par les faibles dépenses de maintenance, est satisfait des résultats du prototype: aucun incident n'a été relevé après plus de 26 mois d'exploitation (plus de 15.000 heures). Mais l'intérêt est surtout ressenti à partir de 15 mois, durée au bout de laquelle une installation équivalente neuve en acier galvanisé aurait connu les premiers problèmes de corrosion.

## **Maintenance - surveillance du prototype - procédures de réparation**

Le matériau n'est pas affecté par la corrosion galvanique. Il est réputé moins adhérent pour le fouling que l'acier et le zinc. Aucune maintenance particulière n'est nécessaire en principe. La non conductivité du composite pourrait néanmoins provoquer le déplacement des problèmes de corrosion vers d'autres zones comme les échangeurs. Ceux ci ont été surveillés et aucun problème n'est apparu. Lors de cette expérience, la résistance aux chocs s'est montrée suffisante pour une exploitation normale. L'équipage peut réparer, au moins provisoirement, un incident en mer avec les kits de réparation -colle, demi coquilles- fournis par le fabricant et quelques tronçons supplémentaires de tubes.

## REGLEMENTS: APPLICABILITÉ A D'AUTRES BATEAUX

### **Recommandations de l'OMI**

Les recommandations de l'OMI comportent une première partie applicable à tous les circuits, qui donne une série de recommandations et de critères relatifs à la conception, la sélection, la fabrication et l'installation de tuyautages composites. Il s'agit de s'assurer du bon comportement mécanique et chimique de la tuyauterie face aux diverses sollicitations rencontrées en service normal par suite des conditions d'environnement.

La deuxième partie considère le comportement au feu des tuyautages pour déterminer les emplacements et applications acceptables.

Les tuyautages pour des circuits non essentiels doivent seulement satisfaire à certaines exigences relatives à leur réaction au feu: propagation de flammes, dégagement de fumées ou de produits toxiques.

Les tuyautages pour des circuits essentiels doivent, en outre, justifier d'un niveau adapté de résistance au feu. Trois niveaux de résistance au feu ont été définis pour les circuits dont le service et l'intégrité sont essentiels à la sécurité du navire:

#### **Niveau L1**

*Sont considérés de niveau L1 les tuyautages ayant subi avec succès l'essai de résistance au feu spécifié dans l'annexe 1 du document pendant au moins 60 minutes à l'état sec.*

Ce niveau est en principe requis pour:

Les circuits essentiels à la sécurité du navire, susceptibles d'être secs en service normal et situés dans des emplacements présentant un risque d'incendie;

Les circuits situés dans des emplacements où une perte d'intégrité provoquée par un incendie pourrait entraîner une fuite de liquide inflammable et ainsi aggraver la situation.

#### **Niveau L2**

*Sont considérés de niveau L2 les tuyautages ayant subi avec succès le même essai pendant au moins 30 minutes à l'état sec.*

Ce niveau est requis pour les circuits susceptibles d'être secs en service normal et nécessaires à l'exploitation du navire dans des conditions de sécurité satisfaisantes.

### **Niveau L3**

*Sont considérés de niveau L3 les tuyautages ayant subi avec succès l'essai de résistance au feu spécifié dans l'appendice 2 pendant au moins 30 minutes à l'état mouillé.*

Ce niveau est requis pour des circuits normalement pleins d'eau et nécessaires à l'exploitation du bateau dans des conditions de sécurité satisfaisantes.

Là où un niveau L3 est requis, des tuyautages de niveau L1 ou L2 peuvent être admis.

L'essentiel du document OMI consiste en une matrice (reproduite sur la figure 2) qui fait apparaître les applications envisagées pour des tuyauteries composites, avec l'indication du niveau de résistance au feu éventuellement requis selon la nature du circuit et l'emplacement à bord.

### **Applications**

L'examen de ce tableau fait apparaître que:

-l'emploi de tuyauteries composites pour des circuits de fluides inflammables n'est pas à envisager;

-l'utilisation de tuyauteries composites hors des espaces de machines est largement admise;

-dans les locaux de machines, les tuyauteries composites sont envisageables pour des circuits d'eau douce et d'eau de mer, même essentiels, s'ils restent pleins en service: ballastage, réfrigération de machines, lavage, etc.

-une application intéressante (du fait que les circuits réseaux métalliques correspondants souffrent fréquemment de la corrosion) semble exclue: les circuits de lutte contre l'incendie.

Or, il est fréquent, à bord des navires de pêche, que le collecteur incendie serve aussi aux circuits de lavage et de ce fait soit maintenu, en permanence plein d'eau. Un niveau L1 obtenu par extension des niveaux L1 et L3 retenus par l'OMI pourrait être attribué aux tuyaux ayant subi avec succès l'essai de résistance au feu défini dans l'appendice 2 pendant au moins 60 minutes à l'état mouillé.

Les tuyauteries justifiant un niveau L1 pourraient alors être acceptées pour des circuits maintenus pleins d'eau dans toutes les circonstances normales d'exploitation, tels que les collecteurs incendie de bateaux de pêche, ou les circuits d'extinction de type sprinkler. Une telle extension des recommandations de l'OMI est considérée comme possible par le Bureau Véritas et reste seulement subordonnée aux résultats d'une campagne d'essais en cours de préparation.

## LES LEÇONS DE L'EXPÉRIENCE

Notre expérience montre une fois encore qu'une bonne fiabilité peut être obtenue avec des tuyautages composites, quand les produits sont bien adaptés au service prévu, et quand l'installation est réalisée avec soin et par des opérateurs expérimentés. Il peut être utile de récapituler ici les grandes lignes des enseignements tirés des expériences réelles effectuées:

**Conception** - Il y a un grand profit -en termes de prix d'achat et de temps d'installation- à ce que le tracé des circuits soit le plus rectiligne possible, ce qui doit être pris en compte dès la conception du circuit.

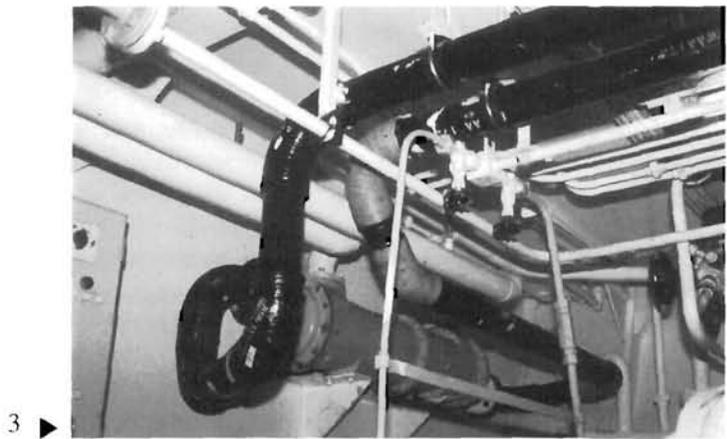
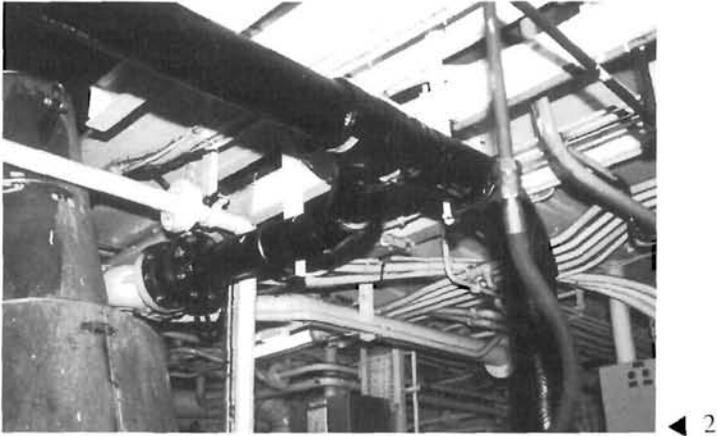
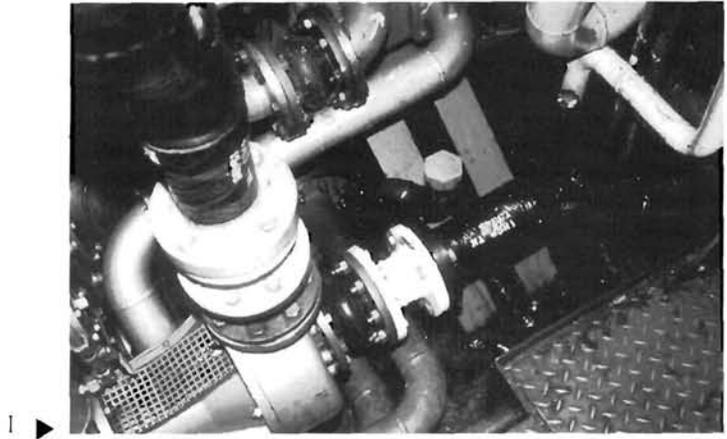
**Fabrication** - Pour assurer une bonne reproductibilité des propriétés des tuyaux et surtout des accessoires (tés, coudes, raccords), il est opportun que la production soit assurée dans le cadre d'un système d'Assurance Qualité. A défaut, il convient au moins de s'assurer qu'il existe des procédures de fabrication, qu'elles sont connues et appliquées, et qu'une traçabilité adéquate est habituellement pratiquée, de manière à garantir la maîtrise du procédé.

**Manutention** - Les utilisateurs doivent savoir modifier certains comportements vis à vis des tuyautages, compte tenu du fait que les matériaux composites sont -sinon fragiles- du moins susceptibles de subir des dommages rédhibitoires si certaines précautions ne sont pas respectées dans les diverses manipulations qui vont précéder leur installation définitive à bord.

**Installation** - En premier lieu, il convient de ne pas endommager la couche externe des tuyaux, qui sont sensibles aux chocs et aux poinçonnements (prévoir une implantation ou une protection adéquate); ainsi qu'à l'abrasion (prévoir des colliers spéciaux avec un matériau d'usure).

Il faut aussi prendre en compte les contraintes d'origine thermique (flexibilité du réseau ou dispositifs de compensation), celles dues à la pression de service (reprise de l'effet de fond par des points fixes judicieusement disposés) et au poids de la tuyauterie et de son contenu. Des préconisations d'ancrage sont données par les fournisseurs à cet effet.

Dans le cas de collages, des préconisations assez détaillées sont normalement élaborées par les fournisseurs. L'expérience montre qu'il y a souvent intérêt à s'assurer qu'elles sont connues et respectées et, même, il est recommandé de mettre en place une procédure de qualification des monteurs.



Photos 1, 2, 3. Portions caractéristiques du circuit.  
*Typical parts of the cooling circuit.*





**BUREAU  
VERITAS**

**MATRICE DE RESISTANCE AU FEU EXIGEE**

LEGENDES ET REMARQUES	EMPLACEMENT											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
<p>ABREVIATIONS :</p> <p>L1 80 minutes à frot sec L2 30 minutes à frot sec L3 30 minutes pleins d'eau</p> <p>O Pas d'exigence de résistance au feu - Sans objet X Matériaux métalliques</p> <p>NOTES :</p> <p>1. Lorsqu'un boyautage non métallique est utilisé, des vannes commandées à distance doivent être prévues sur le bordé du navire (vannes commandées depuis l'intérieur du local).</p> <p>2. Des vannes commandées à distance doivent être prévues au niveau des citernes à caraison.</p> <p>3. Lorsque les citernes à caraison contiennent des hydrocarbures inflammables dont le point d'éclair est supérieur à 60° C, "O" peut remplacer "-" ou "X".</p> <p>4. Dans le cas de conduites de vidange des locaux encombrés, "O" peut remplacer "L1".</p> <p>5. Lorsque les fonctions de commande ne sont pas motivées par des prescriptions réglementaires ou des directives, "O" peut remplacer "L1".</p> <p>6. Dans le cas du boyautage situé entre le local de machines et le pont hydraulique sur pont, "O" peut remplacer "L1".</p> <p>7. Dans le cas des navires à passagers, "X" doit remplacer "L1".</p> <p>8. Les tuyaux de décharge qui desservent les ponts découverts sont classés 1 et 2, tels que définis à la règle 13 de la Convention internationale de 1966 sur les signaux de charge, devraient satisfaire à la prescription "X" dans tous les cas à moins qu'ils ne soient munis, à leur extrémité supérieure de moyens de fermeture pouvant être commandés d'un emplacement situé au-dessus du pont de franc bord afin d'éviter l'envahissement par les hauts.</p> <p>9. Pour les services essentiels tels que le rechargeage des citernes à combustible liquide et le fonctionnement de sécurité du navire, "X" devrait remplacer "O".</p> <p>10. Pour les pétroliers devant satisfaire le paragraphe 3 (f) de la Règle 13 F - Annexe I - MARPOL 73/78, "-" devrait remplacer "O".</p>	<p>LOCALS DE MACHINES DE CATEGORIE A</p> <p>AUTRES LOCALS DE MACHINES ET CHAMBRES DES POMPES</p> <p>CHAMBRES DES POMPES A CARAISSON</p> <p>ESPACES ROULIERS A CARAISSON</p> <p>AUTRES CALES A CARAISSONS SECHES</p> <p>CITERNES A CARAISSON</p> <p>CITERNES DE COMBUSTIBLE LIQUIDE</p> <p>CITERNES D'EAU DE BALLAST</p> <p>COFFERDANS, ESPACES VIDES, TUNNELS</p> <p>LOCALS HABITATION - SERVICE - SECURITE</p> <p>PONTS DECOUVERTS</p>											
CARAISSONS INFLAMMABLES (point d'éclair ≤ 60° C)			L1	-	-	O	-	(10) O	O	-	(2) L1	
1) Canalisations de caraison	-	-	L1	-	-	O	-	(10) O	O	-	(2) L1	
2) Conduites de lavage au pétrole brut	-	-	L1	-	-	O	-	(10) O	O	-	(2) L1	
3) Conduites de dégagement	-	-	-	-	-	O	-	(10) O	O	-	X	
GAZ INERTIE												
4) Canalisations à joint hydraulique d'évacuation des effluents	-	-	O <sup>(1)</sup>	-	-	O <sup>(1)</sup>	(1) O	(1) O	O <sup>(1)</sup>	O <sup>(1)</sup>	-	O
5) Canalisation de sortie du laveur	O <sup>(1)</sup>	O <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	O <sup>(1)</sup>	O <sup>(1)</sup>	-	-	O
6) Canalisation principale	O	O	L1	-	-	-	-	-	-	-	-	(6) L1
7) Canalisations de distribution	-	-	L1	-	-	O	-	-	-	-	-	(2) L1
LIQUIDES INFLAMMABLES (point d'éclair > 60° C)												
8) Canalisations de caraison	X	X	L1	X	X	(3) -	O	(10) O	O	-	-	L1
9) Combustible liquide	X	X	L1	X	X	(3) -	O	O	O	O	L1	L1
10) Graissage	X	X	L1	X	X	-	-	-	O	L1	L1	
11) Hule hydraulique	X	X	L1	X	X	O	O	O	O	L1	L1	
EAU DE MER (1)												
12) Collecteur principal et embranchements	(7) L1	(7) L1	L1	X	X	-	O	O	O	-	-	L1
13) Collecteur principal d'incendie et en eau pulvérisée	L1	L1	L1	X	-	-	-	O	O	-	-	L1
14) Dispositif à mousse	L1	L1	L1	-	-	-	-	-	O	L1	L1	
15) Dispositif à eau diffusée	L1	L1	L3	X	-	-	-	O	O	L3	L3	
16) Ballast	L3	L3	L3	L3	X	(10) O	O	O	O	L2	L2	
17) Eau de refroidissement, services essentiels	L3	L3	-	-	-	-	-	O	O	-	-	L2
18) Nettoyage des citernes, machines fixes	-	-	L3	-	-	O	-	O	O	-	-	(3) L1
19) Circuits non essentiels	O	O	O	O	O	-	O	O	O	O	O	
EAU DOUCE												
20) Eau de refroidissement, services essentiels	L3	L3	-	-	-	-	O	O	O	L3	L3	
21) Retour du condensat	L3	L3	L3	O	O	-	-	-	O	O	O	
22) Circuits non essentiels	O	O	O	O	O	-	O	O	O	O	O	
SANITAIRES - VIDANGE - DALOTAGE												
23) Vidange sur pont (intérieure)	(4) L1	(4) L1	-	L1	O	-	O	O	O	O	O	
24) Vidange sanitaire (intérieure)	O	O	-	O	O	-	O	O	O	O	O	
25) Dalots et décharges (extérieurs)	(18) O	(18) O	(18) O	(18) O	(18) O	(18) O	O	O	O	O	O	
SONDAGE - AIR												
26) Citermes à eau/espaces secs	O	O	O	O	O	(10) O	O	O	O	O	O	
27) Citermes d'hydrocarbures (point d'éclair > 60° C)	X	X	X	X	X	X <sup>(3)</sup>	O	(10) O	O	X	X	
DIVERS												
28) Air de commande	(5) L1	(5) L1	(5) L1	(5) L1	(5) L1	(5) L1	-	O	O	O	L1	(5) L1
29) Air de service (non essentiel)	O	O	O	O	O	-	O	O	O	O	O	
30) Saumure	O	O	-	-	-	-	-	-	O	O	O	
31) Tuyaux auxiliaires de vapeur à basse pression (≤ 7 bar)	L2	L2	O <sup>(9)</sup>	O <sup>(9)</sup>	O <sup>(9)</sup>	O <sup>(9)</sup>	O	O	O	O	O <sup>(9)</sup>	O <sup>(9)</sup>
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	

**Figure 2 : Exigences de l'OMI pour la résistance au feu**

Caractéristiques des tubes

Fab.	Réf.	Procédé de fab.	Angle Enroul.	Ø ext. [mm]	ép. [mm]	Poids au ml [kg]	% V/R	Temp. distorsion	Résine/Durcisseur
Wavin	SE 25	Sur filament acier	55 °	110,2	5,1	2,8	70	155 °C	828/MDA
AMERON	2000 M	Sur filament acier	54 °	114,6	5,2	3	70	> 110°C	827/MDA

Caractéristiques des accessoires

Fab.	Réf.	Procédé fab. coudes	Procédé fab. brides	% V/R	Température distorsion	Type résine +durcisseur
WAVIN	SE 25	Tissus en bande manuelle	Tissus en bande mécanique	65	144 °C	828 / 1PD
AMERON	2000 M	Enroulement * filamentaire	Enroulement filamentaire	60	> 110 °C	827 / MDA

Définition des assemblages

Fab.	Réf.	Type jonction	Technique de jonction	Longueur collage	Référence colle	Température distorsion
WAVIN	SE 25	Cylindro-conique	Tulipe conique sur accessoire Cylindrique sur tube	66 mm	Wavin Type 2	-
AMERON	2000 M	Cylindro-conique	idem	46 mm	RP 34 30 Z	> 110 °C

**Tableau 1 : Matériaux employés**