

**MONTAGE
DES
TUYAUTERIES
EN AERIEN**

BONDSTRAND

NOTICE D'INSTALLATION DE TUBES EN VERSION AERIENNE

1

SOMMAIRE

Généralités

- Etude du système Bondstrand
- Choix de la série Bondstrand, tubes, raccords, colle
- Pièces réalisées par enroulement ou par moulage
- Economies d'énergie
- Systèmes pré-calorifugés
- Autres applications

Etude de systèmes en dilatation libre

- Principes de base
- Changement de longueur dû à la température
- Changement de longueur dû à la pression
- Ancrage des dérivations et des vannes
- Lyres de dilatation
- Joints de dilatation

Etude de systèmes bloqués

- Principes de base
- Poussée due à la température
- Poussée due à la pression
- Guides d'alignement

Distance entre supports

- Recommandations générales
- Conditions particulières
- Charges maximales applicables sur supports
- Localisation des supports
- Supports pour tracés verticaux

Raccordements sur d'autres matériaux

- Raccordement à d'autres tubes
- Connexions métalliques de petit diamètre
- Raccordements en régime gravitaire

Raccordements sur des équipements

- Effet de vibration
- Raccordement sur réservoirs

Autres considérations

- Revêtements extérieurs
- Propriétés électriques
- Purges d'air
- Retours de condensats
- Thermo-traçage
- Fluides compressibles

Méthodes de supportage

- Forces de serrage
- Distance entre tubes
- Supports libres
- Supports d'ancrage

Appendice A: Formules de calcul de l'élongation

Appendice B: Formules de calcul des ancrages

Appendice C: Formules de calcul des distances entre supports pour des charges uniformément distribuées

GENERALITES

ETUDE DU SYSTEME BONDSTRAND

Cette notice détaille un certain nombre d'informations et de données utiles pour procéder à l'étude de systèmes de tuyauteries Bondstrand disposés en version aérienne. Ces informations, combinées à un bon niveau de pratique de l'ingénierie en général, ainsi qu'au bon jugement du concepteur de l'étude, doivent toutes être observées pour arriver à une installation réalisée avec succès et économie.

Cette notice examine les considérations suivantes :

- Critères de sélection des produits Bondstrand pour une application donnée
- Considérations dues aux phénomènes de dilatation
- Ecart entre supports et localisation des supports
- Connexions à d'autres matériels et équipements
- Revêtement extérieur et autres considérations
- Méthodes suggérées de supportage et d'ancrage

Bien que Bondstrand se comporte dans beaucoup de cas de la même manière que les systèmes de tuyauteries métalliques, le concepteur de l'étude doit prendre en considération d'importantes différences, par exemple :

- Le poids des tubes Bondstrand est seulement de l'ordre de 1/7ème du poids d'un acier au carbone schédule 40. Ainsi, les tubes, même de 300 mm de diamètre, peuvent être soulevés et mis en place à l'aide de tous engins de levage légers. Dans les petits diamètres, aucun engin n'est nécessaire. Ceci réduit les coûts d'installation.
- Le module longitudinal de Bondstrand est au moins 14 fois inférieur à celui d'un tube en acier au carbone - une caractéristique qui réduit les distances entre supports du fait de la déflexion, mais qui réduit aussi les poussées occasionnées par les variations de température.
- La dilatation linéaire est plus grande de 60 % que pour l'acier, mais, en jouant avec la flexibilité des tubes Bondstrand, on peut régler le problème de la dilatation de façon économique, souvent sans utiliser de joints de dilatation.
- Bondstrand nécessite une protection vis-à-vis d'une possible abrasion externe ou d'un écrasement au droit des supports d'acier, ce qui peut être effectué de façon simple et économique.
- Les valeurs réelles de modules décroissent avec le temps et la température. Les distances recommandées entre supports et les poussées estimées sont données pour aider le concepteur à étudier un réseau programmé pour un fonctionnement de longue durée, aussi bien à des températures ambiantes qu'à des températures élevées.

La prise en compte de ces différences, et d'autres également traitées dans cette notice, est la clé d'une installation couronnée de succès. Bien que ces informations doivent constituer une aide efficace pour ceux qui étudient pour la première fois un système Bondstrand, les utilisateurs expérimentés de Bondstrand trouveront également ici des informations nouvelles et utiles.

Il convient d'être conscient de ce que les produits en résine thermodurcissable renforcée proposés par d'autres fabricants peuvent différer de façon significative de Bondstrand. Les systèmes de résines, les procédés de fabrication et les systèmes d'assemblage sont des variables importantes, qui affectent les propriétés mécaniques et physiques de ces produits.

Les recommandations et les suggestions qui sont données sont basées sur les essais effectués par Ameron et sur l'expérience pratique développée sur le terrain. Elles s'appliquent uniquement aux produits Bondstrand.

CHOIX DE LA SERIE BONDSTRAND, TUBES, RACCORDS, COLLE

En fonction du milieu chimique et thermique, il convient de choisir une série époxy ou polyester, selon les informations données dans la Table de Corrosion Bondstrand. Cette notice donne nos recommandations pour différents fluides chimiques et autres, incluant les produits alimentaires, ainsi que pour les systèmes de collage appropriés.

PIECES REALISEES PAR ENROULEMENT OU PAR MOULAGE

Pour les petits diamètres, le choix peut porter sur des raccords réalisés par enroulement filamenteux ou par moulage. C'est le cas, dans tous les diamètres, pour les brides Bondstrand. En général, les raccords réalisés par enroulement doivent être utilisés dans tous les cas où ils sont soumis à une flexion telle que lyres, changement de direction, dérivations ; où les variations de température excèdent 37,8°C (100°F) en version bloquée ; où le système est soumis à des phénomènes vibratoires ou à des surpressions hydrauliques. Certains diamètres et certains types de raccords n'étant pas disponibles dans les deux versions, enroulement et moulage, il convient de vérifier les disponibilités, dans la Notice Technique Raccords, avant d'effectuer un choix.

ECONOMIE D'ENERGIE

En déterminant le diamètre d'un tube Bondstrand, il faut se souvenir que des faibles valeurs de friction (Hazen-Williams C=150) permettent de réduire la puissance des pompes requises, par rapport à l'acier au carbone. Dans la plupart des cas, ces faibles valeurs de friction demeureront identiques pendant toute la durée de vie du système.

De plus, le fait que les tubes Bondstrand aient un diamètre intérieur légèrement supérieur à celui des tubes d'acier de schédule 40 ou 80 contribue à réduire davantage les coûts de pompage. Les diagrammes figurant dans les notices techniques Bondstrand montrent la perte de charge prévue pour les tubes comme pour les raccords.

SYSTEMES PRE-CALORIFUGES

Bondstrand peut être calorifugé sur le site, mais est également disponible par l'intermédiaire de plusieurs calorifugeurs avec un pré-calorifuge intégré efficace. En utilisant un système précalorifugé, il convient de vérifier les distances prévues entre supports en fonction des températures de service et de prévoir le poids supplémentaire occasionné par le calorifuge et sa protection extérieure.

AUTRES APPLICATIONS

Ameron propose un certain nombre de publications détaillant des informations adaptées à des conditions spécifiques de service, telles que les applications marines, les systèmes de protection incendie et les retours de condensats. Prendre contact avec le distributeur Bondstrand, ou le bureau de vente Ameron le plus proche, pour leur communiquer les détails de l'installation prévue : température, pression, nature du fluide ou du gaz véhiculé, et toutes conditions appropriées.

En complément, Ameron possède un programme informatique pour l'analyse en déflexion et en fatigue des systèmes Bondstrand, qui est similaire aux programmes utilisés pour les systèmes métalliques. Votre représentant Ameron sera heureux de vous aider à utiliser ce programme pour étudier votre système spécifique. L'expérience montre toutefois qu'une telle analyse est nécessaire uniquement dans certains cas difficiles et que les procédures généralisées, présentées dans cette notice, sont habituellement suffisantes.

ETUDE DE SYSTEMES EN DILATATION LIBRE

PRINCIPES DE BASE

En général, un tube aérien fonctionne le mieux quand il est libre de se déplacer. Dans ce cas, les ancrages servent seulement à maintenir le tube convenablement positionné entre les lignes et les changements de direction. Il est possible de disposer le support d'ancrage sur une partie droite entre deux lignes, et entre une ligne et un coude. Sinon, pour un ancrage par section droite, les supports doivent maintenir le tube et assurer la pente de drainage requise, mais ne doivent pas empêcher ses mouvements axiaux. Aux coudes, les supports doivent aussi autoriser des déplacements latéraux.

Si le système ne peut pas être conçu libre, il faut se reporter au chapitre suivant, traitant des systèmes en dilatation bloquée.

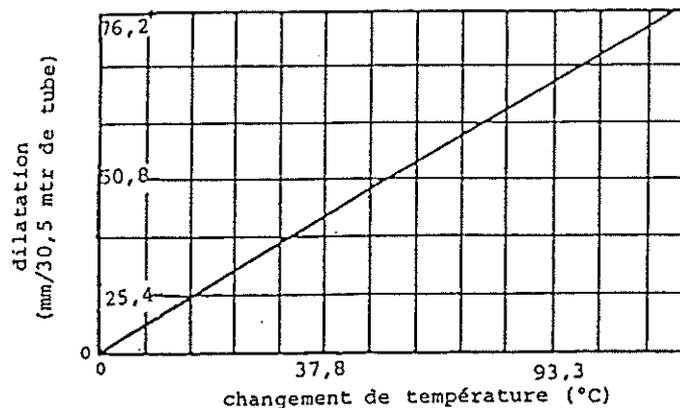
Les variations de longueur dans un système libre sont dues aux changements de température et de pression. Comme chacune peut varier de façon indépendante, les variations qui en résultent doivent être combinées pour la détermination de la lyre de dilatation. Les formules de calcul de variations de longueur et des exemples concrets figurent en appendice A, mais les paragraphes suivants donnent toute l'information nécessaire pour la plupart des systèmes de tuyauteries.

CHANGEMENT DE LONGUEUR DU A LA TEMPERATURE

Les essais effectués montrent que l'importance de la dilatation linéaire est une fonction directe de la température. La figure 1 donne les changements de longueur pour les séries Bondstrand 2000, 4000, 5000 et 6000.

Figure 1

Dilatation linéaire occasionnée par un changement de température, tube Bondstrand dia. 50 à 300 mm (2" à 12") :



CHANGEMENT DE LONGUEUR DU A LA PRESSION

Le changement de longueur dû à la pression interne dépend de l'épaisseur du tube, de son diamètre, du ratio de Poisson, et du module d'élasticité du tube, aussi bien axial que circonférentiel, à la température de service. Pour le tube Bondstrand, certains de ces facteurs ont tendance à s'annuler l'un l'autre, et la correction devient relativement simple. Pour chaque section droite et libre de mouvement de 30,5 m (100 ft) de longueur, le tableau 1 donne les changements de longueur dans la fourchette des températures mentionnées. Il suffit, pour obtenir la valeur correcte correspondant à la pression du système considéré, d'appliquer un coefficient multiplicateur approprié.

Tableau 1

Dilatation linéaire occasionnée par une pression interne de 6,8 bar (100 psi) dans un système libre (non ancré) :

Diamètre nominal (mm)	mm par 30,5 m de tube		
	Séries 2000 et 6000	Séries 4000	Séries 5000
50	5,08	7,62	7,62
80	7,62	10,16	10,16
100	7,62	10,16	10,16
150	10,16	12,70	15,24
200	12,70	15,24	20,32
250	15,24	20,32	25,40
300	17,78	22,86	30,48

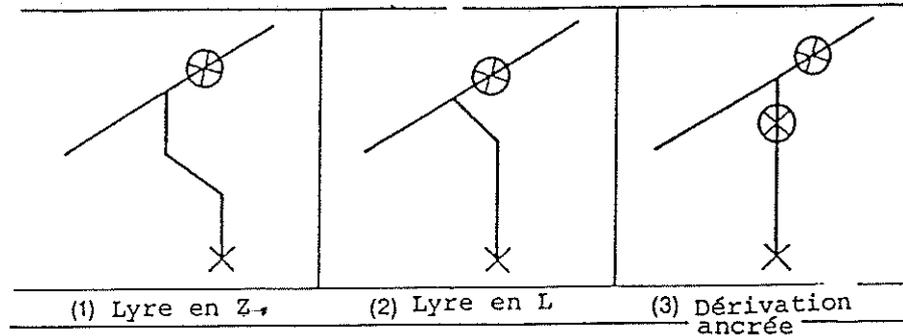
Les valeurs données pour les séries 2000, 4000 et 6000 sont valables jusqu'à 121°C (250°F). Les valeurs pour les séries 5000 sont valables jusqu'à 65°C (150°F).

ANCRAGE DES DERIVATIONS ET DES VANNES

Les dérivations verticales et horizontales peuvent augmenter la complexité d'un système prévu pour se déplacer librement. A moins qu'une dérivation ne puisse se déplacer à la fois axialement et latéralement, il faudra lui apporter une attention particulière pour éviter tout effort de flexion. Parfois, la meilleure solution consiste à ancrer à la fois la dérivation et la section tubulaire au niveau du té, de manière à autoriser la variation de longueur de la canalisation aux coudes ou aux lignes dans chacune des trois parties de ligne. Dans un tel cas, une dérivation verticale se raccordant à une section enterrée, comme le montre la figure 2, peut comprendre une ligne en Z. Le té peut être tourné de 90° pour permettre une ligne en L. La partie verticale peut être ancrée selon les considérations données par le chapitre "Etude de Systèmes Bloqués".

Figure 2

Raccordements sur lignes enterrées :



Les vannes doivent être ancrées et supportées directement, en particulier pour les diamètres de 150 mm (6") et au-delà. Le poids des vannes dans les grands diamètres et la torsion sur les dispositifs de fermeture dans tous les diamètres est en effet critique.

LYRES DE DILATATION

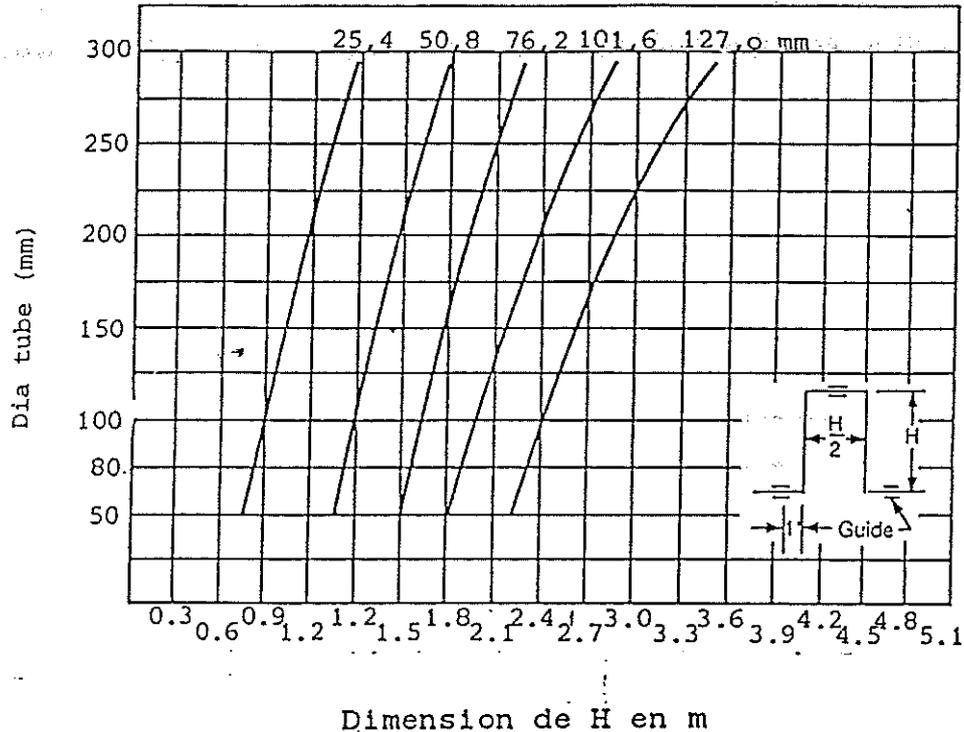
Les lyres sont recommandées pour supprimer les efforts longitudinaux entre deux ancrages pour une conduite aérienne.

La figure 3 donne les dimensions minimales des lignes pour toutes les séries Bondstrand. En premier lieu, il faut déterminer le changement de longueur total (température et pression) à absorber. Puis considérer la figure appropriée avec le diamètre du tube et le changement de longueur total pour déterminer la longueur requise pour la cote H, mesurant les jambes de la ligne en U.

Par exemple, on prend une ligne de dia. 200 mm (8") de la série 2000 avec un changement de longueur de 50,8 mm (2"). La figure 3 donne une valeur minimale pour H de 1,8 m.

Figure 3

Pour un changement de longueur de :



Les lignes doivent, chaque fois que c'est possible, être horizontales pour éviter tout emprisonnement d'air ou de sédiments et pour faciliter les opérations de drainage.

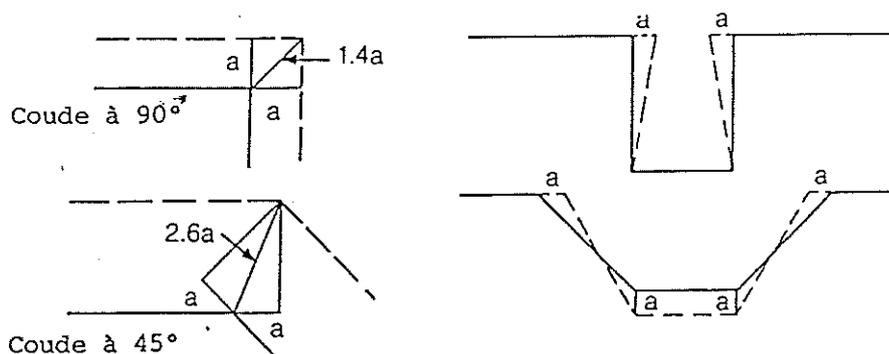
- Pour les lignes verticales vers le haut, des purges d'air permettent l'élimination des poches d'air et améliorent le débit. Dans le cas de systèmes sous pression, les purges d'air sont requises par sécurité, à la fois en service normal et lors des essais.
- Pour les lignes verticales vers le bas, des dispositifs d'équilibrage de la pression peuvent être nécessaires pour favoriser le drainage.
- Dans les deux cas, des dispositifs d'accès sont nécessaires pour assurer un drainage total.

Les lignes absorbent mieux la dilatation avec des coudes à 90° qu'avec des coudes à 45°. A la différence d'un coude à 90°, un coude à 45° transmet une force résultante qui peut ajouter une poussée axiale à l'effort en flexion usuel dans le tube et les raccords. L'alignement et la déflexion sont de plus directement affectés par le déplacement angulaire du coude à 45° et nécessitent une attention spéciale lors de la conception et de la localisation des supports.

Un coude à 45° , dans un changement de direction non bloqué présentant la même élongation à chaque jambe de la ligne, aura un déplacement de 86 % plus important qu'un coude à 90° . Le déplacement relatif à la base de la lyre est, lui aussi, un problème dans ce cas. La figure 4 illustre ces différences.

Figure 4

Déplacements comparés de coudes à 90° et à 45° occasionnés par la même dilatation :



A. Déplacement relatif des coudes non bloqués autorisés dans une section tubulaire

B. Modification relative des lignes

JOINTS DE DILATATION

A la place d'une lyre, on peut utiliser un joint de dilatation pour absorber la poussée axiale. Le modèle choisi doit être assez flexible, du type manchon de Teflon susceptible d'être activé par la poussée résultant de matériaux à faible module (voir le nota 2 du tableau 2).

Les supports des joints de dilatation doivent être soigneusement conçus et disposés pour assurer une déflexion bien contrôlée. En plus du fait qu'ils ajoutent du poids, la plupart de ces joints constituent des éléments indépendants qui n'assurent qu'un transfert limité des moments et des contraintes en cisaillement. Lorsque ces joints sont à base d'élastomère ou de thermoplastique, la discontinuité structurelle qu'ils entraînent au joint augmente avec les élévations de température.

Quand on utilise un joint de dilatation dans un système de canalisations transportant des solides, il faut bien considérer que son fonctionnement peut être altéré ou empêché du fait de la sédimentation, entraînant alors une déflexion excessive du tube.

ETUDE DES SYSTEMES BLOQUES

PRINCIPES DE BASE

Il peut arriver que la disposition d'un système de canalisations empêche tout déplacement libre des tubes, ou bien que certaines sections de tubes appartenant à un système libre doivent être bloquées.

Dans un système empêchant tout mouvement (bloqué à chaque extrémité), le concepteur doit prendre en considération les poussées, plutôt que les variations de longueur. A la fois la pression et la température induisent des poussées qu'il faut contrecarrer aux changements de direction, aux dérivations, aux réductions et aux extrémités. Une bonne connaissance des poussées occasionnées permet au concepteur de retenir des ancrages satisfaisants. Il faut se souvenir que la poussée axiale exercée sur un ancrage est normalement indépendante de l'espacement des supports. Des formules et des exemples sont donnés en appendice A.

Dans la pratique, la plus grande partie de l'effort en compression est normalement développée pendant le premier cycle de température. En fait, le tube développe à la fois des efforts en compression et en traction lorsqu'il est soumis aux cycles de température et de pression. Cependant, les poussées en compression ou en traction n'excèdent en général pas la poussée occasionnée lors du premier cycle, à moins d'un changement dans les niveaux de pression ou de température.

Attention : Dans les systèmes bloqués, les tubes et raccords peuvent être endommagés par des ancrages défectueux. Des ancrages mal conçus ou installés peuvent également, en se déformant ou en glissant, endommager des raccords. De même des pics de dilatation peuvent être occasionnés par des niveaux de pression ou de température élevés. Lorsque les ancrages sont ultérieurement disposés, il peut être nécessaire, surtout pour de grandes longueurs droites, de mettre en place des ancrages temporaires, pour éviter des déplacements excessifs et des surcharges au niveau des raccords.

POUSSEE DUE A LA TEMPERATURE

Dans un tube Bondstrand parfaitement bloqué, les variations de longueurs induites par les changements de température sont contrecarrées aux points d'ancrage et transformées en poussées. La poussée développée dépend du coefficient de dilatation, de la surface de section du tube, et du module d'élasticité. Le tableau 2 donne la poussée axiale maximale dans des lignes ancrées pour chaque série Bondstrand à trois niveaux différents de température. Ce tableau est basé sur l'hypothèse d'un tube initialement parfaitement libre de toutes contraintes, à une température de 15,6°C (60°F), avec des valeurs données pour le module d'élasticité à court terme.

Tableau 2

Poussées initiales (en Newton) induites par la température dans un tube Bondstrand parfaitement ancré à différents niveaux de température :

Dia. nom. (mm)	Séries 2000 et 6000			Séries 4000			Séries 5000		
	65,6 (°C)	93,3 (°C)	121 (°C)	65,6 (°C)	93,3 (°C)	121 (°C)	65,6 (°C)	93,3 (°C)	121 (°C)
50	6095	8365	9920	5205	7115	8450	3870	4135	3735
80	9210	12590	14945	7830	10765	12765	5825	6230	5605
100	14770	20240	23975	12990	17795	21085	9340	10010	9030
150	21930	30070	36475	19305	26470	31360	13880	14900	13390
200	31495	43195	51155	28070	38480	45820	19930	21395	19260
250	39500	54270	64055	35185	48045	57385	24955	26825	24110
300	47155	64500	76510	41770	57385	68060	29670	31895	28690

Nota :

- Les poussées sont calculées sur la base d'un tube initialement libre de contraintes à une température de 15,6°C (60°F) et d'un coefficient de dilatation égal pour toutes les séries à 0,000018 m/m/°C (0,00001 in/in/°F).
- Les valeurs des modules d'élasticité à court terme sont (en Mpa) :

	A 60°C	A 65,6°C	A 76,7°C	A 93,3°C	A 121°C
Séries 2000	-	9300	-	8200	7200
Séries 4000	-	8000	-	7200	6200
Séries 5000	6600	-	5200	3700	-
- Les poussées calculées sont indépendantes de la longueur de la section linéaire considérée.

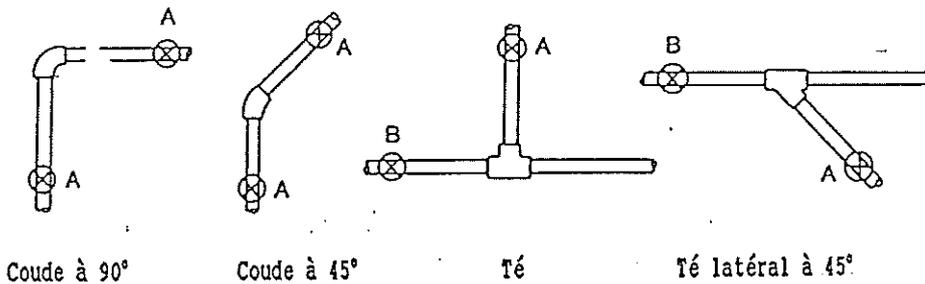
POUSSEE DUE A LA PRESSION

La poussée due à la pression interne dans un système de canalisations aérien bloqué est en théorie plus compliquée à établir du fait de l'effet de Poisson, qui induit une tension considérable dans la paroi tubulaire d'une section linéaire à joints collés. Lorsque la pression interne s'exerce, le tube augmente de circonférence et, en même temps, se contracte dans le sens longitudinal. L'effort en traction qui en résulte est important, car il tend alors à réduire la poussée hydrostatique aux points d'ancrage au droit des changements de direction. Cependant, pour le concepteur d'un système Bondstrand bloqué, le problème peut être grandement simplifié. Le tableau 3 donne les valeurs recommandées des poussées exercées et l'emplacement des points d'ancrage pour différents types de raccords.

Tableau 3.

Poussée attendue aux points d'ancrage (en Newton) pour une pression interne de 6,8 bar (100 psi) dans un système Bondstrand bloqué :

Dia. nominal (mm)	Poussée axiale dans le tube au point d'ancrage (A)
50	755
80	1800
100	3000
150	6895
200	11790
250	18680
300	26690



Coude à 90°

Coude à 45°

Té

Té latéral à 45°

Nota :

1. Les points d'ancrage (A) tels que ceux qui sont montrés dans la figure 11 sont utilisés dans des systèmes bloqués à chaque extrémité d'une partie droite et juste avant un changement de direction, et doivent pouvoir résister aux forces indiquées.
2. Les points d'ancrage (B) tels que ceux qui sont montrés en figure 10 constituent des blocages légers, habituellement disposés entre deux ancrages (A), ou bien au milieu de lignes ou de changements de direction dans des systèmes libres.
3. Les points d'ancrage (A et B) aux coudes et dérivations doivent être disposés à une distance du raccord égale à 5 à 10 fois le diamètre du tube. Toute autre localisation requiert une étude de flexibilité.
4. Aucune poussée significative due à la pression interne n'est développée sur des points d'ancrage disposés au niveau de réductions placées dans l'axe d'une section linéaire.

GUIDES D'ALIGNEMENT

Une ligne aérienne en version bloquée peut nécessiter la mise en place de supports-guides destinés à assurer un bon alignement des tubes, en particulier dans les cas où la conduite est soumise à des variations importantes de température. Les guides, tels que montrés en figure 10, autorisent le tube à se déplacer axialement, mais pas latéralement. Sans guides, un tube bloqué ne peut pas présenter une déflexion uniforme, et peut, dans certains cas, présenter une déflexion excessive. Les figures 5 et 6 donnent les distances recommandées entre supports de manière à éviter toute déflexion anormale entre les points fixes.

Figure 5

Distance entre supports-guides en fonction des variations de température pour les séries 2000, 4000, 6000 avec extrémités bloquées. Les valeurs sont données pour une température initiale de 15,6°C (60°F) et une conduite pleine d'eau :

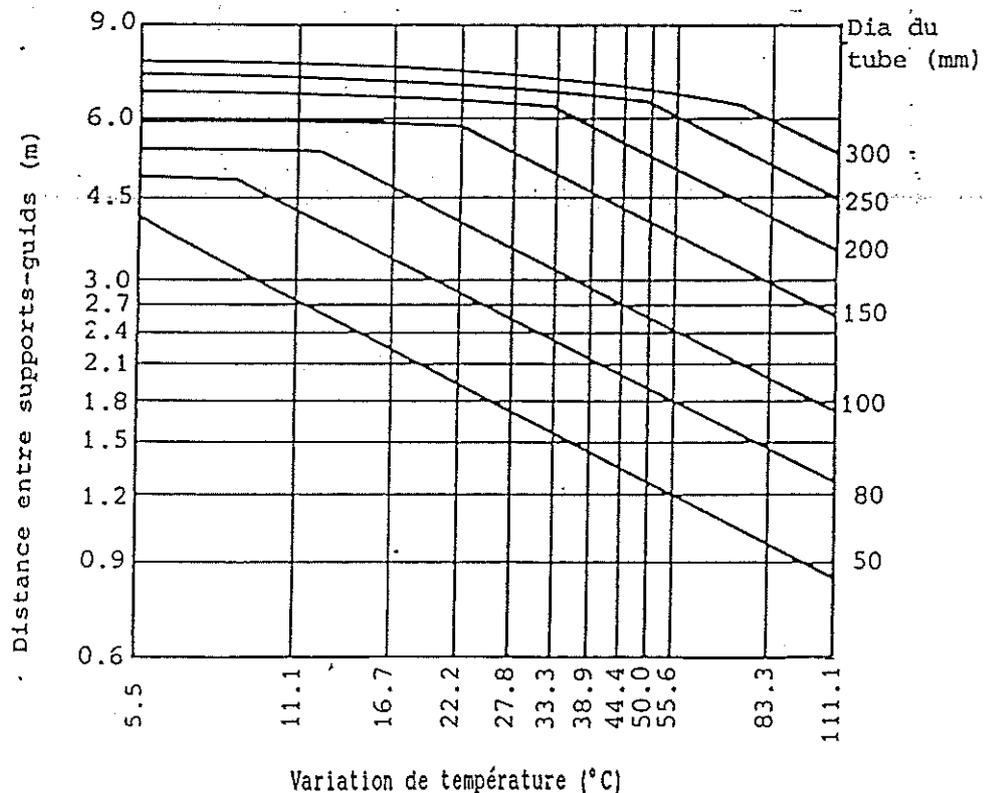
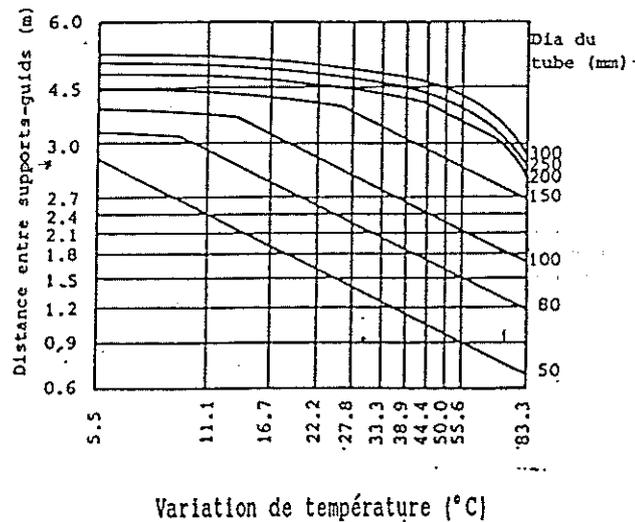


Figure 6

Distance entre supports-guides en fonction des variations de température pour les séries 5000 avec extrémités bloquées. Les valeurs sont données pour une température initiale de 15,6°C (60°F) et une conduite pleine d'eau.



La mise en place de guides latéraux convenablement localisés est en général suffisante, en particulier pour les plus grands diamètres. A titre de vérification, on peut comparer la distance souhaitée, telle que déterminée dans le chapitre "Distance entre Supports" avec la distance établie par les figures 5 et 6. Il convient de s'assurer que les deux recommandations sont observées. Par exemple, pour déterminer la distance entre des supports-guides d'une conduite de 80 mm (3") de diamètre de la série Bondstrand 2000, installée à une température de 21,1°C (70°F) et fonctionnant à une température de 121°C (250°F) (DT = 99,1°C ou 180°F), on utilise la figure 5, qui donne une distance de 1,4 mètres (4,6 ft).

DISTANCE ENTRE SUPPORTS

RECOMMANDATIONS GENERALES

Les distances maximales recommandées entre supports pour les tubes Bondstrand fonctionnant à diverses températures de service sont données dans le tableau 4. Ces distances sont prévues pour des configurations horizontales usuelles, c'est à dire sans raccords, vannes, sections verticales, etc..., mais pouvant comporter des brides et des supports-guides non uniformes. Les valeurs données représentent un compromis entre des supports pour sections continues et des supports pour de simples éléments de tubes. Lorsqu'une conduite est installée en observant les distances entre supports indiquées dans le tableau 4, le poids du tube plein d'eau entraîne une déflexion à long terme d'environ 12,7 mm (1/2"), ce qui est habituellement acceptable, tant du point de vue esthétique que pour permettre un drainage adéquat. Des sections continues de tubes peuvent être supportées avec des distances entre supports jusqu'à 20% supérieures pour cette valeur de déflexion. Pour des éléments tubulaires isolés, la distance entre supports doit être réduite de 20%. Dans ce but, les sections continues de tubes sont définies comme étant des sections médianes (et non pas d'extrémité), uniformes en longueur et exemptes de toute rotation structurelle aux supports. Les éléments tubulaires isolés sont supportés seulement aux extrémités et libres de tourner dans les supports. Les cas spéciaux abordés plus loin ne sont pas inclus ici.

On considère que le tube est libre de se déplacer axialement. Les tubes aériens disposés en version bloquée (empêchant les déplacements longitudinaux) représentent un cas spécial pouvant nécessiter la mise en place de supports-guides, comme indiqué au chapitre précédent "Guides d'Alignement".

Tableau 4

Distances maximales recommandées entre supports, en mètres, pour les tubes Bondstrand à diverses températures de service (gravité spécifique du fluide = 1,0) :

Dia. nom. (mm)	Séries 2000 & 6000				Séries 4000				Séries 5000			
	37,8/65,6/93,3/121 (°C)				37,8/65,6/93,3/121 (°C)				37,8/65,6/93,3/121 (°C)			
50	3,6	3,4	3,1	2,8	3,4	3,2	3,0	2,7	3,2	2,9	2,5	2,0
80	4,1	3,9	3,6	3,3	3,9	3,7	3,4	3,1	3,7	3,3	2,9	2,3
100	4,7	4,4	4,1	3,7	4,5	4,2	3,9	3,6	4,2	3,8	3,3	2,6
150	5,2	5,0	4,6	4,2	5,0	4,7	4,4	4,0	4,7	4,3	3,7	3,0
200	5,8	5,5	5,1	4,6	5,6	5,3	4,9	4,4	5,3	4,7	4,1	3,3
250	6,2	5,8	5,4	4,9	6,0	5,6	5,2	4,7	5,6	5,0	4,4	3,5
300	6,5	6,1	5,7	5,1	6,2	5,9	5,5	4,9	5,9	5,3	4,6	3,6

Nota :

1. Ces recommandations sont données pour des systèmes horizontaux normalement supportés et constituent un compromis entre le supportage de sections continues de tubes et le supportage d'éléments tubulaires isolés. Elles ne tiennent pas compte des poids des raccords, vannes, brides, etc..., ou des poussées (dérivations, changements de direction, etc...).
2. Ces recommandations sont établies en tenant compte d'une déflexion maximale admissible à long terme de 12,7 mm (1/2").
3. Les sections continues de tubes peuvent autoriser une distance entre supports jusqu'à 20 % plus importante pour cette déflexion. Pour les éléments tubulaires isolés, les distances doivent être diminuées de 20 %.

CONDITIONS PARTICULIERES

Le concepteur de l'étude peut calculer ses déflexions ou déterminer ses distances entre supports pour toute géométrie particulière et différentes charges, en utilisant les coefficients de rigidité effective donnés dans l'appendice C. Pour une étude de ce genre, les effets causés par des écarts entre supports non uniformes, par les coudes ou les dérivations, les sections verticales ou inclinées, les joints spéciaux susceptibles d'agir indépendamment, les liquides lourds, les poids externes tels qu'un calorifugeage, les poussées en version bloquée et les charges dynamiques, peuvent être pris en compte, souvent par l'utilisation d'un programme informatique tel que celui auquel il est fait référence dans le paragraphe "Autres Applications".

CHARGES MAXIMALES APPLICABLES SUR SUPPORTS

Le tableau 5 indique les charges maximales applicables qu'il est indispensable de ne pas dépasser sur les supports de tubes disposés horizontalement.

Tableau 5

Charges admissibles en service sur supports de tubes horizontaux :

Dia. nom. (mm)	Poids uniforme du tube (Kg/m)			Charge sur supports avec une assise de 180° (Kg)	
	Tube Eau		Tube plein	Par mètre	Maximum
50	1,2	0,7	1,9	45,3	72,5
80	1,8	1,6	3,4	45,3	90,7
100	3,0	2,6	5,6	45,3	90,7
150	4,5	6,0	10,5	59,0	149,7
200	6,4	10,4	16,8	90,7	272,1
250	8,0	16,5	24,5	154,2	476,3
300	9,5	23,5	33,0	181,4	648,6

Nota :

1. Les rollers et les plaques peuvent être considérés comme des supports lorsque des selles Bondstrand à 180° sont fixées au tube.
2. Voir les croquis de supportage ci-après pour plus d'informations.

LOCALISATION DES SUPPORTS

Les supports autorisant un mouvement de la conduite sont généralement sous le tube, pas sous les raccords. Il faut s'assurer que les mouvements du tube ne soient pas empêchés axialement ou latéralement par une bride ou un raccord disposés à proximité du support. En général, les supports peuvent être disposés à proximité de structures adéquates, tout comme pour l'acier, étant entendu que les distances entre supports indiquées au tableau 4 ne doivent pas être dépassées.

Les points d'ancrage doivent être positionnés sur le tube, comme le recommande le tableau 3, pour les conduites bloquées. Excepté les connexions par brides, les ancrages aériens sont normalement disposés sur le tube plutôt que sur les raccords. Les ancrages situés sur des sections libres de se déplacer doivent être positionnés aux endroits nécessaires pour contrôler tout mouvement dans les lignes ou les changements de direction. Voir les figures 11 et 14 qui schématisent différents types d'ancrages.

SUPPORTS POUR TRACES VERTICAUX

Il convient de mettre en place un support (disposé en n'importe quel point de la conduite) pour toute section verticale de plus de 3 m de hauteur. Voir la figure 14 qui établit des suggestions pour ce type de supportage. Si la section verticale est supportée près de sa base, il faut utiliser des colliers-guides, comme le montre la figure 14B, espacés selon les recommandations apportées par le tableau 6.

Les tracés verticaux de moins de 3 m de hauteur peuvent, en règle générale, être supportés en tant que partie de la conduite horizontale. Dans tous les cas, s'assurer que le tracé a pris suffisamment en considération les mouvements horizontaux et verticaux au sommet, comme aux coudes inférieurs.

Pour les sections de tubes verticales, on doit prévoir une variation de longueur par l'intermédiaire des raccords, en mouvement libre, soit au sommet, soit à la base, soit aux deux.

Tableau 6

Distance minimale entre supports (en m) pour les sections verticales supportées à partir de leur base :

Séries	Diamètre du tube (mm)	Température du fluide (°C)			
		37,8	65,5	93,3	121
2000	50, 80, 100	7,6	6,1	4,6	3,0
4000	150, 200, 250, 300	9,1	7,6	6,1	4,6
5000	50, 80, 100	7,6	6,1	3,0	**
	150, 200, 250, 300	9,1	7,6	4,6	**
** non recommandé					

Pour toute variation attendue de longueur verticale de l'ordre de 3 mm (1/8"), prévoir 0,6 m de tube horizontal entre un coude et le premier support, mais pas moins de 1,8 m ni plus de 6 m de tube horizontal.

Les colonnes de plus de 30 m de hauteur (suspendues ou montantes) doivent être considérées comme des cas spéciaux. Le supportage et la provision pour les variations de longueur sont importants. L'installateur devra soigneusement éviter tout mouvement dû au vent ou aux vibrations des supports pendant la polymérisation des joints collés.

RACCORDEMENT SUR D'AUTRES MATERIAUX

RACCORDEMENT A D'AUTRES TUBES

Chaque fois que c'est possible, il est préférable de raccorder Bondstrand à des tubes métalliques ou thermoplastiques en utilisant des brides percées selon les standards 150 psi de l'ANSI B 16.5. Les brides époxy Bondstrand, réalisées par enroulement filamenteux et les brides heavy-duty, réalisées par moulage, peuvent être boulonnées directement sur les brides d'acier à face surélevée. Ces brides sont également compatibles avec les brides d'acier revêtues. Les brides standards Bondstrand, réalisées par moulage, époxy ou polyester, sont compatibles avec les brides d'acier à face plate. Les meilleurs résultats sont obtenus en utilisant un joint élastomère à face pleine de 3 mm (1/8") d'épaisseur avec une dureté Shore A de 60 +/- 5.

Les vannes à brides ou les autres équipements sont fréquemment fournis avec leur propre système de joint bâti dans la surface des brides, dont la configuration peut varier de manière importante selon le modèle choisi. A moins que la démonstration n'ait été faite que ces systèmes sont compatibles avec la face des brides Bondstrand, il faut utiliser le joint élastomère standard de 3 mm d'épaisseur à face pleine, en addition auxdits systèmes.

Lorsque Bondstrand est raccordé à un tube métallique, il convient de parfaitement ancrer le tube métallique au point de raccordement de manière à ce que sa dilatation et sa contraction ne soient pas transférées à la conduite Bondstrand.

CONNECTIONS METALLIQUES DE PETIT DIAMETRE

Les connections pour instrumentation les mieux adaptées utilisent des brides à orifice 1/2" NPS. Les bouchons réducteurs vissés, montés sur des selles, les brides pleines et les raccords bouchons permettent de réaliser des connections disponibles jusqu'à 1 1/2" de diamètre pour une large gamme d'application. Les bouchons métalliques les plus utilisés sont en acier inoxydable du type 316, mais Ameron peut également fournir d'autres matériaux sur demande. Un bulletin technique intitulé "Selles de dérivation" est disponible à ce sujet.

RACCORDEMENT EN REGIME GRAVITAIRE

Les raccords en régime gravitaire sur conduites de drainage, canalisations en fonte, etc..., peuvent se faire de différentes façons. Par exemple, une réduction concentrique de dia. 100 x 150 mm peut constituer une tulipe sur conduite Bondstrand de 100 mm de diamètre, suffisamment large pour encaster l'extrémité d'une conduite de drainage ou d'un raccord en fonte.

De même, un tube Bondstrand peut être encastré et scellé dans la tulipe d'extrémité d'un tube en fonte. Dans tous les cas, il faut éviter d'encastrer des matériels susceptibles de fonctionner à des températures supérieures à 93°C (200°F). Les produits de scellement à expansion de type époxy, tels que le Nukem 750 et 760 d'Ameron, sont recommandés.

Des manchons élastomères existent également sur le marché, qui permettent de raccorder Bondstrand à des tubes en grès, en béton, en fonte ou en plastique.

RACCORDEMENT SUR DES EQUIPEMENTS

EFFET DE VIBRATION

Les tubes Bondstrand peuvent absorber sans risque les vibrations engendrées par des pompes ou dans toutes autres conditions, dans la mesure où (1) les fatigues sont contrôlées dans des limites raisonnables et (2) le tube est protégé contre l'abrasion au contact des supports et de tous autres objets, à l'aide de demi-coquilles ou de manchons. En général, les vibrations engendrées sur le tube sont dangereuses uniquement quand leur fréquence est égale ou similaire à la fréquence de résonance naturelle du tube. Cette fréquence est en fonction du système de supportage, de la géométrie du tracé, de la température, de l'effet de masse et de la rigidité du tube, et est souvent difficile à prévoir.

Il y a deux méthodes principales pour contrôler la fatigue occasionnée par des phénomènes vibratoires. On peut observer la stabilité du système pendant la phase initiale d'opération et rajouter des supports, si besoin est, pour réduire les effets de vibration occasionnés par des équipements. Si nécessaire, des guides schématisés par la figure 10 permettent effectivement d'empêcher le tube de se soulever ou de se déplacer dans le sens latéral.

Dans les cas spéciaux où la source de vibrations est excessive (comme avec des pompes mal équilibrées), un joint de dilatation élastomère, ou tout autre absorbeur de vibrations, peut être utilisé. Se reporter au paragraphe "Joints de Dilatation" si le choix se porte sur ceux-ci.

RACCORDEMENT SUR RESERVOIRS

La flexion exercée sur les parois d'un réservoir, par son remplissage ou par les opérations de soutirage, induit des mouvements aux points de raccordement avec les tubes, qu'il convient de prévoir lors de l'étude. Ces mouvements peuvent être absorbés par une ligne ou un changement de direction, ou encore par un joint de dilatation. Il faut éviter les liaisons directes en ligne droite entre plusieurs réservoirs.

AUTRES CONSIDERATIONS

REVETEMENTS EXTERIEURS

L'exposition directe au soleil des canalisations Bondstrand aura parfois pour effet de provoquer un certain dépolissage de leur surface extérieure. Bien que cette dégradation, tout à fait superficielle, n'ait jamais, d'expérience, entraîné de quelconques ruptures en relation directe avec elle, il en résulte un satinage de teinte grisâtre que beaucoup d'utilisateurs souhaitent éviter.

Les produits Amercoat d'Ameron sont à la disposition des utilisateurs pour prévenir ou arrêter ce phénomène, ou aussi à des fins de repérage par couleurs. Les études effectuées en usine montrent qu'une simple couche de 5 μ d'Amercoat 83 constitue une protection adaptée pour les canalisations époxy et polyester.

L'adhérence de ces revêtements est encore améliorée en repoussant l'opération au moment où la surface commence à devenir dépolie. Le tube doit être soigneusement nettoyé avec de l'Amercoat 12 avant l'application du revêtement.

Pour de plus amples informations sur la résistance chimique, le pouvoir couvrant, les équipements et la procédure de mise en oeuvre de ces revêtements, contacter la division "Protective Coatings" d'Ameron.

PROPRIETES ELECTRIQUES

Le tube Bondstrand présente une excellente résistance aux courants électriques, qui constituent une raison classique de corrosion autour des vannes et des pompes. Le tableau 7 donne les résultats de tests effectués sur des tubes Bondstrand exposés à un environnement propre, recreant, à température ambiante, les conditions d'une unité de fabrication. De toute évidence, les propriétés électriques, en particulier la résistivité superficielle, sont affectées de manière importante par la contamination et les conditions atmosphériques.

Les débits à vitesse élevée de fluides ayant une faible conductivité électrique, tels que les dérivés du pétrole, peuvent induire de l'électricité statique en quantité significative. Celle-ci se dissipe lentement dans le cas de canalisations enterrées. Il est alors important de disposer en sous-sol des structures ou parcelles métalliques, en particulier à proximité des raccords de vidange, des filtres, des vannes, et autres zones à haute turbulence. Il est également bon d'utiliser des selles plutôt que des bandes élastomères au droit des supports pour assurer une meilleure mise à la terre.

Tableau 7

Propriétés électriques des séries Bondstrand 2000, 4000 et 6000:

<u>Propriété</u>	<u>Valeur</u>	<u>Méthode ASTM</u>
Constante diélectrique à 1 KHz pour une épaisseur de 5,5 mm (0.22")	5,9	D-150
Coefficient de dissipation à 1 KHz pour une épaisseur de 5,5 mm (0.22")	0.016-0.021	D-150
Force diélectrique établie à court terme avec des électrodes de 6,3 mm (¼") dans de l'huile pour une épaisseur de 5,8 mm (0.23"), volts par mil.	> 230	D-149
Voltage d'interruption diélectrique établi à court terme avec des électrodes de 6,3 mm (¼") dans de l'huile pour une épaisseur de 5,8 mm (0.23"), KV	> 534	D-149
Résistivité superficielle, ohms	10 à 10	D-257
Résistivité volumique pour une épaisseur de 5,5 mm (0.22"), ohms	10 à 10	D-257

Nota : Tous les essais ont été effectués dans les conditions de fabrication usuelles, à température ambiante.

La série Bondstrand 7000 d'Ameron comporte des éléments conducteurs disposés dans la paroi du tube, qui permettent, avec une bonne mise à la terre, d'empêcher l'accumulation d'électricité statique à des niveaux dangereux sur la surface extérieure (électricité produite par le débit des fluides véhiculés).

PURGES D'AIR

Comme dans tous les systèmes de canalisations, les points hauts constituent des trappes d'air ou de tous autres gaz. Ces poches de gaz peuvent constituer un danger ou une gêne durant les opérations d'épreuves hydrauliques, et également limiter le débit ou gêner le vidangeage des conduites. Il est donc recommandé de disposer des purges d'air à tous les points hauts. Se reporter au paragraphe "Connections Métalliques de Petit Diamètre" pour les détails de montage.

RETOURS DE CONDENSATS

Un bon drainage contribue à éviter les coups de bélier dans les lignes de retour de condensats. Pour de plus amples informations, voir la notice BEG-9, relative aux retours de condensats.

THERMO-TRAÇAGE

Le thermo-traçage peut être nécessaire pour empêcher le gel des conduites par temps froid, ou pour maintenir le débit des fluides qui sont trop visqueux à température ambiante. On enroule les traceurs en hélices pour éviter toute déflexion au tube (causée par un traçage latéral). Les traceurs doivent être disposés directement sur le tube, avant la couche d'isolant. Ne pas dépasser des températures maximales de traçage de 149°C (300°F) pour les tubes époxy, et de 93°C (200°F) pour les tubes polyester, et prendre en considération la température maximale de traçage pour procéder à la conception du réseau.

FLUIDES COMPRESSIBLES

Il est important d'observer les règles de sécurité appropriées pour l'étude de systèmes destinés à véhiculer de l'air, ou tous fluides compressibles. Les tuyauteries aériennes doivent être soigneusement protégées de tous dommages mécaniques causés par des équipements ou des véhicules. Il est recommandé d'éprouver les systèmes par un test hydrostatique, pendant une période de deux heures, à une pression égale à deux fois la pression maximale de service, avant la mise en service.

METHODES DE SUPPORTAGE

Les paragraphes qui suivent décrivent et illustrent les différentes méthodes de supportage des conduites Bondstrand disposées en version aérienne.

Les diamètres extérieurs des tubes Bondstrand étant à peu près identiques aux diamètres extérieurs des tubes standards en fonte (IPS), on peut utiliser des supports ou des suspentes standards dans la plupart des cas. Occasionnellement, il faut des supports plus larges, tels que dimensionnés dans le tableau 8, pour s'adapter aux bandes élastomères ou aux selles de supports, en particulier aux points d'ancrage.

Tableau 8

Diamètres nominaux recommandés pour les supports de tubes Bondstrand :

Dia. nom. (mm)	Tube nu ou avec 1 feuillard métallique	Avec 1 bande élastomère	Avec 2 selles de support à 180° Bondstrand
50	50	65	80
80	80	90	100
100	100	(125)	125
150	150	(180)	(200)
200	200	(230)	(250)
250	250	(290)	(300)
300	300	(335)	(350)

Nota : Les dimensions données entre parenthèses expriment les diamètres intérieurs recommandés des supports ou ancrages, compte tenu d'un joint élastomère de 6,3 mm d'épaisseur (¼") ou de selles Bondstrand de 14,3 mm d'épaisseur (9/16").

FORCES DE SERRAGE

Lorsqu'on utilise des supports qui serrent le tube, il faut s'assurer que la force de serrage n'écrase pas le tube. Un écrasement local peut résulter d'une adaptation médiocre du support sur le tube, et un écrasement sur toute la circonférence peut indiquer une force de serrage trop importante.

Pour parfaitement ancrer un tube avec son support, la solution idéale, assurant la meilleure longévité, consiste à mettre en place une paire de selles de support à 180° entre le tube et la ceinture de serrage. Dans bien des cas, une alternative acceptable consiste à utiliser une bande élastomère de 6,3 mm (¼") d'épaisseur (dureté Shore A = 60 +/- 5).

DISTANCE ENTRE TUBES

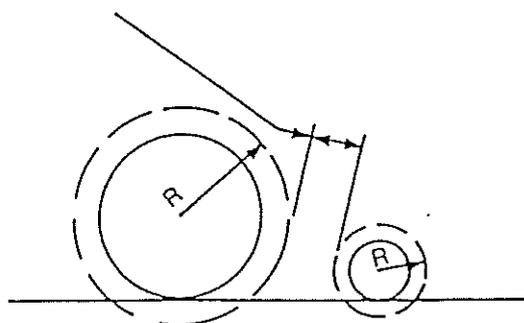
Lorsque plusieurs lignes circulent en parallèle, il faut leur assurer un espacement suffisant tenant compte du plus grand diamètre des brides et d'autres raccords. Le tableau 9 donne le rayon extérieur applicable aux tubes Bondstrand. Il faut aussi prévoir une place supplémentaire requise par les dilatations au niveau des lyres et des coudes. Prévoir également, si nécessaire, un calorifugé pour éviter toute exposition directe sur un tube chaud, ou toute autre source de chaleur.

Tableau 9

Rayon fixant les distances entre tubes parallèles :

Dia. nominal (mm)	Raccord Quick-Lock (rayon en mm)	Bride (rayon en mm)
50	45	75
80	50	95
100	70	115
150	95	140
200	120	170
250	160	200
300	195	240

Distance à prévoir



Nota :

1. Prévoir un espacement supplémentaire entre les tubes pour tenir compte de la dilatation aux lignes et aux coudes.
2. Prévoir un espacement supplémentaire aux selles de branchement, aux manchons de réparation, et chaque fois que des systèmes de raccordement spéciaux sont utilisés.

SUPPORTS LIBRES

Il s'agit :

- des suspentes libres de se déplacer latéralement ou longitudinalement avec le tube
- des supports fixés sur lesquels le tube peut glisser, autorisant des mouvements longitudinaux, et parfois latéraux
- des guides permettant les déplacements longitudinaux, mais empêchant les déplacements latéraux

Les suspentes, pouvant se déplacer autour de leur tige de fixation, autorisent des déplacements longitudinaux et latéraux considérables. Elles peuvent comporter des feuilards, des bagues (figure 7) ou des rouleaux (figure 8), le rouleau étant soit suspendu librement, soit maintenu dans un cadre rigide.

Les supports fixés permettent un déplacement longitudinal, et parfois latéral, des tubes. Un rack de tuyauteries en acier constitue un support fixe typique autorisant des déplacements longitudinaux comme latéraux (figure 9). Un tube disposé sur un support fixe doit être protégé vis-à-vis de l'abrasion externe (voir le paragraphe "Protection Anti-Abrasion").

Les guides (figure 10) limitent les mouvements translationnels, mais peuvent permettre les mouvements longitudinaux ou en rotation. Les guides sont recommandés pour les lignes soumises à des poussées transversales ou de bas en haut, par exemple : des lignes sujettes à des surpressions, à des remplissages et vidanges fréquents, les lignes (en particulier quand elles sont vides) qui peuvent être soulevées ou déplacées par le vent ou toutes autres forces extérieures. Il faut aussi utiliser des guides pour les tracés verticaux (voir tableau 6). De même, des guides sont nécessaires à intervalles pour les systèmes bloqués, bien qu'aucun mouvement longitudinal significatif ne soit nécessaire (figures 5 et 6). Un guide économique dans la plupart des cas est constitué par un boulon en U léger avec double écrou, pour empêcher les mouvements horizontaux et verticaux, mais autoriser les mouvements longitudinaux. Une protection anti-abrasion est requise pour protéger un tube en glissement sur un support fixe ou un guide. Il faut faire appel à un matériau compatible avec l'environnement et les critères de coût. Parmi les différentes protections existantes, on peut utiliser :

- les selles Bondstrand qui présentent une surface propre, résistant à la corrosion, et augmentent la rigidité du tube au droit des supports. Ces selles sont collées au tube. Pour les diamètres 200 mm et au-delà, on peut coller au tube une demie section du même tube, constituant ainsi une protection légère anti-abrasion.
- les matériaux élastomères comme le caoutchouc, les néoprènes ou même des éléments de pneumatiques mis en forme. Ils peuvent être soit collés, soit maintenus en force à l'aide des colliers de serrage.

- des feuillards en acier galvanisé, collés ou fixés au tube, lorsque l'environnement n'est pas trop corrosif. La gauge minimale recommandée pour le feuillard est :

Tube de 50 à 150 mm de diamètre : gauge 16 (1,5 mm)

Tube de 200 à 300 mm de diamètre : gauge 10 (3,4 mm)

Il est important que la protection anti-abrasion soit correctement collée ou fermement fixée au tube chaque fois qu'un déplacement est envisageable entre le tube et le support.

SUPPORTS D'ANCRAGE

Une conduite dont le tracé est linéaire est en général ancrée à l'aide de colliers de serrage ou de bagues de fixation. Des ancrages légers, destinés seulement à maintenir le tube en position entre des lignes ou des changements de direction dans un système libre, peuvent être constitués par des supports fixes (figure 11).

Les supports devant résister à des variations de longueurs dans les systèmes bloqués nécessitent en général l'utilisation de selles. Les selles sont recommandées lorsque la conduite doit être bloquée par des colliers de serrage annulaires (figure 12). Les selles collées peuvent aussi être utilisées comme clé de blocage sur une bague d'ancrage. Les vannes et les pompes intégrées à un système Bondstrand doivent être supportées indépendamment. La figure 13 montre la façon dont ces supports doivent être boulonnés à une bride pour reprendre le poids de la pièce, résister aux poussées et aux efforts en torsion et réaliser une mise à la terre.

Les sections verticales sont d'habitude ancrées à l'aide de selles Bondstrand ou de brides accollées à un guide, ou d'une ceinture de serrage correctement renforcée (figure 14).

Figure 7 :

SCHEMAS TYPIQUES DE SUSPENTES DE SUPPORTAGE

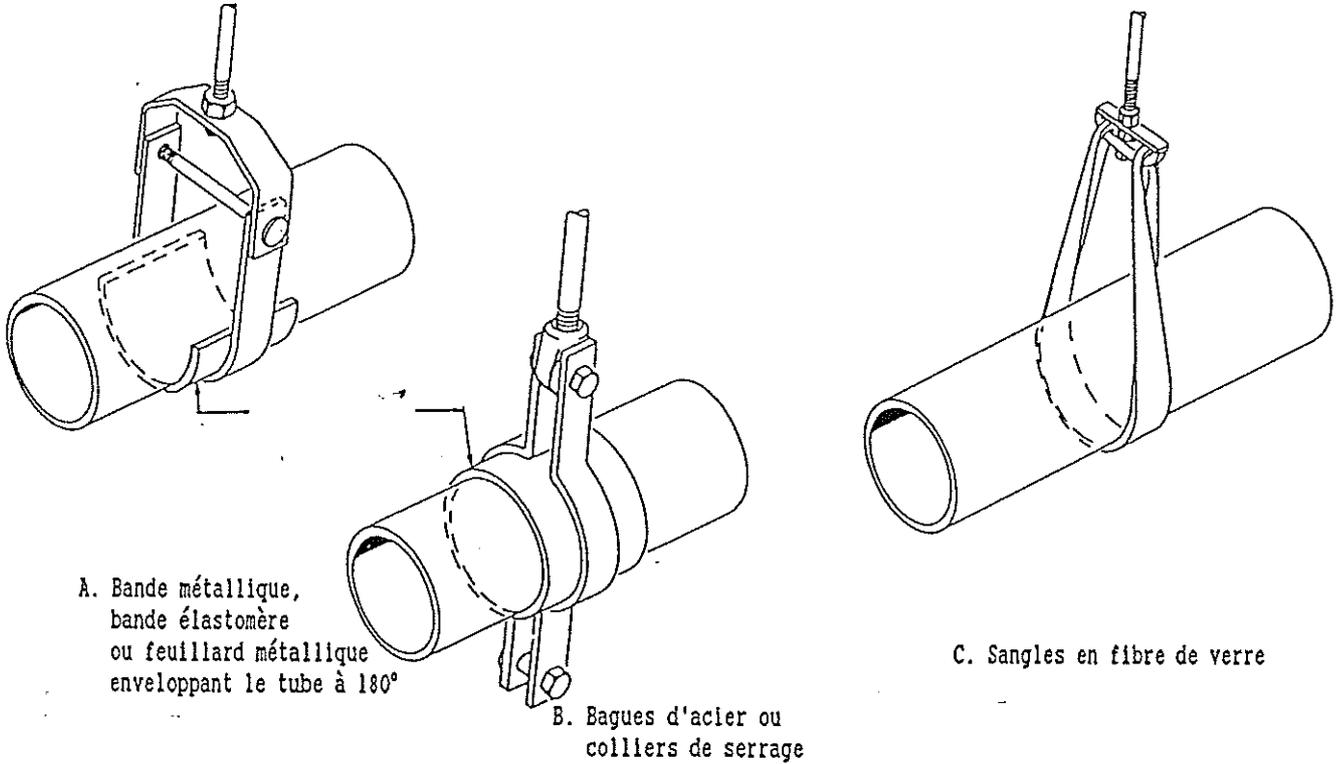


Figure 8 :

SUSPENTES ET SUPPORTS A ROULEMENT AVEC UN FEUILLARD METALLIQUE OU UNE SELLE BONDSTRAND A 180° (cf. tableau 5)

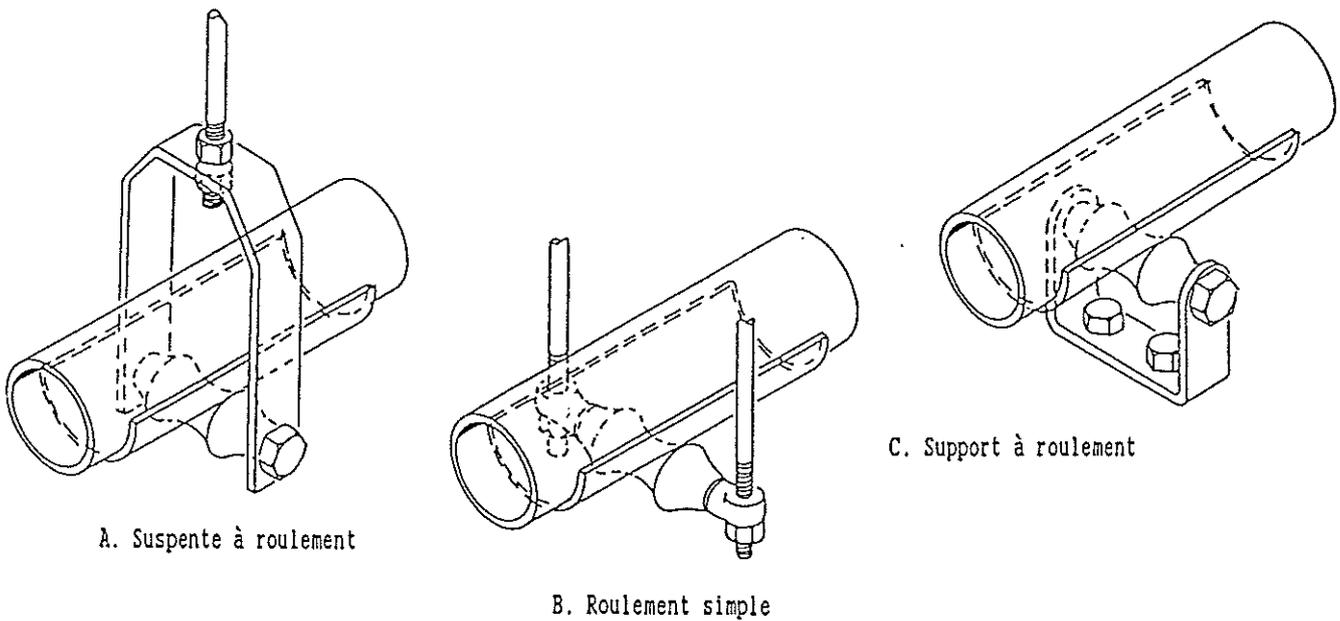


Figure 9 :

SUPPORTS FIXES AVEC UN FEUILLARD METALLIQUE OU UNE SELLE BONDSTRAND A 180° FIXE DE FAÇON PERMANENTE AU TUBE

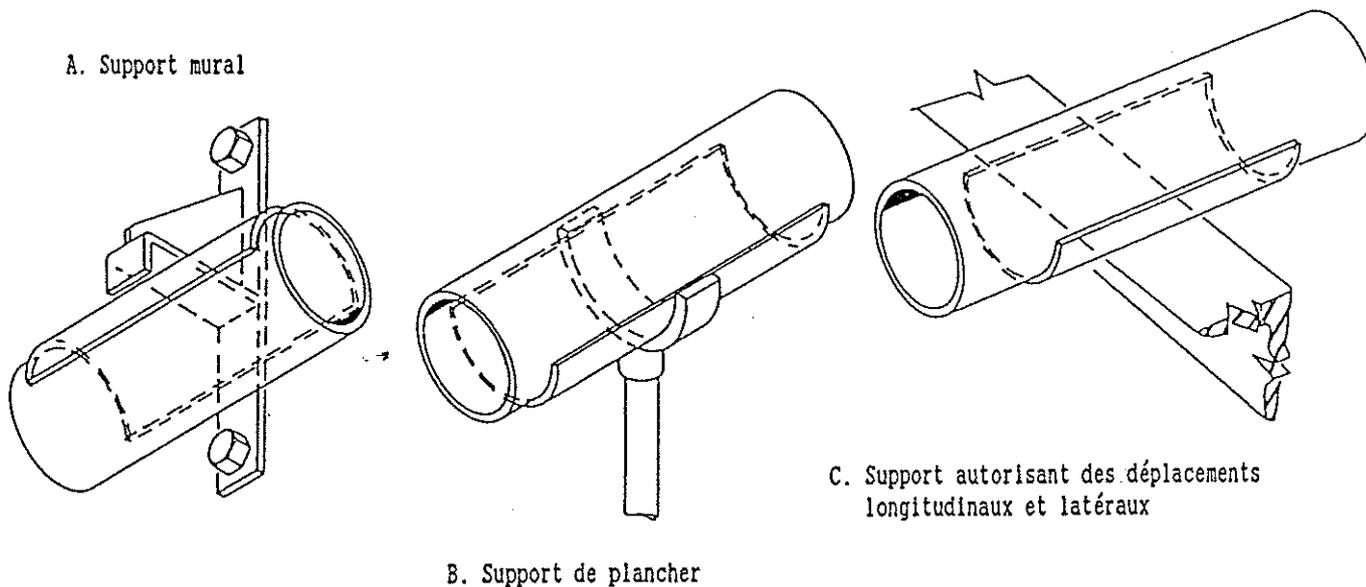
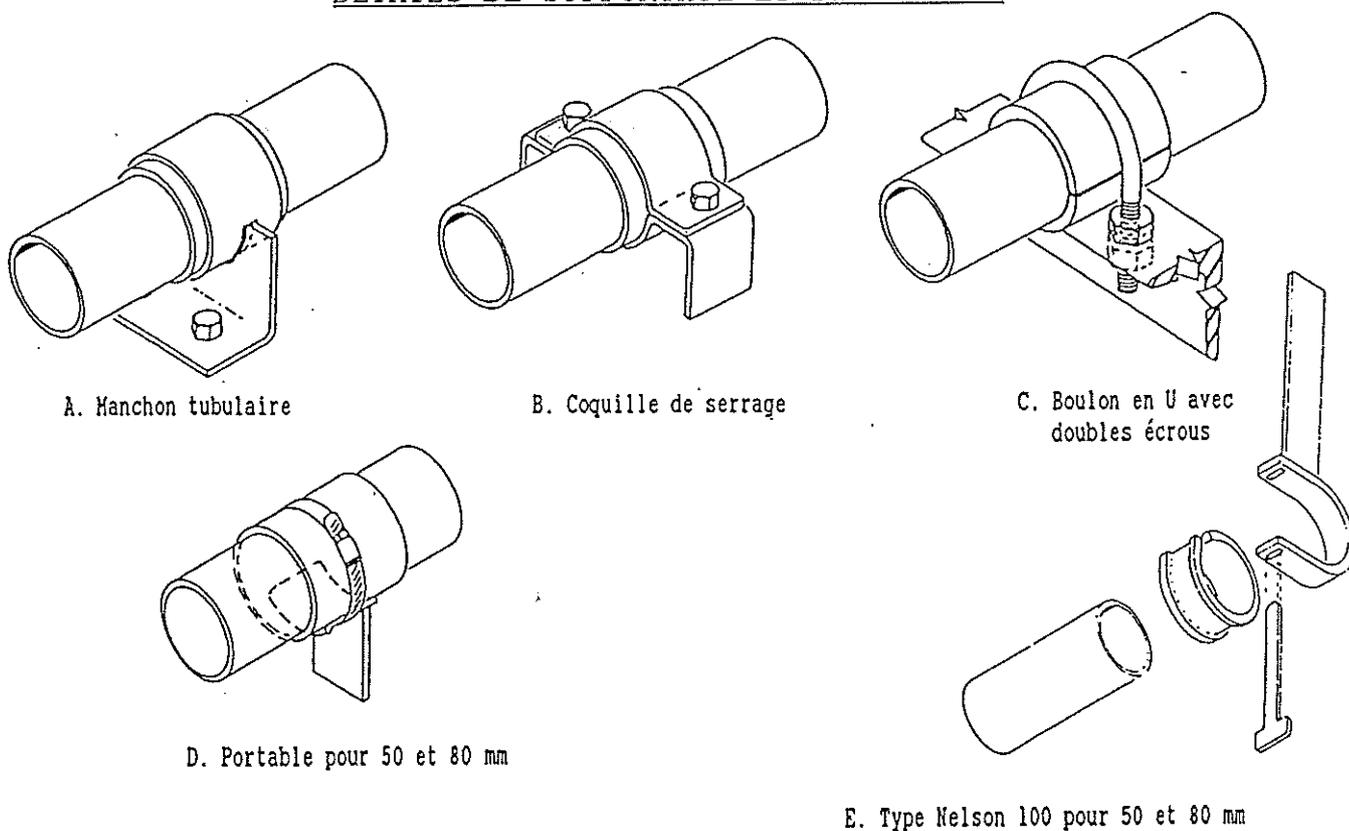


Figure 10 :

DETAILS DE SUPPORTAGE ET DE GUIDAGE



- Nota : 1) Les bandes élastomères conviennent dans les systèmes bloqués lorsque les mouvements sont négligeables.
2) Les selles Bondstrand ou les feuillards d'acier conviennent si le tube peut bouger longitudinalement, ou dans les tracés verticaux.

Figure 11 :

ANCrages LEgERS POUR LES SYSTEmES LIBRES
AVEC 2 SELLES BONDSTRAND A 180°

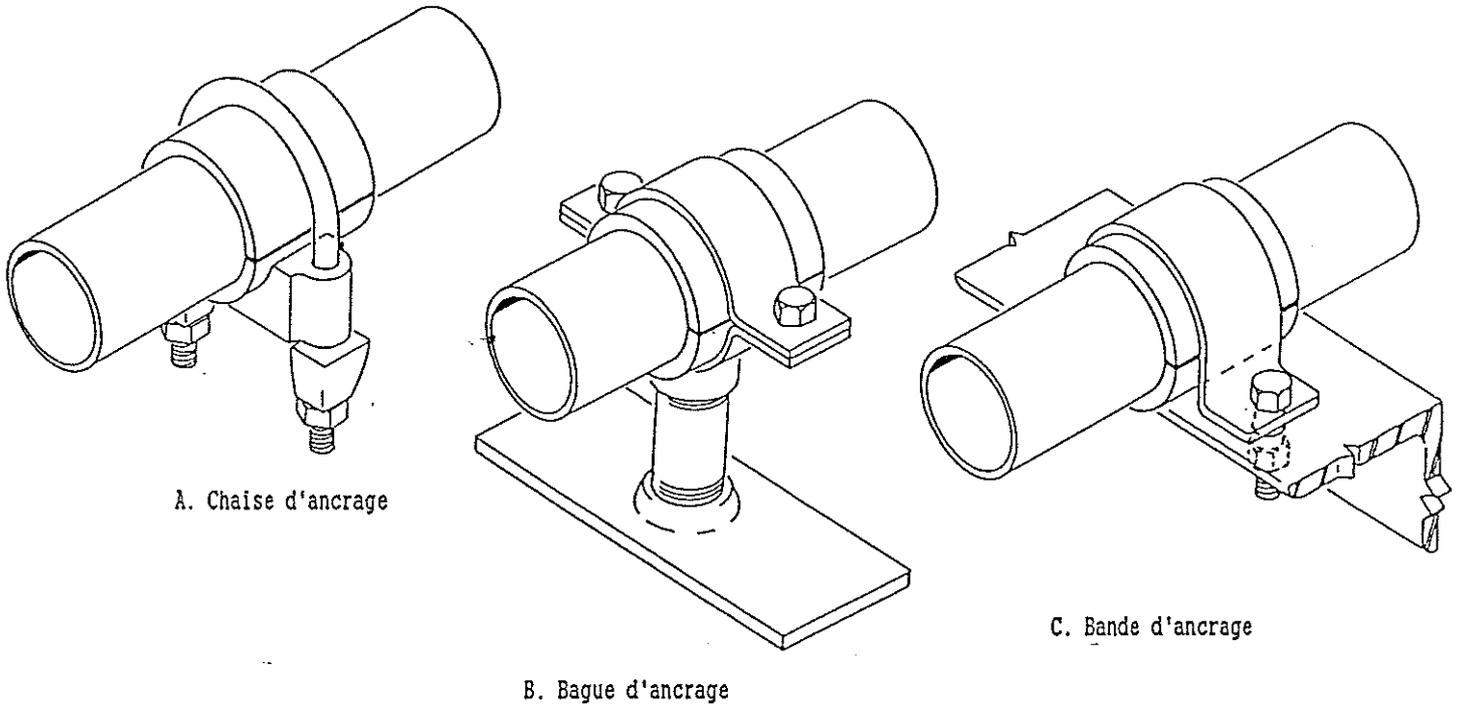


Figure 12 :

DETAILS D'ANCORAGE DE TUBES EN VERSION BLOQUEE

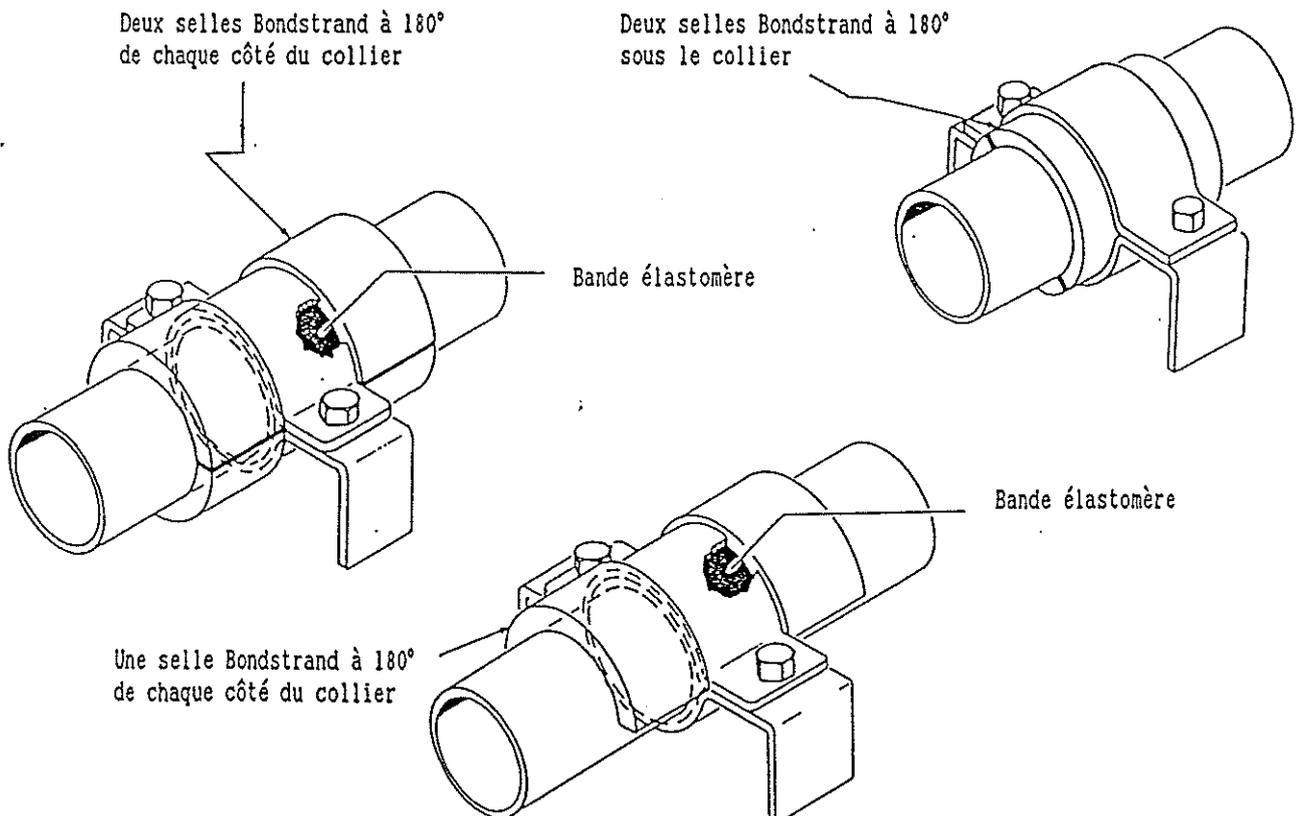


Figure 13 :

SUPPORT DE VANNE ET JOINT D'ANCRAGE

Nota : Augmenter l'angle de 45° à 60° pour
inclure 4 boulons pour les dia. 250
et 300 mm

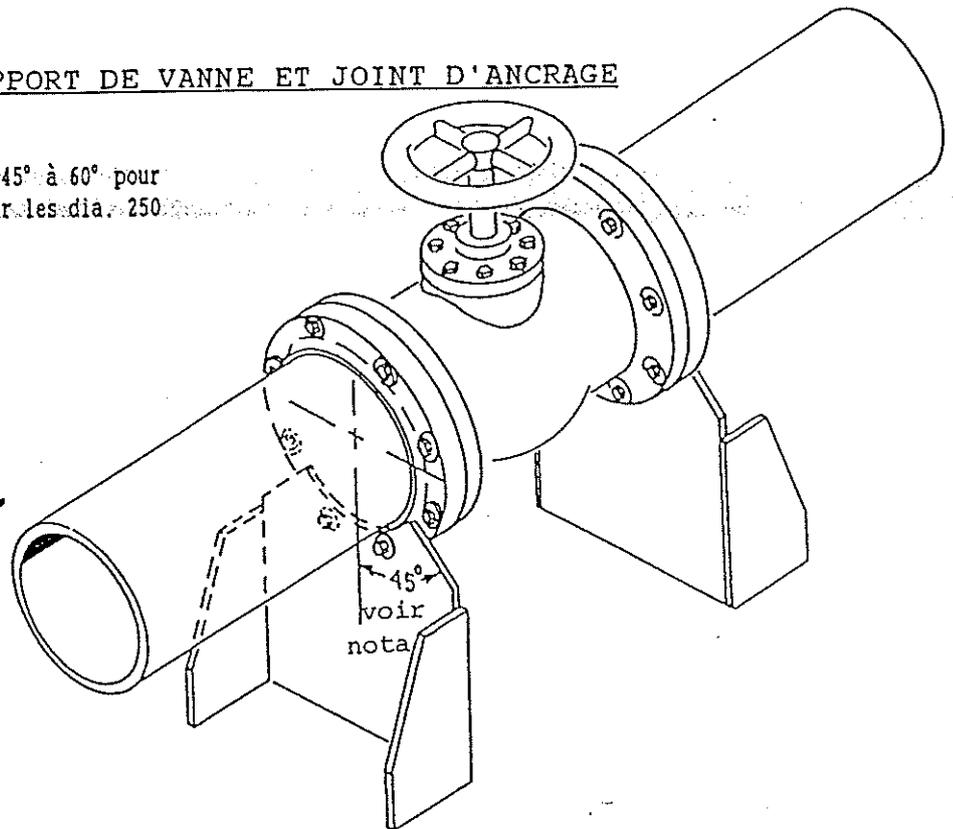
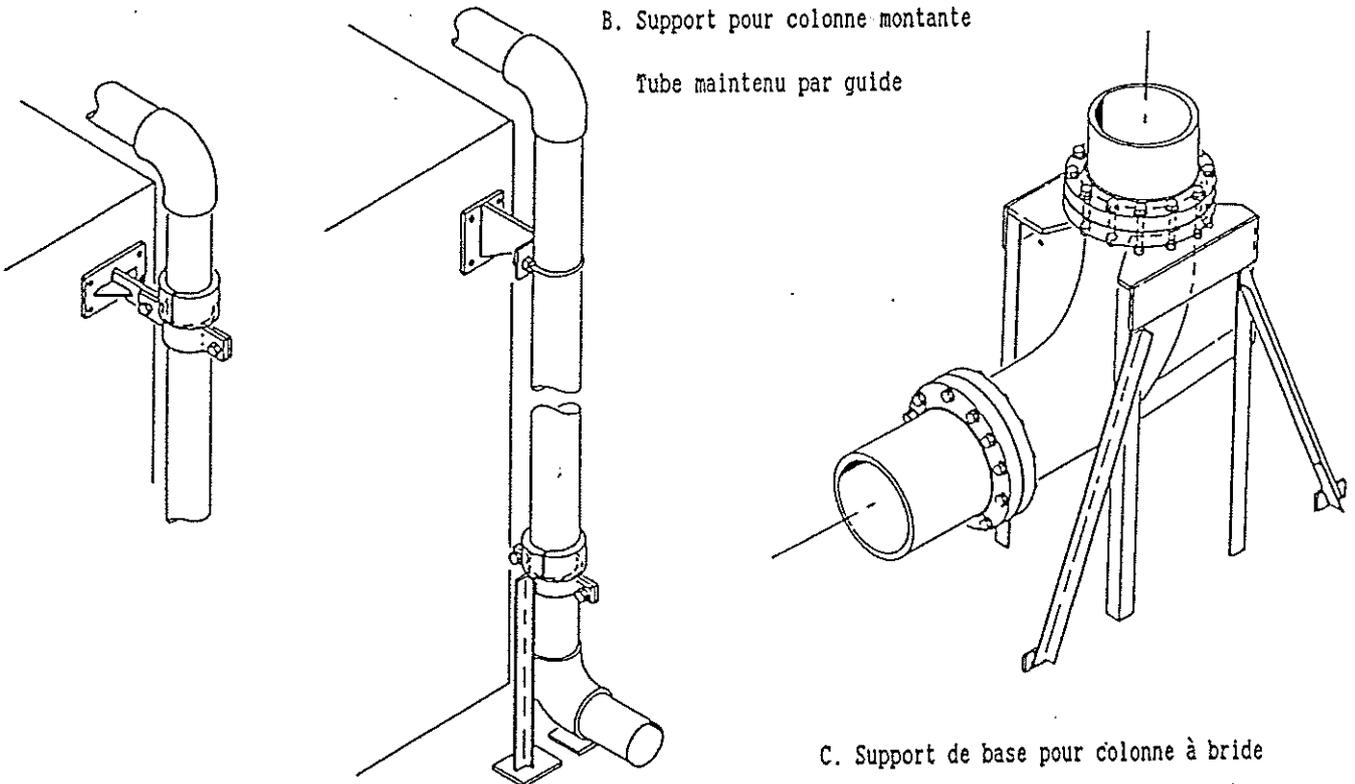


Figure 14 :

SUPPORTS POUR SECTIONS VERTICALES

B. Support pour colonne montante

Tube maintenu par guide



A. Supports pour colonnes en suspension

C. Support de base pour colonne à bride

APPENDICE A

Formules de calcul des variations de longueur (avec exemples) :

Dilatation linéaire dans les systèmes non bloqués

La dilatation linéaire d'un système Bondstrand libre est exprimée par :

$$\frac{\Delta L}{L} = a \Delta T$$

ou ΔL = variation de longueur, mm
a = coefficient de dilatation linéaire, m/m/°C
L = longueur de la conduite, m
 ΔT = variation de température, °C

Variation de longueur due à la pression dans les systèmes non bloqués

La longueur d'une conduite en version libre varie selon la pression interne appliquée. La valeur de cette variation est réduite par l'effet de Poisson, et est calculée, pour un système non bloqué avec extrémités libres, par la formule :

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{p \overline{ID}^2}{4tE_1 D_m} \left(1 - 2\mu_{1c} \frac{E_1}{E_c} \right)$$

ou L = longueur de tube, m
p = pression interne, bar
 μ_{1c} = coefficient de Poisson
E_c = module d'élasticité circonférentiel, Mpa
E₁ = module d'élasticité longitudinal, Mpa
D_m = diamètre moyen du tube (sur demie paroi), m
ID = diamètre intérieur du tube, m
t = épaisseur de paroi, m

Nota :

Le coefficient de Poisson dépend pour les structures réalisées par enroulement filamentaire du module d'élasticité relatif dans les deux directions en considération. Les deux modules dépendent fondamentalement de leur orientation en relation avec les nappes de fibres de verre. Les trois valeurs E₁, E_c et t, utilisées dans cette équation, varient avec la température.

Comme indiqué dans le tableau 1, l'effet de la température sur une variation de longueur due à la pression est négligeable en fonctionnement normal.

APPENDICE B

Formules de calcul des poussées (avec exemples) :

Poussée due aux variations de température dans un système bloqué

La poussée due aux variations de température dans un système parfaitement bloqué est calculée par la formule :

$$P = a \cdot T \Delta T \cdot E_1 \cdot A_v = a \cdot T E_1 (\pi D_m t)$$

ou P = poussée, en kgf

a = coefficient de dilatation linéaire, $m/m/^\circ C$

ΔT = variation de température, $^\circ C$

E_1 = module d'élasticité longitudinal, Mpa

A_v = surface de section moyenne, m^2

D_m = diamètre moyen du tube (sur demie paroi), m

t = épaisseur du tube, m

Poussée due à la pression dans un système bloqué

Dans un système parfaitement bloqué, la poussée entre points d'ancrage, due à la pression interne, est calculée par la formule :

$$P = \frac{\pi p D_m \bar{ID}}{2} \begin{pmatrix} E_1 \\ - \\ E_c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\mu_{1c} \end{pmatrix}$$

ou P = poussée, kgf

p = pression interne, bar

E_1 = module d'élasticité longitudinal

E_c = module d'élasticité circonférentiel, Mpa

μ_{1c} = coefficient de Poisson

Poussée due à la pression, à une extrémité fermée

La formule à appliquer pour le calcul de la poussée obtenue du fait de la pression interne dans l'extrémité fermée d'un système bloqué est la suivante :

$$P = \frac{\pi \bar{ID}^2}{4} p$$

ou \bar{ID} = diamètre interne du tube, m

La fatigue dans le tube est donnée dans chacun des cas ci-dessus par la formule :

$$f = \frac{P}{A_v}$$

ou f = fatigue longitudinale, pa

APPENDICE C

Formule de calcul des distances entre supports pour des charges uniformément distribuées.

Un tube aérien doit souvent supporter des charges autres que celles constituées par son propre poids et un fluide de densité 1.0, comme, par exemple, le poids d'un calorifuge. Dans tous les cas, le principe de base est le même pour toutes les charges uniformément distribuées. Pour tenir compte de charges additionnelles, il faut diminuer les distances entre supports, et inversement. Par exemple, dans le dernier cas, une conduite véhiculant un gaz à la place d'un liquide. Pour les différentes charges de ce type, les distances entre supports - pour des longueurs de tubes en partie continues, avec une déflexion admissible de 12,7 mm (0.5") - sont calculées par la formule :

$$L = 0,258 \sqrt[4]{\frac{(EI)}{w}}$$

ou L = distance entre supports

(EI) = coefficient de rigidité (voir tableau C1)

w = charge totale uniformément distribuée

Tableau C1 :

VALEURS POUR LE CALCUL DES DISTANCES ENTRE SUPPORTS

CHARGE UNIFORME LB/IN					COEFFICIENT DE RIGIDITE BEAM, EI (million Lb In ²)											
Dia. nom. tube (mm)	Poids du tube	Poids du fluide			Bondstrand Séries 2000 (1)				Bondstrand Séries 4000 (1)				Bondstrand Séries 5000 (2)			
		d	d	d	°C				°C				°C			
		=1,0	=1,3	=1,6	37,8	65,6	93,3	121	37,8	65,6	93,3	121	37,8	65,6	93,3	121
50	0,07	0,13	0,16	0,20	0,88	0,71	0,53	0,35	0,72	0,58	0,43	0,29	0,57	0,37	0,21	0,087
80	0,10	0,29	0,38	0,47	3,0	2,4	1,8	1,2	2,4	1,9	1,4	0,96	1,9	1,2	0,71	0,29
100	0,16	0,48	0,63	0,77	8,2	6,6	4,9	3,3	7,0	5,6	4,2	2,8	5,6	3,6	2,1	0,85
150	0,25	1,1	1,4	1,8	27	22	16	11	23	18	14	9,3	18	12	6,8	2,8
200	0,33	1,9	2,5	3,1	68	54	41	27	59	47	35	23	46	30	17	7,1
250	0,46	3,0	3,9	4,9	133	106	80	53	115	92	69	46	91	59	34	14
300	0,53	4,3	5,6	6,9	224	179	134	90	193	155	116	77	153	99	57	23

(1) E = 2,100,000 (psi) - 6000 (psi/°F) x T (°F)

(2) E = 1,190,000 psi à 100° F ; 766,000 psi à 140° F ; 443,000 psi à 170° F ; 182,000 psi à 200° F.

Attention : Cette notice et les indications et recommandations qu'elle contient ont été élaborées à partir d'informations dont on peut raisonnablement penser qu'elles sont fiables.

Cependant, des circonstances telles que des variations dans l'environnement ou dans l'application de nos produits, ou encore dans leur montage, ou des changements dans les méthodes de mise en oeuvre, ou encore une extrapolation des informations fournies, pourraient entraîner des résultats différents de ceux escomptés. AMERON ne s'engage à garantir, ni ne garantit, l'adéquation ou le caractère complet des recommandations et indications contenues dans la présente notice, y compris pour ce qui est de la garantie de la qualité marchande ou de la garantie de résultat.

AMERON n'encourra aucune responsabilité de quelque sorte qu'elle soit en relation avec cette notice, ou les indications ou informations qu'elle contient.

Il est recommandé au lecteur de prendre connaissance des notices plus récentes en langue anglaise, pour être à jour en ce qui concerne les indications et recommandations. AMERON ne saurait être tenue responsable, dans l'éventualité où ce conseil ne serait pas suivi, non plus que pour l'exactitude des traductions à partir de la langue anglaise.

