Manuel du tuyauteur



Swagelok®

Manuel du tuyauteur Swagelok



Société Swagelok — Solon, Ohio, États-Unis

La version électronique du Manuel du tuyauteur annule et remplace la version imprimée.

Sauf indication contraire, toutes les marques présentées appartiennent à la société Swagelok qui les a déposées.
Delrin—TM E.I. du Pont de Nemours and Company
Dowtherm—TM The Dow Chemical Company
Therminol—TM Solutia Inc. Corporation
Tygon—TM Saint-Gobain Performance Plastics Corporation

Copyright © 1963-2025
Rev J
MS-13-03FR

Société Swagelok
Solon, Ohio

Imprimé aux États-Unis d'Amérique
Publié simultanément au Canada

Tous droits réservés. La reproduction totale ou partielle de ce manuel, sous quelque forme que ce soit, est interdite sans l'autorisation expresse de la société Swagelok.

Les raccords pour tubes, les vannes et autres composants de systèmes fluides figurant dans ce manuel font l'objet de brevets ou de demandes de brevets aux États-Unis et dans d'autres pays.

Le contenu de ce manuel est destiné à fournir des informations aux utilisateurs. Il est toutefois important de prendre en considération l'intégralité de la conception d'un système pour en garantir la fiabilité et la sécurité. La responsabilité de l'utilisation des composants, de la compatibilité des matériaux, du choix de capacités nominales appropriées, d'une installation, d'un fonctionnement et d'une maintenance corrects incombe au concepteur et à l'utilisateur du système.

Avant-propos

Dans tous les secteurs d'activité concernés, les concepteurs de systèmes dans lesquels circulent des gaz ou des liquides privilégient les raccords pour tubes Swagelok® en raison de la robustesse, de la fiabilité et de la disponibilité de ces composants. Les raccords pour tubes Swagelok sont devenus des produits leaders sur le marché grâce à des principes de conception remarquables, auxquels il faut ajouter l'utilisation de métaux de qualité supérieure, des tolérances de fabrication étroites et un contrôle strict de la qualité à chaque étape du processus de fabrication. Par ailleurs, notre réseau de points de vente et centres de services agréés vous aidera à optimiser votre chaîne d'approvisionnement, en vous proposant des produits immédiatement disponibles, une gestion de vos stocks et une assistance technique dans le monde entier.

Ces raccords sont utilisés avec succès pour des applications exigeantes dans des domaines divers tels que les semi-conducteurs, les carburants alternatifs, l'industrie chimique et pétrochimique, l'industrie pétrolière et gazière, les énergies fossiles et l'énergie nucléaire, l'industrie papetière et le secteur aérospatial. Nos actions dans le domaine de l'amélioration continue ont fait des raccords pour tubes Swagelok une référence en matière d'excellence depuis 1947.

Les exigences de l'industrie ayant évolué au fil des ans, le contenu de ce manuel a évolué en conséquence. Nous y avons ajouté de nouvelles rubriques, qui traitent de la sélection des raccords pour tubes destinés à un usage intensif, de la métallurgie, des innovations en matière de conception des produits et de certains procédés de fabrication à la pointe de la technologie. Néanmoins, toutes les informations auxquelles vous êtes habitué – résolution des problèmes, caractéristiques des tubes, pressions nominales – figurent toujours dans le manuel.

Afin d'améliorer l'accès au contenu du manuel, nous avons ajouté un flash code ou code QR, comme celui qui figure ci-dessous. Ce code renvoie à des informations importantes, telles que des publications ou des vidéos complémentaires. Pour accéder au contenu, il suffit d'utiliser une application mobile capable de lire les flash codes ou de se rendre sur www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement.

Pour plus d'informations, regardez cette vidéo sur l'étanchéité des raccords.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Les performances de votre système fluide ne dépendent pas seulement du choix de raccords pour tubes Swagelok adaptés, mais aussi du montage correct de ces raccords et de la qualité des tubes utilisés. Nous croyons que la combinaison de ces facteurs vous aidera grandement à assembler des raccordements étanches.

Les informations présentées dans ce manuel sont le résultat d'études approfondies menées sur le terrain et en laboratoire par nos ingénieurs de recherche et développement, ainsi que par nos clients. Nous tenons à remercier les nombreux monteurs, ingénieurs chargés de l'instrumentation et de la conception des systèmes, et personnels d'atelier, dont l'aide, les suggestions, les contributions et les commentaires ont rendu possible la publication de ce manuel.

Table des matières

Chapitre 1	Le raccord pour tubes Swagelok	1
Chapitre 2	Tubes : spécification et commande	17
Chapitre 3	Manipulation et installation des tubes et des raccords pour tubes	33
Chapitre 4	Service intensif	123
Chapitre 5	Dépannage	149
Chapitre 6	Raccords à usage particulier	157
Chapitre 7	Contrôle et évaluation des performances des raccords pour tubes	173
Chapitre 8	Filetages	193
Chapitre 9	Pressions nominales	209
Chapitre 10	Le coût invisible des fuites	223
Annexe A	Diagrammes débit-pression et conversions	233
Annexe B	Tableaux divers	263
Annexe C	Données de résistance à la corrosion	283
Index		299

Chapitre 1

Le raccord pour tubes Swagelok

Table des matières

Les avantages du raccord pour tubes Swagelok® 2
Le fonctionnement du raccord pour tubes Swagelok 3
Les trois facteurs de performance améliorés 4
- Serrage du tube 4
- Étanchéité aux gaz 5
- Résistance aux vibrations 6

Matériaux 7
- Normes pour les matériaux 7
- Traitements supplémentaires 8

Raccords pour tubes Swagelok traversants 8
Quelques points importants pour bien choisir un raccord pour tubes 10
- Conception 10
- Performances 11

Installation 11
Assurance qualité 12
Tolérances étroites : pourquoi est-ce important ? 12
Contrôle par calibre 14
Mélange et échange de composants de raccords pour tubes 14

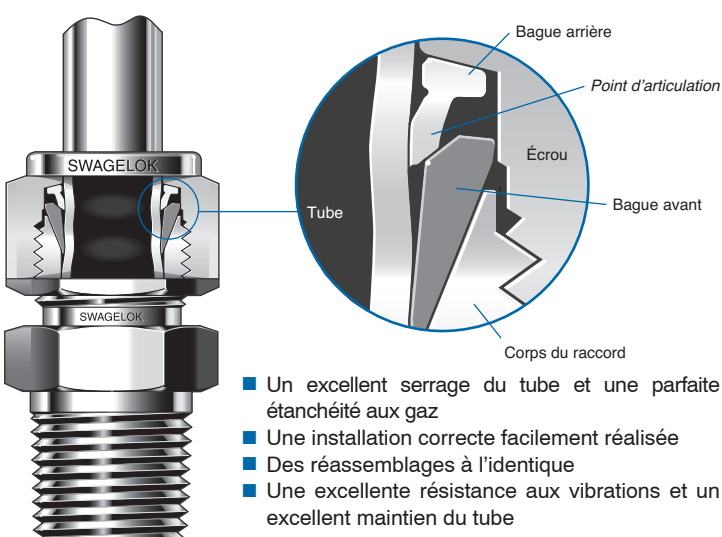
Les avantages du raccord pour tubes Swagelok

Le raccord pour tubes Swagelok est un raccord sans évasement à serrage mécanique, constitué d'un corps, d'un écrou, d'une bague avant et d'une bague arrière. Leader dans le secteur des raccords à serrage mécanique à deux bagues, le raccord pour tubes Swagelok est devenu un modèle de performance et de fiabilité. Tous les composants sont fabriqués selon des tolérances très strictes et dans des matériaux de la meilleure qualité, de manière à pouvoir proposer un raccord efficace sur différents marchés et dans les applications les plus diverses. La conception du raccord a évolué au fil des années pour s'adapter aux nouveaux besoins de l'industrie.

Pour plus d'informations, regardez cette vidéo sur la conception des raccords.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Proposés dans des configurations, des dimensions et des matériaux très variés, les raccords pour tubes Swagelok sont conçus pour supporter des conditions parmi les plus difficiles. Découvrez l'efficacité des raccords pour tubes Swagelok en matière d'étanchéité.

Pour plus d'informations, regardez cette vidéo sur l'étanchéité des raccords.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement



- Un excellent serrage du tube et une parfaite étanchéité aux gaz
- Une installation correcte facilement réalisée
- Des réassemblages à l'identique
- Une excellente résistance aux vibrations et un excellent maintien du tube

Figure 1-1 Les avantages du raccord pour tubes Swagelok.

Le fonctionnement du raccord pour tubes Swagelok

Le raccord pour tubes Swagelok est un dispositif de serrage et d'étanchéité dont l'action contrôlée se déroule en plusieurs phases. Une conception exceptionnelle, des tolérances de fabrication strictes et des programmes d'assurance qualité rigoureux produisent un dispositif de serrage entièrement métallique parfaitement étanche lorsqu'il est correctement installé.



Pour plus d'informations, regardez cette vidéo qui décrit le processus de serrage.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Constitué d'un écrou, d'une bague arrière, d'une bague avant et d'un corps, le raccord pour tubes Swagelok fonctionne de la manière suivante :

1. Le tube est introduit dans le raccord complètement assemblé, jusqu'à ce qu'il vienne buter contre l'épaulement du raccord.
2. Une fois serré à la main, l'écrou est serré de 1 tour 1/4 supplémentaire. C'est là que plusieurs déplacements se produisent dans un ordre planifié à l'intérieur du raccord.



Pour plus d'informations, regardez cette vidéo intitulée *Comment ça marche*.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

a) L'écrou se déplace vers l'avant, entraînant avec lui la bague arrière.
b) La bague arrière entraîne la bague avant vers l'avant.
c) La partie biseautée du corps oblige la bague avant à se déplacer vers l'intérieur.
d) La bague avant remplit l'espace entre sa face intérieure et la paroi extérieure du tube.
e) Lorsque la bague avant se déplace vers l'avant et vers l'intérieur, son bord arrière est soulevé par la bague arrière pour former un joint avec la partie biseautée du corps.
f) Comme la résistance augmente – du fait qu'une plus grande partie du tube est déformée et que la surface de contact entre la partie biseautée du corps et la bague avant est plus importante – la bague arrière est entraînée vers l'intérieur où elle vient enserrer le tube.
g) Lorsque la clé a fait 1 tour 1/4, l'écrou a avancé de 1/16 po. Le serrage du tube et l'étanchéité du raccord sont réalisés pendant ce déplacement de 1/16 po.
h) Une des possibilités remarquables de cette conception éprouvée est la capacité du raccord à former un joint étanche et à maintenir fermement des tubes fabriqués dans divers matériaux, aux épaisseurs de paroi et à la dureté variables. L'intensité du serrage

par la bague arrière étant déterminée par la résistance du tube à l'action de la bague avant, le serrage est plus intense sur un tube à paroi épaisse. Il s'agit là d'une caractéristique importante car les tubes à paroi épaisse sont souvent utilisés dans des situations où règnent des pressions élevées ou d'autres contraintes inhabituelles telles que des vibrations, des pulsations ou des chocs. Ainsi, le raccord pour tubes Swagelok, de par sa conception, maintient plus fermement les tubes aux parois épaisses que les tubes aux parois plus minces utilisés pour des applications moins exigeantes (figure 1-2).

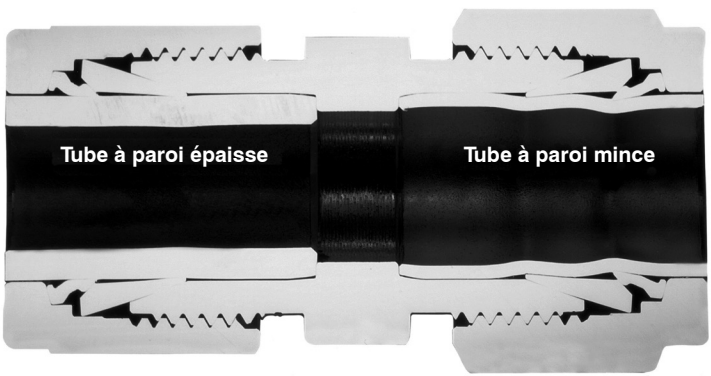


Figure 1-2 Effet compensateur du raccord pour tubes Swagelok.

Les trois facteurs de performance améliorés

Serrage du tube

La forme évidée et profilée brevetée de la bague arrière du raccord engendre un effet de serrage et d'articulation qui enserre le tube. Cette action permet d'augmenter la surface de contact entre la bague arrière et le tube, et contribue directement à la fonction de serrage.

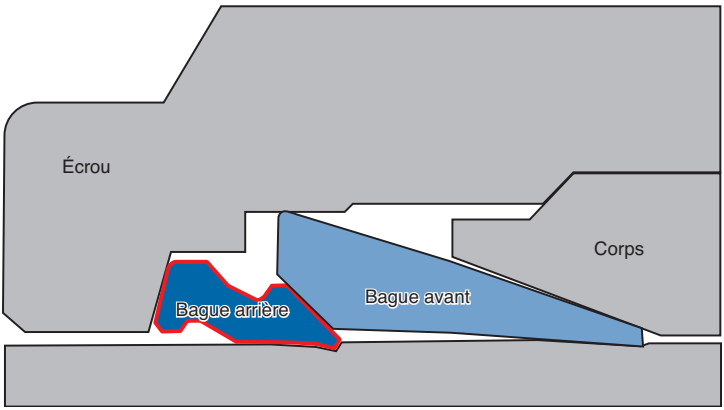


Figure 1-3 L'effet « hinging and colleting™ » permet d'augmenter la surface de contact entre la bague arrière et le tube, à proximité de la zone de serrage.

Étanchéité aux gaz

On obtient un joint étanche aux gaz grâce à l'effet de brunissage ou de polissage qui se produit entre la bague avant et le corps du raccord, d'une part, et entre la bague avant et le tube d'autre part. Cette action de brunissage se concentre dans les zones de contact indiquées ici en jaune.

La bague arrière entraîne la bague avant sur une distance suffisante pour former un joint étanche aux gaz. Lorsque l'opération est terminée, la bague arrière cesse de pousser la bague avant. En contrôlant le mouvement de la bague arrière juste assez pour assurer un joint étanche, le raccord pour tubes Swagelok limite la course et la déformation de la bague avant.

Nous appelons effet compensateur ce mouvement contrôlé des bagues. L'effet compensateur permet au raccord de s'adapter aux caractéristiques variables des tubes que sont les matériaux, la dureté, l'épaisseur de la paroi et les dimensions, tout en formant un joint étanche.

Pour plus d'informations, regardez cette vidéo sur l'étanchéité aux gaz des raccords pour tubes.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

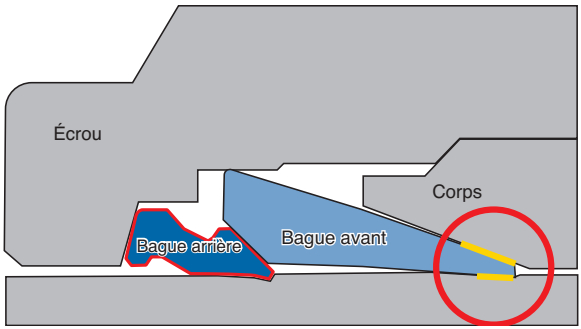


Figure 1-4 Joint étanche aux gaz entre la bague avant et le tube. La partie brunie est indiquée en jaune.

Résistance aux vibrations

Afin de réduire les effets de la flexion, de la flèche et des vibrations, la partie centrale de la bague arrière sertit le tube en exerçant sur celui-ci une contrainte de compression qui isole et protège la zone de concentration des contraintes située au niveau du bord avant de la bague arrière.

La compression permanente, le jeu élastique et l'élasticité résiduelle des bagues avant et arrière neutralisent les variations cycliques de température ainsi que les phénomènes thermiques ou mécaniques transitoires (variations rapides). Grâce à leur élasticité, les bagues réagissent pour maintenir l'étanchéité du raccord au cours de ces brusques variations. Grâce à la forme brevetée de la bague arrière, la zone de concentration des contraintes est protégée, ce qui atténue les effets dommageables des forces dynamiques du système.

Matériaux

Normes pour les matériaux

Matériau	Barres①	Pièces de forge②	Code
Acier inoxydable 316	ASTM A276, ASME SA479 EN 1.4401/1.4401	ASTM A182, ASME SA182, EN 1.4401	SS
Alliage 400	ASTM B164	ASTM B564, ASME SB564	M
Alliage 600	ASTM B166, ASME SB166	ASTM B564, ASME SB564	INC
Alliage 625	ASTM B446③	ASTM B564, ASME SB564④	625
Alliage 825	ASTM B425	ASTM B564, ASME SB564	825
Alliage C-276	ASTM B574	ASTM B564	HC
6-Moly	ASTM A479	ASTM A182	6MO
Aluminium	ASTM B211	ASTM B247	A
Laiton	ASTM B16, ASTM B453	ASTM B283	B
Acier au carbone	ASTM A108	—	S
PFA⑤	—	ASTM D3307 Type I	PFA
PTFE	ASTM D1710	ASTM D3294	T
Alliage 2507⑥	ASTM A479	ASTM A182	2507
Titane (classe 4)	ASTM B348	ASTM B381	TI

① Raccords droits et adaptateurs pour tubes.
② Coudes, croix et tés.
③ Tous les raccords droits et adaptateurs pour tubes de diamètre 1/4 et 3/8 po ; coudes, croix et tés de diamètre 6 et 10 mm.
④ Coudes, croix et tés de diamètre supérieur à 3/8 po et 10 mm.
⑤ Consulter le catalogue Swagelok *Raccords pour tubes en PFA*, MS-01-05.
⑥ Voir le catalogue Swagelok *Raccords pour tubes contrôlables en alliage 2507 super duplex*, MS-01-174.

Traitements supplémentaires

Les corps des raccords subissent des traitements pour améliorer leurs performances, comme le montre le tableau ci-dessous. Aucun traitement supplémentaire n'est nécessaire pour l'alliage 625, l'alliage 825, le laiton, l'acier inoxydable 316, l'acier inoxydable 6-moly et le PTFE.

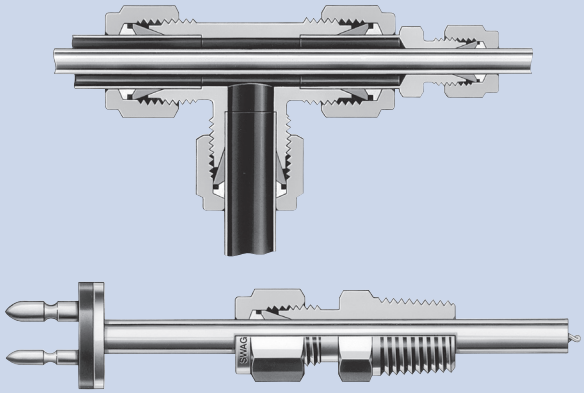
Matériau du corps du raccord	Traitement
Aluminium	Anodisation, pellicule d'hydrocarbure
Alliage 400, alliage C-276, alliage 600	Pellicule d'hydrocarbure
Acier au carbone (sauf pour les corps à souder)	Zingage électrolytique
Acier au carbone (corps à souder)	Pellicule d'hydrocarbure, revêtement par conversion chimique
Titane	Anodisation

- Les raccords de DE supérieur à 1 po/25 mm sont fournis avec un lubrifiant fluoré contenant du PTFE et du bisulfure de tungstène pour le montage.
- Au-delà d'un pouce/de 25 mm, les raccords en acier inoxydable sont utilisés avec des bagues en acier inoxydable revêtues de PFA. Les applications dont la température dépasse 232°C (450°F) **exigent** l'utilisation de bagues avant argentées et de bagues arrière sans revêtement. Pour commander des raccords avec des bagues avant argentées et des bagues arrière sans revêtement, ajouter **BM** à la référence du raccord.

  Exemple : SS-2400-6**BM**
- Tous les raccords pour tubes Swagelok sont fournis avec des bagues arrière en acier inoxydable 316.

Raccords pour tubes Swagelok traversants

Depuis de nombreuses années, les raccords pour tubes Swagelok sont utilisés avec succès pour installer des thermocouples ou d'autres types de sondes dans les circuits de tuyauteries. Il existe une différence physique entre un raccord traversant et un raccord standard. L'épaulement d'un raccord pour tubes Swagelok est supprimé et les bagues ne rencontreront pas la même résistance que lorsque le tube est en butée.



Les connecteurs mâles traversants Swagelok conviennent aux thermocouples ou aux tubes plongeurs. La plupart des connecteurs mâles sont proposés comme raccords traversants, sauf ceux dont l'extrémité filetée est plus petite que l'extrémité du raccord pour tubes – **-600-1-2** ou **-8M0-1-2RT** par exemple – qui ne peuvent pas être traversants.

Les réducteurs traversants et les tés standard Swagelok peuvent être utilisés pour créer un té échangeur de chaleur.

Pour commander des raccords traversants, ajouter **BT** à la référence.

Exemple : SS-400-1-4**BT**

La pression nominale des raccords traversants est réduite.

Figure 1-5 Raccords traversants pour thermocouples, tubes plongeurs et tés échangeurs de chaleur.

L'effet le plus évident est une diminution de la pression nominale. En général, nous avons multiplié la pression de service admissible du tube, extraite de la fiche intitulée Données sur les tubes, par les facteurs suivants :

Dimension (po)	Dimension (mm)	Coefficient
≤ 1/2 po	≤ 12 mm	0,75
> 1/2 po et ≤ 3/4 po	> 12 mm et ≤ 18 mm	0,50
> 3/4 po	> 18 mm	0,25

Toutes les autres conditions d'un montage correct des raccords pour tubes Swagelok doivent être respectées avec des raccords traversants :

- Matériau du tube adapté
- Dureté et épaisseur de la paroi
- Serrage correct
- Limites de température

Tout d'abord, pour les dimensions 1/16 et 1/8 po (4 mm et moins), serrez toujours l'écrou jusqu'à ce que tout déplacement du tube à la main dans l'axe du raccord ou en rotation devienne impossible, puis terminez la procédure d'assemblage.

Parce que de nombreuses utilisations des raccords traversants concernent des thermocouples avec différents types de matériaux d'appoint, l'utilisateur doit s'assurer de la compatibilité du thermocouple avec le raccord Swagelok.

Avec les raccords traversants plus de 1 po/25 mm, le tube est introduit dans le corps du raccord et le serrage doit être réalisé avec des clés, puis contrôlé à l'aide du calibre de l'unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU).

Quelques points importants pour bien choisir un raccord pour tubes

Conception

- Le raccord pour tubes est un dispositif de serrage dont l'action contrôlée se déroule en plusieurs phases. Il est constitué de quatre composants usinés – corps, bague avant, bague arrière et écrou – produits par un seul fabricant et conçus pour fonctionner dans des conditions les plus diverses.
- La bague arrière subit un durcissement superficiel uniforme. Le traitement effectué est une cémentation à basse température, ce qui évite la formation de carbures. La procédure suivie est consultable et vérifiable.
- Aucune butée usinée n'est prévue pour les bagues. L'assemblage des pièces entraîne le mouvement des bagues lors du serrage. Les composants du raccord pour tubes sont conçus pour assurer un déplacement séquentiel et contrôlé des bagues pendant le serrage. Un raccord installé correctement pourra être démonté et remonté et continuera à former un joint étanche.
- La bague arrière maintient le tube grâce à un effet de serrage-articulation. Cette action radiale de la bague arrière enserre le tube au niveau et au-delà du point de sertissage, afin d'améliorer la résistance aux vibrations.
- Grâce à l'effet de serrage-articulation, la partie centrale de la bague arrière comprime le tube, tandis que l'extrémité arrière de la bague est maintenue à l'écart de la surface du tube. La bague arrière ne plie pas lors de l'assemblage.

- Les fonctions d'étanchéité et de serrage du raccord produisent un effet compensateur entre les bagues, ce qui permet au raccord de s'adapter à l'ensemble des diamètres de tube, épaisseurs de paroi et duretés de matériau autorisés. Par exemple, la bague arrière pénètrera moins dans un tube à paroi mince que dans un tube à paroi épaisse. La bague avant se déplacera plus loin entre le tube et le corps, de manière à brunir ou polir davantage la paroi par comparaison avec ce qui est nécessaire avec un tube à paroi épaisse.
- L'acier inoxydable, dans lequel sont fabriqués le corps et les composants des raccords pour tubes, ont une teneur minimale en chrome et en nickel de 17,0 % et 12,0 % respectivement pour améliorer la résistance à la corrosion, et une teneur maximale en carbone de 0,05 %, ce qui permet de réaliser des soudures plus résistantes à la corrosion.
- Les filets de l'écrou du raccord sont plaqués avec de l'argent très pur afin d'éliminer les risques de grippage lors de l'assemblage.

Performances

- Le raccord pour tubes produira un joint étanche sous pression ou sous vide.
- Le fabricant du raccord doit préciser les caractéristiques des tubes autorisés en ce qui concerne l'épaisseur de la paroi, le diamètre et la dureté du matériau.
- Le raccord fonctionnera avec des tubes en acier inoxydable ASTM standard, entièrement recuits selon la norme ASTM A269 ou A213.
- Le raccord doit pouvoir supporter une pression au moins quatre fois (4×) supérieure à la pression de service du tube, sans que cela n'entraîne de rupture du raccord lorsque celui-ci est correctement installé.

Installation

- Le fabricant doit proposer une large gamme d'outils pour l'installation des raccords pour tubes.
- Il doit fournir des instructions claires permettant de réaliser un montage correct.
- Le raccord ne doit pas exercer un couple sur le tube ou tordre celui-ci lors du premier assemblage ou d'un réassemblage ultérieur.
- Le montage doit utiliser la géométrie ou un mouvement axial défini de l'écrou.
- La vérification du montage ne doit pas nécessiter un désassemblage du raccord.

Assurance qualité

- Tous les composants métalliques du raccord doivent être marqués de manière à pouvoir identifier le fabricant et le matériau.
- Tous les raccords pour tubes doivent posséder un épaulement contrôlable permettant de vérifier que le serrage a été suffisant lors de l'installation initiale. Cet épaulement doit permettre l'introduction d'un calibre de contrôle entre les pans de l'écrou et ceux de l'épaulement du corps. Si le raccord a été suffisamment serré lors de l'installation initiale, il doit être impossible d'insérer le calibre de contrôle entre les pans de l'écrou et ceux de l'épaulement.
- Le fabricant du raccord pour tubes doit posséder une certification pour produire des raccords dans le cadre d'un programme de N Stamp accrédité par l'ASME.
- Le fabricant du raccord pour tubes devra avoir mis en œuvre un programme de contrôle statistique de la qualité, avec un niveau de qualité acceptable (NQA) de 1,5.

  Remarque : on pourra trouver des informations complémentaires dans l'ouvrage intitulé *Zero Acceptance Number Sampling Plans*, 5e édition, écrit par N.L. Squiglia et publié par ASQ Press.

- Le fabricant du raccord pour tubes doit effectuer un contrôle statistique des procédés de fabrication portant sur toutes les dimensions essentielles.
- Les raccords de tubes seront achetés dans le réseau de distribution du fabricant, auprès de distributeurs soutenus et formés par celui-ci.
- Aucun composant du raccord pour tubes (corps, écrou, bague avant, bague arrière) ne devra être échangé ou mélangé avec ceux d'autres fabricants.

Tolérances étroites : pourquoi est-ce important ?

Le raccord pour tubes Swagelok est constitué des quatre composants décrits ici. Dans la pratique, un cinquième composant intervient, à savoir le tube lui-même. Diverses organisations publient des données de tolérance, et notamment l'ASTM aux États-Unis. Swagelok a constaté en général que les spécifications internationales suivent à peu près les mêmes lignes directrices que celles des normes de l'ASTM.

Les tolérances publiées pour les tube imposent partiellement celles des raccords. Par exemple, dans la norme ASTM A269, une tolérance courante sur le diamètre extérieur (DE) d'un tube de DE 1/2 po est ± 0,005 po. Par conséquent, le diamètre extérieur du tube peut varier de 0,495 à 0,505 po. Il est évident que le diamètre intérieur de l'écrou, des bagues et du corps devra être suffisamment grand pour que le tube puisse les traverser. Cela dit, nous devons maintenir la tolérance la plus étroite possible sur les alésages. Cependant, le système de bagues doit également tenir compte du fait que le diamètre extérieur du tube peut être de 0,495 po. Par conséquent, un

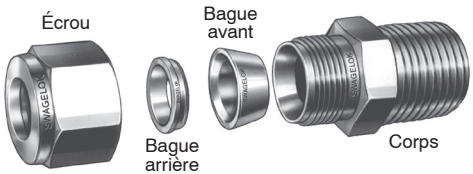


Figure 1-6 Les quatre composants d'un raccord pour tubes Swagelok.

contrôle rigoureux de la qualité est indispensable, simplement pour faire face aux variations importantes du DE des tubes.

En plus des tolérances sur le DE, il existe des tolérances sur l'épaisseur de paroi, l'ovalisation et la dureté des tubes. Le problème posé par ces variations doit être surmonté en 1 tour 1/4 de l'écrou.

Nous devons donc maintenir nos tolérances dans un intervalle très restreint pour garantir des performances constantes. Il nous a été dit que la qualité de nos raccords étaient « trop élevée » pour certaines applications. Nous continuons à dire que « rien n'est jamais assez bon » et nous cherchons constamment des manières de mieux faire.

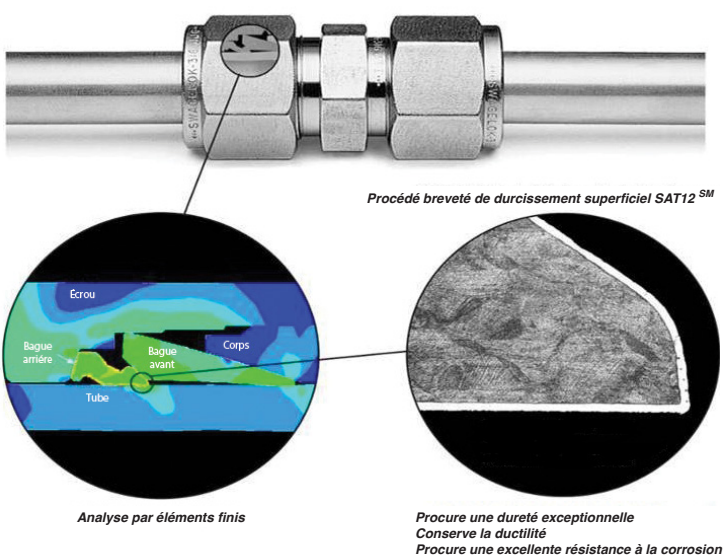


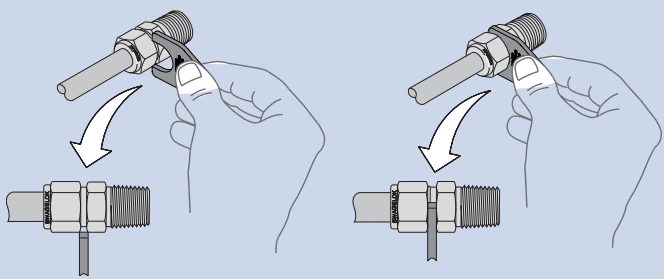
Figure 1-7 Procédé breveté de durcissement superficiel SAT12.

Contrôle par calibre

Les raccords pour tubes Swagelok sont soumis à un contrôle des variables si rigoureux qu'il est possible d'utiliser un calibre de contrôle d'espacement pour garantir un serrage suffisant lors de la première installation des raccords.

Lors de cette première installation, le calibre de contrôle Swagelok garantit à l'installateur ou à l'inspecteur que le raccord est suffisamment serré.

Placez le calibre de contrôle Swagelok en face de l'espace séparant l'écrou et le corps.



Correct

Incorrect

Si le calibre **ne rentre pas** dans l'espace, **le raccord est suffisamment serré**.

Si le calibre **rentre** dans l'espace, **un resserrage s'impose**.

Figure 1-8 Vérification du serrage d'un raccord avec le calibre de contrôle Swagelok.

Mélange et échange de composants de raccords pour tubes

Au fil des ans, de nombreux fabricants ont déclaré que leurs produits étaient interchangeables et pouvaient être mélangés avec des raccords pour tubes Swagelok.

Swagelok recommande de NE PAS mélanger/intervertir des composants de raccords pour tubes Swagelok avec des composants d'autres fabricants.

- Il n'existe aucune norme industrielle pour les raccords à deux bagues. Chaque entreprise fabrique ses composants selon ses propres normes de conception et non selon une norme reconnue.
- L'échange et le mélange de composants de raccords pour tubes peuvent entraîner des résultats imprévisibles, des fuites dans l'environnement et des surcoûts, et peuvent en outre s'avérer dangereux dans des applications critiques.

Chapitre 2

Tubes : spécification et commande

Table des matières

Spécification des tubes et commande 18
Remarques générales et suggestions 18
Tubes utilisés avec des gaz 19
Sélection et spécification des tubes métalliques 20
Spécifier des limites dans une commande de tubes 22
Recommandations lors de la commande pour chaque matériau 23
Tubes en plastique 24
Normes pour les tubes 28

Spécification des tubes et commande

Remarques générales et suggestions

Le soin apporté à la sélection, la spécification, l'achat et la manipulation des tubes est essentiel à la réussite d'une application utilisant des raccords pour tubes Swagelok.

Il convient de respecter plusieurs règles générales :

- Le métal des tubes doit toujours être plus doux que le matériau des raccords. Par exemple, des tubes en acier inoxydable ne doivent jamais être utilisés avec des raccords en laiton.
- Lorsque le tube et le raccord sont fabriqués dans le même matériau, le tube doit être entièrement recuit. Des tubes conçus pour un usage mécanique, structurel ou ornemental ne doivent jamais être utilisés dans des systèmes fluides.
- Les tubes extrêmement souples ou flexibles – en Tygon® ou en PVC, par exemple – doivent toujours être équipés d'un insert. L'étanchéité de joints situés sur la paroi extérieure d'un tube nécessite un certain degré de résistance de la part du tube.
- Les épaisseurs de paroi extrêmement fines ou extrêmement épaisses doivent être comparées aux limites minimales et maximales recommandées. Les raccords pour tubes Swagelok ne sont pas recommandés pour les tubes dont l'épaisseur de paroi se situe hors des plages indiquées dans les tableaux qui suivent pour chaque diamètre. Une paroi trop fine s'écrasera sous l'action des bagues et pourra ne pas résister suffisamment pour que les bagues puissent éliminer les défauts de surface. Une épaisseur de paroi supérieure à la valeur maximale recommandée ne permet pas d'augmenter la pression de service admissible.
- L'état de surface du tube est un élément essentiel pour garantir une bonne étanchéité. Dans les situations suivantes, un raccord dans lequel le joint se fait sur la surface extérieure du tube pourra ne pas être étanche : tube très bosselé (tuyaux d'eau en cuivre par exemple) ; présence d'un cordon de soudure visible sur la surface extérieure du tube ; présence de méplats, de rayures ou de marques d'étirage.
- Un tube à section ovale difficile à introduire dans l'écrou, les bagues et le corps, ne doit pas être inséré en force dans le raccord. Une telle action entraîne des éraflures sur la surface extérieure du tube là où le diamètre est maximum, ce qui complique la formation d'un joint étanche.
- En général, les tubes stratifiés ou multicouches, tels que les flexibles tressés, ne doivent pas être utilisés avec les raccords pour tubes Swagelok. Du fait que le joint entre le tube et le raccord Swagelok se situe sur la surface extérieure du tube, le fluide du système pourrait fuir entre les différentes couches du flexible ou du tube, en provoquant des gonflements voire une rupture de la paroi.

Tubes utilisés avec des gaz

Les gaz comme l'air, l'hydrogène, l'hélium ou l'azote sont constitués de très petites molécules capables de s'échapper par le moindre interstice. Certains défauts de surface peuvent entraîner de telles fuites.

Lorsque le diamètre extérieur du tube augmente, le risque d'observer des rayures ou d'autres défauts de surface augmente également. On obtiendra un raccordement optimal dans ce type d'application en suivant attentivement les instructions d'installation et en sélectionnant des tubes à paroi épaisse dans les tableaux ci-dessous.

Un tube à paroi épaisse résistera mieux à l'effet des bagues qu'un tube de faible épaisseur et permettra aux bagues d'éliminer de petites imperfections superficielles. Un tube à la paroi plus mince offrira une moindre résistance à l'effet des bagues pendant le serrage et limite leur capacité à éliminer certains défauts superficiels comme les rayures.

Pour garantir le facteur de sécurité le plus élevé par rapport aux défauts de surface dans n'importe quel système de gaz, sélectionnez une épaisseur de paroi au moins égale à celles qui figurent dans les tableaux ci-dessous.

Dimensions fractionnaires, en pouces

Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale	Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale
1/8	0,028	3/4	0,065
3/16	0,028	7/8	0,083
1/4	0,028	1	0,083
5/16	0,035	1 1/4	0,109
3/8	0,035	1 1/2	0,134
1/2	0,049	2	0,180
5/8	0,065	×	×

Dimensions métriques, en millimètres

Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale	Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale
3	0,8	18	1,5
6	0,8	20	1,8
8	1,0	22	2,0
10	1,0	25	2,2
12	1,0	28	2,5
14	1,2	30	3,0
15	1,5	32	3,0
16	1,5	38	3,5

Sélection et spécification des tubes métalliques

Pour plus d'informations sur les tubes, reportez-vous à la fiche Swagelok intitulée *Données sur les tubes* (MS-01-107). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Lorsque vous utilisez un raccord pour tubes Swagelok, il est important de se rappeler que les performances du raccord peuvent être fortement compromises par l'utilisation de tubes de mauvaise qualité. Le raccord pour tubes Swagelok est constitué des quatre composants décrits ici. Ils vous sont livrés entièrement inspectés et assemblés.

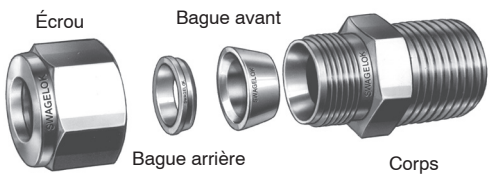


Figure 2-1 Les quatre composants d'un raccord pour tubes Swagelok.

Le tube est considéré comme le cinquième composant important lorsque l'on veut choisir des raccords et des tubes pour un système fluide.

Malgré son importance, le choix du tube passe souvent au second plan. Il est contreproductif d'utiliser des tubes de moindre qualité pour concevoir un système critique.

Acheter des tubes conformes aux norme ASTM, ou à toute autre norme équivalente, est un premier pas vers la qualité. Cependant, la plupart de ces normes sont relativement souples s'agissant de plusieurs facteurs importants. Par exemple :

- La norme ASTM A269, couramment utilisée pour spécifier des tubes en acier inoxydable, fait référence aux exigences générales de la norme ASTM A1016, à savoir :

  13. Rectitude et état de surface

  13.1 Les tubes doivent être raisonnablement droits et leurs extrémités doivent être lisses et ébavurées. Ils doivent présenter une finition conforme aux règles de l'art. Les imperfections superficielles (remarque 1) peuvent être éliminées par meulage à condition de préserver une surface courbe régulière et de ne pas réduire l'épaisseur de la paroi au-dessous de la limite permise par la présente spécification ou la fiche du produit. Le diamètre extérieur au point de meulage peut être réduit de la quantité de matériau ainsi enlevée.

  Remarque 1 : une imperfection correspond à toute discontinuité ou irrégularité visible sur le tube.

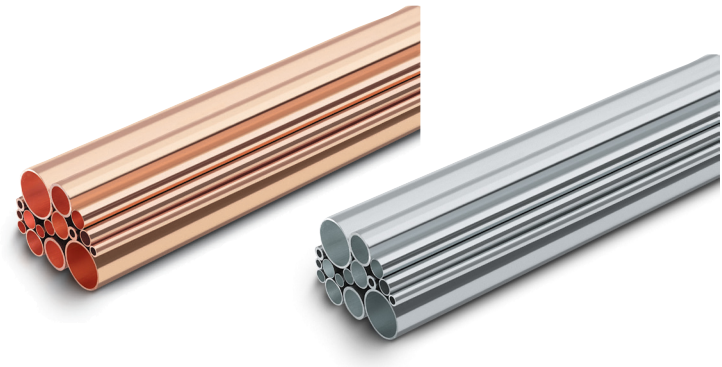


Figure 2-2 Le cinquième composant : un tube de qualité.

- La norme ASTM A269 autorise une *ovalisation* du tube égale à deux fois la tolérance sur le diamètre extérieur, qui est de ±0,005 po ou de ±0,010 po pour les tubes à paroi mince.

Il manque toutefois des critères dans ces spécifications. Qui et qu'est-ce qui définit une finition réalisée dans *les règles de l'art* ? Quelles doivent être les caractéristiques du meulage (profondeur, aplanissement de la surface) ? Concernant la deuxième spécification, si l'ovalisation devait être de ±0,010 po (0,510 po par 0,490 po pour un tube de DE 1/2 po), le tube ne rentrerait pas dans la plupart des raccords.

En conclusion, la seule conformité aux normes ASTM ne signifie pas que vous avez nécessairement affaire à un tube de qualité. La qualité des tubes dépend de l'intégrité du fournisseur et de sa sensibilisation à la qualité.

Pour être sûr de choisir un tube d'une qualité suffisante pour les raccords de précision que fabrique Swagelok, nous recommandons de tenir compte des variables suivantes :

- Matériau et méthode de fabrication
- Épaisseur de paroi et diamètre extérieur
- État de surface
- Dureté
- Concentricité
- Ovalisation

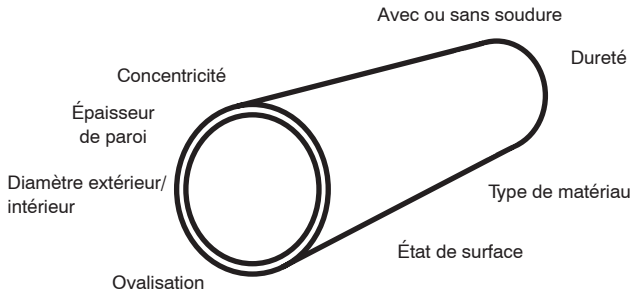


Figure 2-3 Les variables à prendre en compte pour choisir des tubes.

Spécifier des limites dans une commande de tubes

Souvent, un utilisateur peut préciser certaines limites lorsqu'il commande des tubes, en particulier pour des grosses quantités, sans frais supplémentaires. Ces limites peuvent être beaucoup plus restrictives que celles qui figurent dans les normes ASTM. Concernant par exemple les tolérances sur le diamètre extérieur, les normes ASTM présentées ici précisent des tolérances en dessus et en dessous (±) de la valeur annoncée. Certains utilisateurs n'acceptent aucune tolérance *négative* sur le DE, car il est plus difficile de former un joint étanche avec un tube trop petit. De même, pour un tube de DE inférieur ou égal à 1/8 po, nous recommandons de limiter la tolérance à ±0,003 po. Reportez-vous à la figure 2-5, Tolérance ASTM – Diamètre extérieur des tubes, page 27.

Tolérances strictes sur l'état de surface

Comme il a été dit précédemment, les normes ASTM sont ambiguës en ce qui concerne les finitions. En particulier, lorsque des tubes étirés et soudés en acier inoxydable sont utilisés, la mauvaise qualité d'une soudure ou le retrait d'un cordon de soudure peuvent entraîner des problèmes d'étanchéité lorsque le tube et le raccord sont assemblés.

- Une soudure de mauvaise qualité se traduit généralement par un creux visible (concavité) à la surface, que les bagues ne pourront pas remplir.
- Un cordon mal retiré provoque l'apparition d'une partie surélevée (laitier) ou d'un méplat au niveau de la soudure.

Chacune de ces situations peut causer des fuites lors de l'assemblage de raccords pour tubes non évasés.

Une règle à envisager et qui pourrait figurer dans les spécifications des tubes soudés est la suivante :

> ***« Aucun cordon de soudure ne doit être visible à l'œil nu sur la surface extérieure du tube. »*** Localisez le dépôt de soudure sur la surface intérieure du tube. Vérifiez ensuite la surface extérieure à cet endroit. Si le tube est de qualité, vous ne devez pas pouvoir distinguer la soudure sur la surface extérieure.

Reportez-vous au chapitre 5, Résolution des problèmes, page 152, problème n° 5.

Limites de dureté :

Tous les raccords pour tubes non évasés exigent l'utilisation de tubes fabriqués dans un matériau plus doux que celui du raccord. Différents termes sont utilisés pour décrire la dureté des tubes. En général, les tubes métalliques doivent être entièrement recuits pour fonctionner correctement avec les raccords pour tubes Swagelok. Pour la plupart des tubes en acier inoxydable, la dureté Rockwell est limitée à 90 HRB.

Recommandations lors de la commande pour chaque matériau

Pour concevoir des systèmes sans fuites, nous recommandons les spécifications ci-dessous pour les tubes.

Tubes en aluminium : tube en alliage d'aluminium étiré, sans soudure, haute qualité, ASTM B210 (type 6061-T6) ou équivalent.

Tubes en acier au carbone : tube hydraulique en acier doux, recuit, sans soudure, haute qualité, ASTM A179 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 72 HRB ou 130 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. Autres spécifications possibles : ASTM A161, ASTM A556 classe A2, ASME SA179, AMS 5050 et SAE J524b.

Tubes en cuivre : tube en cuivre doux, recuit, sans soudure, haute qualité, conforme aux normes ASTM B75, EN 1057 ou équivalent. Également tube à eau en cuivre ayant subi un recuit d'adoucissement (état 0), de type K ou L conforme à la norme ASTM B88. Si un tube à eau en cuivre conforme à la norme ASTM B88 est utilisé, il doit être commandé avec une surface extérieure non bosselée. Une surface bosselée affecte l'action des bagues. Même les zones non bosselées sont parfois aplaties par les matrices de découpage.

Tubes en acier inoxydable : tube hydraulique en acier inoxydable (de type 304, 304/304L, 316, 316/316L, 317, 317/317L) entièrement recuit (sans soudure ou soudé étiré), haute qualité, ASTM A269 ou A213, A632, EN ISO 1127 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 90 HRB ou 200 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. Pour les tubes de diamètre extérieur 1/16 po ou 1/8 po et leurs équivalents métriques, la tolérance sur le DE ne doit pas dépasser ±0,003 po. Les aciers doublement certifiés comme les aciers 304/304L, 316/316L et 317/317L possèdent les propriétés chimiques et mécaniques minimales des deux qualités d'alliage.

> **Remarque :** la tolérance sur l'ovalisation de certains tubes en acier inoxydable austénitique est deux fois supérieure à la tolérance sur le diamètre extérieur ; il est possible que des tubes présentant une telle ovalisation ne puissent pas rentrer dans les raccords Swagelok.

Tubes en alliage 400 : tube hydraulique en alliage 400 entièrement recuit, sans soudure, haute qualité, ASTM B165 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 75 HRB ou 137 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. La tolérance sur le DE ne doit pas dépasser ±0,005 po ; pour les tubes de diamètre extérieur 1/16 po ou 1/8 po, cette tolérance ne doit pas dépasser ±0,003 po.

Tubes en alliage 600 : tube en alliage 600 entièrement recuit, sans soudure, étiré à froid, état 1, haute qualité, ASTM B167 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 92 HRB ou 198 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. Lors de la commande, préciser uniquement le diamètre extérieur et l'épaisseur de la paroi – pas le diamètre intérieur, ni l'épaisseur moyenne de la paroi. La tolérance sur le diamètre extérieur ne doit pas dépasser ±0,005 po.

Tubes en alliage 625 : tube en alliage 625 entièrement recuit, sans soudure, haute qualité, ASTM B444, classe 1 ou 2, ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 25 HRC ou 266 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement.

Tubes en alliage C-276 : tube en alliage C-276 entièrement recuit, haute qualité, ASTM B622 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 100 HRB ou 248 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. La tolérance sur le diamètre extérieur ne doit pas dépasser ±0,005 po.

Tubes en titane : tube en titane de classe 2 entièrement recuit, sans soudure ou étiré soudé, haute qualité, ASTM B338 ou équivalent. Le tube doit être exempt de rayures et être adapté au cintrage. La tolérance sur le diamètre extérieur ne doit pas dépasser ±0,005 po.

Tubes en alliage 2507 super duplex : tubes en alliage 2507 super duplex entièrement recuits, haute qualité, ASTM A789 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 32 HRC. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage ainsi qu'à l'évasement.

Tubes en alliage 825 : tube en alliage 825 entièrement recuit, sans soudure, haute qualité, ASTM B163, ASTM B423 ou équivalent. Tube en alliage 825 entièrement recuit soudé, ASTM B704, de classe 1 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser HR15T90 ou 201 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. La tolérance sur l'épaisseur de la paroi ne doit pas dépasser ±10 %.

Tubes en alliage 254 : tube hydraulique en alliage 254 entièrement recuit, sans soudure ou étiré soudé, haute qualité, ASTM A269 ou ASTM A213, ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 96 HRB. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement.

Tubes en plastique

Plusieurs types de tubes en plastique sont disponibles pour des applications les plus diverses. Les plus courants sont énumérés ci-dessous avec certaines

de leurs caractéristiques et limites, ainsi que des recommandations pour la commande.

Tubes en nylon : résistants et facilement disponibles, les tubes en nylon peuvent être utilisés dans de nombreux systèmes à basse pression. On les retrouve généralement dans des systèmes hydrauliques ou pneumatiques basse pression et dans la tuyauterie de laboratoire. En raison de leur grande flexibilité et de leur bonne résistance à l'abrasion, ils sont souvent utilisés dans les circuits acheminant de l'air pour instruments, des lubrifiants, des boissons ou des carburants. Leur diamètre extérieur va de 1/8 à 1/2 po. La pression d'éclatement nominale à court terme des tubes en nylon est généralement comprise entre 68 et 172 bar (1000 et 2500 psig). Leur pression de service est généralement comprise entre 17 et 43 bar (250 et 625 psig) en utilisant un coefficient de sécurité de 4:1. La plage des températures de service va de 24 à 74°C (75 à 165°F).

Il est possible d'utiliser des raccords pour tubes Swagelok en métal avec des tubes en nylon à condition de ne pas dépasser la pression de service maximale de ces tubes.

Recommandations pour la commande : le DE ne doit pas varier de plus de ± 0,005 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 3/16 à 1/2 po ; il ne doit pas varier de plus de ± 0,003 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 1/8 po.

Tubes en polyéthylène : ces tubes souples et bon marché sont très utilisés dans les laboratoires et dans les conduites d'air pour instruments, entre autres applications. Ils sont plus souples mais moins résistants à l'abrasion que les tubes en nylon. Généralement très résistants à la corrosion, il sont tout à fait indiqués pour des conduites d'air dans des environnements corrosifs.

Leur pression d'éclatement nominale est comprise entre 17 et 34 bar (250 et 500 psig) et leur pression de service est comprise entre 4 et 9 bar (60 et 125 psig) avec un coefficient de sécurité de 4:1. Leur température nominale maximale est généralement de 60ºC (140ºF).

Il est possible d'utiliser des raccords pour tubes Swagelok en métal à condition de ne pas dépasser la pression de service maximale de ces tubes. Aucun insert n'est nécessaire sauf pour les tubes dont le diamètre extérieur est supérieur à 1/2 po.

Recommandations pour la commande : le DE ne doit pas varier de plus de ± 0,005 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 3/16 à 1/2 po ; il ne doit pas varier de plus de ± 0,003 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 1/8 po.

Tubes en polypropylène : des tubes souples beaucoup plus résistants que les tubes en polyéthylène. Leur pression d'éclatement nominale est comprise entre 110 et 165 bar (1600 et 2400 psig) et leur pression de service est comprise entre 28 et 41 bar (400 et 600 psig) avec un coefficient de sécurité de 4:1. Dotés de caractéristiques thermiques exceptionnelles, leur température nominale maximale est généralement de 121°C (250°F).

Les raccords pour tubes Swagelok en métal peuvent être utilisés avec des tubes en polypropylène.

Recommandations pour la commande : le DE ne doit pas varier de plus de ± 0,005 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 3/16 à 1/2 po ; il ne doit pas varier de plus de ± 0,003 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 1/8 po.

Tubes en PFA et en PTFE : ces tubes résistants sont utilisés dans divers systèmes de transport de fluides. Ils possèdent d'excellentes propriétés de résistance à la corrosion. Ils peuvent être utilisés à des températures allant jusqu'à 204°C (400°F). Les raccords pour tubes Swagelok en métal standard peuvent être utilisés avec des tubes en PFTE ou en PFA. Lorsque des raccords en PFTE sont utilisés avec des tubes en PFTE, la capacité de maintien du raccord est très limitée en raison du très faible coefficient de frottement entre le raccord et le tube. En revanche, des raccords Swagelok en PFA utilisés avec des tubes Swagelok en PFA (rainurés à l'aide de l'outil à rainurer Swagelok) supporteront la pression nominale des tubes. Pour connaître la pression nominale de cette combinaison, adressez-vous à votre représentant Swagelok.

Recommandations pour la commande : le DE ne doit pas varier de plus de ± 0,005 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 3/16 à 1/2 po ; il ne doit pas varier de plus de ± 0,003 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 1/8 po.

- Raccords en PTFE avec tubes en PTFE.
- Bagues en PTFE avec tubes en acier inoxydable ou en plastique et corps et écrou en acier inoxydable.
- Bagues en nylon avec tubes en acier inoxydable ou en plastique et corps et écrou en acier inoxydable.

Diam. ext. du tube po	**Pression de service admissible recommandée** (psig)
1/8	35
1/4	25
3/8	25
1/2	15
5/8	10
3/4	5
1	5

Tubes en PVC souple : ces tubes sont utilisés pour leur souplesse et leur résistance à la corrosion dans de nombreuses applications médicales, alimentaires, pharmaceutiques ou en laboratoire. Leur température nominale est généralement de 74°C (165°F) environ. Lorsqu'ils sont utilisés avec des raccords pour tubes Swagelok en métal ou en plastique, l'usage d'un insert cannelé est obligatoire. L'insert appuie sur la paroi intérieure du tube, ce qui donne de la prise aux bagues et leur permet de former un joint étanche. Des raccords de flexibles Swagelok peuvent également être utilisés avec ce type de tube (voir le chapitre 6 pour plus de détails). Des tubes en PVC souple renforcés sont également disponibles. Une tresse intérieure est incrustée dans la paroi afin d'augmenter la résistance et la pression de service du tube.



Figure 2-4 Insert pour tube.

Les raccords pour tubes Swagelok ***NE DOIVENT PAS*** être utilisés avec des tubes en PVC souple renforcés, en raison de la possibilité de fuites autour de la tresse à l'extrémité du tube dans la paroi. Un joint étanche doit être formé sur la surface intérieure du tube, à l'aide par exemple d'un raccord de flexible Swagelok.

Recommandations pour la commande : le DE ne doit pas varier de plus de ± 0,005 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 3/16 à 1/2 po ; il ne doit pas varier de plus de ± 0,003 po par rapport au DE nominal pour les tubes de diamètre 1/8 po.

Normes pour les tubes

La liste suivante couvre les spécifications courantes des tubes métalliques utilisés avec des raccords pour tubes Swagelok.

Pour les tolérances sur le diamètre extérieur, reportez-vous au tableau ci-dessous.

Diam. ext. du tube (po)	Dimension du tube Swagelok	Valeur décimale du DE (po)	Acier inoxydable		Acier au carbone ASTM A179	Cuivre ASTM B75	Aluminium ASTM B210
			ASTM A213 et A249	ASTM A269			
1/16*	100	0,0625	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
1/8*	200	0,125	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
3/16	300	0,1875	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
1/4	400	0,250	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
5/16	500	0,3125	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
3/8	600	0,375	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
1/2	810	0,500	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,003 po
5/8	1010	0,625	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,002 po	± 0,004 po
3/4	1210	0,750	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,0025 po	± 0,004 po
7/8	1410	0,875	± 0,004 po	± 0,005 po	± 0,004 po	± 0,0025 po	± 0,004 po
1	1610	1,000	± 0,006 po	± 0,005 po	± 0,005 po	± 0,0025 po	± 0,004 po
1 1/4	2000	1,250	± 0,006 po	± 0,005 po	± 0,006 po		
1 1/2	2400	1,500	± 0,006 po	± 0,010 po	± 0,006 po		
2	3200	2,000	± 0,010 po	± 0,010 po	± 0,010 po		

Remarques :

La tolérance sur l'ovalisation de certains tubes en acier inoxydable austénitique est deux fois supérieure à la tolérance sur le diamètre extérieur. Il est possible que des tubes présentant une telle ovalisation ne puissent pas rentrer dans les raccords Swagelok.

* Tolérance de ±0,003 po maximum recommandée pour des tubes de DE 1/16 et 1/8 po lorsque ces tubes sont utilisés avec des raccords Swagelok

Figure 2-5 Tolérances ASTM — Diamètre extérieur des tubes.

Tubes en acier inoxydable	
ASTM A213 Tubes sans soudure en acier ferritique et austénitique allié pour chaudières, surchauffeurs et échangeurs de chaleur.	Norme applicable aux tubes sans soudure en acier inoxydable austénitique destinés à un usage général. Dureté maximale de 90 HRB. La tolérance sur le DE est déterminée par la norme ASTM A1016. Satisfaisants pour une utilisation avec des raccords pour tubes Swagelok en acier inoxydable.
ASTM A249 Tubes soudés en acier austénitique pour chaudières, surchauffeurs, échangeurs de chaleur et condenseurs.	Norme applicable aux tubes soudés en acier inoxydable austénitique destinés à un usage général ou à haute température. Dureté maximale de 90 HRB. La tolérance sur le DE est déterminée par la norme ASTM A1016. Une passe d'étirage sera nécessaire pour incorporer le chanfrein dans la surface extérieure du tube, de manière à pouvoir utiliser ces tubes dans des conditions satisfaisantes avec des raccords pour tubes Swagelok en acier inoxydable.
ASTM A269 Tubes avec ou sans soudure en acier inoxydable austénitique à usage général.	Norme applicable aux tubes soudés ou sans soudure en acier inoxydable austénitique destinés à un usage général, dans un environnement corrosif, et à haute ou basse température. Dureté maximale de 90 HRB. Doivent être achetés finis à froid ; usage satisfaisant avec des raccords pour tubes en acier inoxydable finis à froid.
ASTM A1016 Exigences générales relatives aux tubes en acier allié ferritique, en acier allié austénitique et en acier inoxydable.	Couvre les exigences générales relatives aux tubes avec ou sans soudure en acier ou en acier inoxydable. Beaucoup de ces exigences sont obligatoires dans certaines spécifications telles que A213 ou A249. À l'exception de A269, toutes ces spécifications font référence à la norme A1016 en ce qui concerne la tolérance sur le diamètre extérieur. Les tubes ne sont pas achetés conformes à la norme ASTM A1016. Ils sont achetés conformes à d'autres spécifications dont les exigences générales proviennent de la norme ASTM A1016.
ASTM A632 Tubes avec ou sans soudure en acier inoxydable austénitique (de faible diamètre) à usage général.	Concerne les tubes en acier inoxydable de diamètre allant de 0,050 à 1/2 po. Les épaisseurs de paroi vont de 0,005 à 0,065 po. Les tubes sont soit des tubes sans soudure, soit des tubes soudés et étirés. Souvent utilisés avec des instruments de petite taille. Les tolérances sur diamètre extérieur et le diamètre intérieur sont plus étroites (plus 0,002 po et moins 0,000 po sur le DE, plus 0,000 po et moins 0,002 po sur le DI).
Tubes en acier au carbone	
ASTM A161 Tubes sans soudure en acier à faible teneur en carbone ou en acier au carbone-molybdène pour un usage en raffinerie.	Norme applicable aux tubes en acier au carbone, sans soudure et étirés à froid, destinés à un usage à des températures élevées. La teneur en carbone va de 0,10 % à 0,20 %. Dureté maximale de 70 HRB. La tolérance sur le DE est déterminée par la norme ASTM A450. Seuls les tubes étirés à froid à faible teneur en carbone peuvent être utilisés avec des raccords pour tubes Swagelok en acier.

ASTM A179 Tubes en acier à faible teneur en carbone, sans soudure, étirés à froid, pour échangeurs de chaleur et condenseurs.	Norme applicable aux tubes en acier au carbone, sans soudure et étirés à froid, destinés à un usage général. La teneur en carbone va de 0,06 % à 0,18 %. Dureté maximale de 72 HRB. La tolérance sur le DE est déterminée par la norme ASTM A450. Satisfaisants pour une utilisation avec des raccords pour tubes Swagelok en acier.
SAE J524b Tubes en acier à faible teneur en carbone, sans soudure, recuits pour le cintrage et l'évasement.	Semblable à A179 ; la teneur maximale en carbone est de 0,18 %. Dureté maximale de 65 HRB. Toutefois, aucun test de dureté n'est nécessaire pour les tubes de DE inférieur ou égal à 3/8 po et dont l'épaisseur de paroi est inférieure à 0,065 po. Satisfaisants pour une utilisation avec des raccords pour tubes Swagelok en acier.
Tubes en cuivre	
ASTM B68 Tubes en cuivre sans soudure, recuit brillant.	Couvre les tubes en cuivre, sans soudure, recuits, destinés aux réfrigérateurs, canalisations d'huile, conduites d'alimentation en carburant, etc., des applications dans lesquelles les tubes doivent absolument être exempts d'écailles et d'impuretés. Préciser un « recuit d'adoucissement », état 060, pour une utilisation avec des raccords en laiton Swagelok. Les tolérances sur l'épaisseur de paroi et le diamètre sont déterminées par la norme ASTM B251.
ASTM B75 Tubes en cuivre sans soudure.	Couvre les tubes en cuivre sans soudure destinés à un usage général. Préciser un état recuit 060 pour une utilisation avec des raccords en laiton Swagelok. Les tolérances sur l'épaisseur de paroi et le diamètre sont déterminées par la norme ASTM B251.
ASTM B88 Tubes à eau en cuivre sans soudure.	Couvre les tubes à eau en cuivre sans soudure destinés à la plomberie générale. Il existe plusieurs types : K, L et M. Le diamètre extérieur va de 3/8 à 12 1/8 po (1/4 à 12 po pour le diamètre nominal). Toujours préciser un état recuit 0 pour une utilisation avec des raccords en laiton Swagelok. Les tolérances sur l'épaisseur de paroi et le diamètre extérieur sont précisées dans la norme ASTM B88, mais les tolérances sur le DE suivent généralement les lignes directrices de la norme ASTM B251. Les types K, L et M correspondent respectivement à une paroi épaisse, moyenne et très mince. Les tubes de type M ne sont généralement disponibles que sous forme de tronçons droits écrouis et leur paroi est trop mince pour qu'on puisse les utiliser avec des raccords en laiton Swagelok. Les tubes de type K et L sont disponibles sous la forme de tronçons droits de 20 pieds (env. 6 m) ou de couronnes de 60 pieds (env. 18 m) et avec un recuit d'adoucissement. En général, les tubes de type K ou L peuvent être utilisés avec des raccords en laiton Swagelok, mais l'épaisseur de leur paroi pourra s'avérer insuffisante pour un usage avec des gaz. REMARQUE : méfiez-vous d'un tube ayant subi un marquage par emboutissage sur sa surface extérieure. La profondeur des lettres peut compromettre l'étanchéité des joints formés par les bagues. Le diamètre extérieur considéré pour les tubes à eau est généralement le diamètre « nominal » et non pas le diamètre réel. Il faudra donc déterminer le DE réel du tube pour pouvoir l'utiliser avec des raccords Swagelok.

ASTM B251 Exigences générales pour les tubes forgés sans soudure en cuivre et alliage de cuivre.	Ces spécifications générales déterminent les exigences concernant les tubes en cuivre fabriqués selon les normes ASTM B68 et B75. Elles fixent les tolérances sur l'épaisseur de paroi et le diamètre extérieur des tubes conformes aux normes ASTM B68 et B75.
Tubes fabriqués dans d'autres alliages	
ASTM B210 Tubes sans soudure en alliage d'aluminium.	Porte sur les tubes en aluminium étirés sans soudure, présentés sous la forme de tronçons droits ou de couronnes. L'utilisation de l'alliage 6061 à l'état T4 ou T6 est suggérée ; cet alliage figure dans la fiche *Données sur les tubes* de Swagelok. Si vous souhaitez utiliser des raccords Swagelok avec d'autres tubes en alliage d'aluminium, consultez votre représentant Swagelok.
Alliage 400 **ASTM B165** Tubes et tuyaux sans soudure en alliage de nickel et de cuivre (UNS N04400).	Couvre les tubes sans soudure en alliage 400. Préciser un état « recuit » pour une utilisation avec des raccords en alliage 400 Swagelok. Dureté maximale de 75 HRB (recuit). Jusqu'à 5/8 po, la tolérance sur le diamètre extérieur est de ±0,005 po. Au-delà de 5/8 po, cette tolérance est de ±0,0075 po. Les tubes doivent donc être commandés avec une tolérance particulière de ±0,005 po pour de meilleurs résultats avec des raccords Swagelok en alliage 400/405.
Alliage 600 **ASTM B167** Tubes et tuyaux sans soudure en alliage de fer, de nickel et de chrome (UNS N06600).	Couvre les tubes en alliage 600. Toujours préciser un état « étiré à froid recuit » pour une utilisation avec des raccords Swagelok en alliage 600. Dureté maximale de 92 HRB. Jusqu'à 5/8 po, la tolérance sur le diamètre extérieur est de ±0,005 po. Au-delà de 5/8 po, cette tolérance est de ±0,0075 po. Les tubes doivent donc être commandés avec une tolérance particulière de ±0,005 po pour de meilleurs résultats avec des raccords Swagelok en alliage 600.
Titane **ASTM B338** Tubes avec ou sans soudure en titane ou en alliage de titane pour les condenseurs et les échangeurs de chaleur.	Couvre les tubes en titane utilisables avec des raccords Swagelok en titane. Les raccords pour tubes Swagelok sont fabriqués en titane de classe 4. Les tubes commandés doivent être en titane de classe 2 pour obtenir de bons résultats avec des raccords en titane Swagelok. Le titane de classe 2 est pur à 98,75 % environ.
Alliage C-276 **ASTM B622** Tubes et tuyaux sans soudure en alliage de nickel (UNS N10276 ou UNS N10665).	Couvre plusieurs alliages de nickel, et en particulier, l'alliage 276 des tubes utilisés avec des raccords Swagelok en alliage C-276. Jusqu'à 5/8 po, la tolérance sur le diamètre extérieur est de ±0,005 po. Au-delà de 5/8 po, cette tolérance est de ±0,0075 po. Les tubes doivent donc être commandés avec une tolérance particulière de ±0,005 po pour de meilleurs résultats avec des raccords Swagelok en alliage C-276.
Alliage 2507 super duplex **ASTM A789** Tubes avec ou sans soudure en acier inoxydable ferritique/austénitique à usage général.	Couvre les tubes entièrement recuits en alliage 2507 super duplex, utilisables avec les raccords Swagelok fabriqués dans ce même matériau. La dureté ne doit pas dépasser 32 HRC. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement.

Alliage 825 **ASTM B163** Tubes sans soudure en nickel ou en alliage de nickel pour les condenseurs et les échangeurs de chaleur.	Couvre les tubes sans soudure entièrement recuits en alliage 825, conformes aux normes ASTM B163, ASTM B423 ou équivalent, utilisables avec les raccords Swagelok fabriqués dans ce même matériau. Tube en alliage 825 entièrement recuit soudé, ASTM B704, de classe 1 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser HR15T90 ou 201 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement. La tolérance sur l'épaisseur de la paroi ne doit pas dépasser ±10 %.
ASTM B423 Tubes et tuyaux sans soudure en alliage de nickel-fer-chrome-molybdène-cuivre.	
ASTM B704 Tubes soudés en alliage UNS N06625, UNS N06219 ou UNS N08825.	
Alliage 254 **ASTM A269** Tubes avec ou sans soudure en acier inoxydable austénitique à usage général.	Couvre les tubes hydrauliques entièrement recuits sans soudure ou soudés étirés en alliage 254, conformes aux normes ASTM A269, ASTM A213 ou équivalent, utilisables avec les raccords Swagelok en alliage 6-moly. La dureté ne doit pas dépasser 96 HRB. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage ainsi qu'à l'évasement.
ASTM A213 Tubes sans soudure en acier ferritique et austénitique allié pour chaudières, surchauffeurs et échangeurs de chaleur.	
Alliage 625 **ASTM B444** Tubes et tuyaux en alliages de nickel-chrome-molybdène-niobium (UNS N06625 et UNS N06852) ou en alliage de nickel-chrome-molybdène-silicium (UNS N06219).	Couvre les tubes sans soudure entièrement recuits en alliage 625, conformes à la norme ASTM B444, de classe 1 ou 2, ou équivalent, utilisables avec les raccords Swagelok fabriqués dans ce même matériau. La dureté ne doit pas dépasser 25 HRC ou 266 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage et à l'évasement.

Chapitre 3

Manipulation et installation des tubes et des raccords pour tubes

Table des matières

Manipulation des tubes	35
Schéma du système	36
Avantages des tubes sur les tuyaux	42
Techniques pour redresser des tubes	45
Tubes en acier inoxydable : rouleaux	47
Cintrage des tubes	47
Marques utilisées pour le cintrage des tubes	54
Méthode de mesure-cintrage	56
Défauts des cintrages	60
Cintreuses pour tubes Swagelok	61
Cintreuse manuelle	62
Cintreuse d'établi	63
Cintreuse électrique	64
Longueur minimale du tronçon droit	65
Préparation des tubes	67
Coupe-tube	67
Scie à métaux	69
Ébavurage des tubes	70
Outil à dresser les tubes	72
Manipulation des raccords pour tubes	74

Consignes de sécurité relatives au montage de raccords pour tubes Swagelok 75
Meilleures pratiques : utilisation de l'outil de marquage de profondeur (DMT) 78
Contrôle par calibre : montage manuel 81
Réassemblage 83
Outils de présertissage 86
Sertissage hydraulique avec l'unité de sertissage hydraulique à commande pneumatique 88
Sertissage hydraulique avec l'unité de sertissage hydraulique multitêtes 89
Épaisseur de paroi de tube minimale recommandée pour une utilisation avec la MHSU 90
Mélange/échange de composants Swagelok 91
La garantie limitée à vie Swagelok 91
Outils pour configurer des systèmes 92
Montage d'un adaptateur pour tube Swagelok 92
Montage d'un raccordement d'extrémité à bague usinée Swagelok 95
Traversées de cloisons 101
Orifices à filetage cylindrique SAE ou MS (montage) 101
Coudes et tés positionnables à filetage cylindrique SAE/MS (montage) 103
Joints toriques 103
Raccords pour tubes moyenne pression, série FK 103
Produits pour moyennes et hautes pressions : série IPT 104
Extrémités à filetage conique (montage) 107
Produits d'étanchéité pour filetages 109
Assemblage avec utilisation de produits d'étanchéité pour filetage liquides 111
Assemblage avec utilisation de ruban de PTFE 116

Manipulation des tubes

Les précautions prises pour manipuler les tubes, de la réception jusqu'à l'installation, favorisent la réalisation de systèmes sans fuites.

Des techniques de manipulation appropriées limitent l'apparition de rayures, de trous ou d'entailles susceptibles d'affecter l'étanchéité des tubes (en particulier dans des applications utilisant des gaz).

Ne jamais tirer un tube hors de son râtelier

- Le poids d'un tube, lorsque celui-ci est traîné sur le bord d'un plateau de camion ou d'un râtelier, peut suffire pour occasionner des entailles ou des rayures sur la surface extérieure de ce tube.
  - Des rayures peuvent se produire si des bavures subsistent sur le diamètre extérieur du tube.
  - Les tubes ne doivent jamais être traînés sur des surfaces rugueuses telles du ciment, de la terre, de l'asphalte ou du sable.

Ne jamais laisser tomber un tube

- Les tubes peuvent être endommagés par une chute sur une surface dure.
  - Cela peut engendrer des bosselures et ovaliser les tubes.
  - Entrer un tube ovalisé en force dans un raccord peut occasionner des fuites.

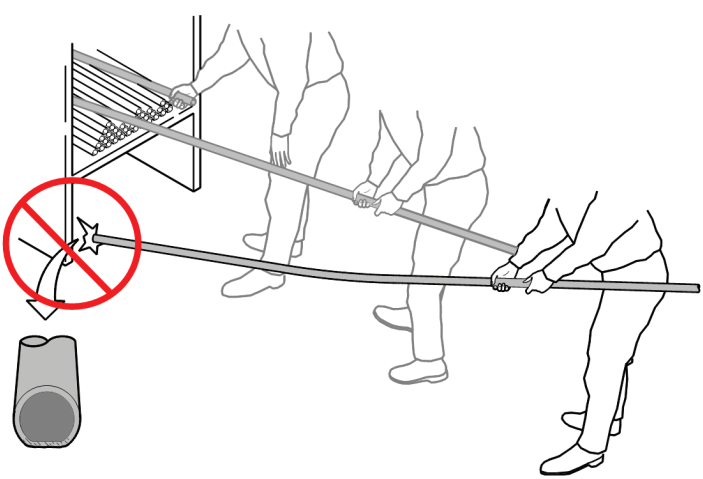


Figure 3-1.

Schéma du système

Lors de l'installation d'un système, la première étape consiste à dessiner un schéma de ce système, afin de déterminer le nombre de raccords et la longueur de tube nécessaire.

- Mesurez toutes les dimensions à partir de l'extrémité des tubes et entre les axes des tubes.
- Traitez tous les cintrages comme s'il s'agissait d'angles droits.

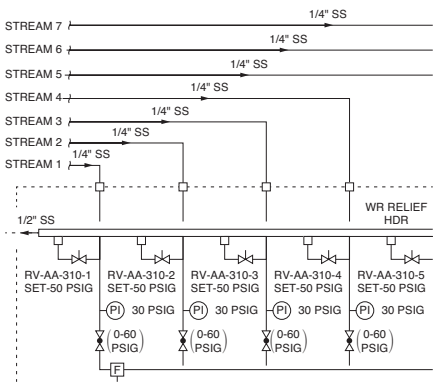


Figure 3-2.

Autres points à prendre en considération :

Faire en sorte que les raccords soient accessibles

- Montage facilité
- Entretien facilité

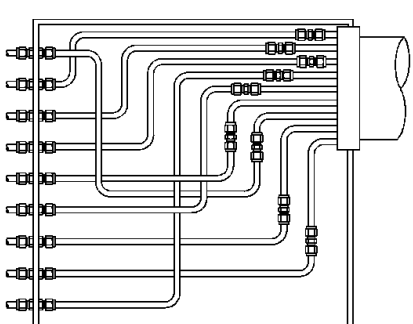
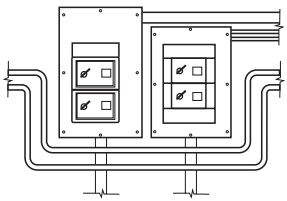


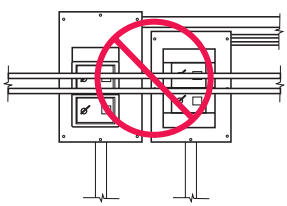
Figure 3-3.

Placement approprié des tubes

- Évitez de placer les tubes directement devant des portes d'accès, des boulons ou des équipements.
- Faites en sorte de ne pas bloquer pas l'accès aux commandes.
- Permettez l'accès pour les réparations ou l'entretien.



Correct

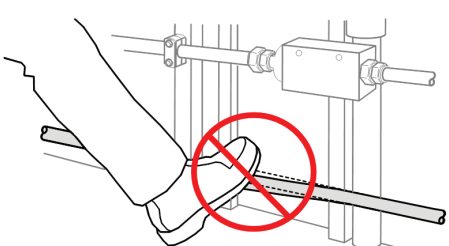


Incorrect

Figure 3-4.

Éviter que des tubes ne se transforment en « repose-pieds »

- Des tubes situés trop près du sol sont susceptibles d'être utilisés comme des repose-pieds, ce qui peut les endommager.
- Ces tubes peuvent également provoquer des chutes et engendrer des risques pour la sécurité.



Incorrect

Figure 3-5.

Éviter que des tubes ne se transforment en « main courante »

- Des tubes situés en hauteur sont susceptibles d'être utilisés comme une main courante, ce qui peut les endommager.
- Ils sont également susceptibles d'être utilisés pour y accrocher d'autres objets, ce qui peut aussi les endommager.

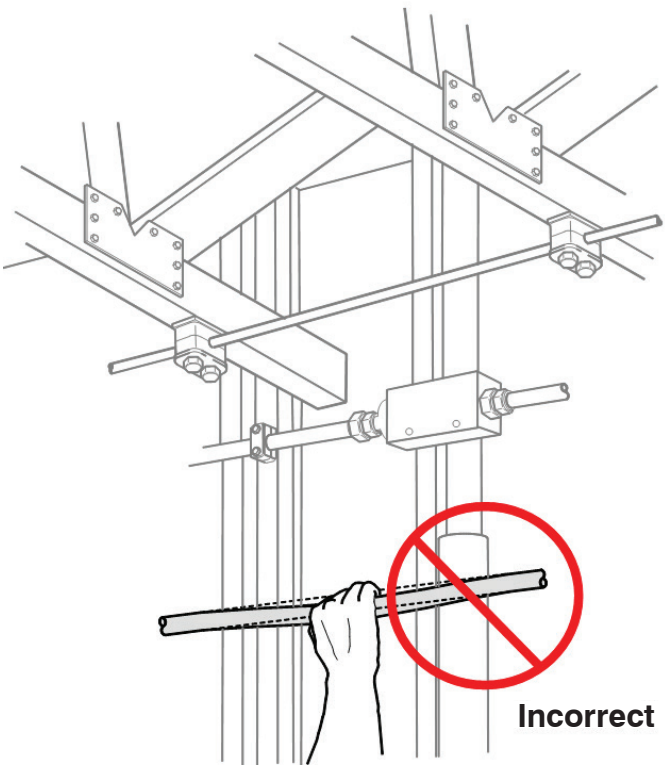


Figure 3-6.

Utiliser des supports appropriés

- Des supports appropriés limitent les effets des impulsions et des vibrations sur les systèmes fluides.
- Utilisez des supports résistants.
- Les tronçons de tube de grande longueur doivent être maintenus afin d'éviter qu'ils ne s'affaissent.

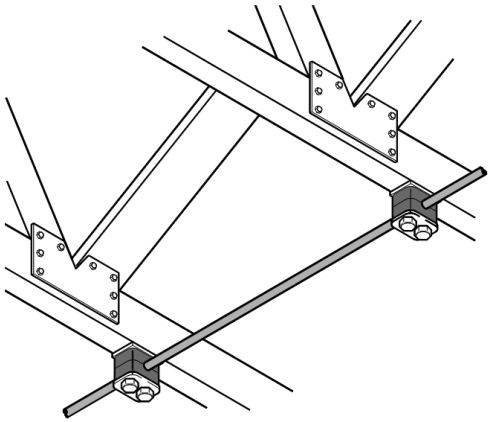


Figure 3-7 Supports résistants.

- Les tubes ne doivent pas supporter le poids des vannes, des raccords, des détendeurs, etc. Les composants doivent être fixés.
- La densité du fluide et la dimension du tube déterminent la fréquence des supports.
- Des fixations doivent être installées de part et d'autre de chaque cintrage, le plus près possible de la partie cintrée.

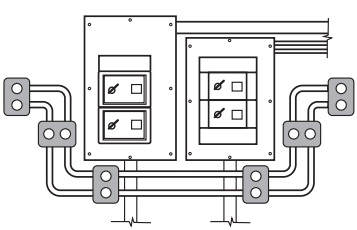


Figure 3-8 Tubes cintrés maintenus de part et d'autre du cintrage.

Pour plus d'informations, reportez-vous aux pratiques courantes SP-58-2009 de l'ANSI/MSS (qui remplacent SP-69). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Les systèmes fluides peuvent être soumis à des vibrations et des impulsions répétées. Dans un système bien conçu, on pourra atténuer les effets des impulsions et des vibrations en intégrant à ce système, des supports pour tubes adaptés qui limiteront les mouvements des tubes et des composants. Le type et l'emplacement des supports pour tubes dépendront de la conception du système fluide en question. Ces supports sont particulièrement importants

à proximité des coudes, des tés, des cintrages et d'objets lourds montés sur une ligne, tels que des vannes. Plusieurs documents ont été publiés qui contiennent des lignes directrices relatives au choix des supports et à l'espacement des tubes dans un système. Tous ces conseils sont basés sur différentes pratiques et expériences professionnelles.

Espacement des supports recommandé par la Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry (Société de normalisation de l'industrie des vannes et raccords)

Diamètre extérieur des tubes po	Diamètre extérieur des tubes mm	Distance entre les fixations ft	Distance entre les fixations m
3/16 à 3/8	4 à 10	3	0,9
1/2 à 7/8	15 à 22	5	1,5
1 à 1 1/4	25 à 30	7	2,1

Espacement horizontal maximum des colliers de suspension et des supports de tuyauterie

Diamètre nominal du tuyau ou du tube po	Diamètre nominal du tuyau ou du tube mm	Tuyau en acier d'épaisseur standard				Tube en cuivre			
		Circuit d'eau ft	Circuit d'eau m	Circuit de vapeur ft	Circuit de vapeur m	Circuit d'eau ft	Circuit d'eau m	Circuit de vapeur ft	Circuit de vapeur m
1/4	6	7	2,1	8	2,4	5	1,5	5	1,5
3/8	10	7	2,1	8	2,4	5	1,5	6	1,8
1/2	15	7	2,1	8	2,4	5	1,5	6	1,8
3/4	20	7	2,1	9	2,7	5	1,5	7	2,1
1	25	7	2,1	9	2,7	6	1,8	8	2,4
1 1/4	32	7	2,1	9	2,7	7	2,1	9	2,7
1 1/2	40	9	2,7	12	3,6	8	2,4	10	3,0
2	50	10	3,0	13	3,9	8	2,4	11	3,3

Grouper les tubes verticalement

- Cela évite l'accumulation de saleté, de substances corrosives ou de contaminants.
- Si les tubes doivent être juxtaposés horizontalement, ils doivent alors être couverts.

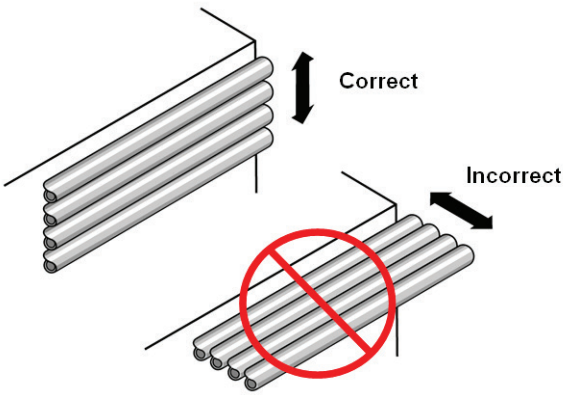


Figure 3-9.

Utiliser des boucles de dilatation

- Les boucles de dilatation économisent de l'espace en permettant aux tubes d'être placés à proximité les uns des autres.
- Les tubes peuvent se dilater ou se contracter en fonction des variations de température.
- Accès facilité pour le montage ou le démontage.

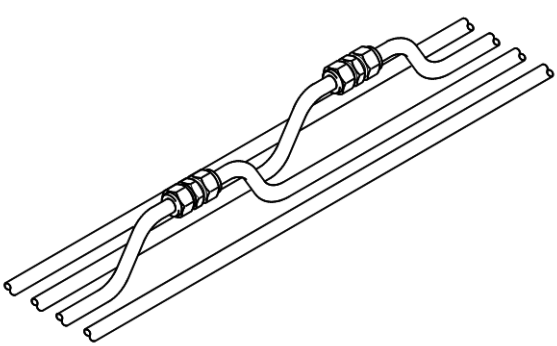


Figure 3-10.

Ne pas cambrer les tubes pour les amener dans leur position de montage

Les avantages sont les suivants :

- Permet d'introduire les tubes au fond des raccords
- Facilite l'entretien du système
- Évite les contraintes latérales et permet la dilatation

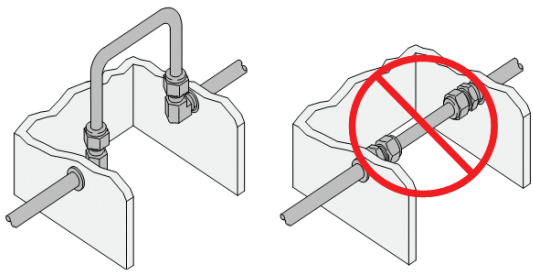


Figure 3-11.

Autres considérations sur les tubes :

- Le matériau des tubes métalliques doit être plus doux que celui des raccords. Par exemple, les tubes en acier inoxydable ne doivent pas être utilisés avec des raccords en laiton.
- Lorsque le tube et le raccord sont fabriqués dans le même matériau, le tube doit être entièrement recuit. Des tubes conçus pour un usage mécanique, structurel ou ornemental ne doivent jamais être utilisés dans des systèmes fluides.
- Utilisez toujours un insert avec des tubes en plastique extrêmement souples ou flexibles.
- Les valeurs extrêmes des épaisseurs de paroi doivent toujours être comparées aux limites minimum et maximum recommandées.
- L'état de surface est un élément essentiel pour garantir une bonne étanchéité. Les tubes présentant un creux, une rayure, un renflement ou tout autre défaut de surface seront difficiles à raccorder de manière étanche, en particulier dans des applications mettant en œuvre des gaz.
- Les tubes à section ovale qui ne traversent pas facilement l'écrou, les bagues et le corps d'un raccord, ne doivent pas être insérés en force dans celui-ci.

Avantages des tubes sur les tuyaux

- Les tubes peuvent s'avérer plus rentables que les tuyaux pour raccorder les composants d'un système fluide.

Installation facile

- Clés standard
- Pas de filetage
- Pas d'évasement

- Pas de brasage
- Pas de soudage

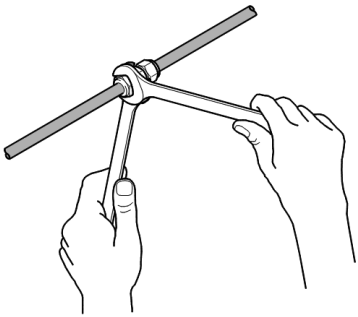


Figure 3-12.

Meilleur rapport solidité-poids

- La présence des filetages diminue l'épaisseur effective de la paroi des tuyaux.
- Des tubes aux parois plus fines peuvent être utilisés à la place de tuyaux, à des pressions nominales identiques.
- Les tubes sont généralement plus légers, ce qui les rend moins chers à transporter et plus faciles à fabriquer et à assembler.

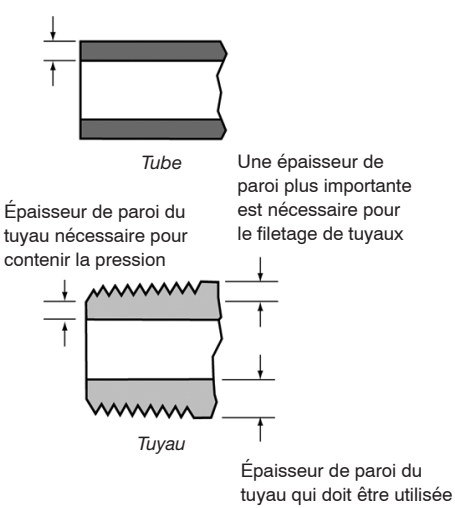


Figure 3-13.

Moins de raccordements

- Moins de points potentiels de fuites
- Possibilité de cintrer les tubes autour des obstacles

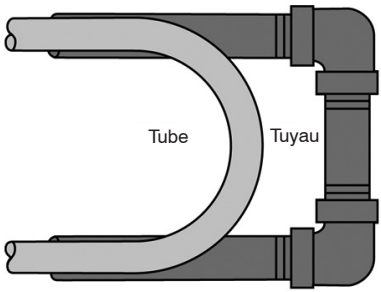


Figure 3-14.

Des pertes de charge moindres

- Moins de coudes à angle droit
- Moins de turbulences grâce à des transitions sans heurt

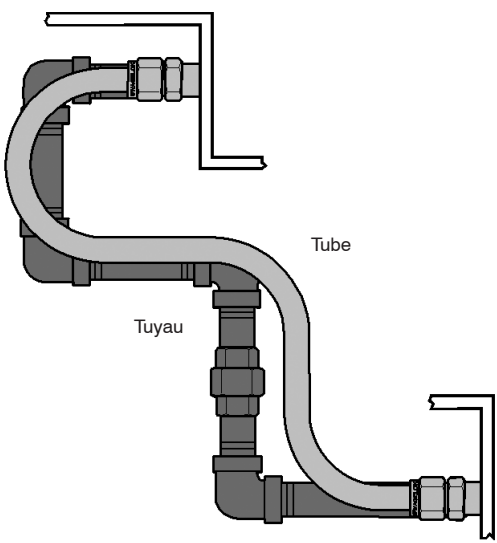


Figure 3-15.

Techniques pour redresser des tubes

La rectitude d'un tube est importante pour deux raisons.

- Lorsque l'on introduit le tube dans le raccord, il est nécessaire de disposer d'un tronçon droit suffisamment long pour que le tube atteigne le fond du raccord.
- De plus, des tubes rectilignes sont plus faciles à fixer correctement et facilitent l'accès lors d'opérations de maintenance. Enfin, des tubes bien droits sont plus esthétiques et réduisent le temps nécessaire pour installer les supports.

Les tubes fabriqués dans des matériaux plus doux comme le cuivre ou l'aluminium sont souvent vendus en couronnes. Il est donc indispensable de redresser ces tubes avant de les utiliser.

Comment dérouler un tube

Saisissez l'extrémité du tube, puis maintenez-la avec une main sur une surface plane (table, planche de bois, sol, trottoir). Si cette surface est rugueuse, protégez l'extrémité du tube des rayures à l'aide d'un coussin.



Figure 3-16.

Avec l'autre main, commencez à dérouler la couronne.



Figure 3-17.

Suivez le tube avec la main qui tenait l'extrémité de manière à ce qu'il reste bien à plat. Le tube doit être déroulé en faisant tourner la couronne et non en tirant sur l'extrémité. Le fait de dérouler le tube en tirant sur son extrémité peut entraîner une torsion ou une fragilisation du tube et aura tendance à l'ovaliser.



Figure 3-18.

Il convient également de ne dérouler que la longueur de tube nécessaire, car des déroulements/enroulements répétés auront pour effet de déformer, durcir et raidir le tube.

Les tubes en cuivre doux présentés en couronnes sont parfois déroulés, puis étirés pour être redressés. L'étirement peut légèrement durcir le tube. Par conséquent, cette pratique n'est pas recommandée. Si toutefois cette méthode est utilisée, l'allongement du tube ne doit pas dépasser 1 %, soit 6 po pour 50 pieds (15 cm pour 15 m). Au-delà de cette limite, le diamètre extérieur du tube diminue, ce qui peut poser des problèmes d'étanchéité.

Une autre méthode courante pour redresser un tube en cuivre consiste à poser le tube sur une surface lisse ou sur un établi, puis à frapper les parties surélevées du tube avec le plat d'une planche de bois. Ne frappez pas trop fort, au risque de faire apparaître des méplats à la surface du tube. Les tubes en cuivre doux sont facilement déformables et peuvent casser au niveau d'une déformation lors d'une opération de cintrage.

Tubes en acier inoxydable : couronnes

Les tubes en acier inoxydable peuvent aussi être commandés en couronnes. Dans ce cas, il est possible que vous ayez besoin d'un dispositif mécanique pour redresser les tubes. Swagelok propose un redresseur à cinq galets, conçu pour être soit actionné à la main, soit monté sur un support de bobine pour automatiser l'opération.

Pour le mode d'emploi, reportez-vous au Manuel d'utilisation du redresseur à cinq galets Swagelok (MS-CRD-0147). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Cintrage des tubes

Terminologie du cintrage

Sur les plans, les dessins techniques et les gabarits de cintrage, la position d'un cintrage est généralement le point d'intersection entre les axes de deux sections de tube droites.

Ces sections droites sont appelées « tronçons », tandis que le point d'intersection de deux tronçons est appelé le sommet du cintrage.

Trois points sont généralement utilisés pour dimensionner des cintrages :

- Début du tube
- Sommet du cintrage
- Fin du tube

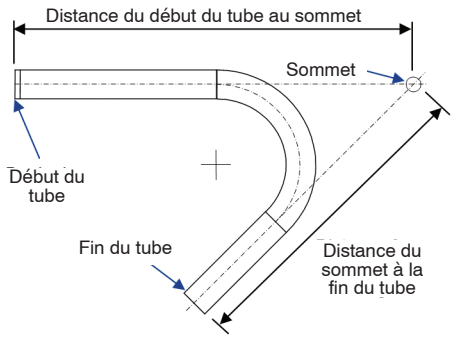


Figure 3-19.

Dans un plan de cintrage comportant plusieurs coudes, les distances entre cintrages sont généralement données d'un sommet à l'autre le long de l'axe du tube.

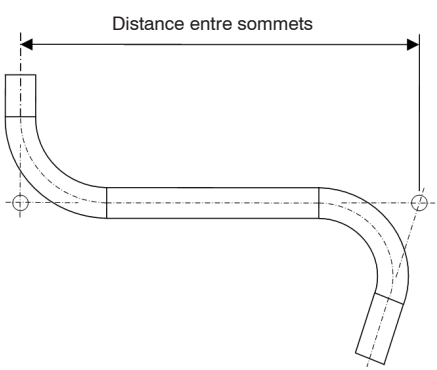


Figure 3-20.

Parfois, les cintrages sont dimensionnés en utilisant des points de commencement et de fin théoriques.

Lorsque les cintrages sont dimensionnés de cette manière, l'opérateur doit alors souvent calculer les distances réelles entre sommets.

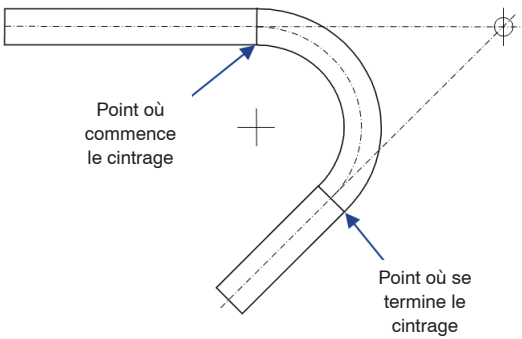


Figure 3-21.

Cintrages à 180°

Les tronçons d'un coude à 180° sont parallèles. Par conséquent, le coude n'a pas de sommet. À des fins de schématisation, les points d'intersection des axes des tronçons avec la tangente passant par le milieu de l'arc à 180° (point B) sont considérés comme les sommets du cintrage. La longueur d'un tronçon contenant un coude à 180° est la distance entre le début du tronçon (point A) et le point d'intersection de l'axe du tronçon avec la tangente passant par le milieu de l'arc à 180° (point B). Ce n'est pas la distance entre les points A et B.

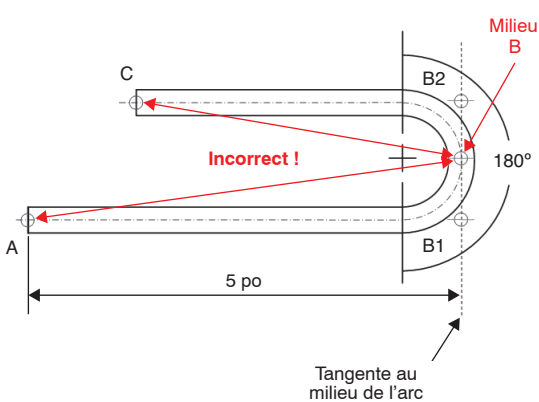


Figure 3-22.

Dans l'exemple ci-dessous, la longueur du tronçon allant de A à B est correctement dimensionnée à 5 po le long d'une ligne droite entre les points A et B1. De la même façon, le tronçon entre B et C serait mesuré parallèlement au tronçon entre les points B2 et C, et non pas directement entre B et C.

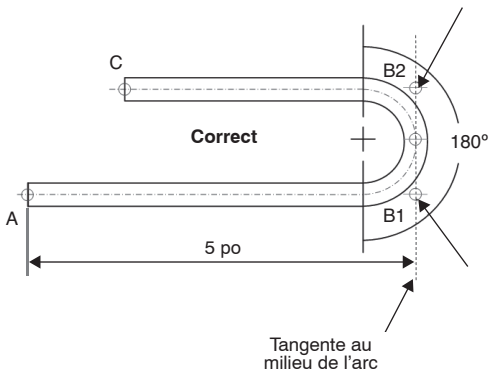


Figure 3-23.

Rayon de cintrage

Le rayon d'un cintrage est défini par rapport à l'axe central du tube. Dans le tableau ci-dessous figurent les rayons couramment utilisés sur les cintreuses actuellement disponibles.

Le matériau du tube, l'épaisseur de la paroi et le type de matériel utilisé ont une influence sur le rayon de cintrage minimal qu'il est possible d'atteindre.

Rayons de cintrage courants

Diam. ext. du tube	Rayon
1/8 po	3/8 po
1/4 po	9/16 po
3/8 po	15/16 po
1/2 po	1 1/2 po
5/8 po	1 1/2 po
3/4 po	1 3/4 po
7/8 po	2 po
1 po	4 po
1 1/4 po	5 po
1 1/2 po	6 po
2 po	8 po

Cintrages décalés

Le but d'un cintrage décalé est de modifier l'axe d'une conduite, généralement pour éviter une obstruction. Dans un cintrage décalé, deux cintrages de même angle (E) sont réalisés l'un à la suite de l'autre sur le tube, mais dans des sens opposés.

Pour de nombreuses applications, c'est souvent la valeur du décalage (O) qui est fournie ou connue, plutôt que la distance (L) entre les sommets des cintrages.

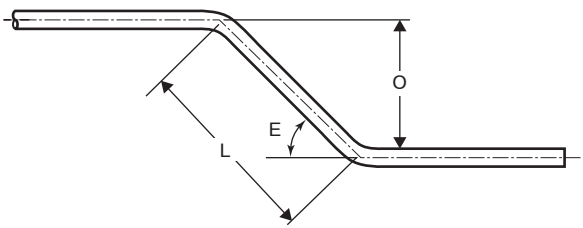


Figure 3-24.

Il est important de bien connaître les dimensions du décalage, dans la mesure où il est facile de confondre la longueur du décalage avec la distance entre les sommets du cintrage. Cela peut aboutir à des cintrages réalisés trop près l'un de l'autre.

La distance entre sommets (L) peut être calculée facilement en multipliant la valeur du décalage (O) par la limite de cintrage du décalage, qui est égale à la cosécante* de l'angle de cintrage (E).

Angle du cintrage décalé (E)	Cosécante de l'angle
22 1/2°	2,613
30°	2,000
45°	1,414
60°	1,154

Exemple :

Angle du cintrage décalé (E)	Valeur du décalage (O)	×	Cosécante de l'angle	=	Longueur entre sommets (L)
22 1/2°	30 mm	×	2,613	=	78 mm
30°	2,0 po	×	2,0	=	4 po
45°	65 mm	×	1,414	=	92 mm
60°	9,5 po	×	1,154	=	10,96 po (environ 11 po)

* Cosécante est un terme de trigonométrie qui désigne l'inverse du sinus d'un angle. Dans un triangle rectangle, la cosécante d'un angle est égale au rapport de la longueur de l'hypoténuse sur celle du côté opposé à l'angle.

Retour élastique

On parle de retour élastique quand un matériau reprend sa forme originale après avoir subi une flexion. Lorsque la pression exercée sur le tube pendant le processus de cintrage se relâche, le tube subit une légère « flexion élastique en arrière » et tend à reprendre légèrement la forme qui était la sienne avant le cintrage.

Comme le tube est cintré autour d'une matrice de cintrage ayant un certain rayon, il prend la forme de cette matrice. Cependant, lorsque la pression se relâche, le tube s'écarte de la matrice de cintrage. Par exemple, un tube en acier inoxydable cintré à 180° avec un rayon de cintrage de 3/4 po (soit un diamètre de 1 1/2 po) peut s'ouvrir après le cintrage au point d'atteindre un diamètre de 1 5/8 po.

L'intensité du retour élastique dépend de variables telles que le rayon de cintrage, le matériau du tube, son diamètre et l'épaisseur de sa paroi.

Le retour élastique peut également varier en fonction de l'angle de cintrage. Avec un angle de cintrage important, l'effet de retour élastique est plus prononcé qu'avec un angle de cintrage plus faible. Dans les cas extrêmes, le retour élastique est tel qu'il est impossible d'atteindre des angles de cintrage importants avec une cintreuse manuelle.

Il y a deux manières de compenser le retour élastique :

- L'opérateur peut anticiper l'importance du retour élastique en cintrant le tube au-delà de l'angle indiqué sur la matrice de cintrage. Une fois la pression de cintrage relâchée, le tube s'ouvrira légèrement.
- La cintreuse peut être fabriquée de sorte que les graduations figurant sur la matrice de cintrage compensent un retour élastique prédéterminé. La cintreuse manuelle Swagelok est conçue de cette manière. Un écart de 3° par rapport aux graduations est prévu pour compenser le retour élastique habituellement observé avec les tubes en acier inoxydable. Des tubes fabriqués dans un métal plus doux comme le cuivre ou l'aluminium ne

doivent pas être cintrés jusqu'à atteindre la graduation !

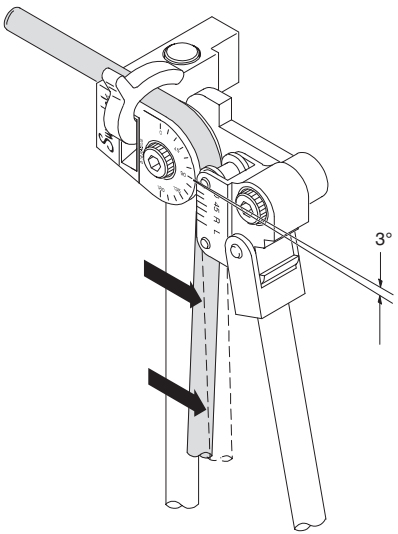


Figure 3-25.

Quelle que soit la méthode utilisée pour contrer le retour élastique, il est conseillé de faire attention lors du cintrage et de vérifier l'angle de cintrage obtenu avec un rapporteur ou avec un indicateur d'angle. Il est beaucoup plus facile de recharger le tube dans la cintreuse pour le cintrer un petit peu plus que de tenter de le décintrer !

Étirement

Le terme « étirement » est utilisé pour décrire la différence entre un cintrage calculé à l'aide de la trigonométrie classique (théorie) et le résultat obtenu.

Dans la pratique, le tube semble souvent s'être légèrement allongé, ou étiré, au cours du cintrage.

> **REMARQUE :** dans certains cas, il est possible que le tube semble s'être raccourci ou rétréci (cela est dû en général à un mauvais marquage de la matrice de cintrage ou à une marque de référence mal positionnée).

Quelle qu'en soit la cause, que le résultat soit un tube plus long ou plus court que prévu, le cintrage a toutes les chances d'être mal positionné si on ne tient pas compte de l'étirement.

Les données de cintrage fournies par Swagelok tiennent compte de

l'étirement généralement observé avec les cintreuses Swagelok.

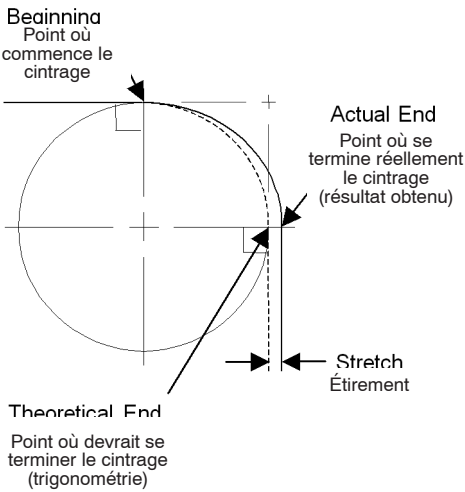


Figure 3-26.

Marques utilisées pour le cintrage des tubes

Le problème le plus important pour l'utilisateur de la cintreuse est de s'assurer que le cintrage est réalisé au bon endroit et dans le bon sens. Pour cela, on utilise généralement trois marques :

- La marque de référence
- Les marques de cintrage
- Les marques d'orientation

Marque de référence

La marque de référence, placée à l'une des extrémités du tube, sert à indiquer à partir de quelle extrémité les mesures ont été effectuées.

Marques de cintrage

Les marques de cintrage servent à indiquer l'emplacement des coudes sur le tube. L'usage des marques de cintrage varie en fonction de la méthode de schématisation utilisée.

Veillez à toujours faire en sorte que les marques de cintrage fassent tout le tour du tube, afin qu'elles soient toujours visibles.

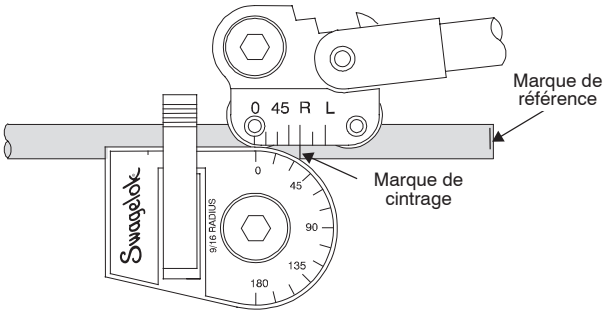


Figure 3-27.

Marques d'orientation

Lorsque plusieurs cintrages sont réalisés sur un même tube, il est important de s'assurer que chaque cintrage sera effectué dans le bon sens.

Les marques d'orientation aident à s'assurer que le cintrage est effectué dans le sens prévu.

La marque d'orientation est tracée en travers de la marque de cintrage, sur l'extérieur du cintrage prévu.

Les marques d'orientation constituent deux rappels visuels pour l'opérateur :

- La marque d'orientation est visible lorsque le tube est correctement positionné dans la cintreuse.
- Lorsque les galets sont placés contre le tube, ils sont en contact avec la marque d'orientation.

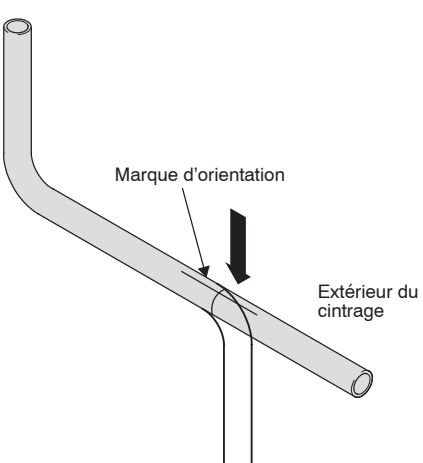


Figure 3-28.

Méthode de mesure-cintrage

La méthode de mesure-cintrage est couramment utilisée pour cintrer des tubes. Sa précision dépend largement de la capacité de l'opérateur à positionner correctement le tube dans la cintreuse.

Instructions

1. Estimer la longueur totale de tube nécessaire en ajoutant les longueurs des différents tronçons les unes aux autres.

Par exemple, la longueur de tube nécessaire pour réaliser le coude représenté ci-dessous est estimée à 5 po ou 125 mm.

Deux situations particulières nécessitent toutefois des calculs supplémentaires :

- Décalages
- Cintrages à 180°

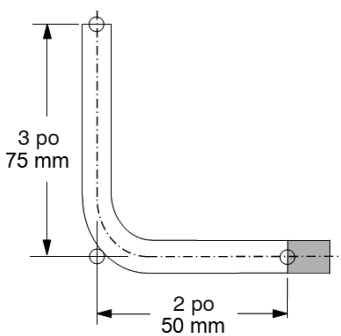


Figure 3-29.

Décalages

Comme cela a été expliqué précédemment, les décalages imposent de calculer la longueur de tube (L).

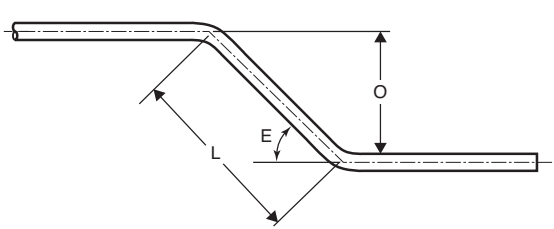


Figure 3-30.

Cintrages à 180°

À l'inverse des autres cintrages, où les axes des tronçons se coupent au sommet de l'angle, les tronçons d'un cintrage à 180° sont parallèles.

Par conséquent, il faut également prendre en compte la longueur de tube utilisée par le cintrage. Cela peut se faire en multipliant le rayon de cintrage par un facteur de 1,25, puis en ajoutant le résultat obtenu à la somme des longueurs des tronçons.

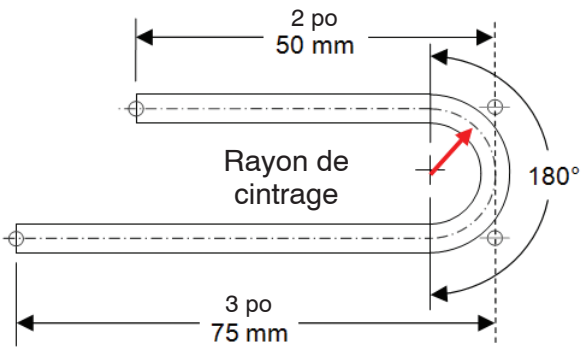


Figure 3-31.

2. Faites une marque de référence à l'extrémité du tube servant de point de départ aux mesures.

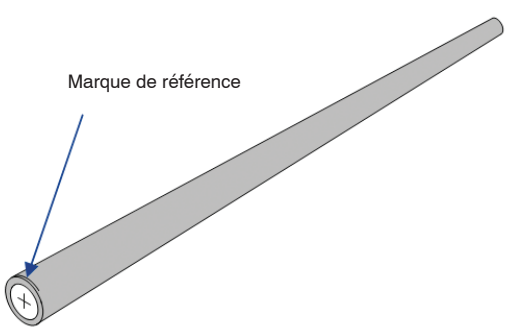


Figure 3-32.

3. En mesurant à partir de la marque de référence, tracez soigneusement une marque de cintrage tout autour du tube, à une distance égale à la longueur du premier tronçon.

Cette marque indique le sommet du cintrage à 90°.

Exemple : la marque de cintrage est placée à 3 po ou 75 mm de l'extrémité du tube servant de point de référence.

4. Cintrez le tube à 90°.

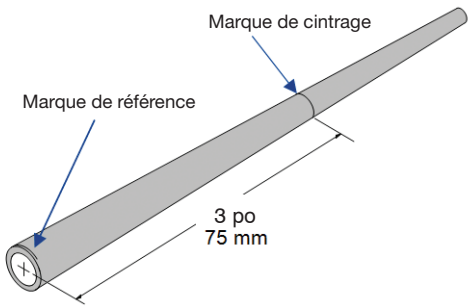


Figure 3-33.

5. Mesurez 2 po ou 50 mm à partir du sommet du premier cintrage et faites une marque correspondant à la longueur du deuxième tronçon. Cette marque indique la longueur de coupe.
6. Coupez le tube à longueur.

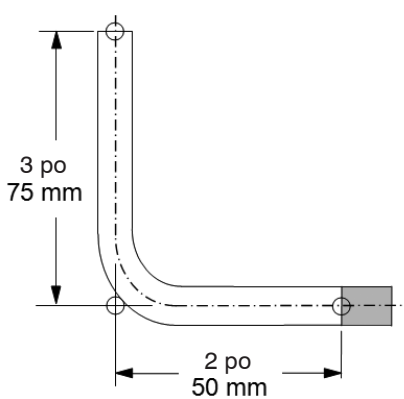


Figure 3-34.

Remarque : si un tube de 5 po ou 125 mm de long est utilisé pour réaliser ce cintrage, le tube sera à peine trop long, d'une longueur légèrement supérieure au diamètre du tube.

Un tube cintré est plus solide qu'un tube non cintré

Une fois le tube cintré au-delà de la limite d'élasticité du matériau, la paroi du tube est comprimée à l'intérieur du cintrage, tandis qu'elle est étirée ou amincie sur l'extérieur du cintrage. Le résultat est un écrouissage du matériau cintré. L'écrouissage augmente la résistance du matériau.

Si un tube cintré est fermé au moyen d'un raccord pour tube Swagelok, puis soumis à la pression d'éclatement du tube, le tube se dilate de manière visible au niveau des tronçons droits, plus qu'il ne le fait au niveau du cintrage. Quand il finit par éclater, il éclate au niveau d'un tronçon droit (en général le plus long des tronçons droits).

L'écrouissage résultant du cintrage entraîne une augmentation de la résistance du matériau, qui compense largement la perte de résistance causée par l'amincissement de la paroi.

Toutefois, si un tube a été cintré au mauvais endroit ou dans le mauvais sens, il est impossible de revenir en arrière. Il est donc essentiel d'apprendre à cintrer des tubes correctement.

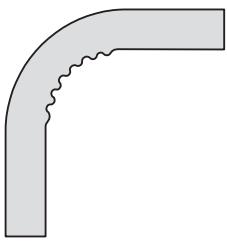
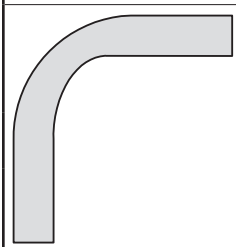
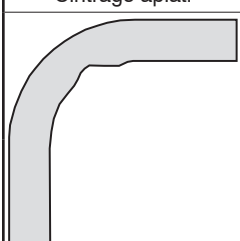
Sur cette photo, le tube a éclaté dans la partie droite, montrant ainsi que la résistance à la traction du matériau a augmenté au niveau du cintrage.



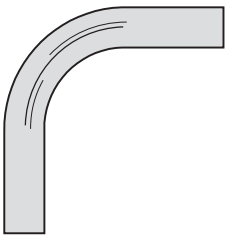
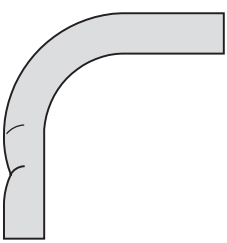
Figure 3-35.

Pour une formation au cintrage des tubes, prenez contact avec votre point de vente et centre de services agréé Swagelok.

Défauts des cintrages

Défaut	Causes	Solutions
 Plis sur le bord intérieur	Rayon de cintrage insuffisant.	Augmenter le rayon de cintrage.
	Paroi du tube trop mince.	Augmenter l'épaisseur de la paroi.
 Cintrage aplati	La cintreuse est prévue pour être utilisée avec des tubes de plus gros diamètre.	Utiliser une cintreuse d'une taille adaptée à celle du tube à cintrer.
	Le tube est écrasé pendant le cintrage.	Augmenter l'épaisseur de la paroi.
	La matrice sous pression aplatit le tube pendant le cintrage.	Utiliser une cintreuse équipée de galets plutôt que d'une matrice sous pression.
 Cintrage légèrement déformé	La cintreuse est prévue pour être utilisée avec des tubes de plus gros diamètre.	Utiliser une cintreuse d'une taille adaptée à celle du tube à cintrer.
	Cintrage prématuré provoqué par la biellette non maintenue en position verticale avant le cintrage.	S'assurer que la biellette est à la verticale avant de placer les galets sur le tube.

(suite)

Défaut	Causes	Solutions
 Cintrage rayé	La cintreuse est prévue pour être utilisée avec des tubes de plus petit diamètre.	Utiliser une cintreuse d'une taille adaptée à celle du tube à cintrer.
	Matrice de cintrage endommagée.	Réparer la matrice de cintrage ou remplacer la cintreuse.
	Corps étrangers dans la matrice/le sabot de cintrage ou le galet.	Nettoyer la matrice/le sabot de cintrage ou le galet.
	Galet bloqué.	Remplacer le galet ou l'outil de cintrage endommagé.
 Déformation excessive du tube	Alignement incorrect.	Veiller à ce que la matrice et le sabot de cintrage soient alignés.
	Pression excessive exercée sur le bloque-tube (s'observe généralement sur les tubes fabriqués dans des matériaux doux uniquement).	Réduire la pression exercée sur le bloque-tube.

Cintreuses pour tubes Swagelok

Swagelok propose trois types de cintreuses pour tubes : la cintreuse manuelle, la cintreuse d'établi (manuelle et électrique) et la cintreuse électrique. Ensemble, ces trois types permettent de cintrer des tubes d'un diamètre allant de 1/8 à 2 po et de 3 à 50 mm.

Cintreuse manuelle

La cintreuse manuelle Swagelok réalise un cintrage par compression. Chaque cintreuse est conçue pour des tubes d'un diamètre particulier aux parois d'épaisseurs diverses.

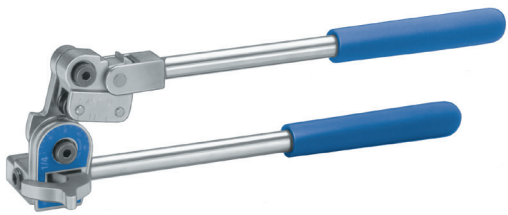


Figure 3-36.

Bloc pour étau

Le bloc pour étau vous permet de serrer la cintreuse dans un étau. Cette caractéristique est particulièrement utile pour cintrer des tubes fabriqués dans des matériaux durs, des tubes aux parois épaisses, ou des tubes de grande longueur ayant besoin d'un support.

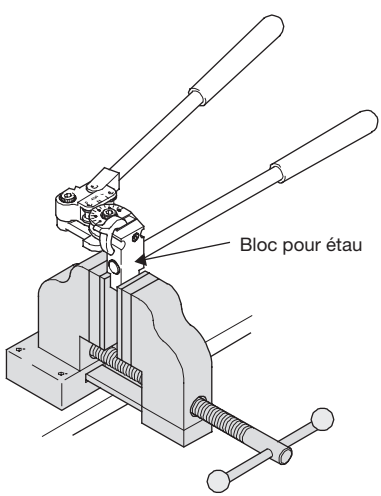


Figure 3-37.

Repère de longueur du tronçon droit

Sur les cintreuse manuelles Swagelok, le repère de longueur du tronçon droit indique la longueur minimale de tube droit nécessaire pour que le tube atteigne le fond d'un raccord pour tube Swagelok.

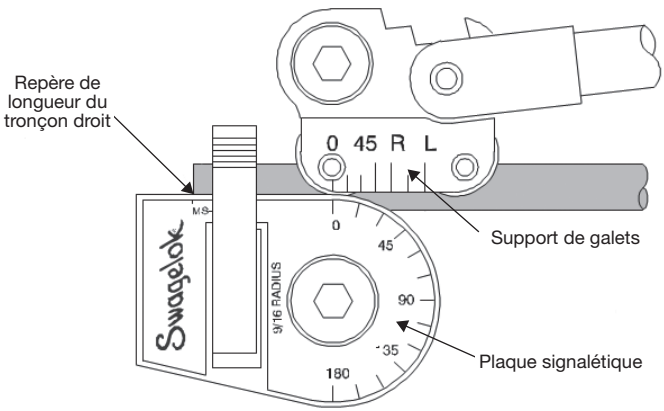


Figure 3-38.

Pour plus d'informations et pour le mode d'emploi, reportez-vous au Manuel d'utilisation de la cintreuse manuelle Swagelok (MS-13-43). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Cintreuse d'établi

La cintreuse d'établi Swagelok réalise un cintrage par enroulement. Swagelok propose des cintreuses d'établi électriques ou manuelles.

Chaque cintreuse est livrée avec des jeux de sabots de cintrage et de galets en aluminium ou en acier. Chaque jeu de sabots/galets est conçu pour des tubes d'un diamètre particulier aux parois d'épaisseurs diverses. Les sabots de cintrage en acier doivent être utilisés pour cintrer des tubes aux parois épaisses et dans les applications nécessitant un grand nombre de cintrages.



Figure 3-39.

Pour des consignes d'installation, d'étalonnage et d'utilisation, reportez-vous au Manuel d'utilisation de la cintreuse d'établi Swagelok (MS-13-145). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Cintreuse électrique

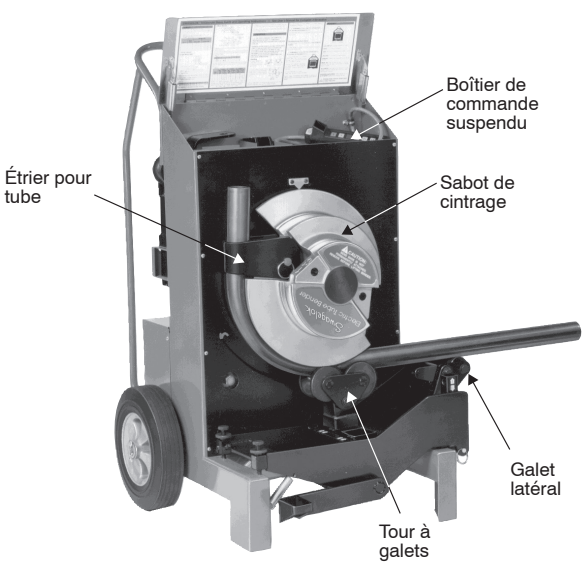
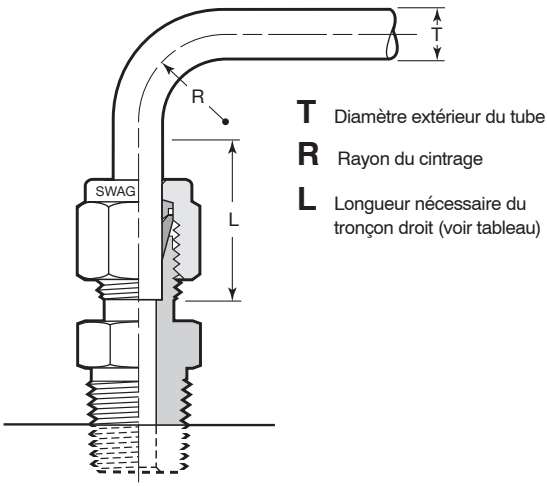


Figure 3-40.

Pour le mode d'emploi, reportez-vous au Manuel d'utilisation de la cintreuse électrique Swagelok (MS-13-138). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Longueur minimale du tronçon droit

Lorsque le raccord est monté près du cintrage, un tronçon droit d'une longueur minimale est nécessaire pour pouvoir enfoncer complètement le tube dans le raccord Swagelok.



T Diamètre extérieur du tube
R Rayon de cintrage nécessaire ou minimum autorisé par rapport à l'épaisseur de la paroi et au diamètre du tube, tel que recommandé par le fabricant de la cintreuse
L Longueur de tube droit nécessaire entre l'extrémité du tube et le début du cintrage

Figure 3-41.

Cintrages à proximité de raccords pour tubes

Un cintrage réalisé trop près d'un raccord peut être la cause de fuites ; dans une telle configuration, il convient donc de procéder avec soin. Les précautions suivantes devront être prises :

- Faites en sorte que la partie du tube déformée par le cintrage ne pénètre pas dans le raccord en prévoyant un tronçon droit à cet effet.
- Vérifiez que le tronçon de tube qui sera introduit dans le raccord a une section parfaitement circulaire. Des rayures peuvent apparaître à la surface d'un tube ovalisé lorsque celui-ci est introduit dans le raccord, ce qui peut provoquer des fuites.
- Les tronçons de tube de grande longueur doivent être maintenus, de même que tous les autres composants.
- Lors du raccordement d'un tube cintré, assurez-vous que le tube est parfaitement aligné avec le raccord avant de procéder au serrage. Le fait d'utiliser l'élasticité du tube pour le forcer à entrer dans le raccord peut provoquer l'apparition de contraintes excessives exercées sur le tube et sur le raccordement.

- Des cintrages réalisés correctement et des tubes bien alignés avec les raccords garantiront des raccordements étanches et de qualité.

Longueur minimale du tronçon droit pour une utilisation avec un raccord pour tube Swagelok (selon le diam. ext. du tube)											
Diam. ext. du tube po	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2
Longueur min.	13/16	7/8	15/16	1 3/16	1 1/4	1 1/4	1 5/16	1 1/2	2	2 7/16	3 1/4
Diam. ext. du tube mm	6	8	10	12	14	15	16	18			
Longueur min.	21	22	25	29	31	32	32	32			
Diam. ext. du tube mm	20	22	25	28	30	32	38	50			
Longueur min.	33	33	40	40	52	51	60	83			

Pour déterminer le rayon de cintrage adapté à votre application, reportez-vous au Manuel d'utilisation de la cintreuse d'établi (MS-13-145). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Par exemple, pour déterminer la distance minimale de sommet à sommet entre deux cintrages à 90° réalisés avec une cintreuse manuelle 1/4 po :

Déduction pour le cintrage à 45° au début du tronçon	9/16 po
Déduction pour le cintrage à la fin du tronçon	+ 9/16 po
Longueur nécessaire au maintien du tube	+ 1 1/8 po
Distance minimale de sommet à sommet	2 1/4 po

Ou encore, pour déterminer la distance minimale de sommet à sommet entre un cintrage à 45° et un cintrage à 135° réalisés sur un tube de diamètre 25 mm au moyen d'un sabot de cintrage en acier (rayon du sabot de cintrage = 82 mm)

Déduction correspondant au cintrage à 45°	36 mm
Déduction correspondant au cintrage à 135°	+ 201 mm
Longueur nécessaire au maintien du tube	+ 108 mm
Distance minimale de sommet à sommet	345 mm

Il est important de comprendre le point suivant : bien que la longueur nécessaire au maintien du tube soit constante pour la cintreuse ou le sabot de cintrage utilisés, la longueur minimale de sommet à sommet varie en fonction des angles de cintrage au début et à la fin de la configuration.

Formation

Chez Swagelok, les actions de formation vont au-delà de simples exercices théoriques : elles sont axées sur les résultats. Le programme de qualification sur le cintrage des tubes a pour but d'apprendre à cintrer des tubes avec les restrictions propres aux cintreuses Swagelok, et fournit plusieurs conseils et techniques rapides qui contribueront à éclaircir certains mystères associés au cintrage.

Il existe plusieurs possibilités pour améliorer ses connaissances dans le domaine du cintrage :

1. Assister au cours sur les bases du cintrage – formation complète avec des exercices pratiques – dans votre point de vente Swagelok.
2. Suivre le cours sur le cintrage des tubes, accessible sur le site de l'Université Swagelok.
3. Assister à un cours de perfectionnement sur le cintrage des tubes, animé par des experts Swagelok.

Pour plus d'informations à propos des programmes de qualification disponibles sur le cintrage des tubes, prenez contact avec votre représentant agréé Swagelok ou rendez-vous sur le site Swagelok.com.fr.

Pour plus de détails, consultez la page web www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement.

Préparation des tubes

Une préparation correcte des tubes est essentielle pour la réalisation de raccords. La plupart des assemblages sont constitués de petits tronçons de tube mesurés, marqués, et découpés dans des tubes plus longs. Avant d'apprendre à monter un raccord pour tubes Swagelok, il est important d'apprendre à préparer un tube utilisé dans un assemblage. Deux outils courants sont utilisés pour couper les tubes. Il s'agit du coupe-tube et de la scie à métaux. Une fois le tube coupé, les bavures générées par la découpe doivent être retirées.

Coupe-tube

Les coupe-tubes ne retirent pas de matière mais ont plutôt tendance à « pousser » cette matière sur les côtés et vers le bas.

Le coupe-tube Swagelok est conçu pour couper des tubes d'un diamètre extérieur compris entre 6 et 25 mm (3/16 et 1 po).

La roulette du coupe-tube doit toujours être bien aiguisée, car c'est le meilleur moyen pour limiter les bavures. L'utilisation d'une roulette émoussée aura également pour effet d'élargir et d'écrouir l'extrémité du tube. Remplacez la roulette lorsque la découpe devient difficile ou que l'extrémité du tube commence à s'élargir.



Figure 3-42 Coupe-tube Swagelok.

Consignes d'utilisation du coupe-tube

1. Positionnez le tube entre les galets et la roulette.
2. Tournez la poignée jusqu'à ce que la roulette touche le tube.
3. Effectuez 1/16 de tour supplémentaire avec la poignée. (Les crans de la poignée sont espacés de 1/8 de tour. Utilisez-les comme points de repère.)



Figure 3-43 Placer la marque de mesure en face de la roulette du coupe-tube.

4. Faites tourner le coupe-tube autour du tube. Toutes les deux rotations, tournez la poignée de 1/16 de tour. (Pour les matériaux plus doux, tournez la poignée après chaque rotation.)

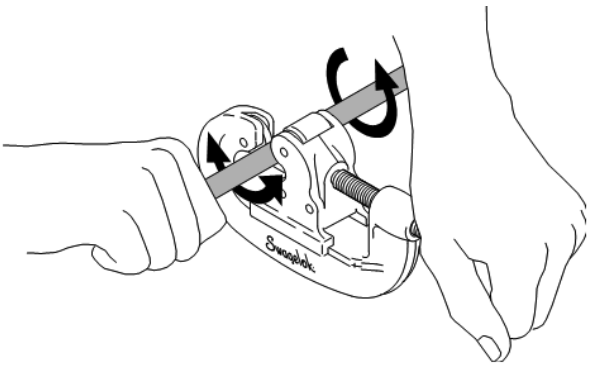


Figure 3-44 Faire tourner le coupe-tube autour du tube en effectuant un tour complet.

5. Continuez jusqu'à ce que le tube soit coupé.

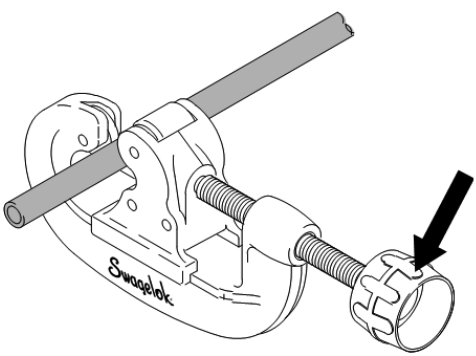


Figure 3-45 Tourner la poignée de 1/16 de tour toutes les deux rotations.

Scie à métaux

Si vous ne disposez pas d'un coupe-tube de la bonne dimension, vous pouvez utiliser une scie à métaux. Les tubes doivent toujours être coupés à angle droit. Si une scie à métaux est utilisée pour couper des tubes, il est conseillé d'utiliser un guide-lame Swagelok pour faciliter une découpe à angle droit et pour éviter l'écrasement du tube. La lame de la scie à métaux doit posséder au moins 24 dents par pouce.

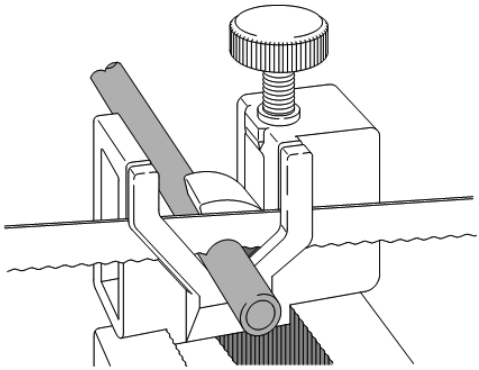


Figure 3-46 Scie à métaux et guide-lame Swagelok.

Ébavurage des tubes

Pendant la découpe, les coupe-tubes produisent des bavures sur le bord intérieur du tube, tandis que les scies à métaux en produisent à la fois sur le bord intérieur et sur le bord extérieur. Quelle que soit la méthode utilisée pour couper le tube, ces bavures doivent être ôtées.

L'ébavurage est essentiel au bon fonctionnement des raccords ainsi qu'à la propreté et à l'étanchéité des systèmes fluides. Si les bavures ne sont pas retirées du bord extérieur du tube, elles peuvent empêcher le tube de traverser complètement l'écrou et les bagues pour atteindre l'épaulement du corps du raccord. Des bavures sur le bord intérieur du tube peuvent se détacher et endommager d'autres composants du système en se logeant dans de petites cavités ou dans des évents, ou en rayant des sièges de vannes ou des joints souples comme les joints toriques.

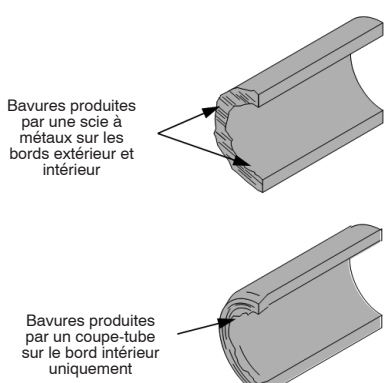


Figure 3-47 Bavures produites par une scie à métaux et par un coupe-tube.

Outils d'ébavurage

L'ébavurage du bord extérieur peut être effectué à l'aide d'une lime douce. L'ébavurage des bords intérieur et extérieur peut être effectué à l'aide des outils d'ébavurage Swagelok.

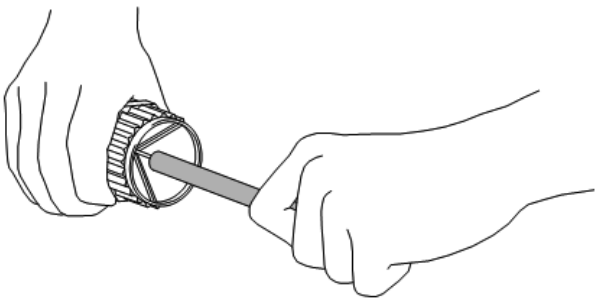


Figure 3-48 Ébavurage du bord extérieur à l'aide d'un outil d'ébavurage Swagelok.

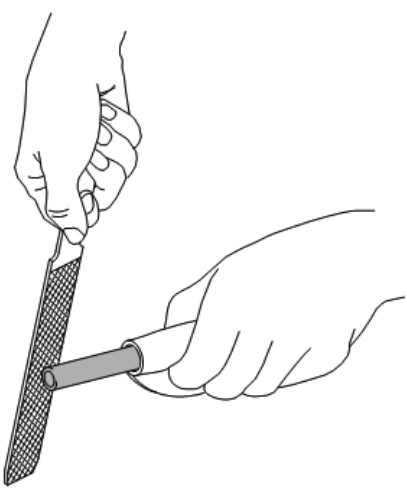


Figure 3-49 Ébavurage du bord extérieur à l'aide d'une lime.

L'outil d'ébavurage Swagelok (référence MS-TDT-24) sert à ébavurer les bords intérieur et extérieur des tubes en acier et en acier inoxydable (ou d'autres tubes fabriqués dans des matériaux plus doux). Il est utilisé pour ébavurer les bords intérieur et extérieur des tubes d'un diamètre compris entre 4 et 38 mm (3/16 et 1 1/2 po).

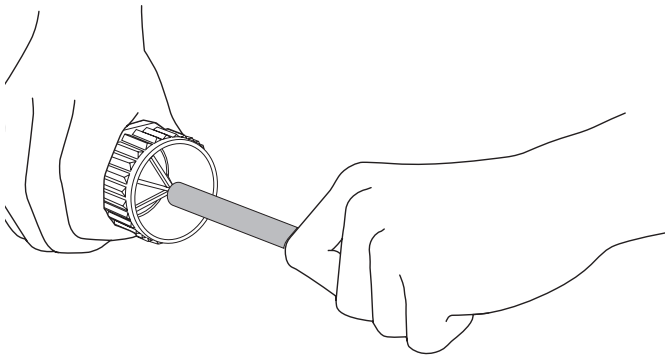


Figure 3-50 Ébavurage du bord intérieur à l'aide d'un outil d'ébavurage Swagelok.

L'ébavurage du bord intérieur peut être réalisé facilement à l'aide de l'outil d'ébavurage Swagelok, avec son corps résistant moulé sous pression et ses lames en acier à longue durée de vie (référence MS-44CT-27). Cet outil est utilisé pour ébavurer le bord intérieur des tubes en acier inoxydable de diamètre 1/4, 3/8 et 9/16 po.

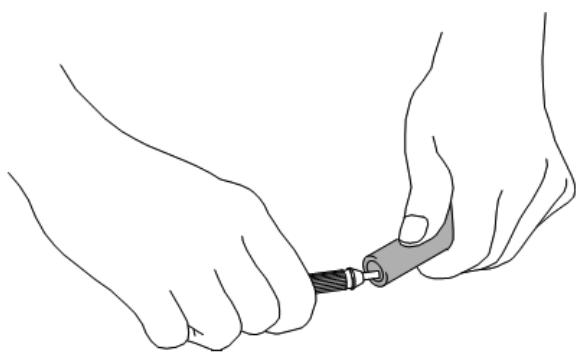


Figure 3-51 Ébavurage du bord intérieur à l'aide d'un outil d'ébavurage Swagelok.

Outil à dresser les tubes

Les outils à dresser les tubes de Swagelok sont conçus pour pouvoir travailler des tubes et des raccords miniatures Micro-Fit® à souder bout à bout, de manière à obtenir des extrémités planes, lisses, d'équerre, sans bavures ni chanfreins. Les outils peuvent être utilisés sur l'acier inoxydable 316, l'acier au carbone, le titane et sur la plupart des alliages à base de nickel.

Des collets, qui peuvent être changés rapidement sans outils, sont disponibles pour garantir un montage précis des tubes. Les collets Micro-Fit nécessitent l'utilisation d'un porte-outil Micro-Fit, lequel est fourni avec chaque outil à dresser les tubes.



Figure 3-52.

Pour plus d'informations, reportez-vous aux documents suivants :

- Catalogue des outils à dresser les tubes (MS-02-426)
- Manuel d'utilisation de l'outil à dresser les tubes (MS-13-215). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Swagelok propose quatre outils – séries TF16, TF24, TF40 et TF72 – capables de répondre à la plupart des besoins.

Certaines de leurs caractéristiques sont énumérées ci-dessous :

- Diamètre des tubes : de 3 à 114 mm (1/8 à 4 1/2 po)
- Épaisseur maximale de paroi : 3 mm (0,118 po)
- Outil portatif et léger pour faciliter la mobilité et l'utilisation
- Outils avec ou sans fil
- Avance précise et graduée de l'outil, permettant de contrôler la quantité de matière enlevée
- Couteau à deux arêtes vives avec revêtement haute performance
- Moteur industriel robuste, au régime facile à régler et à contrôler
- Aucun outil nécessaire pour mettre en place des collets de tailles différentes
- Support amovible pour montage sur établi, inclus avec les outils filaires
- Écran de protection transparent ou dispositifs de sécurité pour isoler l'opérateur de la zone de coupe
- Porte-outil optionnel pour couper les tubes en biseau
- Mallette de stockage et d'expédition fournie
- Les outils sans fil avec marque CE possèdent également les caractéristiques suivantes :
  - Batterie robuste au lithium avec affichage de la capacité
  - Protection électronique contre les surcharges avec surveillance intégrée de la température
  - Chargement rapide et longue durée de vie grâce à une technologie de refroidissement par air

Manipulation des raccords pour tubes

Les raccords pour tubes Swagelok sont livrés entièrement assemblés, serrés à la main et prêts à l'emploi. Évitez de démonter les raccords pour tubes avant leur installation. Des impuretés ou des corps étrangers pourraient alors pénétrer dans le raccord, ce qui peut nuire à son étanchéité.

Les illustrations ci-dessous montrent une vue en coupe des bagues en contact avec le tube à l'intérieur du raccord, et une vue en coupe du bord avant de la bague avant ayant subi une cémentation.

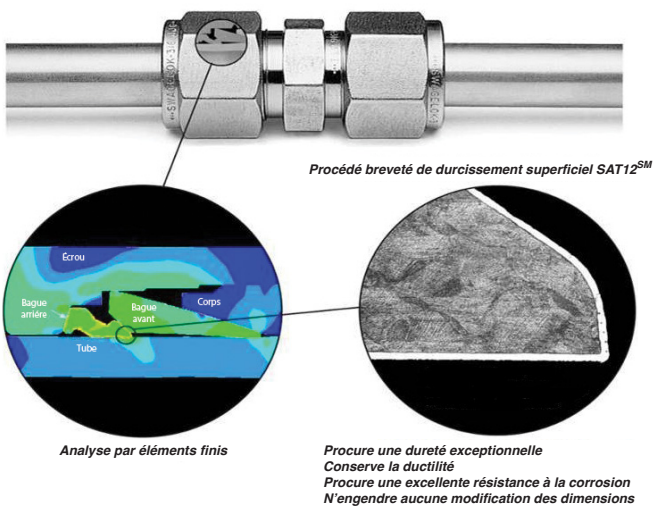


Figure 3-53.

Le carbone a diffusé dans la bague. Il ne s'agit pas d'une couche appliquée sur la surface. La bande blanche correspond au carbone diffusé en surface. Le matériau acquiert ainsi une dureté et une résistance à la corrosion hors du commun, tout en conservant sa ductilité, et ce, sans modification des dimensions.

Avant l'installation :

- Assurez-vous d'avoir sélectionné un raccord d'une dimension adaptée à celle du tube.
- Ne mélangez jamais des composants du système métrique avec des composants du système fractionnaire.

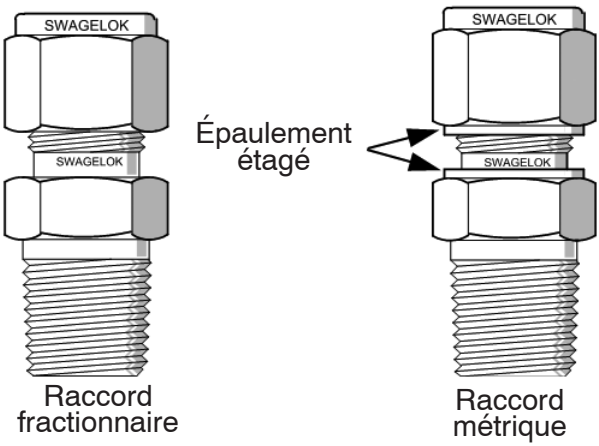


Figure 3-54.

Consignes de sécurité relatives au montage de raccords pour tubes Swagelok

- Ne pas purger le système en desserrant l'écrou ou le bouchon du raccord.
- Ne pas monter ou serrer des raccords lorsque le système est pressurisé.
- S'assurer que le tube est bien appuyé contre l'épaulement du corps du raccord avant de serrer l'écrou.
- Utiliser le calibre de contrôle Swagelok approprié pour garantir un serrage suffisant lors du montage initial.
- Ne pas mélanger les composants d'un raccord (bagues, écrous, corps) avec ceux d'autres fabricants.
- Ne pas mélanger des matériaux à moins que la combinaison ne figure dans le document intitulé *Données sur les tubes - Combinaisons de matériaux* (MS-06-117).
- Ne jamais visser le corps d'un raccord. Tenir le corps du raccord et visser l'écrou.
- Éviter de démonter des raccords inutilisés si cela n'est pas nécessaire.
- N'utiliser que des réducteurs longs avec les raccordements Swagelok femelles.

Montage manuel de raccords pour tubes Swagelok de dimension inférieure à 1 po ou 25 mm

Il est impératif d'observer des pratiques de travail sûres et de monter correctement un raccord pour tube Swagelok pour en garantir les performances, en particulier dans des applications critiques.

Pour les raccords de diamètres 5/8, 3/4, 7/8 et 1 po et de diamètres 16, 18, 20, 22 et 25 mm – quel que soit leur matériau de fabrication à l'exception de l'aluminium et du laiton –, la meilleure procédure à suivre consiste à présertir les bagues sur l'adaptateur à l'aide d'une unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU) Swagelok, afin d'accélérer et de faciliter le montage [voir les Instructions d'installation et d'utilisation de l'unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU), MS-12-37].

1. Insérez complètement le tube dans le raccord, contre l'épaulement, puis serrez l'écrou à la main.

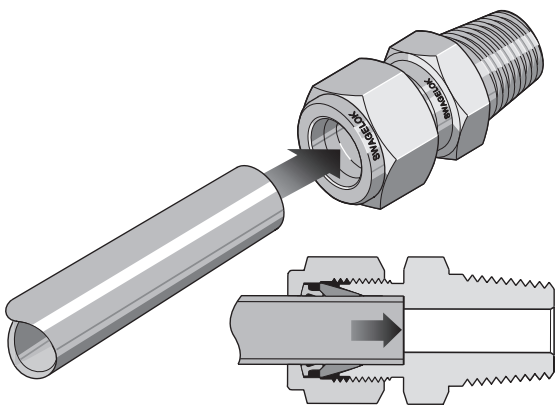


Figure 3-55 Introduire le tube dans le raccord.

2. Marquez l'écrou à la position 6 heures.

   Cette marque sera votre point de référence.

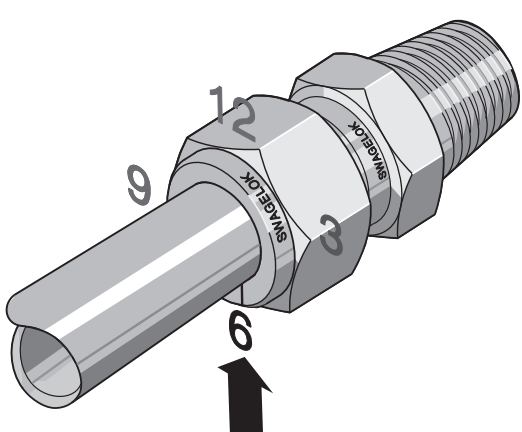


Figure 3-56 Marquer l'écrou à la position 6 heures.

3. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou de 1 tour 1/4 jusqu'à ce que la marque atteigne la position 9 heures.

   Pour les raccords pour tubes de 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm, serrez l'écrou de 3/4 de tour jusqu'à la position 3 heures.

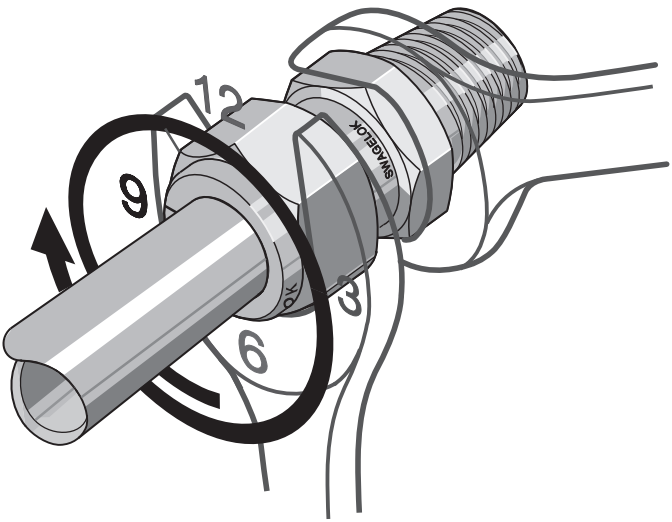


Figure 3-57 Serrer l'écrou en effectuant 1 tour 1/4.

Pour l'assemblage de tubes de diamètre inférieur ou égal à 25 mm (1 po) dans des applications haute pression ou des systèmes à coefficient de sécurité élevé, reportez-vous au chapitre 4.

Meilleures pratiques : utilisation de l'outil de marquage de profondeur (DMT)

Le DMT Swagelok permet de s'assurer qu'un tube a été correctement enfoncé dans un raccord Swagelok. Une procédure utilisant le DMT est décrite ci-dessous.

Le DMT ne doit être utilisé qu'avec des tubes qui seront assemblés au moyen de raccords pour tubes Swagelok. Il ne faut jamais mélanger ou échanger des composants de raccords Swagelok avec des pièces provenant d'autres fabricants.

Avant d'utiliser le DMT, le tube doit avoir été coupé proprement et ses bords extérieur et intérieur doivent avoir été complètement ébavurés.

1. Introduisez le tube dans le DMT jusqu'à ce qu'il a atteigne le fond de l'outil.

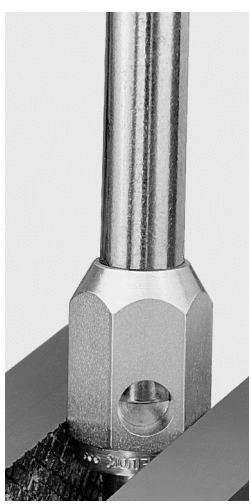


Figure 3-58 Tube complètement enfoncé dans le DMT.

2. Marquez le tube en haut du DMT avec un stylo, un crayon ou un marqueur adapté. Veillez à utiliser des marqueurs dont l'encre est peu concentrée en ions chlorures pour marquer des composants en acier inoxydable, en particulier les composants destinés à des applications nucléaires ou haute sécurité. De nombreux marqueurs utilisent de l'encre indélébile contenant des ions chlorures, lesquels provoquent une corrosion fissurante sous tension des aciers inoxydables austénitiques.

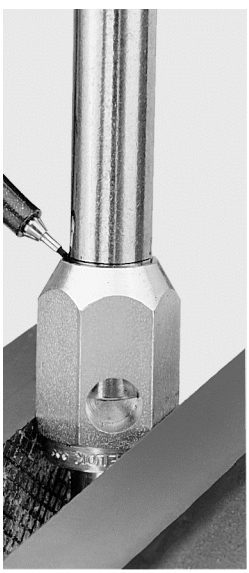


Figure 3-59 Marquage du tube.

3. Retirez le tube du DMT, puis introduisez-le jusqu'au fond du corps du raccord Swagelok. Vérifiez la marque effectuée préalablement sur le tube. Si la marque est visible, même partiellement, au-dessus de l'écrou, cela indique que le tube n'a pas atteint le fond du raccord.



Figure 3-60 Retrait du tube de l'outil.



Figure 3-61 Contrôle visuel de la marque.

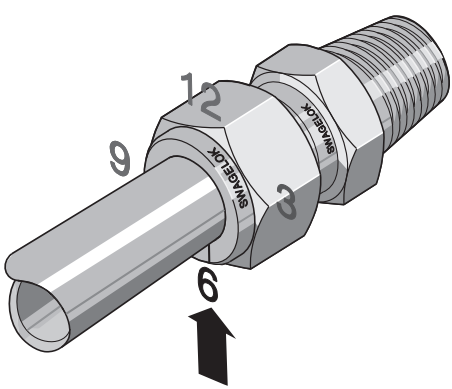


Figure 3-62 Marquer l'écrou à la position 6 heures.

4. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, montez le raccord en suivant les instructions d'installation, notamment en ce qui concerne l'utilisation du calibre de contrôle comme indiqué au début de la page 81.

Meilleure pratique : marqueurs à encre peu concentrée en ions chlorures

De nombreux marqueurs utilisent de l'encre indélébile contenant des ions chlorures. Les ions chlorures sont une cause de corrosion fissurante sous tension des aciers inoxydables austénitiques.

De nombreux fabricants de marqueurs proposent des produits dont l'encre est peu concentrée en ions chlorures. Leur usage est conseillé pour marquer des composants en acier inoxydable, en particulier les composants destinés à des applications nucléaires ou haute sécurité.

Aucun démontage nécessaire pour vérifier le raccordement

Il n'est pas nécessaire de démonter un raccord Swagelok pour vérifier le raccordement une fois le montage effectué. Des tests complets et les performances des raccords sur le terrain ont prouvé qu'il n'était pas nécessaire de démonter un raccord à condition qu'il ait été assemblé en respectant les instructions de montage fournies.

Contrôle par calibre : montage manuel

Lors de la première installation, ou lorsqu'un outil de présertissage est utilisé, le calibre de contrôle Swagelok garantit à l'installateur ou à l'inspecteur que le raccord est suffisamment serré.

*Les calibres de contrôle **ne doivent pas** être utilisés avec des raccordements réassemblés.*

Les calibres fabriqués pour des dimensions particulières peuvent servir à contrôler des raccords qui ont été installés en suivant l'une ou l'autre des méthodes de montage.

- L'extrémité plus épaisse du calibre est utilisée pour contrôler les raccords installés par la méthode de serrage à la main.
- L'extrémité plus mince du calibre est utilisée pour contrôler les raccords installés en suivant les méthodes requises dans les applications haute pression et les systèmes à coefficient de sécurité élevé, afin de garantir à l'installateur ou à l'inspecteur que le raccord a été suffisamment serré lors du montage initial.

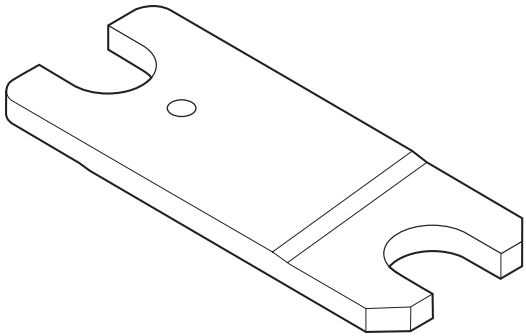


Figure 3-63 Calibre de contrôle à double extrémité pour les raccords montés à la main.

Des calibres à extrémités multiples sont également disponibles, qui réunissent trois calibres (dimensions fractionnaires 1/4, 3/8 et 1/2 po) ou quatre calibres (dimensions métriques 6, 8, 10 et 12 mm).

Ces calibres peuvent être utilisés pour vérifier le montage initial de raccords qui ont été installés par la méthode de serrage à la main.

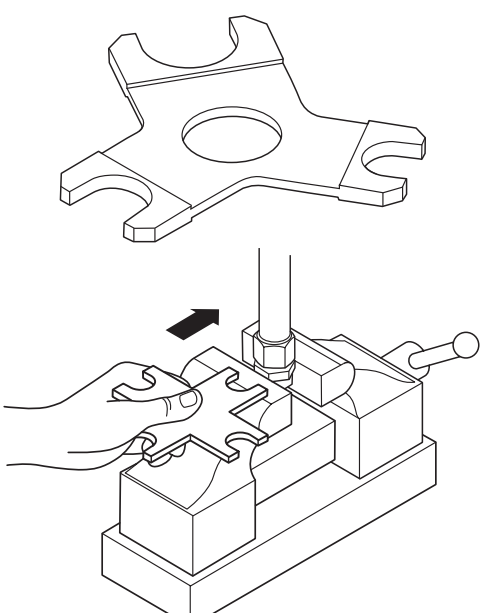


Figure 3-64 Calibres de contrôle à extrémités multiples.

Utilisation du calibre de contrôle

Pour plus d'informations, regardez cette vidéo qui montre la procédure. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Approchez le calibre de contrôle Swagelok de l'espace situé entre l'écrou et le corps, puis essayez de l'enfoncer doucement dans cet espace.

Veillez à choisir le calibre de contrôle Swagelok adapté à la dimension du raccord à contrôler et à la méthode de montage utilisée.

ATTENTION : **Toujours dépressuriser le système avant d'ajuster le serrage d'un raccord pour tubes.**

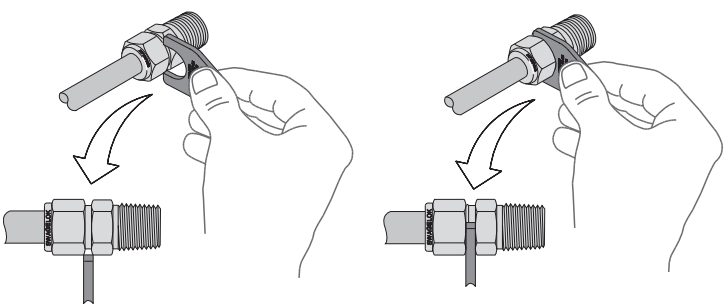


Figure 3-65 Utilisation du calibre de contrôle.

- Si le calibre ne rentre pas dans l'espace, le raccord est suffisamment serré.
- Si le calibre parvient à entrer dans l'espace, le raccord n'est pas assez serré.

Réassemblage

Vous pouvez démonter et réassembler les raccords pour tubes Swagelok plusieurs fois.

ATTENTION : **Toujours dépressuriser le système avant de démonter un raccord pour tubes Swagelok.**

Ne pas utiliser le calibre de contrôle Swagelok avec des raccords réassemblés.

Procédure de réassemblage

Pour plus d'informations, regardez cette vidéo qui montre la procédure. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

1. Avant de procéder au désassemblage, marquez le tube derrière l'écrou ; tracez une ligne le long des pans de l'écrou et du corps du raccord.

   Ces marques vous serviront à ramener l'écrou dans cette position.

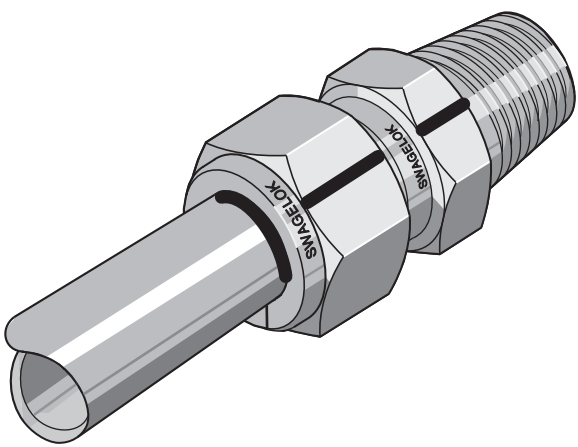


Figure 3-66 Avant le désassemblage, marquer le tube et les pans.

2. Insérez le tube ou l'adaptateur pour tube avec les bagues préserties dans le corps du raccord jusqu'à ce que la bague avant butte contre le corps du raccord.

   Dimensions supérieures à 1 po/25 mm : si nécessaire, appliquez à nouveau une petite quantité du lubrifiant fourni sur les filets du corps et sur la face arrière de la bague arrière.

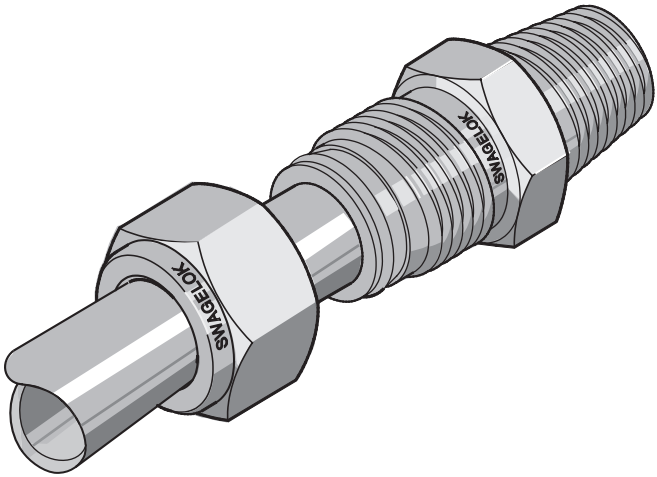


Figure 3-67 Introduire le tube avec les bagues préserties dans le corps du raccord.

3. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, vissez l'écrou à l'aide d'une clé jusqu'à la position de sertissage précédente, repérée par les marques tracées sur le tube et les pans. À ce stade, vous sentirez une importante augmentation de la résistance. Serrez légèrement l'écrou.

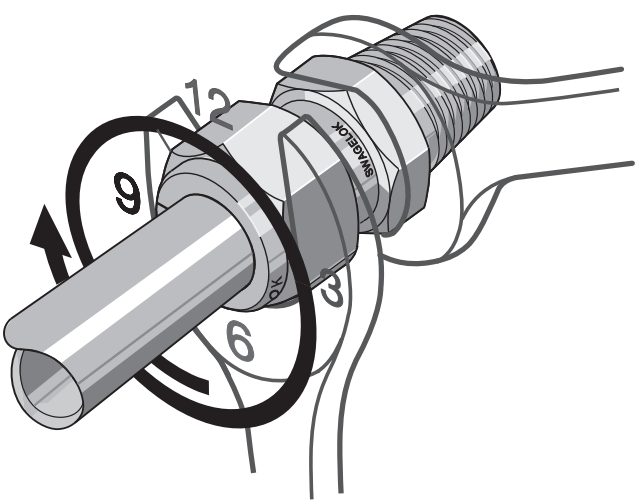


Figure 3-68 Visser l'écrou jusqu'à la position de sertissage, puis serrer légèrement.

Outils de présertissage

Lorsque des raccords pour tubes doivent être installés dans des espaces exigus, l'outil de présertissage Swagelok est un accessoire pratique qui permet de présertir les bagues sur le tube dans un espace plus ouvert ou plus sécurisé. Après avoir utilisé l'outil, suivez la procédure de réassemblage décrite précédemment dans le manuel.

- Les outils de présertissage ont une durée de vie limitée. S'ils sont utilisés fréquemment, demandez à votre représentant Swagelok de les vérifier.
- Les impuretés, copeaux et autres inclusions métalliques peuvent compromettre le bon fonctionnement de l'outil. L'outil doit être entièrement nettoyé après chaque utilisation.

Opération de présertissage

Cette figure représente un tube et un raccord union raccordés en hauteur. Si un tronçon de tube doit être raccordé à l'autre extrémité du raccord union, le sertissage sera difficile à réaliser.

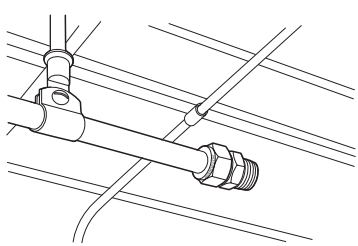


Figure 3-69.

Assemblez l'écrou et les bagues Swagelok sur l'outil de présertissage. Introduisez le tube à travers les bagues dans l'outil de présertissage, jusqu'à ce qu'il vienne buter contre l'épaulement du corps de l'outil. Vissez l'écrou de 1 tour 1/4 au-delà de la position de serrage manuel (3/4 de tour seulement pour les tubes de diamètre 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm).

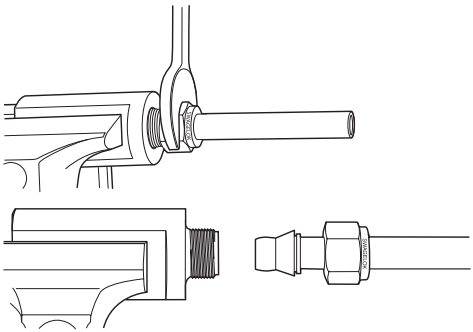


Figure 3-70.

Une fois l'écrou desserré, le tube est extrait de l'outil avec les bagues préserties.

Le raccordement peut maintenant être effectué en suivant la procédure de réassemblage.

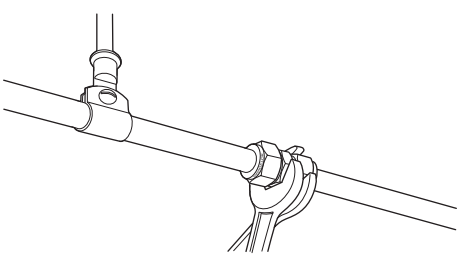


Figure 3-71.

Montage terminé.

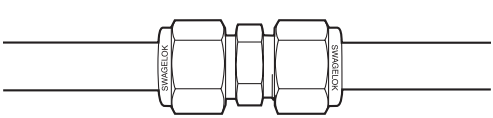


Figure 3-72.

REMARQUE : il arrive que des tubes trop gros ou fabriqués dans des matériaux très doux adhèrent à l'outil une fois le sertissage effectué. Si cela se produit, retirez le tube en lui imprimant un mouvement de va-et-vient. *Ne pas faire tourner ou tordre* le tube avec une pince ou un autre outil au risque d'endommager les surfaces d'étanchéité.

Sertissage hydraulique avec l'unité de sertissage hydraulique à commande pneumatique

Une seule unité de sertissage hydraulique à commande pneumatique (AHSU) Swagelok avec des outils interchangeables est nécessaire pour sertir des raccords pour tubes de 1/4 à 1/2 po ou 6 à 12 mm ; l'AHSU n'est pas prévue pour être utilisée avec des adaptateurs pour tubes ou des raccordements à bagues usinées.

Pour plus d'informations, reportez-vous au Manuel d'utilisation de l'unité de sertissage hydraulique à commande pneumatique (AHSU) (MS-12-38). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Lorsqu'elle est utilisée correctement, l'AHSU permet de monter des raccords pour tubes Swagelok qui sont 100 % contrôlables une fois en place. Par ailleurs, l'utilisation de l'AHSU :

- N'exerce aucune contrainte initiale sur l'écrou, les filetages du corps du raccord ou les surfaces d'étanchéité du corps
- Ne nécessite pas d'introduire l'écrou dans l'outil ou de l'en sortir
- Réduit les délais d'assemblage et de montage ainsi que les erreurs de manipulation.

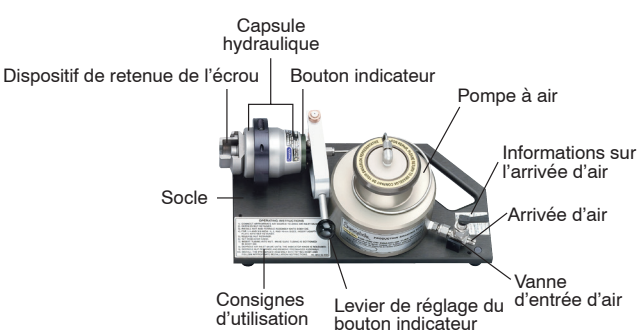


Figure 3-73.

Sertissage hydraulique avec l'unité de sertissage hydraulique multitêtes

L'unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU) permet de monter des raccords pour tubes Swagelok 100 % contrôlables dès leur installation.

La MHSU Swagelok est disponible avec des têtes de matrice interchangeables permettant de monter des raccords Swagelok de 1/2 à 2 po ou 12 à 50 mm sur des tubes. Son utilisation est OBLIGATOIRE pour installer des raccords pour tubes Swagelok de 1 1/4, 1 1/2 et 2 po ou 28, 30, 32, 38 et 50 mm. Par ailleurs, la MHSU peut aussi être utilisée pour sertir des raccords pour tubes Swagelok sur des raccordements de type adaptateur pour tube de 1/2 po ou 12 mm à 1 po ou 25 mm.

Reportez-vous au Manuel d'utilisation de l'unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU) (MS-12-37).
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

De plus, la MHSU :

- N'exerce aucune contrainte initiale sur les filetages ou les surfaces d'étanchéité du corps.
- Contient un dispositif de marquage du tube permettant de s'assurer que le celui-ci a été correctement enfoncé dans l'unité
- Réduit les délais d'assemblage et de montage.

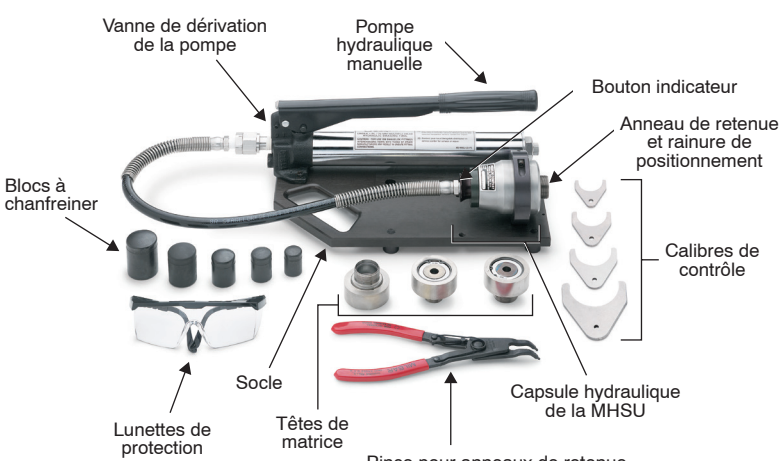


Figure 3-74.

Épaisseur de paroi minimale recommandée pour une utilisation avec la MHSU

L'utilisation d'un tube dont l'épaisseur de paroi est inférieure à la valeur recommandée peut entraîner le blocage du tube dans la tête de la matrice.

	Raccords pour tubes Swagelok	
Taille de l'outil	Acier, alliage 400, titane de classe 2	Acier inoxydable, alliage (600, 6-moly, 825 et 625)
	Épaisseur de paroi	
Dimensions, po		
1/2	0,049	0,065
5/8	0,065	
3/4		
7/8		
1		0,083
1 1/4	0,083	0,095
1 1/2		
2	0,095	0,109

	Raccords pour tubes Swagelok	
Taille de l'outil	Acier, alliage 400, titane de classe 2	Acier inoxydable, alliage (600, 6-moly, 825 et 625)
	Épaisseur de paroi	
Dimensions, po		
12	1,5	1,5
14		
15		
16		1,8
18		
20	2,0	2,0
22		
25		
28	2,2	2,2
30		
32		
38		2,5
50		

Pour d'autres matériaux, prenez contact avec votre point de vente et centre de services agréé Swagelok.

Mélange/échange de composants Swagelok

L'étanchéité des joints exposés à des pressions élevées, aux vibrations, au vide et à des variations de température, repose sur des tolérances précises et sur un contrôle qualité régulier et exigeant, associés à une conception soigneusement réfléchie. La bonne interaction entre les différentes pièces de précision est essentielle à la fiabilité et à la sécurité des systèmes. Certains composants d'autres fabricants peuvent paraître semblables aux composants des raccords pour tubes Swagelok. Cependant, ces composants ne sont pas fabriqués selon les normes techniques de Swagelok et n'intègrent pas les innovations de conception et de fabrication contenues dans les 100 brevets en vigueur portant sur les raccords pour tubes, déposés par Swagelok dans le monde entier.

- **Échange**

Un raccord pour tubes fabriqué par une entreprise est monté sur un tube, puis démonté ; le tube, l'écrou et les bagues de ce raccord sont ensuite réassemblés dans le corps d'un raccord provenant d'un autre fabricant.

- **Mélange**

Les composants de raccords pour tubes – écrous, bagues, corps – provenant de deux fabricants différents ou plus, sont mélangés, puis assemblés pour réaliser un raccord complet.

- Swagelok recommande de NE PAS échanger/mélanger des composants de raccords pour tubes de Swagelok avec les composants d'autres fabricants.
  - Il n'existe aucune norme industrielle pour les raccords à deux bagues. Chaque entreprise fabrique ses composants selon ses propres normes de conception et non selon une norme reconnue.
  - L'échange et le mélange de composants de raccords pour tubes peuvent entraîner des résultats imprévisibles, des fuites dans l'environnement et des surcoûts, et peuvent en outre s'avérer dangereux dans des applications critiques.

Garantie limitée à vie Swagelok

Les produits Swagelok bénéficient de la garantie limitée à vie Swagelok. Vous pouvez en obtenir une copie en contactant votre distributeur agréé Swagelok.

Outils pour configurer des systèmes

Montage d'un adaptateur pour tube Swagelok

L'adaptateur pour tube Swagelok est conçu pour être raccordé à un raccord pour tube Swagelok d'une manière similaire à celle utilisée pour raccorder un tube.

Il existe deux types d'adaptateurs pour tubes, en fonction du diamètre :

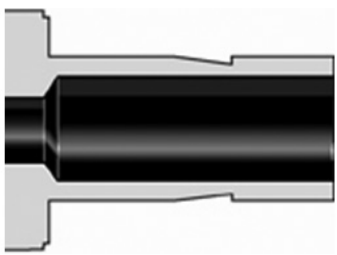


Figure 3-75 Raccordement d'extrémité de type adaptateur pour tube Swagelok (diamètres inférieurs ou égaux à 1 po/25 mm).

- Les adaptateurs pour tube d'un diamètre allant jusqu'à 1 po/25 mm sont rainurés.

  La rainure est positionnée de manière à accueillir les bagues au cours du montage. Elle simule l'action qu'auraient les bagues sur un tube recuit.
- Les adaptateurs pour tubes d'un diamètre supérieur à 1 po ou 25 mm sont fournis avec un écrou et des bagues préserties.

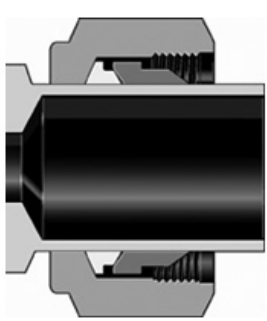


Figure 3-76 Raccordement d'extrémité de type adaptateur pour tube Swagelok (diamètres supérieurs à 1 po/25 mm).

Adaptateurs pour tubes d'un diamètre allant jusqu'à 1 po/25 mm

Il est impératif d'observer des pratiques de travail sûres et de monter correctement un raccord pour tube Swagelok pour en garantir les performances, en particulier dans des applications critiques.
Pour les raccords de diamètres 5/8, 3/4, 7/8 et 1 po et de diamètres 16, 18, 20, 22 et 25 mm – quel que soit leur matériau de fabrication à l'exception de l'aluminium et du laiton –, la meilleure procédure à suivre consiste à présertir les bagues sur l'adaptateur à l'aide d'une unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU) Swagelok, afin d'accélérer et de faciliter le montage [voir les Instructions d'installation et d'utilisation de l'unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU), MS-12-37].

1. Montez l'extrémité opposée à celle qui comporte l'adaptateur pour tube.

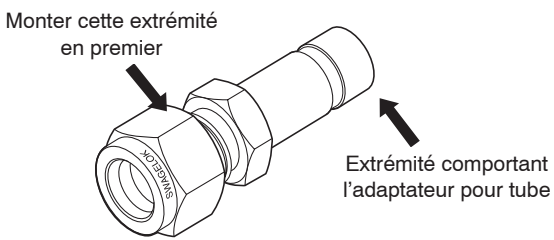


Figure 3-77 Monter d'abord l'extrémité opposée à celle qui comporte l'adaptateur pour tube.

2. Introduisez l'adaptateur pour tube dans le raccord pour tubes Swagelok. Assurez-vous que l'adaptateur est bien en butée contre l'épaulement du corps du raccord, et que l'écrou est serré à la main.
3. Marquez l'écrou à la position 6 heures.
4. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou de 1 tour 1/4 jusqu'à ce que la marque atteigne la position 9 heures.



Figure 3-78 Introduire l'adaptateur pour tube dans le raccord pour tubes Swagelok.

Pour les raccords pour tubes de 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm, serrez l'écrou de 3/4 de tour jusqu'à la position 3 heures.

Adaptateurs pour tubes d'un diamètre supérieur à 1 po/25 mm

Montez l'extrémité opposée à celle qui comporte l'adaptateur pour tube.

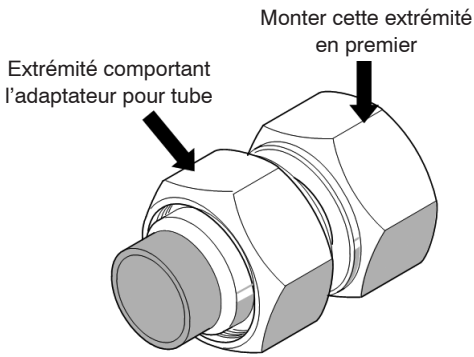


Figure 3-79 Monter d'abord l'extrémité opposée à celle qui comporte l'adaptateur pour tube.

1. Les adaptateurs pour tubes d'un diamètre supérieur à 1 po ou 25 mm sont fournis avec un écrou et des bagues préserties. Retirez l'écrou et les bagues du raccord pour tubes Swagelok.
2. Appliquez délicatement le lubrifiant fourni sur les filets du raccord pour tubes Swagelok.

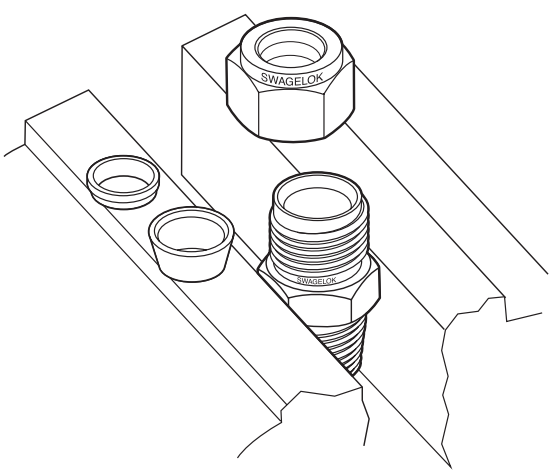


Figure 3-80 Retirer l'écrou et les bagues du raccord pour tubes.

3. Introduisez l'adaptateur pour tube, avec les bagues préserties, dans le corps du raccord, jusqu'à ce que la bague avant butte contre le corps du raccord, puis serrez l'écrou à la main.

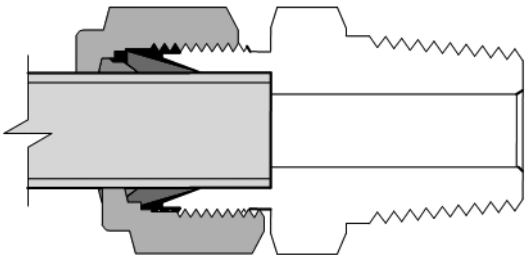


Figure 3-81 S'assurer que l'adaptateur pour tube est bien en butée contre l'épaulement du corps du raccord pour tube.

4. Marquez l'écrou à la position 6 heures.
5. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou en effectuant 1/2 tour, jusqu'à ce que la marque atteigne la position 12 heures.

   Ne pas utiliser le calibre de contrôle Swagelok avec les adaptateurs pour tubes présertis d'un diamètre supérieur à 1 po/25 mm.

Montage d'un raccordement d'extrémité à bague usinée Swagelok

Pendant le montage, l'écrou pousse la bague usinée contre le siège du raccord pour tubes. Le résultat est un joint étanche.

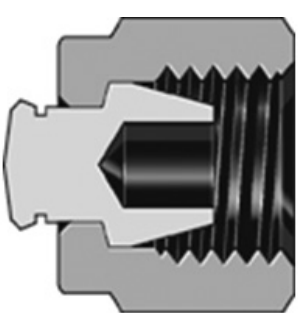


Figure 3-82 Bague usinée Swagelok.

Le raccordement d'extrémité à bague usinée se rencontre principalement dans deux composants :

- Bouchon
- Embout de raccordement

Chacun d'eux requiert une préparation légèrement différente avant montage :

Bouchon

1. Retirez et jetez l'écrou et les bagues du raccord pour tubes Swagelok.

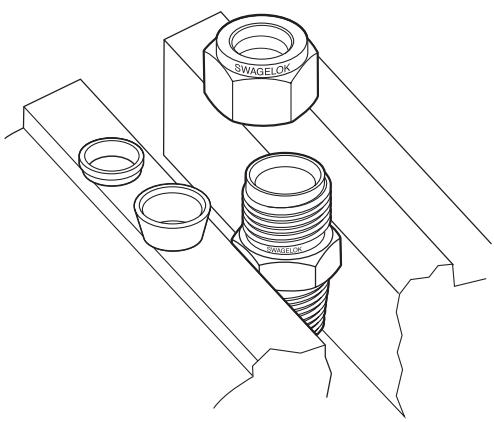


Figure 3-83 Retirer l'écrou et les bagues du raccord pour tubes.

2. Vissez et serrez l'écrou à la main sur le raccord.

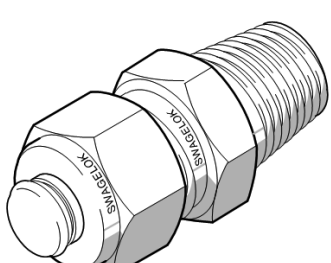


Figure 3-84 Visser et serrer l'écrou à la main sur le raccord.

3. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou en effectuant 1/4 de tour.

Pour les raccords de 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm, serrez l'écrou en effectuant 1/8 de tour.

Pour les raccords de dimension supérieure à 1 po/25 mm, reportez-vous à la page 63 du document MS-01-140.

Ne pas utiliser le calibre de contrôle Swagelok avec des bouchons.

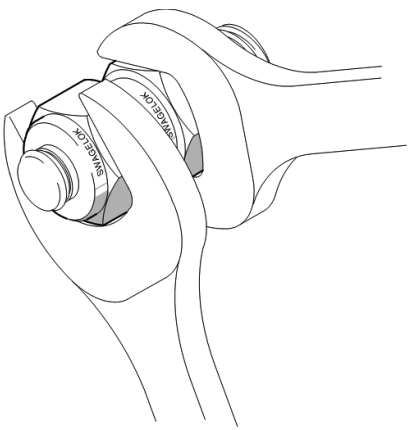


Figure 3-85 Serrer l'écrou.

Embout de raccordement

Extrémité à bague usinée

1. Retirez l'écrou et les bagues du raccord pour tubes Swagelok. Jetez les bagues.

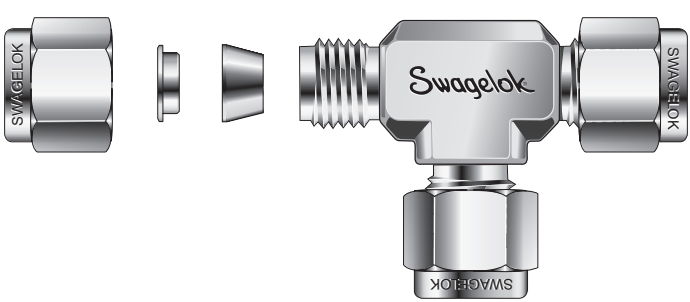


Figure 3-86 Retirer l'écrou et les bagues du raccord pour tubes.

2. Faites glisser l'écrou sur l'extrémité de l'embout de raccordement comportant la bague usinée.

Dimensions supérieures à 1 po/25 mm :

L'écrou est préassemblé sur l'embout de raccordement.

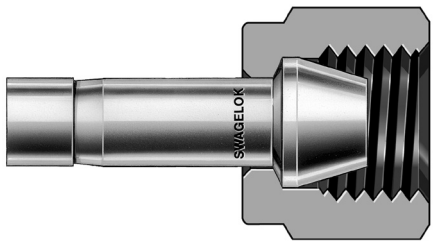


Figure 3-87 Diamètre inférieur ou égal à 1 po/25 mm.

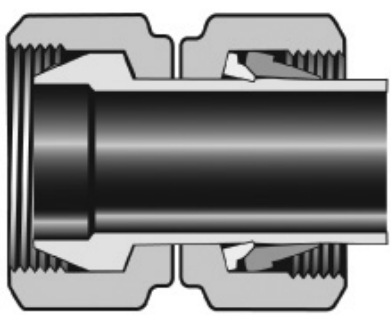


Figure 3-88 Diamètre supérieur à 1 po/25 mm.

3. Introduisez l'embout de raccordement dans le raccordement d'extrémité, puis serrez l'écrou à la main.

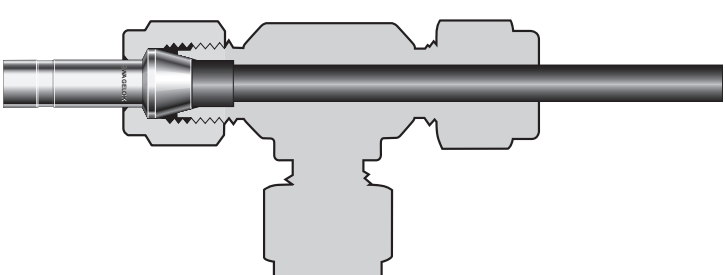


Figure 3-89 Insérer l'embout de raccordement.

4. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou en effectuant 1/4 de tour.

Pour les raccords de 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm, serrez l'écrou en effectuant 1/8 de tour.

Ne pas utiliser le calibre de contrôle Swagelok avec les extrémités à bague usinée.

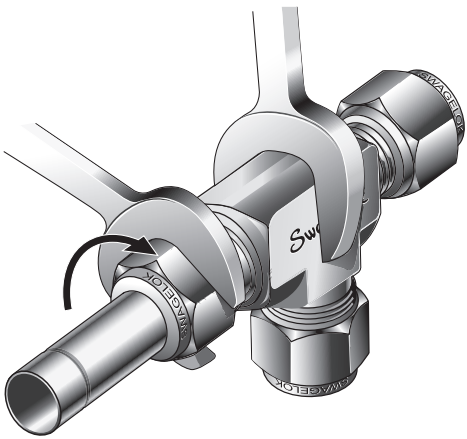


Figure 3-90 Serrer l'écrou.

Extrémité avec adaptateur pour tube

1. Introduisez l'adaptateur pour tube dans le raccord pour tubes, jusqu'à ce qu'il soit bien en butée contre l'épaulement du corps. Serrez l'écrou à la main.

Dimensions supérieures à 1 po/25 mm :

Retirez l'écrou et les bagues du raccordement d'extrémité, jetez-les, puis introduisez l'adaptateur pour tube.

2. Marquez l'écrou à la position 6 heures. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou de 1 tour 1/4 jusqu'à ce que la marque atteigne la position 9 heures.

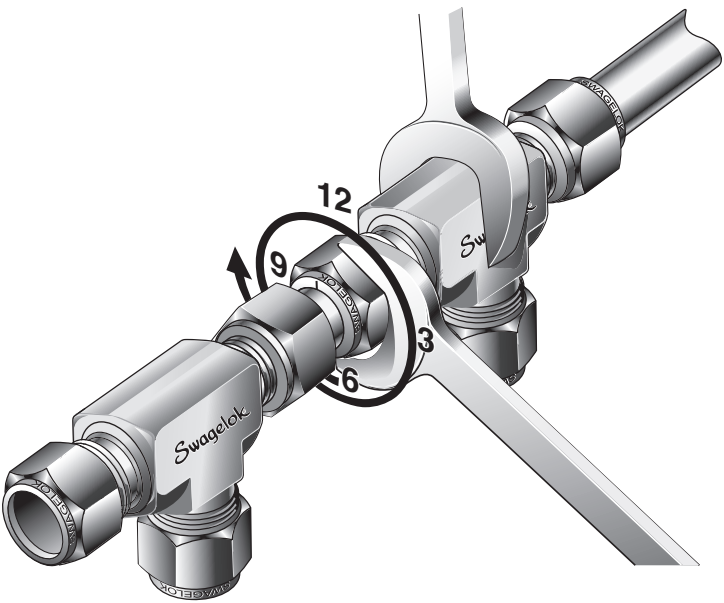


Figure 3-91.

Pour les raccords pour tubes de 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm, serrez l'écrou de 3/4 de tour jusqu'à la position 3 heures.

Pour les raccords pour tubes présertis de diamètre supérieur à 1 po/25 mm, serrez l'écrou en effectuant 1/2 tour jusqu'à ce que la marque atteigne la position 12 heures.

Ne pas utiliser le calibre de contrôle Swagelok avec les adaptateurs pour tubes présertis d'un diamètre supérieur à 1 po/25 mm.

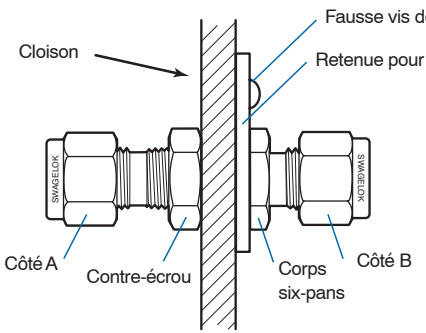
Passages de cloisons

Unions



Figure 3-92.

Ces raccords sont utilisés lorsqu'une ligne doit traverser une cloison.



Installation d'un raccord passe-cloison à l'aide d'une retenue pour passage de cloison

Figure 3-93.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccords pour tubes et adaptateurs pour tubes contrôlables*, MS-01-140.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Orifices à filetage cylindrique SAE ou MS (montage)

Sur les équipements hydrauliques, les filetages des orifices sont souvent des filetages cylindriques SAE/MS. Ces orifices nécessitent l'utilisation de raccords pour tubes Swagelok dotés d'un joint torique. Swagelok propose une grande variété de raccords pour tubes, adaptateurs, réducteurs et bouchons avec filetages cylindriques SAE/MS, disponibles en acier, en acier inoxydable ou dans d'autres alliages.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccords pour tubes et adaptateurs pour tubes contrôlables*, MS-01-140.
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Les raccords cylindriques possèdent un joint torique qui est entraîné directement dans l'orifice conique pour former un joint étanche.

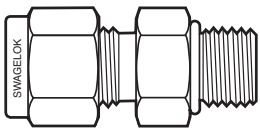


Figure 3-94 Connecteur SAE/MS mâle.

Les tés et coudes positionnables sont dotés d'un filetage mâle prolongé, d'un contre-écrou, d'une rondelle métallique et d'un joint torique en élastomère.

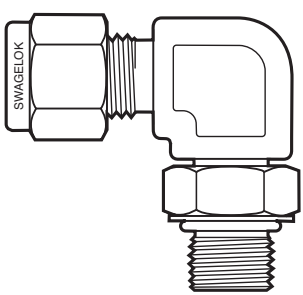


Figure 3-95 Coude mâle positionnable à 90° SAE/MS.

1. Lubrifiez le joint torique en utilisant un lubrifiant compatible avec le fluide du système, l'environnement et le matériau du joint torique. (Le joint torique standard est en élastomère fluorocarboné FKM. D'autres matériaux sont disponibles sur demande.)
2. Vissez le raccord dans le bossage jusqu'à ce que la rondelle métallique touche le bossage et entraîne le joint torique dans l'orifice conique.
3. Positionnez le raccord en le dévissant (pas plus d'un tour dans le sens inverse des aiguilles d'une montre), jusqu'à ce que l'autre extrémité du raccord soit orientée dans la bonne direction.
4. Maintenez le raccord immobile au niveau de la prise pour clé et serrez le contre-écrou jusqu'à ce que la rondelle touche le bossage et entraîne le joint torique dans l'orifice conique.

Pour connaître les couples de serrage, adressez-vous à votre point de vente et centre de services agréé Swagelok.

Coudes et tés positionnables à filetage cylindrique SAE/MS (montage)

Les tés et coudes positionnables sont compatibles avec des bossages pour joint torique à filetage cylindrique femelle SAE J1926 ou MS16142.

REMARQUE : bien que les joints toriques procurent une étanchéité parfaite, n'oubliez pas qu'ils ont quelques inconvénients.

- Certains élastomères sont attaqués par certains fluides.
- Dans certaines conditions de service réel, il arrive que des joints en élastomère durcissent et se fissurent. Le fluide et l'environnement du système doivent être pris en considération.
- Les joints en élastomère peuvent être facilement endommagés par des surfaces tranchantes, des bavures ou de copeaux.
- Les orifices de type SAE/MS nécessitent des outils spéciaux.

Joints toriques

Certains raccords avec joint torique comportent un joint en Buna N de dureté 70 au duromètre. D'autres raccords à filetage cylindrique avec joints toriques comporte des joints en élastomère fluorocarboné FKM de dureté 90 au duromètre. Des joints toriques fabriqués dans d'autres matériaux sont disponibles sur demande. Les joints toriques sont enduits d'une fine couche de lubrifiant à base de silicone. L'élimination des lubrifiants appliqués en usine peut nuire à l'efficacité des joints.

Raccords pour tubes moyenne pression, série FK

La conception simple en deux pièces des raccords pour tubes et des raccords adaptateurs Swagelok pour moyenne pression consiste en un corps femelle et une cartouche préassemblée contenant l'écrou mâle et les bagues avant et arrière avec leurs codes de couleur, le tout sur un support en plastique jetable. La cartouche préassemblée assure une orientation correcte des bagues, permet une confirmation visuelle de la présence des bagues et garantit une installation correcte dans le corps femelle. Les composants ne sont libérés qu'une fois l'écrou serré à la main sur le corps du raccord. Le raccord pour tube moyenne pression Swagelok forme un joint étanche aux gaz et présente une résistance élevée aux vibrations dans des applications mettant en œuvre des pressions inférieures ou égales à 1378 bar (20 000 psig).

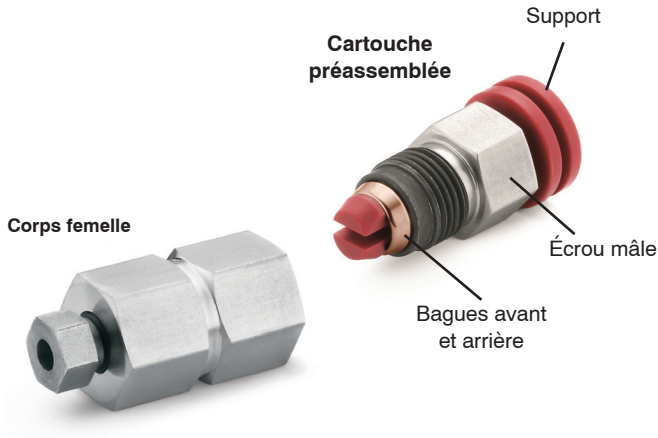


Figure 3-96.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok Raccords, tubes, vannes et accessoires pour moyennes et hautes pressions MS-02-472. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Produits pour moyennes et hautes pressions : série IPT

La série IPT est une large gamme de produits pour moyennes et hautes pressions contenant des raccords, des vannes et d'autres dispositifs de contrôle des fluides.



Figure 3-97.

Formation

Pour obtenir des renseignements sur les *produits pour moyennes et hautes pressions de la série IPT*, prenez contact avec votre distributeur agréé Swagelok.

Raccords coniques et filetés, série IPT

Swagelok propose deux modèles de son raccord fileté à extrémité conique série IPT : un pour les moyennes pressions et un pour les hautes pressions. Les raccords pour moyennes pressions sont conçus pour résister à des pressions jusqu'à 1378 bar (20 000 psig) et sont disponibles dans des dimensions allant de 1/4 à 1 1/2 po.

Les raccords pour hautes pressions peuvent être utilisés à des pressions jusqu'à 4134 bar (60 000 psig) et sont disponibles dans des dimensions allant de 1/8 à 1 po.

Pour les deux modèles, le matériau de fabrication standard est l'acier inoxydable 316 écroui. Ce matériau permet d'obtenir la résistance à la traction nécessaire pour des applications haute pression.



Figure 3-98.

Les raccords conique et filetés sont constitués de trois composants de base : un embout fileté, une bague et un corps. Ces trois composants associés à un tube fileté à extrémité conique contribuent à la formation d'un joint étanche. Dans les raccords coniques et filetés, le joint se forme au contact entre l'extrémité conique du tube et le siège également conique du raccord, à l'intérieur du corps.

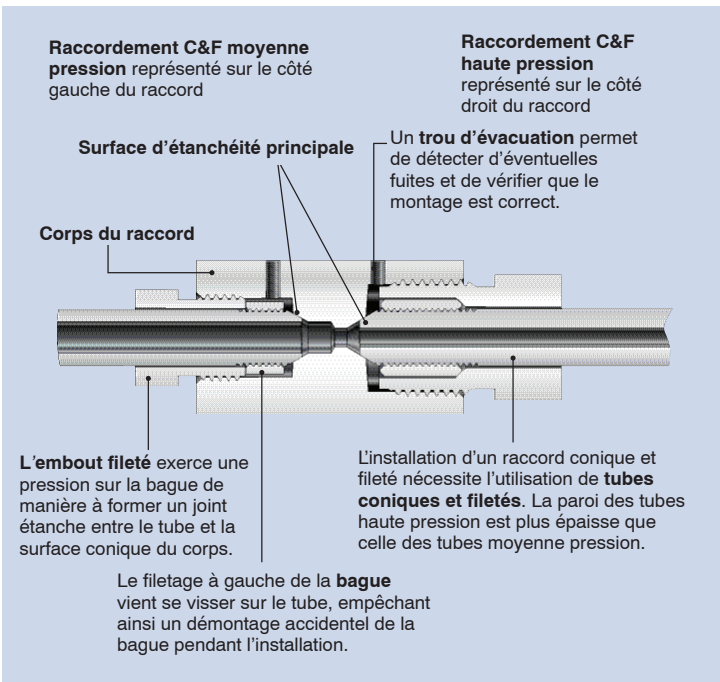


Figure 3-99.

Assemblage

La sécurité et l'étanchéité d'un circuit de moyenne ou haute pression dépend de la qualité de la préparation et du montage des raccords coniques et filetés.

Ces instructions concernent les raccords moyenne pression de 1/4, 3/8, 9/16, 3/4 et 1 po ainsi que les raccords haute pression de 1/4, 3/8 et 9/16 po.

1. Lubrifiez tous les filetages mâles avec un lubrifiant antigrippage tel que le produit GoopTM de Swagelok. Lubrifiez l'extrémité conique du tube en utilisant un lubrifiant compatible avec le fluide du système.

2. Faites glisser le tube conique et fileté (C&F) dans l'embout fileté.
3. Vissez la bague sur le tube C&F dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (filetage à gauche).
4. Continuez à visser jusqu'à ce qu'un à deux filets complets apparaissent de l'autre côté de la bague. Cela correspond à la position correcte de la bague.
5. Insérez le tube C&F avec la bague dans le corps du raccord.
6. Assurez-vous que l'extrémité conique du tube est bien en contact avec le siège oblique du corps du raccord.
7. Vissez l'embout dans le corps du raccord et serrez à la main. Tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'embout au couple indiqué.

Dimension du raccord po	**Couple nécessaire** N¨m (ft¨lb)
1/4	27,2 (20)
3/8	40,7 (30)
9/16	74,6 (55)
3/4	123 (90)
1	204 (150)

Raccord C&F moyenne pression

Dimension du raccord po	**Couple nécessaire** N¨m (ft¨lb)
1/4	33,9 (25)
3/8	67,8 (50)
9/16	150 (110)

Raccord C&F haute pression

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok Raccords, tubes, vannes et accessoires pour moyennes et hautes pressions MS-02-472. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Extrémités à filetage conique (montage)

Les raccordements les plus utilisés dans l'industrie sont les raccordements à filetages coniques. De par leur conception, ces raccordements nécessitent l'utilisation systématique d'un produit d'étanchéité pour combler l'espace entre le filetage mâle et le filetage femelle.

Raccordements d'extrémité Swagelok à filetages coniques

Deux types de filetages coniques sont utilisés dans les raccordements d'extrémité fabriqués par Swagelok.

- Les raccordements d'extrémité NPT Swagelok sont dotés de filetages coniques NPT.
- Les raccordements d'extrémité RT Swagelok sont dotés de filetages coniques ISO 7/1.

NPT (National Pipe Tapered)

- Conicité du filetage 5 1°47'.
- La troncature du fond et du sommet des filets est **plane**.
- Le pas est mesuré en **filets par pouce**.
- L'angle des filets est de **±0°**.

ISO 7/1

- Conicité du filetage 5 1°47'.
- La troncature du fond et du sommet des filets est **arrondie**.
- Le pas est mesuré en **filets par pouce**.
- L'angle des filets est de **55°**.

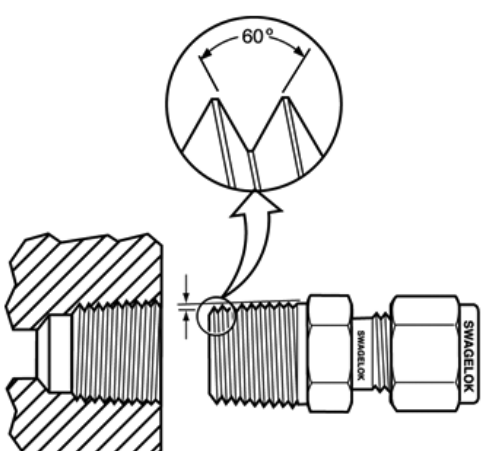


Figure 3-100.

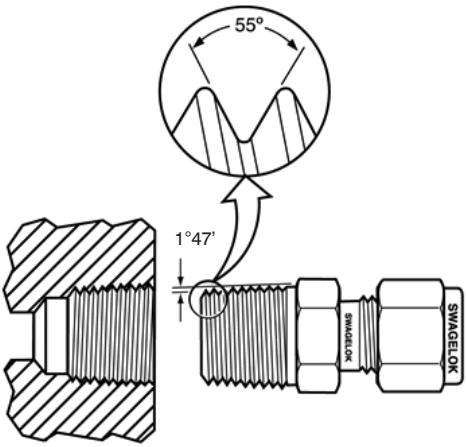


Figure 3-101.

Marquage des produits : raccordements d'extrémité RT et NPT

RT

Tous les produits contenant un raccordement d'extrémité RT Swagelok sont marqués **ISO7**.

Les raccords qui possèdent, d'une part, un raccordement d'extrémité RT, et d'autre part, un raccordement de type raccord pour tube ou adaptateur pour tube Swagelok, portent également la marque **RT** au niveau du méplat.

NPT

Les raccordements NPT des composants Swagelok ne sont généralement pas marqués.

En revanche, sur les composants Swagelok qui possèdent à la fois un raccordement NPT et un raccordement RT figurent les marques **NPT** et **ISO7**, avec des flèches indiquant l'emplacement de chaque raccordement.

Produits d'étanchéité pour filetage

Installation des raccords filetés

Une bonne étanchéité dépend de nombreuses variables, et notamment des suivantes : qualité et propreté des filetages, température, matériau des composants, couple de serrage lors de l'installation, densité du fluide du système, pressions de service du système.

Lors de l'assemblage d'un produit Swagelok possédant un raccordement d'extrémité fileté, ce dernier doit être raccordé avant les autres, du fait des rotations nécessaires à sa mise en place.

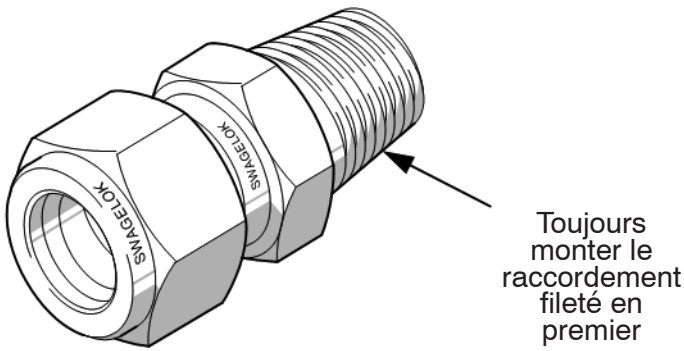


Figure 3-102.

Produit d'étanchéité pour filetage

Il faut toujours utiliser un produit d'étanchéité avec les filetages coniques, pour garantir l'étanchéité du raccord et éviter le grippage des filets pendant le montage.

Le ruban de PTFE Swagelok, ainsi que les produits liquides Swagelok comme le produit d'étanchéité pour filetage anaérobie SWAK™ ou le produit d'étanchéité pour filetage sans PTFE, remplissent tous les fonctions d'étanchéification et de lubrification des filetages coniques.

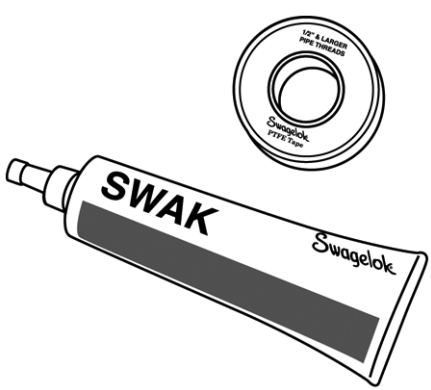


Figure 3-103.

Ruban de PTFE Swagelok

Pour des températures allant jusqu'à 232°C (450°F), le ruban de PTFE Swagelok permet de réaliser des raccordements étanches. On enveloppe de ruban le filetage mâle. Lors du serrage, le ruban de PTFE forme un joint en remplissant les vides au niveau du flanc, du sommet et du fond des filets.

Le ruban de PTFE Swagelok est conforme à la description des articles commerciaux A-A-58092, une norme américaine qui précise les propriétés, en matière de composition chimique, de densité et d'allongement, du ruban de PTFE qui peut être utilisé par les organismes publics aux États-Unis.

Produit d'étanchéité SWAK de Swagelok

Le produit d'étanchéité pour filetage anaérobie SWAK de Swagelok permet de réaliser des joints fiables avec des filetages métalliques, à des températures comprises entre 253 et 176°C (265 et 350°F). Il agit également comme lubrifiant pendant le montage, évitant ainsi l'usure de contact et le grippage des filets. Le produit d'étanchéité SWAK est appliqué sous forme de pâte sur les filetages mâles. Une fois les composants filetés assemblés, le produit SWAK durcit pour former un joint fiable. Le produit d'étanchéité pour filetage SWAK avec PTFE est un produit semi-liquide, conditionné dans un tube en plastique souple doté d'un applicateur.

Certains fluides et certains matériaux NE sont PAS compatibles avec le produit d'étanchéité SWAK. Pour plus d'informations, adressez-vous à votre point de vente et centre de services agréé Swagelok.

Produit d'étanchéité sans PTFE Swagelok

Pour certaines applications, le produit d'étanchéité pour filetage sans PTFE Swagelok peut constituer une alternative au produit d'étanchéité liquide. Conçu pour une utilisation à des températures comprises entre 53 et 148°C (65 et 300°F), il forme un joint entre les filetages métalliques lors du montage, en assurant une lubrification afin d'éviter l'usure de contact et le grippage des filets.

MISE EN GARDE :  **Ne pas utiliser le produit d'étanchéité Swagelok sans PTFE dans des systèmes contenant un fort agent oxydant. Une réaction chimique, notamment une combustion spontanée, peut se produire.**

Assemblage avec utilisation de produits d'étanchéité pour filetage liquides

Les consignes d'utilisation de deux types de produit d'étanchéité liquide sont données ci-dessous :

- Le produit d'étanchéité pour filetage anaérobie SWAK de Swagelok
- Le produit d'étanchéité pour filetage sans PTFE de Swagelok

1. Ôtez la protection du filetage mâle. Retirez des filets les petits morceaux de plastique qui ont pu se détacher de la face intérieure de la protection, à l'aide d'un pinceau souple, propre et sec.



Figure 3-104.

2. Lorsque cela est possible, placez le composant possédant le filetage femelle dans un étau.



Figure 3-105.

REMARQUE :

- Serrez les mâchoires de l'étau UNIQUEMENT sur les pans du composant.
- Serrez les mâchoires juste assez pour que le composant soit fermement maintenu ; un serrage excessif pourrait endommager le composant.

Utilisez une clé de maintien lorsque l'usage d'un étau est impossible.

3. Avant d'utiliser le produit d'étanchéité, malaxez le tube (avec le bouchon fermé) afin d'en mélanger le contenu.
4. Retirez le bouchon de l'applicateur.



Figure 3-106.

5. En regardant le filetage mâle depuis l'extrémité ouverte du raccordement, repérez le point où le fond du filet (ligne rouge discontinue) se fond avec le chanfrein. On appellera cette marque la « **rayure** ».

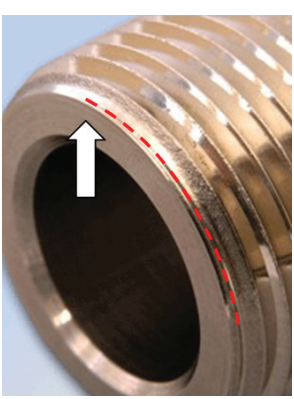


Figure 3-107.

6. Placez l'extrémité de l'applicateur sur le sommet situé immédiatement derrière cette rayure.

ATTENTION : **Ne pas appliquer de produit d'étanchéité avant la rayure car l'excès de produit pourrait pénétrer dans le système !**



Figure 3-108.

7. Appliquez du produit d'étanchéité de manière à remplir les trois filets suivants.



Figure 3-109.

8. Utilisez un solvant comme l'acétone pour ôter le produit d'étanchéité en excès.
9. Remettez le bouchon en place avant de ranger le tube.



Figure 3-110.

10. Vissez le raccordement d'extrémité mâle dans le raccordement d'extrémité femelle et serrez à la main.

ATTENTION : **Utiliser une clé d'une dimension appropriée. L'usage d'une clé surdimensionnée peut entraîner un serrage excessif et une usure par frottement des filetages.**

11. Serrez le raccordement mâle à l'aide d'une clé.

Il n'existe pas de norme en matière de couple de serrage ou de nombre de tours. Les recommandations de l'ANSI/ASME B1.20.1 de 1983 indiquent que « les filetages coniques NPT sont prévus pour être assemblés à l'aide d'une clé, en utilisant un produit d'étanchéité lorsque le joint doit résister à la pression ». Ne serrez pas au point d'abîmer les filets !



Figure 3-111.

Si le raccordement conique se situe sur un coude, un té, une croix, une vanne ou un manomètre, il est possible que le composant ne soit pas correctement aligné une fois le raccordement assemblé. Utilisez alors un adaptateur pour tube afin d'obtenir un alignement correct.

ATTENTION : **Une fois le serrage effectué, ne pas desserrer le raccordement ! Ceci peut provoquer des fuites au niveau du filetage.**

Si vous avez utilisé le produit d'étanchéité SWAK, laissez durcir pendant au moins 24 heures à température ambiante avant de mettre le raccordement sous pression.

Si l'assemblage a été réalisé avec le produit d'étanchéité sans PTFE, le raccordement peut être mis sous pression immédiatement.

Assemblage avec utilisation de ruban de PTFE

1. Ôtez la protection du filetage mâle.



Figure 3-112.

2. Lorsque cela est possible, placez le composant possédant le filetage femelle dans un étau.

REMARQUE :

- Serrez les mâchoires de l'étau UNIQUEMENT sur les pans du composant.
- Serrez les mâchoires juste assez pour que le composant soit fermement maintenu ; un serrage excessif pourrait endommager le composant.

Utilisez une clé de maintien lorsque l'usage d'un étau est impossible.



Figure 3-113.

3. En regardant le filetage mâle depuis l'extrémité ouverte du raccordement, repérez le point où le fond du filet (ligne rouge discontinue) se fond avec le chanfrein. On appellera cette marque la « **rayure** ».

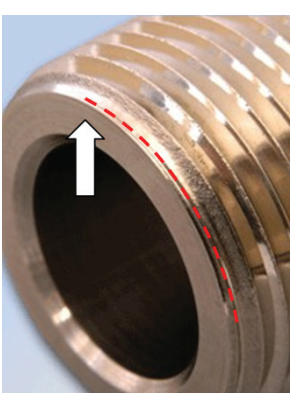


Figure 3-114.

4. Placez le bord du ruban sur le sommet situé immédiatement derrière cette rayure.

- Utilisez du ruban de largeur 1/4 po sur les filetages coniques mâles de diamètre 1/8, 1/4 et 3/8 po.
- Au-delà de 3/8 po, utilisez du ruban de largeur 1/2 po.

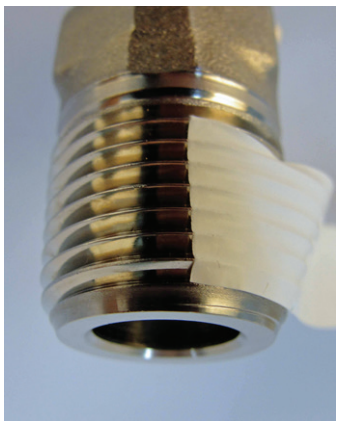


Figure 3-115.

5. Tout en maintenant le bord du ruban parallèle à la face avant du raccord, enveloppez les filets dans le sens de l'hélice (le sens des aiguilles d'une montre pour les filetages à droite) en effectuant **deux à trois** tours.



Figure 3-116.

REMARQUE :

Si le ruban est appliqué dans le sens inverse de celui de l'hélice du filetage, il peut se détacher lors du serrage du composant mâle dans le composant femelle.

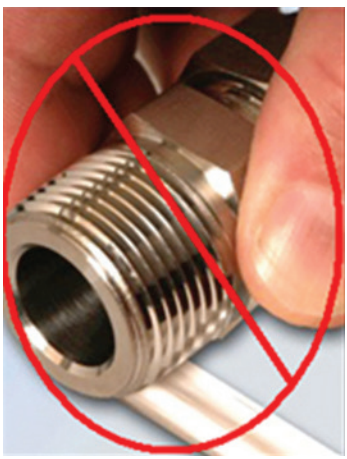


Figure 3-117.

6. Tirez sur l'extrémité libre du ruban et appliquez celui-ci autour du filetage, afin qu'il épouse la forme des filets. Coupez ou déchirez le ruban en excès.



Figure 3-118.

Veiller à ce qu'aucun filet ne soit apparent d'un bout à l'autre de la partie couverte par le ruban.

Enfoncez bien le ruban dans les filets. Un ruban de PTFE correctement appliqué doit avoir les caractéristiques suivantes :

ATTENTION : **Le ruban ne doit pas déborder du premier filet car il pourrait s'effilocher et être entraîné par le fluide du système !**

- L'espace qui sépare la face avant du raccordement et le bord du ruban le plus proche doit avoir un aspect régulier ; le bord du ruban doit suivre le premier filet situé derrière la rayure.
- Le nombre de tours doit être régulier et le ruban ne doit être ni troué, ni plié, ni froissé.



Figure 3-119.

- Tous les sommets doivent être recouverts. Le ruban ne doit présenter aucune entaille.



Figure 3-120.



Figure 3-121.

- Le ruban doit être débarrassé de tout corps étranger.

7. Vissez le raccordement d'extrémité mâle dans le raccordement d'extrémité femelle et serrez à la main.

ATTENTION : **Utiliser une clé d'une dimension appropriée. L'usage d'une clé surdimensionnée peut entraîner un serrage excessif et une usure par frottement des filetages.**

8. Serrez le raccordement mâle à l'aide d'une clé.

Il n'existe pas de norme en matière de couple de serrage ou de nombre de tours. Les recommandations de l'ANSI/ASME B1.20.1 de 1983 indiquent que « les filetages coniques NPT sont prévus pour être assemblés à l'aide d'une clé, en utilisant un produit d'étanchéité lorsque le joint doit résister à la pression ». Ne serrez pas au point d'abîmer les filets !

Si le raccordement conique se situe sur un coude, un té, une croix, une vanne ou un manomètre, il est possible que le composant ne soit pas correctement aligné une fois le raccordement assemblé.

Une fois le serrage effectué, ne pas desserrer le raccordement ! Ceci peut provoquer des fuites au niveau du filetage.

Chapitre 4

Service intensif

Table des matières

Consignes de sécurité relatives aux systèmes fonctionnant en service intensif 125
Conditions de service intensif 126
Assemblage de tubes de diamètre inférieur ou égal à 25 mm (1 po) dans des applications haute pression ou des systèmes à coefficient de sécurité élevé 126
Les cinq catégories de gaz comprimés 129
- Circuits d'oxygène 130
- Gaz toxiques, inflammables, explosifs 130

Traçage 131
- Installation de traceurs sur des lignes de process 132
- Installation de traceurs sur des lignes verticales 132
- Installation de traceurs sur des lignes horizontales 133
- Fixation d'un traceur sur des lignes de process 134
- Traceurs multiples 134
- Avant de choisir une méthode de traçage 135

Consignes de démarrage du système 137
- Test de fuite 137
- Raccords pour tubes 138
- Installation d'un traceur sur un équipement du process 138

Fluides caloporteurs 140
Systèmes ultrapropres 141
Systèmes sous vide 141

Vibrations 143
Démontage et remontage des raccords 144
Impulsions/Chocs 144
Utilisation de tubes et de raccords à des températures élevées 145
Matériaux 145
Résistance à la traction 145
Épaisseur de paroi des tubes 146
Applications cryogéniques 146
Matières plastiques 146
Élastomères 147
Métaux 147

Service intensif

Les raccords relient entre eux certains des équipements les plus importants et les plus coûteux d'une usine. Parce que la mobilité des fluides est essentielle dans une usine, les systèmes qui acheminent ces fluides sont souvent très sophistiqués et conçus sur mesure, ce qui implique un investissement financier important. Des années de bons résultats sur le terrain ajoutées à des tests rigoureux ont permis de valider les performances des raccords pour tubes Swagelok. Ces raccords ont été conçus pour fonctionner en toute fiabilité dans un large éventail d'applications critiques, allant des conditions ambiantes à des environnements extrêmes caractérisés par de fortes pressions, des températures élevées ou des fluides corrosifs.

Les raccords pour tubes Swagelok sont utilisés pour un service intensif dans de nombreux secteurs de l'industrie.

Consignes de sécurité relatives aux systèmes fonctionnant en service intensif

- Ne pas purger le système en desserrant l'écrou ou le bouchon du raccord pour tube.
- Ne pas monter ou serrer des raccords lorsque le système est pressurisé.
- S'assurer que le tube est bien appuyé contre l'épaulement du corps du raccord avant de serrer l'écrou.
- Utiliser le calibre de contrôle Swagelok approprié pour s'assurer que raccord est suffisamment serré lors du premier montage.
- Tout problème doit être signalé.
- Toujours utiliser des produits d'étanchéité avec des filetages coniques.
- Ne pas mélanger les matériaux ou les composants de raccords de différents fabricants (tubes, bagues, écrous et corps de raccords).
- Ne jamais visser le corps d'un raccord. Tenir le corps du raccord et visser l'écrou.
- Éviter de démonter des raccords inutilisés si cela n'est pas nécessaire.
- N'utiliser que des réducteurs longs avec les raccordements Swagelok femelles.
- Le matériau des tubes métalliques doit être plus doux que celui des raccords. Par exemple, les tubes en acier inoxydable ne doivent pas être utilisés avec des raccords en laiton.
- Utiliser des tubes entièrement recuits lorsque le tube et le raccord sont fabriqués dans le même matériau.
- Toujours utiliser un insert avec des tubes en plastique extrêmement souples ou flexibles.
- Comparer les épaisseurs de paroi extrêmement fines ou extrêmement épaisses aux limites minimales et maximales recommandées.
- Vérifier l'état de surface du tube. L'état de surface est un élément essentiel pour garantir une bonne étanchéité. Les tubes présentant un creux, une rayure, un renflement ou tout autre défaut de surface seront difficiles à

raccorder de manière étanche, en particulier dans des applications mettant en œuvre des gaz.
- Contrôler l'ovalisation des tubes. Les tubes à section ovale qui ne traversent pas facilement l'écrou, les bagues et le corps d'un raccord, ne doivent pas être insérés en force dans celui-ci.

Pour plus d'informations sur la sélection des tubes, reportez-vous à la fiche Swagelok intitulée Données sur les tubes (MS-01-107). www.swagelok.com/TFM

Conditions de service intensif

Dans des conditions de service intensif, il existe des outils et des méthodes qui permettent de s'assurer qu'un montage est correct.

- Outil de marquage de profondeur (DMT)
- Consignes particulières pour les hautes pressions et les coefficients de sécurité élevés
- Calibre de contrôle

Reportez-vous aux consignes d'utilisation de l'outil de marquage de profondeur, à la page 78 du chapitre 3.

Assemblage de tubes de diamètre inférieur ou égal à 25 mm (1 po) dans des applications haute pression ou des systèmes à coefficient de sécurité élevé

Cette procédure légèrement différente de la procédure standard concerne spécifiquement les tubes de diamètre inférieur ou égal à 25 mm (1 po).

1. Tout d'abord, introduisez complètement le tube dans le raccord contre l'épaulement du corps. Serrez l'écrou à la main.
2. Ensuite, du fait du diamètre variable des tubes, il est souhaitable de fixer un point de départ commun. Pour ce faire, serrez l'écrou davantage, jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible de faire tourner le tube à la main, ni de le faire bouger dans l'axe du raccord.
3. Marquez ensuite l'écrou à la position 6 heures. Enfin, tout en maintenant le corps du raccord immobile, serrez l'écrou de 1 tour 1/4 jusqu'à ce que la marque atteigne la position 9 heures.

Comme il a été dit précédemment, 3/4 de tour suffisent pour serrer l'écrou des raccords de diamètres 1/16, 1/8 et 3/16 po ou 2, 3 et 4 mm.

Calibre de contrôle

Les calibres de contrôle Swagelok permettent à l'installateur ou à un inspecteur de s'assurer que le raccord a été suffisamment serré lors du premier montage.



Figure 4-1 Calibre de contrôle.

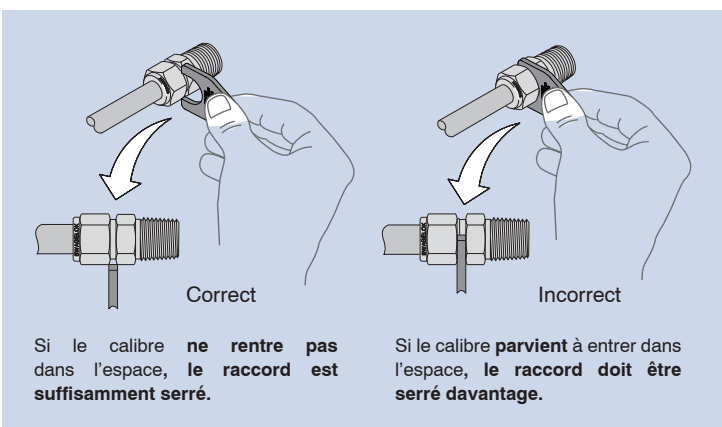


Figure 4-2 Placer le calibre de contrôle Swagelok en face de l'espace séparant l'écrou et le corps.

Systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression

Quand parle-t-on de haute pression ? Cela dépend des conséquences qu'aurait une défaillance du système. Les systèmes d'alimentation en gaz comprimé emmagasinent une grande quantité d'énergie. Parce que les gaz légers sous pression peuvent s'échapper par le moindre interstice, l'étanchéité de tels système est difficile à réaliser.

Des dépôts de soudure ou encore des rayures, trous ou entailles de petite taille sur la surface extérieure d'un tube peuvent facilement provoquer des fuites. Il arrive que ces irrégularités de la surface causent des problèmes, même lorsque les meilleurs raccords pour tubes Swagelok sont utilisés.

Toutes les recommandations générales pour un service intensif s'appliquent aux systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression. En particulier, l'épaisseur de la paroi des tubes doit faire l'objet d'un examen attentif et ne doit en aucun cas être inférieure à la valeur minimale préconisée ici pour une *utilisation avec des gaz*.

Tubes utilisés avec des gaz

Dimensions fractionnaires, en pouces

Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale	Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale
1/8	0,028	3/4	0,065
3/16	0,028	7/8	0,083
1/4	0,028	1	0,083
5/16	0,035	1 1/4	0,109
3/8	0,035	1 1/2	0,134
1/2	0,049	2	0,180
5/8	0,065		

Dimensions métriques, en millimètres

Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale	Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale
3	0,8	18	1,5
6	0,8	20	1,8
8	1,0	22	2,0
10	1,0	25	2,2
12	1,0	28	2,5
14	1,2	30	3,0
15	1,5	32	3,0
16	1,5	38	3,5

Épaisseur minimale des parois pour une utilisation avec des gaz

Pour obtenir un système d'alimentation en gaz sous haute pression parfaitement étanche, tenez compte des recommandations qui suivent :

- Commander des tubes hydrauliques de qualité, d'une dureté adaptée, avec une surface exempte de rayures et de tout autre défaut. Respecter l'épaisseur de paroi minimale recommandée pour une utilisation avec des gaz.
- Couper les tubes proprement et ébavurer les bords intérieur et extérieur de la section.
- Introduire le tube jusqu'au fond du raccord Swagelok. S'assurer que l'extrémité du tube est bien en contact avec l'épaulement intérieur du raccord.
- Suivre les instructions de montage à partir de la page 75.
- Vérifier chaque raccordement à l'aide du calibre de contrôle Swagelok.
- Ne jamais cintrer le tube une fois celui inséré dans le raccord.
- Si des nettoyages spéciaux sont nécessaires, envisager l'utilisation de raccords Swagelok en acier inoxydable ou en alliage spécialement nettoyés et dotés de bagues argentées.
- Penser à utiliser des raccords VCO® ou VCR® s'il est impossible d'obtenir le bon état de surface sur les tubes. Comme le tube est soudé sur le raccord, l'état de surface et la dureté du tube n'affectent pas l'étanchéité.

Les cinq catégories de gaz comprimés

Les gaz comprimés sont généralement classés dans cinq catégories.

- *Gaz corrosifs :* gaz qui attaquent et endommagent les matériaux dont une partie disparaît par réaction chimique. Ce phénomène est généralement aggravé par la présence d'eau. Il est donc indispensable d'apporter le plus grand soin au choix des matériaux.
  - Exemples : chlorure d'hydrogène, sulfure d'hydrogène
- *Gaz inflammables :* gaz qui forment un mélange inflammable avec l'air dès que leur concentration atteint 12 %. Les variations de température, de pression et de concentration peuvent considérablement modifier le caractère inflammable du mélange.
  - Exemples : hydrogène, méthane
- *Gaz inertes :* gaz qui ne réagissent généralement pas avec des matériaux ordinaires aux températures et pressions courantes. *Généralement non corrosifs* et non toxiques. Sans danger sauf dans des espaces confinés. Le gaz peut chasser l'air, rendant alors la respiration difficile. Une aération et une ventilation suffisantes doivent être envisagées.
  - Exemples : hélium, argon
- *Gaz oxydants :* gaz non combustibles mais qui contribuent à la combustion (comburants).
  - Exemple : oxygène
- *Gaz toxiques :* gaz aux effets chimiques nocifs voire mortels pour les êtres humains.
  - Exemples : arsine, phosphine

Circuits d'oxygène

L'oxygène a des propriétés uniques et dangereuses. Sa manipulation, que ce soit à l'état liquide ou à l'état gazeux, est un domaine de spécialité. La conception et la sûreté des circuits d'oxygène incombent aux utilisateurs, lesquels devront recourir aux services de professionnels qualifiés pour établir le cahier des charges et mettre en place des procédures permettant d'exploiter le système en toute sécurité.



Pour plus d'informations, reportez-vous au bulletin technique de Swagelok sur la sécurité des systèmes sous oxygène (MS-06-13). www.swagelok.com/TFM

Gaz toxiques, inflammables, explosifs

Certains secteurs de l'industrie – chimie, semi-conducteurs, instruments d'analyse – utilisent régulièrement des gaz particulièrement dangereux. Les précautions énoncées plus haut concernant les gaz sous haute pression s'appliquent également à de tels systèmes.

Aux précautions mentionnées dans la section « Systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression » s'ajoutent ce qui suit :

- L'état de surface et le parfait ébavurage des tubes sont essentiels. Lors du montage, il convient de redoubler de prudence et de veiller à bien enfoncer le tube dans le corps du raccord avant de procéder au sertissage.
- Si des bonbonnes ou des bouteilles de gaz sont utilisées, elles doivent toujours être parfaitement attachées, que ce soit pendant leur utilisation, leur entreposage ou leur transport. La formidable énergie emmagasinée dans ces récipients a déjà causé des dégâts colossaux et de graves blessures dans de nombreux accidents, généralement provoqués par la chute ou le basculement du récipient et la rupture de la vanne de la bouteille.

Conduites de vapeur

La vapeur est l'un des fluides les plus érosifs. Une vapeur circulant à grande vitesse peut éroder très rapidement des métaux aussi durs que l'acier inoxydable. Une vapeur sèche et surchauffée est moins érosive qu'une vapeur humide (diphasique).

À moins que la chimie de l'eau ne soit soigneusement contrôlée, des inclusions corrosives s'ajoutent aux propriétés érosives de la vapeur, ce qui en fait alors un fluide difficile à manipuler.

Lorsque des raccords pour tubes Swagelok sont montés sur un circuit de vapeur, les précautions suivantes doivent être prises :

- Les matériaux doivent être choisis en fonction de la pression, de la température et des conditions environnementales. Les raccords et les tubes doivent avoir des propriétés thermiques compatibles.
- La vapeur doit être considérée comme un gaz lorsqu'il s'agit de déterminer l'épaisseur de la paroi des tubes.
- La présence de rayures ou de trous profonds sur la surface extérieure des tubes doit être évitée. Une fuite légère causée par ces défauts ne pourra que s'aggraver avec l'érosion provoquée par la vapeur.
- Si la température de la vapeur dépasse 204°C (400°F), penser à appliquer le lubrifiant haute température Silver Goop sur les filets de l'écrou du raccord.

Traçage

Le traçage est une méthode qui consiste à réchauffer ou refroidir les lignes ou les équipements d'un process, pour en élever, abaisser ou maintenir la température. Les raccords Swagelok sont souvent utilisés pour raccorder les tubes de traçage à la vapeur, afin d'éviter un bouchage dû à la congélation par temps froid. Certains fluides caloporteurs autres que la vapeur, tels que le Therminol® ou le Dowtherm®, sont également utilisés. Le traçage peut également être appliqué aux conduites et aux équipements contenant des matières susceptibles de se solidifier ou de devenir extrêmement visqueuses, même en période estivale.

Cette méthode n'est pas traitée en détail dans la mesure où le degré de traçage nécessaire varie selon l'application. Une analyse technique est recommandée concernant les besoins de traçage des fluides visqueux. La nécessité d'un traçage et les méthodes utilisées dans un endroit particulier sont généralement déterminées par la rudesse des hivers à cet endroit. Le cahier des charges est également influencé par les préférences et les pratiques propres à chaque usine. Les méthodes suggérées dans le présent manuel le sont uniquement à titre d'information.

Les lignes et les équipements d'un process peuvent être protégés contre le gel en utilisant des tubes comme lignes de traçage. Les dimensions courantes des tubes en cuivre utilisés comme lignes de traçage sont les suivantes :

- Diam. ext. de 1/4 po × paroi d'épaisseur 0,035 po
- Diam. ext. de 3/8 po × paroi d'épaisseur 0,049 po
- Diam. ext. de 1/2 po × paroi d'épaisseur 0,065 po

Les tubes à paroi épaisse sont privilégiés car une paroi plus épaisse donne de meilleurs résultats pendant les périodes de refroidissement de la vapeur et réagit mieux aux variations cycliques de température. C'est au cours de ces périodes qu'une paroi mince tend à vouloir s'écarter du raccord en se contractant. Lorsque cela produit, la moindre rayure devient un point de fuite potentiel. Les tubes doivent être entièrement recuits.

Installation de traceurs sur des lignes de process

Position des traceurs horizontaux : plusieurs techniques ont été mises au point pour positionner les lignes de traçage de manière à obtenir le meilleur transfert de chaleur possible. Lorsqu'une ligne de process est inclinée, l'alimentation en vapeur des traceurs doit toujours se faire par le haut pour éviter un retour des condensats. En règle générale, les petits traceurs ne doivent pas dépasser 18 m (60 pieds) de longueur et la limite pour toutes les autres dimension est d'environ 46 m (150 pieds).

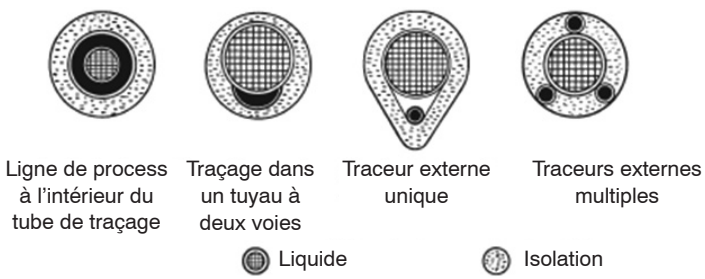


Figure 4-3 Emplacement des traceurs sur des lignes horizontales ou inclinées.

Installation de traceurs sur des lignes verticales

Position des traceurs verticaux : un traceur unique installé sur une ligne de process verticale ou presque peut être enroulé autour de la conduite en formant une hélice. Plusieurs traceurs installés sur des lignes verticales doivent être espacés régulièrement pour obtenir le transfert de chaleur le plus efficace.

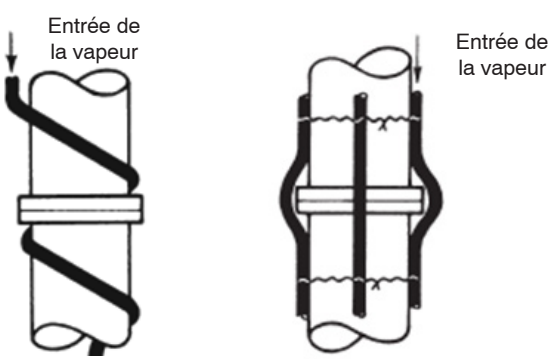


Figure 4-4 *À gauche :* traceur unique monté en hélice.
À droite : traceurs multiples régulièrement espacés.

Les traceurs montés en hélice sur des lignes verticales ne nécessitent pas de fixations supplémentaires.

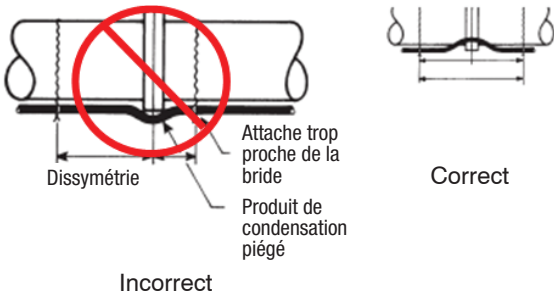


Figure 4-5 *À gauche :* vue de côté. *À droite :* vue de dessus.

Installation de traceurs sur des lignes horizontales

Sur des lignes horizontales :

- Des lignes de traçage de diamètre extérieur 6 mm (1/4 po) doivent être attachées tous les 45 cm (1 1/2 ft).
- Des lignes de traçage de diamètre extérieur 12 mm (1/2 po) doivent être attachées tous les 60 cm (2 ft).

Les attaches doivent être régulièrement espacées de part et d'autre des brides. La ligne de traçage doit être courbée suffisamment pour contourner la bride tout en restant dans un plan horizontal. La boucle ne doit ni monter, ni descendre.

Le tableau ci-dessous contient des suggestions concernant les dimensions des traceurs et leur nombre pour des lignes de process de différents diamètres.

Dimension de la conduite du process	Dimension du traceur[2]	Nombre de traceurs[2]	Longueur max. du traceur	Distance max. entre les purgeurs de vapeur[1]
≤ 1½ po	Tube en cuivre ¼ ⌇ 0,035 po ou ⅜ ⌇ 0,049 po	1	60 ft	60 ft
2 po et 2½ po	Tube en cuivre, paroi 0,065 po, DE ½ po	1	150 ft	150 ft
3 po à 4 po	Tube en cuivre, paroi 0,065 po, DE ½ po	2	150 ft	150 ft
6 po et 8 po	Tube en cuivre, paroi 0,065 po, DE ½ po	3	150 ft	150 ft
10 po et 12 po	Tube en cuivre, paroi 0,065 po, DE ½ po	4	150 ft	150 ft

Dimension de la conduite du process	Dimension du traceur[2]	Nombre de traceurs[2]	Longueur max. du traceur	Distance max. entre les purgeurs de vapeur[1]
≤ 40 mm	Tube en cuivre 6 × 0,80 mm, 8 × 0,90 mm ou 10 × 0,90 mm	1	18 m	18 m
50 mm et 65 mm	Tube en cuivre 12 × 1,20 mm	1	45 m	45 m
80 mm à 100 mm	Tube en cuivre 12 × 1,20 mm	2	45 m	45 m
150 mm et 200 mm	Tube en cuivre 12 × 1,20 mm	3	45 m	45 m
250 mm et 300 mm	Tube en cuivre 12 × 1,20 mm	4	45 m	45 m

1. Utiliser un purgeur de vapeur pour chaque ligne de traçage. Ne jamais raccorder plusieurs lignes de traçage à un même purgeur par l'intermédiaire d'un manifold.
2. Ou selon les besoins.

Fixation d'un traceur sur des lignes de process

Une ligne de traçage simple peut être fixée sur la conduite au moyen de fils ou de bandes métalliques ou de ruban adhésif. Assurez-vous de la compatibilité galvanique des fils ou des bandes métalliques avec la conduite et les tubes des traceurs. Le ruban adhésif utilisé avec des tubes et des tuyaux en acier inoxydable ne doit pas contenir d'ions chlorures ou halogénures, car l'action corrosive de ces ions peut entraîner des défaillances du traceur ou de la conduite. Plusieurs fabricants proposent des rubans adhésifs renforcés de fibres de verre, qui ne contiennent pas ces substances corrosives et qui peuvent être utilisés à des températures allant jusqu'à 260°C (500°F).

Des précautions doivent être prises avec certains fluides de process circulant dans des tuyaux en acier inoxydable, afin de s'assurer que la surchauffe locale au point de contact entre le traceur et la surface extérieure du tuyau ne provoque pas une corrosion accélérée de sa surface intérieure. Une telle action peut être évitée en plaçant une couche d'isolant entre le tuyau et le tube de traçage. Pour plus de détails, consultez les données sur le process.

Traceurs multiples

Lorsque plusieurs lignes de traçage sont utilisées, chacune d'elles doit être attachée séparément sur la ligne de process. Cela permet d'éviter que les lignes de traçage ne glissent vers le bas de la ligne de process.

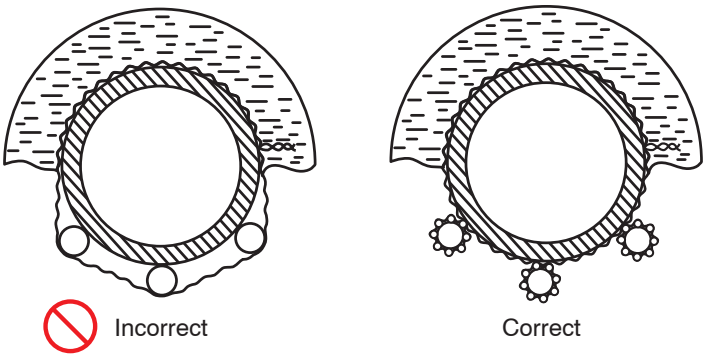


Figure 4-6 Fixation de plusieurs traceurs sur une ligne de process.

Dilatation : les tubes de traçage se dilatent lorsque la température augmente. La tuyauterie du process se dilate également sous l'action de la chaleur transférée par les lignes de traçage. L'allongement qui en résulte n'est généralement pas le même pour les tubes du traceur et pour la ligne de process, du fait que les deux matériaux ont des coefficients de dilatation différents et à cause de la différence de température entre le traceur et la ligne de process. Il faut donc prévoir un « mou » suffisant dans les lignes de traçage et au niveau des lyres de dilatation pour éviter que les tubes du traceur ne s'étirent ou ne vrillent.

Avant de choisir une méthode de traçage

Réfléchir à ce qui suit :

La capacité d'un dispositif de traçage doit être correspondre parfaitement aux besoins du système sur lequel il est installé. Voici quelques points importants à prendre en considération :

- Des précautions extrêmes doivent être prises dans les installations comportant des coudes délicats ou des manifolds complexes.
- Le choix des techniques de traçage pourra être limité par les conditions de température, en particulier lorsque des températures élevées sont nécessaires ou lorsque les températures doivent être maintenues dans un intervalle précis.
- La longueur et le diamètre de la tuyauterie du process à réchauffer/refroidir donne une indication du volume de liquide qui doit être maintenu à une certaine température. Ces dimensions doivent donc être mesurées avec précision afin de pouvoir dimensionner au mieux le système de traçage.
- Les pertes de chaleur dépendent dans une large mesure de l'emplacement de la tuyauterie à réchauffer/refroidir. Par exemple, différentes méthodes de traçage devront être utilisées pour des installations identiques, si l'une se trouve en plein air dans un environnement froid et l'autre en intérieur.

Un autre facteur important pour estimer les pertes de chaleur est le type et l'épaisseur de l'isolant qui recouvre les lignes de process et de traçage.

- Le choix des techniques de traçage est limité si l'installation est une tuyauterie de process existante qu'il est impossible de déplacer ou de démonter. Le problème se pose rarement avec des installations nouvelles.
- Certaines méthodes de traçage seront exclues si des points chauds à la surface du tuyau à réchauffer sont incompatibles avec le process (risques pour la sécurité, par exemple). Une installation spéciale pourra alors s'avérer nécessaire.
- La source de chaleur du système de traçage doit être constante. La vapeur, par exemple, doit rester disponible, même pendant les périodes d'arrêt.

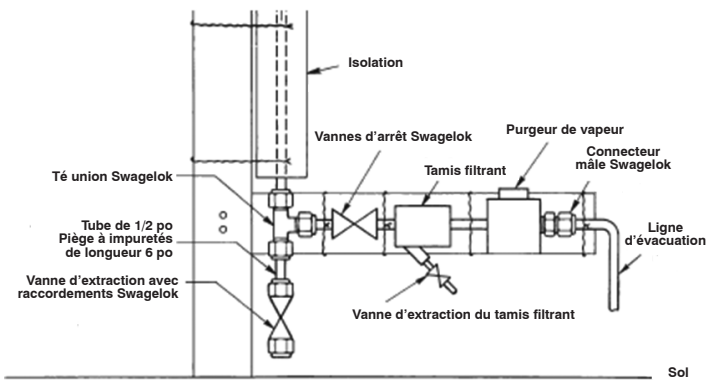


Figure 4-7 Installation correcte du système de purge.

Installation des purgeurs de vapeur

L'efficacité des systèmes de traçage dépend de la bonne installation des purgeurs de vapeur. Nous vous conseillons d'observer les règles suivantes :

- Isoler la ligne de vapeur du traceur sur 60 cm (2 pieds) linéaires en partant de l'entrée du purgeur.
- Toujours monter un tamis filtrant avant le purgeur pour protéger la surface du siège.
- Installer un tronçon de tube de diamètre 1/2 po sur une longueur de 15 cm (6 po) avant le purgeur pour retenir les impuretés. L'accumulation des impuretés/contaminations volumineuses dans ce tube permettra d'augmenter la durée de vie du purgeur.
- Installer le purgeur de vapeur, les vannes de contrôle et le tamis filtrant aussi près du sol que possible.
- Utiliser un tube de DE 1/2 po pour la ligne d'évacuation. Cette ligne doit être aussi courte que possible et déboucher dans un collecteur de recyclage des condensats. Veiller à ce que la ligne d'évacuation ne soit pas un danger pour la sécurité.

- Prévoir des supports suffisants pour attacher la partie horizontale de la ligne d'évacuation et les accessoires.
- La figure sur l'installation des purgeurs montre un exemple de disposition des composants.

Consignes de démarrage du système

Test de fuite

Toutes les nouvelles lignes d'un traceur doivent être pressurisées avec de l'air et contrôlées pour vérifier l'absence de fuites au moyen des détecteurs SNOOP® ou REAL COOL SNOOP®. Une fois toutes les réparations nécessaires effectuées, le système est prêt pour être démarré.

Pour plus d'informations sur les produits d'étanchéité, reportez-vous au catalogue Swagelok intitulé Détecteurs de fuites, lubrifiants et produits d'étanchéité (MS-01-91). www.swagelok.com/TFM



Figure 4-8 Liquides détecteurs de fuites Snoop.

Raccords pour tubes

Il est conseillé d'utiliser des raccords pour tubes Swagelok en laiton avec des lignes de traçage en cuivre (température de la vapeur jusqu'à 204°C [400°F]), car ils permettent de réaliser facilement des raccordements fiables et étanches. Dans de nombreux cas, des lignes de traçage en acier inoxydable seront nécessaires à cause de l'environnement extérieur.

Chaque raccord pour tubes étant un raccord union, l'isolant ne doit pas recouvrir les raccords Swagelok pour faciliter l'entretien. L'accès aux raccords permet de remplacer facilement des tronçons de tube corrodés ou endommagés.

Dans la mesure du possible, placer les raccords pour tubes Swagelok au niveau des brides de la tuyauterie du process ou dans d'autres parties non isolées.

Lorsqu'un raccord pour tubes Swagelok doit être utilisé dans une partie isolée, prévoir une petite ouverture dans l'isolant pour l'accessibilité, comme le montre la figure ci-dessous.

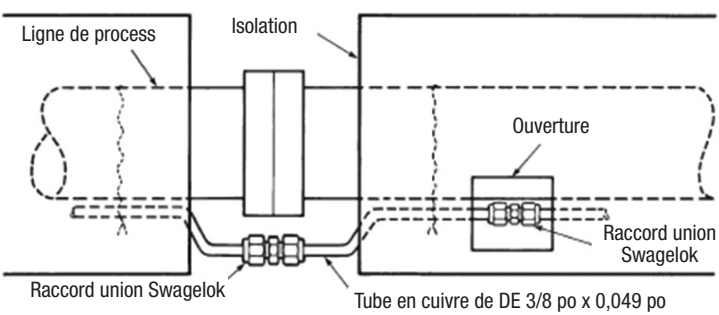


Figure 4-9 Ouverture pratiquée dans l'isolant pour le raccord.

Installation d'un traceur sur un équipement du process

Il existe deux méthodes pour installer des traceurs sur des équipements aux formes irrégulières, tels que des vannes, des pompes ou des instruments. Les deux méthodes sont les suivantes :

1. Montage en hélice
2. Montage à plat

1. **Montage en hélice**
   Si le tube du traceur est monté en hélice, les spires doivent être espacées d'environ 15 cm (6 po). Utiliser des raccords unions Swagelok pour pouvoir ôter l'équipement sans avoir à dérouler la ligne de traçage.

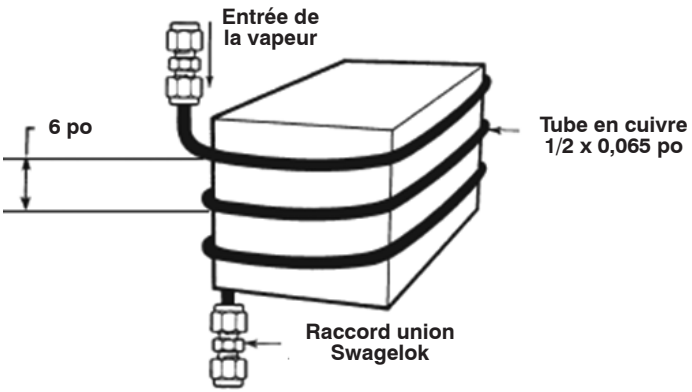


Figure 4-10 Traceur monté en hélice autour d'un équipement du process de forme irrégulière.

Lorsque l'équipement doit être fréquemment déposé pour entretien, la méthode des boucles illustrée ci-dessous est recommandée.

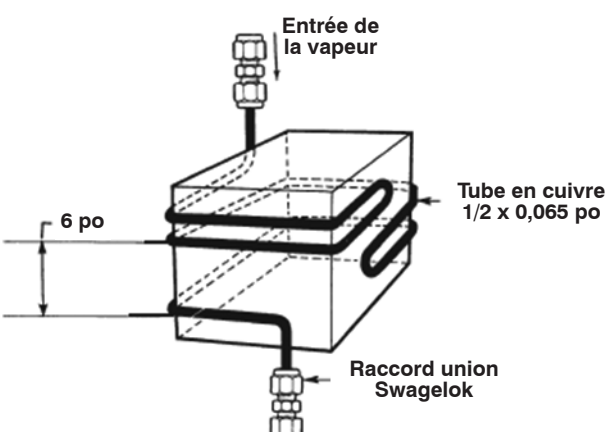


Figure 4-11 Traceur formant des boucles monté sur la surface d'un équipement du process pour en faciliter la dépose.

2. Montage à plat

Sur des surfaces planes ou irrégulières, le diamètre extérieur des tubes du traceur doit être de 1/4 po. Les tubes doivent être cintrés pour former un réseau épousant de la forme de la surface. Les tronçons droits doivent être espacés de 15 cm (6 po), comme le montre la figure ci-dessous.

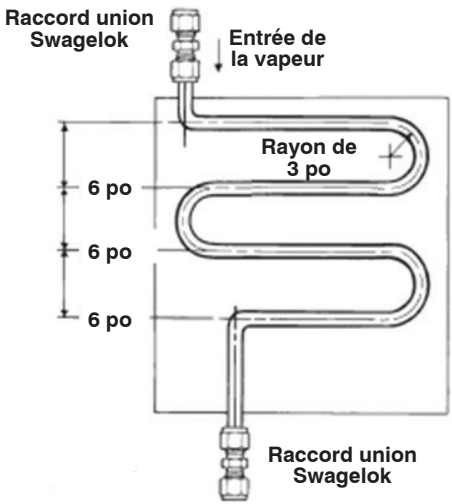


Figure 4-12 Montage à plat.

Fluides caloporteurs

Il est facile de se procurer des fluides caloporteurs dans le commerce. Ces fluides à l'état liquide ou gazeux couvrent un large intervalle de températures allant jusqu'à près de 399°C (750°F).

Un des principaux avantages de ces fluides est qu'ils évitent de devoir nécessairement utiliser des équipements à haute pression, des purgeurs de vapeur et des équipements de conditionnement de l'eau. Ainsi, un système à haute température n'a pas besoin de fonctionner à des pressions aussi élevées que celle d'un système de traçage à la vapeur.

Il est généralement difficile d'obtenir des joints étanches aux fluides caloporteurs. Il faut être prudent lorsque des raccords sont utilisés dans de tels systèmes. En particulier, l'épaisseur de la paroi des tubes doit être choisie en respectant les recommandations relatives à la pression des gaz, mentionnées précédemment dans ce chapitre.

Lorsque vous sélectionnez des matériaux pour des systèmes de transfert de chaleur, suivez les recommandations du fabricant du fluide caloporteur.

Systèmes ultrapropres

La haute technologie d'aujourd'hui exige des systèmes toujours plus propres. Les raccords pour tubes Swagelok standard sont soigneusement dégraissés. Toutefois, pour certaines applications électroniques ou aéronautiques et certains systèmes utilisant des gaz de très haute pureté, un nettoyage spécial peut s'avérer nécessaire. Différentes méthodes peuvent être utilisées en fonction du cahier des charges du système et des matériaux des raccords. Les raccords Swagelok spécialement nettoyés sont emballés individuellement dans des sacs en plastique scellés. Pour plus de détails, contactez votre distributeur agréé Swagelok. Si des raccords Swagelok doivent subir un nettoyage spécial sur le terrain, nous recommandons ce qui suit :

- Tout nettoyage de l'écrou ou de la bague arrière doit être évité car seuls le corps et la bague avant sont en contact avec le fluide.
- Une usure par frottements et des fuites peuvent éventuellement se produire lorsque des pièces parfaitement sèches sont assemblées en subissant les forces nécessaires pour assurer l'étanchéité du raccord. Il convient donc d'utiliser des bagues avant Swagelok argentées et spécialement nettoyées, ou d'appliquer un produit anti-frottements compatible avec le système.

Systèmes sous vide

Les raccords pour tubes Swagelok sont largement utilisés dans des applications industrielles sous vide. Un montage dans lequel le déplacement du tube est exclusivement axial, sans aucune torsion, ni aucun mouvement de rotation – ce qui est le cas avec les raccords pour tubes Swagelok – trouve tout son sens dans des systèmes sous vide.

Toute rayure sur les surfaces d'étanchéité peut empêcher la formation d'un joint étanche à l'hélium. Lors de la formation et de la reformation des joints dans les raccords pour tubes Swagelok, le mouvement axial amène les surfaces d'étanchéité l'une contre l'autre sans les rayer, ce qui qui permet de créer des joints étanches à l'hélium plusieurs fois. Un soin extrême doit être apporté à la manipulation des tubes destinés à un usage sous vide pour garantir le bon fonctionnement de votre système. Des rayures sur la surface des tubes peuvent causer des problèmes.

Dans un système sous vide, la propreté est absolument essentielle. Tous les tubes utilisés doivent être dégraissés, puis parfaitement séchés. Si cela n'est pas fait, des huiles et de l'humidité peuvent se vaporiser lorsque la pression est réduite. Il semble alors que le système fuit alors qu'il est étanche. Les raccords pour tubes destinés à une application sous vide doivent aussi subir un nettoyage spécial.

Avec de l'acier inoxydable ou d'autres alliages spéciaux qui ont tendance à s'user par frottements, nous recommandons de ne dégraisser que le corps et la bague avant, car ce sont les seuls éléments qui se trouvent à l'intérieur du système. L'écrou et la bague arrière sont situés en dehors du système étanche. Les lubrifiants spéciaux qui ont été appliqués pour éviter l'usure par frottements ne doivent donc pas être retirés.

Swagelok peut fournir des raccords pour tubes spécialement nettoyés. Les raccords fabriqués en acier inoxydable et dans d'autres alliages spéciaux contiennent une bague avant argentée et spécialement nettoyée pour éviter l'usure par frottements des pièces spécialement nettoyées. Les raccords pour tubes Swagelok en métal avec bagues en PTFE permettent aussi de réaliser facilement et rapidement des raccordements sous vide dans des applications industrielles. Il faut toutefois tenir compte du fluage et des dégagements gazeux du PTFE et de la capacité de maintien très inférieure des bagues en PTFE.

Parce la qualité du joint formé par un raccord comme le raccord pour tubes Swagelok dépend en partie de la finition de la surface extérieure des tubes, nous estimons que pour un vide très poussé ou un ultravide (en dessous de 10^{-6} torr), la solution la plus fiable est un système entièrement soudé. Les raccords pour tubes ou les raccords à souder Swagelok (voir chapitre 6) ont été utilisés dans beaucoup de ces systèmes. Lorsque des systèmes nécessitent d'être arrêtés pour des opérations de nettoyage ou de maintenance, nous conseillons d'utiliser des raccords VCO® ou VCR® (voir chapitre 6).

Les raccords pour le vide ultra-torr de Swagelok sont parfaits pour réaliser rapidement des joints hermétiques faciles à défaire, par exemple, pour raccorder des détecteurs de fuite d'hélium ou des tubes métalliques à des tubes en verre. En résumé, les raccords pour tubes Swagelok, mais aussi d'autres raccords Swagelok comme les VCO, VCR, etc., peuvent être utilisés dans des systèmes sous vide. Les raccords qui contiennent des élastomères ou des matières plastiques doivent être utilisés avec précautions, en particulier si le système sous vide est susceptible d'atteindre des températures d'étuvage. Dans des applications d'étuvage, les métaux ne doivent être mélangés lorsque la température du système doit augmenter, à moins que les coefficients de dilatation des différents métaux n'aient été pris en compte.

Par exemple :

Supposons qu'un raccord en acier inoxydable 316 (coefficient de dilatation de 11×10^{-6}/po/po/°F) a été monté sur un tube en alliage 400 (coefficient de dilatation de $7{,}8 \times 10^{-6}$/po/po/°F).

Lorsque la température augmente, le raccord en acier inoxydable se dilate plus que le tube. Le raccord perd de sa capacité de maintien à cause d'une propriété du matériau (dilatation) et des variations de température.

En revanche, si un raccord en alliage 400 est monté sur un tube en acier inoxydable, le joint devient plus ajusté lorsque la température augmente. Cependant, le tube, qui se dilate plus que le raccord, peut céder et provoquer une fuite lorsque la température retrouve des valeurs plus basses. Mélanger des matériaux n'est pas recommandé (c.-à-d., utiliser des matériaux différents pour les tubes et pour les raccords) à moins d'effectuer une étude technique des variations de température.

Pour votre information, le tableau ci-dessous indique les coefficients de dilatation des matériaux couramment utilisés pour fabriquer des raccords pour tubes.

Matériau	Coefficient de dilatation po/po/°F
Acier inoxydable (304 et 316)	$8{,}5 \times 10^{-6}$
Alliage 400	$7{,}7 \times 10^{-6}$
Laiton	$9{,}3 \times 10^{-6}$
Aluminium	$12{,}1 \times 10^{-6}$
Acier au carbone	$7{,}0 \times 10^{-6}$
Cuivre	$9{,}3 \times 10^{-6}$

Température nominale : la température nominale d'exploitation dépend de l'application et des méthodes de montage, de la durée de vie nécessaire et d'autres variables. Pour plus d'informations, contactez votre distributeur agréé Swagelok. Pour créer un joint étanche avec un raccord fileté dans un système sous vide, appliquer du ruban de PTFE Swagelok sur les filets. Dans un système sous vide, nous conseillons d'utiliser le lubrifiant VAC-GOOP sur les boulons et les surfaces dont on souhaite éviter l'usure par frottement.

Vibrations

Certains systèmes comme les circuits des compresseurs ou des pompes ont souvent un cahier des charges très strict en ce qui concerne la résistance des raccords aux vibrations. Des raccords bien conçus comme les raccords pour tubes Swagelok disposent d'une protection intégrée contre les vibrations.

Dans des applications caractérisées par de fortes vibrations, la meilleure protection consiste à faire en sorte que le tube soit bien tenu à proximité du raccord. Le fait de limiter l'amplitude des vibrations augmente la durée de vie du raccord. Dans de telles applications, il est particulièrement important de bien respecter les consignes de montage des raccords. Il faudra faire particulièrement attention à bien enfoncer le tube jusqu'au fond du raccord. Si le tube est complètement enfoncé, son diamètre extérieur augmente à l'avant des bagues pendant le sertissage, ce qui rend l'assemblage plus rigide. Nous avons effectué de nombreux tests sur des raccords soumis à des vibrations, en particulier sur des raccords en acier inoxydable. Les résultats de ces tests sont résumés dans nos rapports d'essais des produits (PTR).

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants : PTR-976 et PTR-3222. www.swagelok.com/TFM

Se reporter au chapitre 3 pour plus de détails sur les supports de tubes.

Démontage et remontage des raccords

L'une des principales qualités qui distinguent un raccord pour tubes bien conçu d'un raccord ordinaire est la capacité du raccord à pouvoir être démonté et remonté fréquemment sans perdre de son étanchéité. Dans des systèmes d'instrumentation ou des expériences de laboratoire temporaires, qui nécessitent un nettoyage et un entretien constants, le prix d'un tel raccord est souvent largement compensé par les économies qu'il permet de réaliser.

Les raccords pour tubes Swagelok construisent leur réputation depuis 1947 grâce à leur capacité à conserver toute leur étanchéité avec des fluides difficiles à contenir, même après avoir subi plusieurs démontages et remontages. Les programmes de tests de Swagelok sont décrits dans le chapitre 7.

Comme dans toute application, c'est souvent l'installation d'origine qui déterminera le nombre de démontages/remontages qu'un raccord peut subir tout en restant étanche. Les tests de Swagelok indiquent qu'il n'est pas inhabituel de pouvoir démonter puis remonter un raccord jusqu'à 25 fois si l'on procède avec soin, même si des clients nous rapportent régulièrement qu'ils dépassent largement 25 démontage/remontages.

L'effet compensateur des bagues Swagelok prolonge la durée d'utilisation des raccords dans les situations où ceux-ci doivent être démontés/remontés plusieurs fois.

Impulsions/Chocs

De nombreux facteurs peuvent engendrer des **impulsions** ou fluctuations de la pression, mais la cause principale reste l'ouverture rapide de vannes dans des systèmes hydrauliques. Ce phénomène entraîne des contraintes considérables dans un système à tubes. Les deux bagues des raccords Swagelok absorbent ces contraintes, ce qui permet d'utiliser un raccord Swagelok standard dans ce type de situation. Des supports de tubes appropriés et placés le plus près possible des raccords permettront de prolonger la durée de vie des raccordements. L'assemblage correct des tubes et du raccord est un facteur essentiel. L'épaisseur de la paroi des tubes (dans les limites indiquées dans le chapitre 9) doit faire l'objet d'un examen attentif et un coefficient de sécurité supplémentaire doit être envisagé en présence de fortes impulsions. Les tests d'impulsion de Swagelok sont décrits dans le chapitre 7.

> On peut citer par exemple les variations très brusques de la pression provoquées par une vanne à fermeture rapide.

Les **chocs** peuvent prendre de nombreuses formes dans les systèmes à tubes. Normalement, toute contrainte soudaine et violente, susceptible d'affecter un système à tubes, est considérée comme un choc.

> On peut citer par exemple le choc que doit absorber un composant se trouvant température ambiante et qui est immergé rapidement dans de l'azote liquide. On peut également citer les secousses soudaines

ressenties à proximité d'un marteau de forge ou de tout autre équipement lourd susceptible de provoquer des chocs soudains mais de courte durée.

Les variations cycliques de la température, en particulier les variations très rapides, sont une autre forme de choc.

Utilisation de tubes et de raccords à des températures élevées

Dans ce contexte, une température est considérée comme élevée lorsqu'elle dépasse 40°C (100 °F). Différents facteurs doivent être pris en compte lorsque des tubes et des raccords sont utilisés à des températures élevées.

Matériaux

Le premier point à examiner est le matériau qui permettra aux tubes et aux raccords de résister à des températures élevées ainsi qu'aux variations dans la plage des températures de service sur une période prolongée. Les limites en température de la plupart des matériaux dans lesquels sont fabriqués les tubes et les raccords sont répertoriées dans les codes de l'ANSI relatifs à la tuyauterie, et incluent des conditions spécifiques concernant les matériaux des tubes et les procédés de fabrication.

Ce tableau donne les températures maximales pour les matériaux indiqués.

Aluminium	400°F	204°C
Cuivre	400°F	204°C
Acier	375°F	191°C
Acier inoxydable 304 et 316	1000°F	538°C
Acier inoxydable 316 *	1200°F	649°C
Alliage 400	800°F	427°C

Températures maximales selon le matériau

***** L'acier inoxydable 316-ELT répond aux exigences de la norme ASME B31.1 pour une utilisation jusqu'à 649°C (1200°F).

Résistance à la traction

Le deuxième facteur à prendre en compte est le fait que la résistance à la traction d'un métal diminue lorsque la température augmente. Ainsi, la pression de service admissible d'un tube est inférieure à des températures *élevées* par rapport à sa valeur à température ambiante.

Ce tableau indique les coefficients qui servent à déterminer la pression nominale d'un tube à des températures *élevées*. Multipliez la pression nominale par le coefficient correspondant à la température de service.

°F	Aluminium	Cuivre	Acier	Acier inoxydable 304	Acier inoxydable 316	Alliage 400
200	1,00	0,80	0,95	1,00	1,00	0,88
400	0,40	0,50	0,86*	0,93	0,96	0,79
600				0,82	0,85	0,79
800				0,76	0,79	0,76
1000				0,69	0,76	
1200				0,30	0,37	
1400						

* Basé sur une température maximale de 190°C (375°F)

Coefficients pour déterminer la pression nominale des tubes

Épaisseur de paroi

Enfin, lorsque la température augmente, certains fluides normalement liquides peuvent se transformer en gaz. Dans de telles applications, il est important d'utiliser des tubes dont l'épaisseur de paroi est supérieure aux valeurs minimales recommandées pour un usage avec des gaz, qui figurent aux pages 19 et 213.

Applications cryogéniques

Dans ce contexte, une température sensiblement inférieure à la température ambiante est considérée comme cryogénique. Comme pour les températures élevées, les caractéristiques du matériau sont le premier point essentiel dont il faut tenir compte.

Matière plastiques

En général, les matières plastiques et les élastomères ne sont pas adaptés aux applications cryogéniques. Les coefficients de dilatation des matières plastiques sont très supérieurs à ceux des métaux. Par conséquent, des composants en plastique utilisés comme éléments d'étanchéité à température ambiante vont se contracter sensiblement à basse température, ce qui provoquera des fuites. Beaucoup de matières plastiques sont également plus ou moins poreuses et peuvent donc absorber de l'eau. En gelant à basse température, cette eau va rendre cassant le matériau du tube ou du raccord. Les fabricants de matières plastiques doivent être consultés avant d'utiliser de telles matières dans une application cryogénique.

Élastomères

La plupart des élastomères durcissent à basse température et peuvent se fissurer. Ces matériaux doivent donc être choisis avec soin lorsqu'ils vont être utilisés à basse température. Les coefficients de dilatation des élastomères sont également très supérieurs à ceux des métaux. Utilisés comme éléments d'étanchéité à température ambiante, ils vont se contracter sensiblement à basse température. Cette contraction peut entraîner des fuites.

Métaux

Les matériaux couramment utilisés dans les circuits de tuyauteries cryogéniques sont l'aluminium et l'acier inoxydable austénitique. L'alliage 600, l'alliage 400 et le titane sont parfois choisis pour certaines applications. Il est particulièrement important que les tubes et les raccords soient fabriqués dans le même alliage, de manière à ce qu'ils aient le même coefficient de dilatation. L'épaisseur de paroi des tubes doit être supérieure ou égale aux valeurs minimales préconisées pour une utilisation avec des gaz, qui figurent plus haut dans ce chapitre. Nous rappelons que cette épaisseur minimale doit être respectée même si le fluide du système est un liquide cryogénique. Si, à un moment donné, le système est ramené à température ambiante, le liquide se transforme alors en gaz.

Chapitre 5

Dépannage

Table des matières

Introduction 150
Dépannage 150

Introduction

Cette section est conçue comme un guide qui vous aidera à monter des raccords dans les meilleures conditions. Les informations présentées ici ne sont exhaustives. Si vous rencontrez un problème qui ne figure pas dans cette section, adressez-vous à votre point de vente et centre de services agréé Swagelok.

Pour localiser votre point de vente et centre de services agréé Swagelok www.swagelok.com/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Dépannage

Problèmes	Causes possibles	Solutions recommandées
1. Le tube ne rentre pas dans le raccord.	Présence de bavures sur le tube suite à une opération de coupe.	Ébavurer le tube. Utiliser l'outil d'ébavurage du bord extérieur.
	Tube aplati à cause d'une force trop importante exercée avec la scie à métaux ou de l'utilisation d'un scie émoussée.	Prendre des précautions pour couper des tubes fabriqués dans un matériau doux avec une scie à métaux.
	Tube ovalisé suite à un cintrage.	Les raccords pour tubes Swagelok sont fabriqués avec des tolérances qui leur permettent d'accueillir des tubes conformes aux tolérances sur le diamètre extérieur en usage dans l'industrie. Si le tube a été trop déformé par un mauvais cintrage, il ne rentrera pas dans le raccord. Prendre des précautions lorsqu'un cintrage est réalisé près de l'extrémité d'un tube.
	La dimension du tube n'est pas adaptée à celle du raccord. Cela se produit rarement, mais il se peut qu'un tube de 3/8 po soit utilisé par erreur avec un raccord de 5/16 po.	Veiller à utiliser le raccord adapté au diamètre de chaque tube. Vérifier le diamètre extérieur du tube. Déterminer s'il s'agit de dimensions fractionnaires ou métriques.
	Les tubes sont surdimensionnés. Il est possible que les dimensions des tubes excèdent les tolérances autorisées en raison d'une mauvaise qualité.	Acheter des tubes de bonne qualité. Pour les raccords de dimension 1/16 ou 1/8 po, la tolérance sur le diamètre extérieur du tube doit être de ±0,003 po.
	Extrémité du tube tordue à cause d'une roulette de coupe-tube émoussée.	Remplacer la roulette du coupe-tube par une roulette bien aiguisée ou utiliser une scie à métaux de bonne qualité pour couper les tubes. Utiliser l'outil d'ébavurage du bord extérieur.

Problèmes	Causes possibles	Solutions recommandées
2. Impossible de serrer correctement le raccord en effectuant le nombre de tours préconisé.	Cela peut se produire avec des tubes fabriqués dans des aciers ou des aciers inoxydables trop durs, qui ne sont pas prévus pour être utilisés dans des systèmes fluides.	Acheter des tubes en acier ou en acier inoxydable entièrement recuits pour circuits hydrauliques ou circuits de pression, de la dureté recommandée.
	Échange de composants avec ceux d'autres fabricants.	Utiliser uniquement des raccords pour tubes Swagelok, NE PAS ÉCHANGER DES COMPOSANTS.
	Les composants ont été nettoyés, ce qui a ôté le lubrifiant d'origine.	Ne jamais ôter le lubrifiant de l'écrou. Si un nettoyage spécial est nécessaire, nettoyer uniquement le corps et la bague avant. Dans les raccords en acier inoxydable ou en alliages spéciaux, utiliser des bagues avant argentées et spécialement nettoyées.
	Présence d'impuretés ou d'autres contaminants sur les filets.	Protéger l'ensemble des filetages et des surfaces d'étanchéité de toute contamination.
	La paroi du tube est trop épaisse.	Utiliser des tubes de l'épaisseur de paroi recommandée.
	Filets usés au niveau du corps ou de l'écrou.	Remplacer le raccord complet.
3. Fuite au niveau d'un raccord fileté.	Raccords insuffisamment serrés, mauvais contact entre les filets.	Serrer les raccords.
	Pour être étanches, les raccords filetés requièrent l'utilisation d'un produit d'étanchéité.	Du ruban de PTFE Swagelok doit être appliqué sur tous les raccordements filetés pour assurer l'étanchéité du raccord. Le produit anaérobie avec PTFE SWAK est également un excellent produit d'étanchéité pour filetage.
	Filets endommagés par le frottement entre les matériaux pendant le montage.	Des produits d'étanchéité de qualité comme le ruban de PTFE ou le produit SWAK de Swagelok aident aussi à éviter l'usure par frottements des filets. Jeter les composants dont les filets sont usés.
	Mauvaise qualité du filetage, soit sur la partie mâle, soit sur la partie femelle.	Utiliser des raccords filetés de qualité, tels que les raccords Swagelok. Ces filetages sont réalisés avec précision, mais cela ne suffit pas pour former un raccordement étanche avec un autre équipement. Utiliser un bon produit d'étanchéité.

Problèmes	Causes possibles	Solutions recommandées
4. Fuite au niveau d'un joint évasé.	Évasement de mauvaise qualité. Évasement fissuré ou fendu.	Utiliser des raccords pour tubes Swagelok.
5. Le tube fuit au niveau du raccord après l'installation initiale.	Les raccords utilisés ne sont pas des raccords pour tubes Swagelok. Les raccords n'ont pas été correctement serrés.	Utiliser des raccords pour tubes Swagelok. Observer les consignes de montage. Contrôler la dureté et l'usure du tube. Utiliser des tubes recuits de bonne qualité. Vérifier que le tube est suffisamment serré à l'aide d'un calibre de contrôle Swagelok.
	Le tube n'a pas été enfoncé à fond dans le corps du raccord.	Couper puis remplacer les bagues. Introduire le tube jusqu'au fond du corps du raccord.
	Le tube présente des rayures longitudinales profondes, des entailles ou d'autres défauts.	Manipuler les tubes avec soin. Remplacer le tube ou couper la partie endommagée, puis remonter le raccord.
	Lors du montage, on a serré le corps du raccord sur l'écrou, et non pas l'inverse, ce qui a provoqué une usure par frottements du siège et/ou de la bague avant.	Toujours serrer l'écrou en maintenant le corps immobile pour monter un raccord.
	Le raccord n'a pas été serré conformément aux instructions en raison de son emplacement peu accessible.	Présertir ou utiliser l'unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU), puis serrer de 1/2 tour. Voir les instructions relatives au présertissage et à l'utilisation de l'unité de sertissage hydraulique au chapitre 3.
	Le raccord a été utilisé comme un étau ou une pièce d'ancrage pour cintrer un tube à la main.	Remplacer le tube. Ne jamais se servir du raccord comme d'un dispositif de fixation pour cintrer un tube. Cela a pour effet de déformer le tube à l'intérieur du raccord et de l'éloigner des surfaces d'étanchéité.
	Échange de composants avec ceux d'autres fabricants.	Utiliser uniquement des raccords pour tubes Swagelok, NE PAS ÉCHANGER DES COMPOSANTS.
	Cordon de soudure mal retiré sur un tube soudé étiré. Un cordon de soudure épais ou des méplats affectent l'étanchéité du raccord.	Utiliser des tubes hydrauliques de haute qualité en acier inoxydable, soudés étirés et recuits. La présence de soudures facilement visibles à l'œil nu sur la surface extérieure du tube peut provoquer des fuites.

Problèmes	Causes possibles	Solutions recommandées
6. Le tube fuit au niveau du raccord après l'installation dans le système.	Dommages causés par une action mécanique extérieure au système.	Remplacer le tube et le raccord. Déplacer le raccord dans un endroit plus protégé. Vérifier les supports du tube.
	La corrosion ronge le raccord ou le tube.	Inspecter le raccordement à la recherche de corrosion. Si des traces de corrosion sont présentes, vérifier la compatibilité entre le fluide, le matériau des tubes, le matériau des raccords et l'atmosphère ambiante. Envisager la corrosion galvanique comme une cause possible, ou une corrosion microbienne dans les applications maritimes.
	Fissuration du tube causée par des contraintes excessives exercées pendant la réalisation d'une extrémité évasée.	Ce problème peut être évité en remplaçant ces raccords par des raccords pour tubes Swagelok.
	Échange de composants avec ceux d'autres fabricants.	Utiliser uniquement des raccords pour tubes Swagelok, NE PAS ÉCHANGER DES COMPOSANTS.
7. Un tube en cuivre fuit au niveau du raccord après avoir été soumis à une température supérieure à 204°C (400°F).	Les tubes en cuivre deviennent très fragiles au-dessus de 204°C (400°F). Ceci est une caractéristique naturelle du matériau. Les codes limitent la température de service des tubes en cuivre à 204°C (400°F).	Dans certains cas, on pourra utiliser des tubes aux parois plus épaisses lorsque les variations cycliques de la température font que celle-ci approche les 204°C (400°F), mais les tubes en cuivre ne doivent en aucun cas être utilisés au-dessus de 204°C (400°F). On peut utiliser des tubes et des raccords en acier inoxydable.
8. Les tubes sont déformés après que le système a fonctionné.	Pression excessive. Les tubes utilisés ont une résistance à la traction ou un épaisseur de paroi insuffisantes.	Utiliser un matériau plus résistant ou des tubes aux parois plus épaisses. Utiliser des raccords Swagelok des séries FK ou IPT.
	Bouchage du circuit de traçage à la vapeur dû à la congélation d'eau ou de produits de condensation.	Prévenir le problème en veillant à ce que le système soit installé, exploité et entretenu correctement.
9. Un tube en polyéthylène glisse hors du raccord.	Vérifier le matériau des bagues – bagues en PTFE non adaptées ou sous-dimensionnement possible du tube.	Utiliser autant que possible des raccords pour tubes Swagelok en métal avec des tubes en polyéthylène. Si un tube est très souple, utiliser un insert.

Problèmes	Causes possibles	Solutions recommandées
10. Un tube en PTFE glisse hors du raccord.	Caractéristique glissante du PTFE.	Utiliser autant que possible des raccords métalliques. La pression nominale des raccords en PTFE est très faible.* REMARQUE : * Les raccords Swagelok en PFA utilisés avec des tubes Swagelok en PFA (rainurés à l'aide de l'outil à rainurer Swagelok) supporteront la pression nominale des tubes. Pour connaître la pression nominale de cette combinaison, adressez-vous à votre représentant Swagelok.
11. Un tube en verre casse lors du montage du raccord.	Bague métallique mal utilisée.	Utiliser les raccords pour le vide Ultra-Torr de Swagelok. Avec des raccords pour tubes Swagelok, utiliser des bagues avant et arrière en plastique.
12. Un tube fuit lors du remontage d'un raccord suite à une opération de maintenance.	Le raccord n'a pas été serré correctement.	Observer les consignes.
	Des impuretés ont pénétré dans le raccord ou se sont déposées sur les bagues pendant que le raccord était démonté.	Respecter des consignes de propreté lors de chaque démontage/remontage. Ôter les corps étrangers et vérifier que le raccord n'est pas endommagé. Si les bagues ou le siège du raccord sont endommagés, remplacer ces pièces.
	Échange de composants avec ceux d'autres fabricants.	Utiliser uniquement des raccords pour tubes Swagelok, NE PAS ÉCHANGER DES COMPOSANTS.
13. Les débits observés dans le système sont trop faibles.	Bouchons dans le système.	Lors de l'assemblage d'un système, veiller à ce qu'aucun corps étranger (graviers, terre, sable, etc.) ne pénètre dans un tube ou dans un raccord.
	Un raccord à bague unique a été trop serti, entraînant une diminution du diamètre intérieur du tube.	Utiliser uniquement des raccords pour tubes Swagelok.
	Le système est sous-dimensionné.	Vérifier si le système devrait être constitué de tubes de plus gros diamètre.

Problèmes	Causes possibles	Solutions recommandées
14. Impossible de démonter des raccords qui ont été exposés à des températures élevées.	Les filetages se sont soudés. Les filets de l'écrou et du corps du raccord se sont soudés.	Le lubrifiant SILVER GOOP peut être utilisé sur les alliages pour hautes températures jusqu'à 649°C (1200°F). Le lubrifiant SILVER GOOP permet d'éviter l'usure par frottement, mais n'agit pas comme un produit d'étanchéité.
15. Des raccords se grippent ou fuient après avoir subi un nettoyage spécial effectué par le client.	Le nettoyage a ôté les lubrifiants présents à l'origine.	Swagelok propose plusieurs nettoyages spéciaux. Contactez votre point de vente et centre de services agréé pour déterminer celui qui conviendra le mieux à votre application.

Chapitre 6

Raccords à usage particulier

Table des matières

Raccords à usage particulier 158
Raccords à souder 158
- Raccords pour tubes à souder par emboîtement (TSW) 159
- Raccords pour tubes à souder par emboîtement en automatique (ASW) 159
- Raccords pour tuyaux à souder par emboîtement (PSW) 160
- Adaptateurs 160
- Adaptateur pour tuyau et tube à souder (MPW) 160
- Adaptateur pour tubes à souder (MTW) 161
- Raccords pour tubes à souder bout à bout (TBW) 161
- Raccords pour tubes à souder bout à bout en automatique (ABW) 162
- Raccords à souder submersibles 162
- Raccords Micro-Fit 162

Système de soudure 163
Raccords à étanchéité de surface 164
- Raccords à étanchéité de surface avec joint métallique VCR 164
- Raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO 164

Raccords et tubes pour le vide Ultra-Torr 165
Raccords pour tubes en plastique très souple 166
Raccords pour tubes en plastique rigide 167
Raccords filetés à extrémité conique 167
Connecteurs pour tubes gainés 168
Raccords amortisseurs (protection pour manomètre) 169
Raccords contrôlables pour chromatographe et extrémité de colonne 170
Diaphragmes et perçages pour fil de sécurité 171
Adaptateurs à bride et connecteurs avec joint à recouvrement 172

Raccords à usage particulier

Dans les précédents chapitres, nous avons abordé le raccord pour tube Swagelok à serrage mécanique, non évasé, destiné à un usage général. Swagelok propose aussi des raccords possédant certaines caractéristiques qui rendent leur usage souhaitable dans des applications particulières.

Raccords à souder

Swagelok produit une gamme complète de raccords à souder pour tubes et tuyaux. Les raccords à souder Swagelok permettent de réaliser des raccordements permanents dans certaines applications critiques – fluides corrosifs, coups de bélier, variations cycliques de température, vibrations du système – et des applications de haute pureté.

Swagelok propose un grand choix de raccords à souder :

- Raccords pour tubes à souder par emboîtement (TSW)
- Raccords pour tuyaux à souder par emboîtement (PSW)
- Embout de tuyau à souder mâle (MPW) et tube à souder
- Embout de tube à souder mâle (MTW) et tube à souder
- Raccords à souder par emboîtement en automatique (ASW)
- Tube à souder bout à bout en automatique (ATW)
- Raccords pour tubes à souder bout à bout (TBW)

Le matériau de fabrication standard est l'acier inoxydable doublement certifié 316/316L. Des raccords fabriqués en acier inoxydable 316L ou dans d'autres alliages spéciaux sont également disponibles.



Figure 6-1 Raccords à souder.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccords à souder* (MS-01-149).
www.swagelok.com/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Raccords pour tubes à souder par emboîtement (TSW)

L'emboîtement conique accélère la mise en place, l'assemblage et l'alignement du tube.

La profondeur précise de l'emboîtement assure le bon maintien du tube et permet de réaliser des assemblages uniformes.

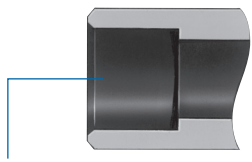


Figure 6-2 Raccord pour tube à souder par emboîtement.

Raccords pour tubes à souder par emboîtement en automatique (ASW)

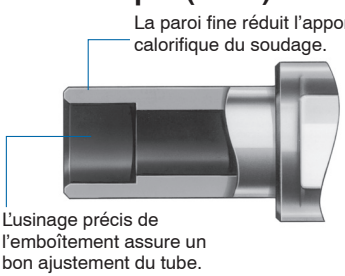


Figure 6-3 Raccord pour tube à souder en automatique.



Figure 6-4 Té union.

Raccords pour tuyaux à souder par emboîtement (PSW)

L'extrémité à souder peut être soudée bout à bout ou par emboîtement.

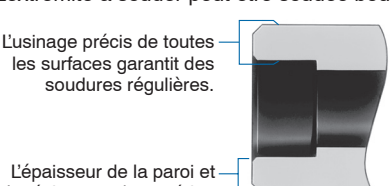


Figure 6-5 Raccord pour tuyau à souder par emboîtement.

Swagelok

Adaptateurs

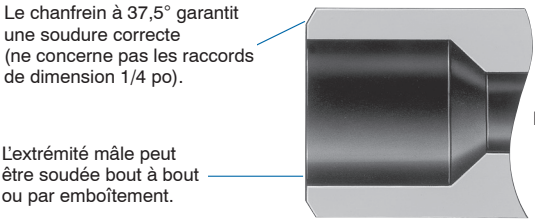


Figure 6-6 Adaptateur

Adaptateur pour tuyau et tube à souder (MPW)

Utilisé comme réducteur entre un tube ou un tuyau soudé par emboîtement et un tube de diamètre inférieur.

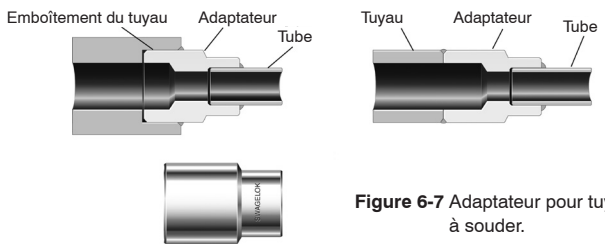


Figure 6-7 Adaptateur pour tuyau et tube à souder.

Adaptateur pour tube et tube à souder (MTW)

Utilisé comme réducteur entre un tube ou un tuyau soudé bout à bout et un tube de diamètre inférieur.

Les raccords Swagelok TBW, ATW, ASW et Micro-Fit® sont conçus pour des systèmes soudés manuellement ou avec des appareils de soudure automatique comme le système de soudure Swagelok®.

Le matériau standard des raccords Micro-Fit est l'acier inoxydable 316L VAR (refondu à l'arc sous vide). D'autres qualités d'acier inoxydable ainsi que d'autres alliages peuvent également être proposés.

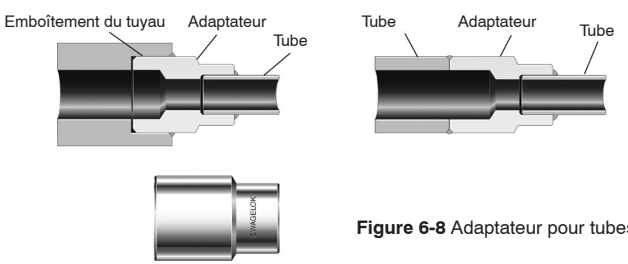


Figure 6-8 Adaptateur pour tubes à souder.

Raccords pour tubes à souder bout à bout (TBW)



Figure 6-9 Coude union.

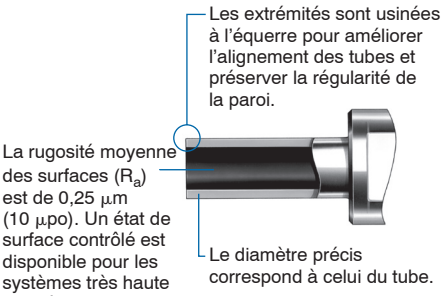


Figure 6-10 Raccord pour tube à souder bout à bout.

Raccords pour tubes à souder bout à bout en automatique (ATW)



Figure 6-11 Té union

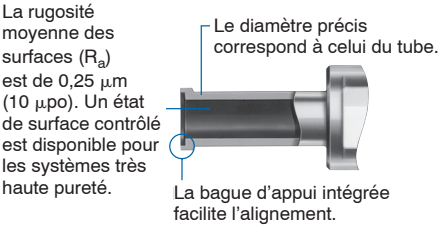


Figure 6-12 Raccord pour tube à souder bout à bout en automatique.

Raccords à souder submersibles

Les applications sous-marines sont déployées dans un milieu aux conditions extrêmes où l'espace est précieux. Les raccords à souder submersibles Swagelok sont disponibles en acier inoxydable 316L, en alliage 2507 et en alliage 625 – des matériaux capables de résister à ces conditions difficiles. Les tés et les coudes sont fabriqués à partir de pièces forgées, ce qui permet d'obtenir des raccords plus fins par rapport aux mêmes raccords fabriqués à partir de profilés extrudés. Les longueurs droites disponibles vont jusqu'à 2 pouces, ce qui facilite les réparations sur place et réduit les temps d'arrêt des systèmes ainsi que les coûts liés aux rebuts.

Nos raccords à souder submersibles sont conçus pour répondre aux besoins des applications suivantes :

- Arbre de Noël immergé
- Raccordement des câbles ombilicaux
- Câbles volants en acier
- Manifold de distribution hydraulique
- Panneaux de commande immergés de véhicules télécommandés
- Modules de commande immergés
- Panneaux de commande de tête de puits
- Panneaux de commande hydraulique

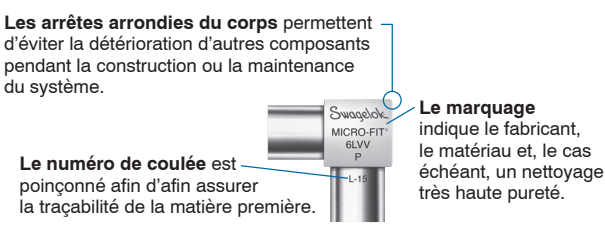


Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccords à souder submersibles* (MS-02-481).

Raccords Micro-Fit

(Raccords miniatures à souder bout à bout)

Les raccords à souder Micro-Fit de Swagelok sont conçus pour des systèmes à tubes exigeant des composants légers, peu espacés et propres. Les spécifications d'utilisation et les caractéristiques de débit de ces raccords miniatures sont identiques à celles de raccords plus gros conçus pour des tubes de même dimension. Ces raccords sont disponibles dans des dimensions fractionnaires ou métriques standard.



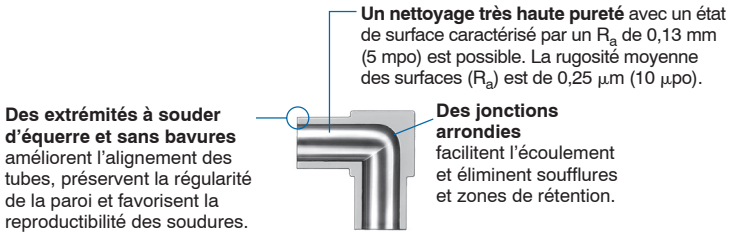


Figure 6-13 Raccords Micro-Fit.

Système de soudure

L'alimentation M200 du système de soudure orbitale Swagelok offre précision et contrôle, associés à une grande facilité d'utilisation pour la soudure orbitale grâce à un écran tactile simple et convivial.

Le système peut être utilisé pour assembler une grande variété de tubes, de vannes et de raccords dotés d'extrémités à souder. Le système Swagelok utilise le procédé de soudure à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène, communément appelé procédé TIG (pour Tungsten Inert Gas). Au cours du processus, les composants à souder sont maintenus immobiles pendant qu'un mécanisme fait tourner un arc électrique autour de la zone où le joint de soudure doit être réalisé. Le système Swagelok contient plusieurs têtes à souder, ce qui lui permet de souder des composants d'un diamètre extérieur allant de 1/16 à 4 po et de 2 à 114 mm.



Figure 6-14 Système de soudure Swagelok : alimentation M200.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Système de soudure* (MS-02-342).
www.swagelok.com/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Raccords à étanchéité de surface

Raccords à étanchéité de surface avec joint métallique VCR

Les raccords à étanchéité de surface avec joint métallique VCR offrent la haute pureté d'une étanchéité métal sur métal pour des pressions allant du vide à des pressions positives. L'étanchéité d'un assemblage VCR est obtenue lorsque le joint est compressé par deux bourrelets polis avec précision, lors du serrage d'un écrou mâle ou d'un corps six-pans avec un écrou femelle.

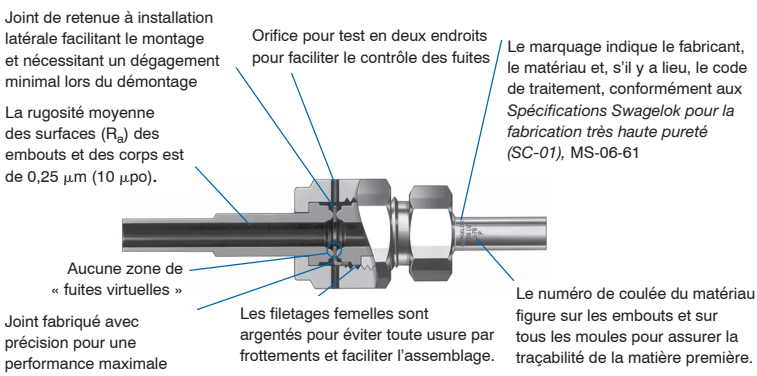


Figure 6-15 Raccord à étanchéité de surface avec joint métallique VCR.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccord à étanchéité de surface par joint métallique VCR*, MS-01-24. www.swagelok.com/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO

Les raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO Swagelok sont conçus de manière pouvoir être montés et démontés rapidement dans des systèmes à tuyaux, à tubes et soudés. Du fait de leur conception unique – aucun dégagement nécessaire pour le montage/démontage –, ils peuvent être utilisés dans des espaces confinés. L'étanchéité est assurée par un joint torique captif situé dans le corps. Les assemblages peuvent être utilisés à haute pression comme sous vide critique, sur une plage de température très étendue.

Pour plus d'informations, reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccord à étanchéité de surface par joint torique VCO* (MS-01-28). www.swagelok.com/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

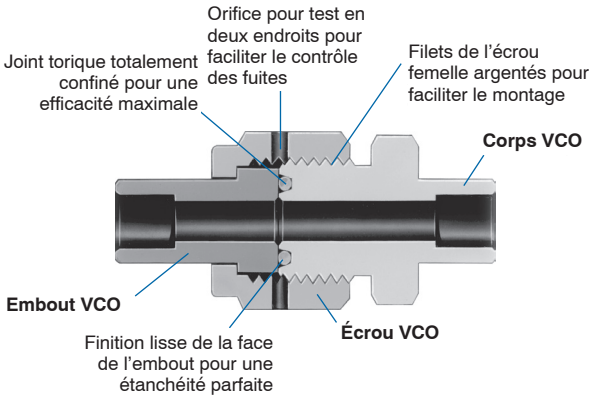


Figure 6-16 Raccord à étanchéité de surface avec joint torique VCO.

Raccords et tubes pour le vide Ultra-Torr

Faciles à monter et à serrer à la main, les raccords Ultra-Torr de Swagelok sont conçus pour former un joint étanche au vide avec des tubes en verre, en métal ou en plastique. La conception du raccord Ultra Torr a été testée avec de l'hélium avec un taux de fuite maximal admissible de 4×10^{-9} cm^3 std/s à température ambiante. Le taux de fuite augmente avec la température en raison de la perméation du joint torique.

Reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccords pour le vide* (MS-01-32). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

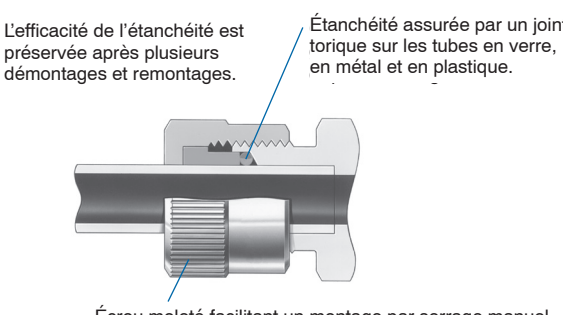


Figure 6-17 Raccord pour le vide.

Raccords pour tubes en plastique très souple

Plusieurs types de tubes en plastique souple sont utilisés en laboratoire ou dans des circuits d'air à basse pression pour leur pureté, leur transparence, leur flexibilité et leur surface intérieure lisse.

Les raccords pour tubes Swagelok en métal ou en plastique peuvent être utilisés avec ces tubes. L'usage d'un insert est toutefois obligatoire avec des tubes en plastique. L'insert est utilisé pour éviter que le tube ne soit écrasé sous l'action des bagues.

Le raccord de flexible est une autre possibilité dans de tels systèmes. Ce raccord est doté d'une tige cannelée spécialement conçue pour élargir le tube afin d'obtenir une étanchéité optimale. Un manchon optionnel pourra être utilisé lorsque la pression du système est supérieure de plus de 50 % à la pression de service maximale du tube.

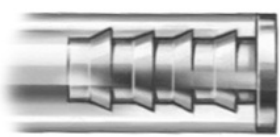


Figure 6-18 Insert.



Figure 6-19 Insert introduit dans un tube en Tygon® utilisé avec un connecteur mâle Swagelok

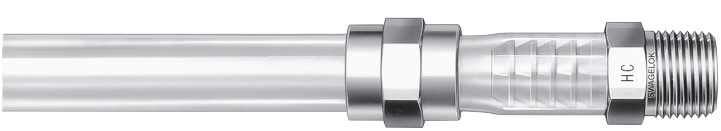


Figure 6-20 Raccord de flexible mâle pour tube en PVC souple avec manchon.

Reportez-vous au catalogue Swagelok *Flexibles et tubes souples* (MS-01-180). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Raccords pour tubes en plastique rigide

Des raccords pour tubes Swagelok utilisables avec des tubes en polyéthylène, polypropylène, PTFE et PFA, sont disponibles dans des matériaux divers et différentes dimensions. Il est possible d'utiliser des raccords métalliques avec ces tubes. Des raccords Swagelok en PFA utilisés avec des tubes Swagelok en PFA (rainurés à l'aide de l'outil à rainurer Swagelok) supporteront la pression nominale des tubes. Les raccords pour tubes Swagelok en métal supporteront également la pression nominale des tubes en PFA. Pour connaître la pression nominale de cette combinaison, adressez-vous à votre représentant Swagelok.

Raccords filetés à extrémité conique

Les raccords coniques et filetés Swagelok de la série IPT sont disponibles dans une version moyenne pression (MP) – pression de service maximale de 1378 bar (20 000 psig) – et dans une version haute pression (HP) – pression de service maximale de 4136 bar (60 000 psig). Tous les raccords sont fournis avec les bagues et les embouts filetés. Des raccords antivibrations sont également disponibles. Swagelok propose des têtes de sécurité de forme conique ou plate pour ses raccords coniques et filetés. Les disques de rupture doivent être achetés séparément. Ils sont disponibles en acier inoxydable 316 ainsi que dans d'autres alliages.

Parmi les autres options proposées figurent des filtres en ligne. Ils sont livrés avec deux filtres à mailles. Les tailles disponibles pour les pores des éléments sont 0,5, 2, 5, 10, 20, 40 et 100 µm.



Figure 6-21 Raccord conique et fileté moyenne pression.



Figure 6-22 Raccord conique et fileté haute pression.

Reportez-vous au catalogue *Raccords, tubes, vannes et accessoires pour moyennes et hautes pressions* (MS-02-472).
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Connecteurs pour tubes gainés

Le connecteur pour tubes gainés de Swagelok est un raccord conçu pour former un joint étanche à l'extrémité d'un tube recouvert d'une enveloppe unique, ce qui évite d'avoir à utiliser un manchon et du ruban d'étanchéité. Le connecteur pour tubes gainés est un raccord en attente de brevet, qui associe la technologie éprouvée de Swagelok dans le domaine des raccords pour tubes avec un dispositif d'étanchéité innovant au niveau de l'enveloppe du tube.

Ce connecteur se compose, d'une part, d'un raccord pour tubes Swagelok, qui assure l'étanchéité du joint au niveau du tube en acier inoxydable, et d'autre part, d'un écrou et d'un joint torique, qui forment un joint étanche à l'eau au niveau de la gaine.

Les autres caractéristiques du connecteur pour tubes gainés Swagelok sont les suivantes :

- Facilité de montage : l'écrou moleté permet un assemblage facile réalisé à la main.
- Remontages répétés : l'efficacité de l'étanchéité est préservée même après plusieurs démontages et remontages du connecteur.
- Contrôle visuel : l'écrou couvre le joint torique de l'évent une fois le montage terminé.
- Évent : empêche toute pressurisation accidentelle de l'enveloppe.



Figure 6-23 Connecteur pour tubes gainés.

Raccords amortisseurs (protection pour manomètre)

Les raccords amortisseurs Swagelok protègent les manomètres et les instruments contre les sautes de pressions et les coups de bélier du système. L'amortissement de la pression est assuré par un élément poreux en acier inoxydable 316 fritté. Lorsqu'un raccord amortisseur Swagelok est installé en amont d'un appareil sensible à la pression, la vitesse de réponse de l'instrument diminue et varie généralement en fonction de la perte de charge initiale due à l'élément métallique poreux, ce qui permet à l'instrument de réagir en douceur à la pression du système.

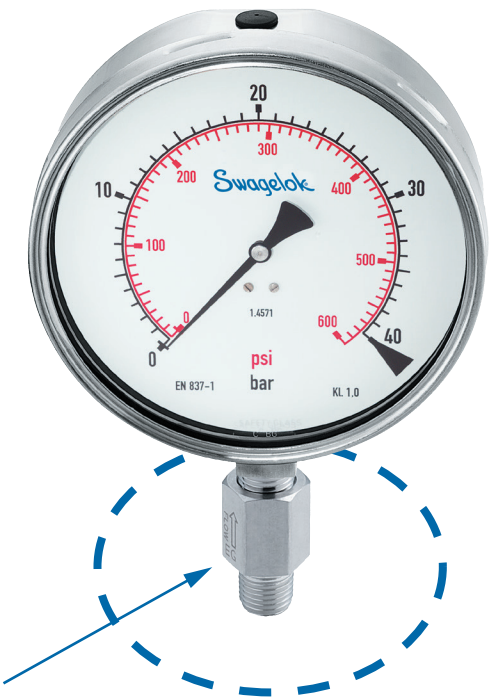


Figure 6-24 Protection pour manomètre Swagelok.

Éléments

Avec cinq éléments de base disponibles, les raccords amortisseurs peuvent répondre aux exigences d'applications mettant en œuvre des fluides allant de gaz légers à des liquides d'une viscosité supérieure à 1000 SUS (secondes

universelles Saybolt) (220 cSt [mm²/s]). Les codes des éléments figurent sur tous les raccords, afin de pouvoir les identifier facilement.

Reportez-vous au catalogue des manomètres Swagelok (MS-02-170).
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

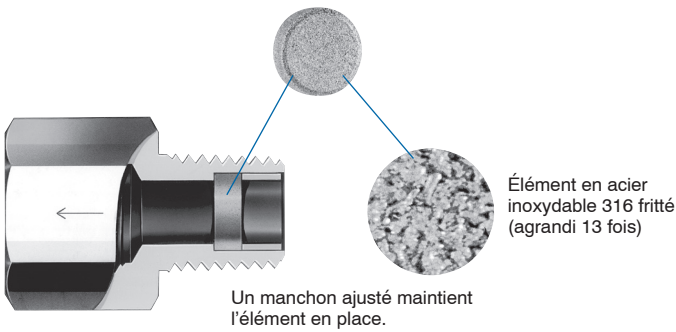


Figure 6-25 Cinq éléments de base disponibles.

Raccords contrôlables pour chromatographe et extrémité de colonne

Les raccords contrôlables Swagelok pour chromatographe et extrémité de colonne sont adaptés à la chromatographie en phase liquide ou gazeuse. Ils sont proposés dans des dimensions allant de 1/16 à 1/2 po. Leur pression nominale est égale à celle des tubes figurant dans le document Swagelok *Données sur les tubes,* MS-01-107.

Reportez-vous au catalogue Swagelok *Raccords contrôlables pour chromatographe et extrémité de colonne* (MS-02-173).
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

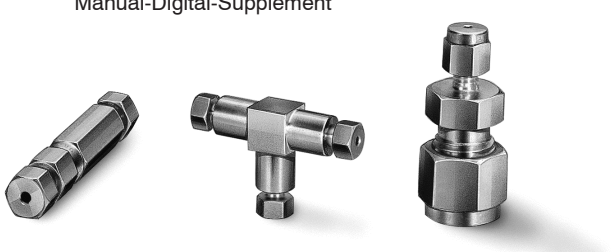


Figure 6-26 Raccords Swagelok pour chromatographe et extrémité de colonne.

Diaphragmes

Les raccords Swagelok avec diaphragme permettent d'ajuster la pression en réduisant la taille du passage au moyen d'une plaque percée de trous aux dimensions spécifiées.

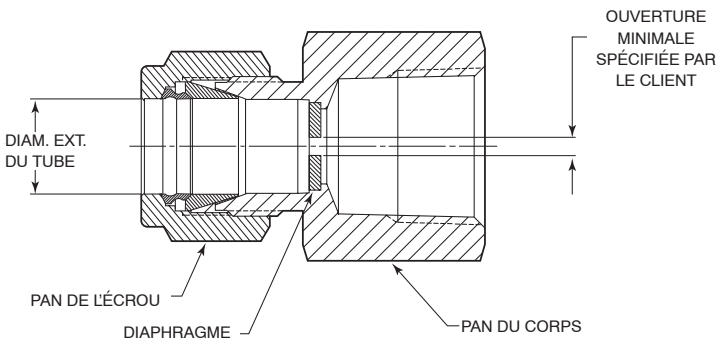


Figure 6-27 Diaphragme.

Perçages pour fil de sécurité

Swagelok propose des raccords percés pouvant accueillir un fil de sécurité. Ces raccords sont généralement utilisés pour des applications dans lesquelles il est nécessaire d'empêcher tout démontage du raccord en attachant l'écrou au corps du raccord.

Pour plus d'informations, contactez votre distributeur agréé Swagelok.

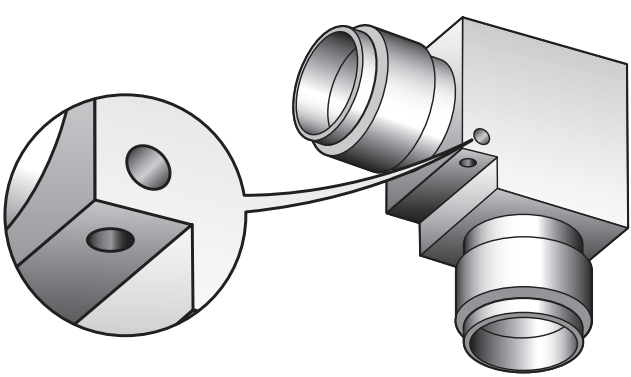


Figure 6-28 Coude avec perçage pour fil de sécurité.

Adaptateurs à bride et connecteurs avec joint à recouvrement

Swagelok propose des brides conformes aux normes ASME, DIN, EN et JIS. Ces brides possèdent un corps en une pièce entièrement usiné dans la masse. Un large choix est proposé en ce qui concerne les dimensions, les classes de pression et les options d'étanchéité (face plate, face surélevée, joint-tore [RTJ], double emboîtement).

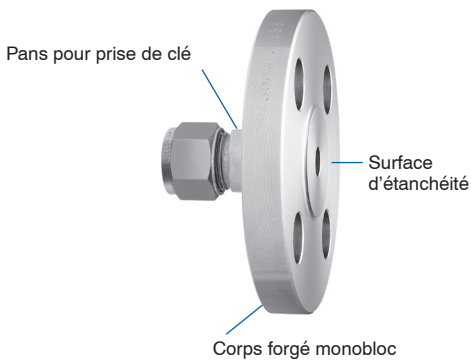


Figure 6-29 Adaptateur à bride.

Les connecteurs avec joint à recouvrement Swagelok permettent de raccorder facilement les lignes de process aux lignes d'instrumentation. Ils sont conçus pour une utilisation avec des brides tournantes. Ils sont disponibles avec des surfaces d'étanchéité lisses ou cannelées. Ces connecteurs sont compatibles avec les brides tournantes conformes à la norme ANSI B16.5.



Figure 6-30 Connecteur avec joint à recouvrement.

Reportez-vous au catalogue Swagelok *Adaptateurs à bride* (MS-02-200).
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Chapitre 7

Contrôle et évaluation des performances des raccords pour tubes

Table des matières

Contrôle et évaluation des performances des raccords pour tubes 174
- Les raisons de mettre en place un programme de contrôle des performances des raccords pour tubes 174

Vue d'ensemble 174
Planification du programme de tests 174
Planifier le programme de tests 176
- Contrôle de la qualité 179

Exécuter le programme de tests 179
Tests de fuites de gaz 179
Tests sous vide 181
Tests de démontage/remontage 182
- L'importance des tests de démontage/remontage 183

Essais de résistance aux vibrations en flexion rotative 184
Essais de traction 186
Essais de rotation 186
Essais d'impulsions de pression hydraulique 187
- Essais d'éclatement hydraulique 187

Essais de cyclage thermique 189
- Facteurs ayant une incidence sur les joints 190
- Effets de la vapeur 190
- Évaluation des rapports d'essais des produits (PTR) 190

Mélange et échange de composants 191
Résumé 191

Contrôle et évaluation des performances des raccords pour tubes

Dans ce chapitre, nous examinons les principes de base d'un programme de contrôle des performances des raccords pour tubes, un processus important à mettre en place sur la durée pour tous les systèmes fluides.

Les raisons de mettre en place un programme de contrôle des performances des raccords pour tubes

Quatre raisons essentielles justifient les tests effectués sur les raccords :

- Éviter les pertes dues aux fuites de matière
- Prévenir une contamination de l'environnement
- Maintenir un écart de pression
- S'assurer de la fiabilité opérationnelle du système.

Vue d'ensemble

La complexification des systèmes à tubes au fil des années a créé le besoin de procéder à des tests plus complets et à une évaluation plus large et plus approfondie des performances des raccords pour tubes. Les tests d'étanchéité ont pour but d'éliminer les risques pour la sécurité et les coûts élevés associés à la présence de fuites dans un système fluide.
Lors de l'examen des résultats de tests d'étanchéité ou de la mise en place d'un programme de tests, il est important de sélectionner des tests représentatifs des conditions réelles d'exploitation. Nous aborderons d'abord la manière de procéder pour effectuer des tests efficaces, puis nous poursuivrons avec une vue d'ensemble des tests courants. La société Swagelok est présente dans le secteur des systèmes fluides depuis 1947. Les observations, les données et les recommandations présentées ici résultent de cette expérience. Les tests d'étanchéité effectués chez Swagelok comportent des tests propres à l'entreprise, des tests spécifiques à certains clients, des tests normalisés et des tests réalisés à l'extérieur ou par des laboratoires indépendants.

Planification du programme de tests

Avant de demander un test ou d'envisager de mettre en place votre propre programme de tests, posez-vous les questions suivantes.

1. Essayez-vous de prouver un résultat prédéterminé ?
Tester un hypothèse consiste à concevoir des tests qui viendront valider (ou non) un résultat préalablement supposé.

Exemple : il a été demandé à un service de réduire les coûts associés aux raccords pour tubes. Cette réduction des coûts devra s'appuyer sur des tests prouvant qu'un raccord moins cher peut remplacer un raccord plus onéreux. La conclusion est supposée, niant de ce fait l'existence de résultats de tests.

2. Les résultats de tests ont-ils le dessus sur une longue expérience ?
Les tests réalisés en laboratoire peuvent produire des résultats meilleurs ou moins bons que les résultats obtenus sur le terrain.

Par exemple, un nouveau raccord est testé en laboratoire avec certains résultats. Cependant, l'observation de centaines voire de milliers de raccords sur le terrain viendra contredire les résultats limités obtenus en laboratoire.

3. Aurez-vous recours aux services d'un laboratoire indépendant ?
Il est possible de faire réaliser des tests par des laboratoires indépendants. Cependant, les échantillons devront toujours être achetés par le biais de la chaîne d'approvisionnement normale, sans mentionner le fait qu'ils doivent être utilisés dans le cadre d'essais.

Exemple : le client envisage de remplacer un raccord et a demandé à ce que les raccords de deux autres fabricants soient testés. Les échantillons doivent toujours être achetés par le biais de la chaîne d'approvisionnement normale, afin que la procédure d'essai demeure loyale et objective.

4. Est-ce qu'un échantillonnage statistique représentatif sera réalisé ?
Une entreprise peut exploiter des systèmes contenant un total de 100 000 raccords et ne tester qu'un petit échantillon de 5 à 10 raccords d'une ou deux dimensions.

Exemple : le laboratoire arrive à certaines conclusions, mais les résultats des tests ne corroborent pas les performances observées sur le terrain. Il est possible que les paramètres des tests supposés refléter l'utilisation des 100 000 raccords sur le terrain n'aient pas été correctement documentés ou transmis au laboratoire, d'où des conclusions erronées.

5. Est-ce qu'une extrapolation sera effectuée pour réduire le coût des tests ?
Des raccords de certaines dimensions et fabriqués dans des matériaux spécifiques sont exploités avec succès. Lorsque l'entreprise décide d'agrandir son système fluide, de nouveaux raccords sont commandés, mais dans des dimensions et des matériaux différents, en supposant que les nouveaux raccords fonctionneront aussi bien que les anciens raccords testés. Cette hypothèse peut s'avérer dangereuse.

Exemple : des raccords en laiton ont été testés avec des tubes en cuivre de dimensions 1/4 et 3/8 po. Toutefois, le nouveau système impose d'utiliser des raccords en acier ou en acier inoxydable de dimensions allant de 1/4 à 1 po. Au lieu de tester les nouveaux raccords, on suppose que, parce

que les raccords en place fonctionnent très bien, les nouveaux raccords fonctionneront tout aussi bien.

6. Les conditions d'utilisation sur le terrain seront-elles simulées ?
La validité des essais de laboratoire peut être compromise par un simple manque d'attention ou de formation des techniciens qui effectuent les tests. Alors qu'un technicien de laboratoire prend soin de mettre en place le test selon le cahier des charges du fabricant, les techniciens de terrain, dont les niveaux de formation et d'expérience diffèrent, peuvent réaliser une mauvaise installation à tout moment.

Par exemple, les conditions de service réel diffèrent d'une application à l'autre – pression, température, impulsions, vibrations, conditions de démontage/montage – ce à quoi il faut ajouter les caractéristiques variables des tubes – matériau, épaisseur de paroi, concentricité, état, dureté – qui peuvent affecter les performances d'un raccord.

Un examen attentif de ces six questions pourra vous aider à éviter certaines erreurs dans un nouveau programme de test ou révélera des erreurs commises dans des tests effectués et publiés précédemment.

Pour n'importe quel composant, y compris un raccord pour tube, le meilleur test reste une utilisation répétée et en grande quantité sur le terrain, dans différentes installations et dans des conditions d'exploitation variées.

Planifier le programme de tests

Lorsque vous planifiez le test, veillez à bien choisir les raccords et les tubes à tester (matériaux, dimensions, configurations). N'oubliez pas que ces mêmes considérations peuvent s'appliquer à l'évaluation des essais effectués et publiés.

1. Se procurer les raccords.
Les raccords utilisés pour les tests doivent toujours être achetés par le biais de la chaîne d'approvisionnement normale, sans mentionner le fait qu'ils seront utilisés dans le cadre d'essais. Cela permet de s'assurer que l'échantillon sera prélevé dans un stock ordinaire.

2. Se procurer les tubes.
Les tubes qui serviront pour les tests devront être soit des tubes utilisés dans l'usine, soit des tubes achetés par le biais de la chaîne d'approvisionnement normale, sans mentionner le fait qu'ils sont destinés à des essais. Avec des tubes en acier inoxydable, il faudra tester à la fois des tubes soudés étirés et des tubes sans soudure, sauf si l'usine utilise exclusivement une sorte de tubes dans ses installations. Quand un fabricant recommande d'utiliser *uniquement* des tubes sans soudure, *tous* les tests doivent être effectués sur ce type de tube. Par ailleurs, le fait de ne tester que des tubes sans soudure lorsque le cahier des charges de l'usine exige des tubes soudés étirés peut fausser les résultats des tests.

Il est important de tester des tubes aux parois d'épaisseurs différentes.

Par exemple, si les raccords doivent être utilisés avec des tubes ayant des épaisseurs de paroi de 0,035, 0,049, 0,065 et 0,083 po, les tests devront être effectués au moins sur les tubes aux parois d'épaisseur 0,035 et 0,083 po (les épaisseurs minimale et maximale).

La procédure utilisée pour les tests doit être identique pour tous les tubes. Lorsque les tests portent sur des raccords de différents fabricants, les deux extrémités de chaque tronçon de tube doivent être testées avec chacun des raccords, afin de s'assurer que toutes les variables sont identiques pour tous les raccords.



Figure 7-1 Tube à paroi épaisse et tube à paroi mince.

3. Choisir les dimensions.
Lorsque vous établissez votre procédure d'essai, rappelez-vous que l'ampleur d'une fuite potentielle augmente avec la taille du joint d'étanchéité. Il convient donc de répéter davantage les tests sur le plus gros raccord que vous prévoyez d'installer que sur le plus petit. Si un raccord de 1 po satisfait au test, il est probable qu'il en ira de même pour un raccord de 1/8 po. L'inverse n'est pas vrai.

4. Choisir les matériaux.
Si vous prévoyez d'installer des raccords fabriqués dans différents matériaux, tous doivent être testés. Un raccord en laiton pourra fonctionner correctement là où le même raccord en acier ou en acier inoxydable pourra avoir une défaillance. Le fait qu'un raccord en acier inoxydable se comporte bien dans une certaine situation ne signifie pas nécessairement qu'il en sera de même pour un raccord identique fabriqué dans d'autres alliages comme l'alliage 400 ou l'alliage 2507.

5. Choisir les configurations des raccords.
Testez plusieurs configurations. Les coudes, les tés et les croix sont fabriqués à partir de pièces forgées, dans des matériaux généralement plus doux que les matières premières en barres utilisées pour les raccords droits. Par conséquent, plusieurs facteurs peuvent avoir un effet sur l'étanchéité du raccord et sa capacité à maintenir les tubes, ainsi que sur la durée de vie des filetages. Le fait de tester plusieurs configurations écarte la possibilité que tous les raccords testés aient été fabriqués sur la même machine, le même jour et avec les mêmes outils. Par exemple, des tests de contrôle qualité effectués sur quatre configurations différentes constituent une procédure plus valide que des tests effectués sur quatre raccords de même configuration. Les écrous et les bagues ont plus de chances de provenir de lots de fabrication différents.

Les composants présentés ici pour chaque dimension, chaque matériau et chaque épaisseur de paroi, devraient vous donner une bonne idée d'un test représentatif de contrôle de la qualité et de la régularité.

Cet assemblage comporte six raccordements : quatre utilisant des raccords usinés dans des barres et deux utilisant des raccords à corps forgé. Cette démarche garantit la validité du test de contrôle de la régularité dans la mesure où les raccords auront été fabriqués sur différentes machines et à des moments différents.

Le fait de tester plusieurs configurations offre également un excellent moyen de contrôler la qualité des produits d'un fabricant, en ce qui concerne le respect de tolérances critiques dans l'ensemble de sa gamme. Ces tolérances sont abordées dans la partie sur les tests de démontage/remontage.

Un autre test de contrôle de la qualité et de la régularité consiste à désassembler des raccords et pour en vérifier les divers composants en mesurant les dimensions indiquées dans le tableau ci-dessous.

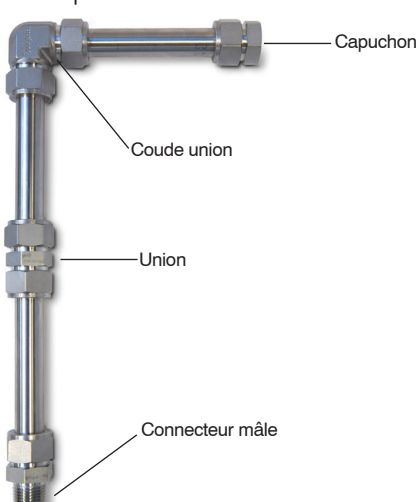


Figure 7-2 Montage d'essai typique.

	Corps	Bague avant	Bague arrière	Écrou
Diamètre intérieur	X	X	X	X
Diamètre de la jupe	X			
Diamètre extérieur		X	X	
Longueur		X	X	X

Contrôle de la qualité

- Pour chaque fabricant, contrôlez la qualité et la régularité de la fabrication en examinant la dispersion des mesures.
- Une cote critique ne doit jamais faire l'objet d'un calcul de moyenne. L'écart entre la valeur la plus haute et la valeur la plus basse en dira long sur le contrôle qualité effectué par le fabricant.
- Le temps passé à planifier minutieusement un programme de tests est du temps bien utilisé, dans la mesure où cela permet de s'assurer que le programme est complet, objectif et valide. Les informations obtenues permettront éventuellement de conclure qu'il n'est pas nécessaire de procéder à des tests complémentaires.

Pour n'importe quel composant, y compris un raccord pour tube, le meilleur test reste une utilisation répétée et en grande quantité sur le terrain, dans différentes installations et dans des conditions d'exploitation variées.

Exécuter le programme de tests

Nous allons maintenant examiner neuf tests effectués sur les raccords pour tubes. Certains peuvent être réalisés par l'utilisateur à moindre coût, alors que d'autres sont plutôt effectués par les fabricants en raison du temps qu'ils demandent et des dépenses qu'ils occasionnent.

Tests de fuites de gaz

Les tests de fuites de gaz visent à évaluer l'intégrité du joint. Ces tests doivent être réalisés avec un gaz inerte comme l'azote ou l'hélium. On pourra éventuellement utiliser de l'air. Les pressions d'essai doivent être au moins égales aux pressions de service recommandées par les fabricants des tubes. Différentes méthodes sont possibles en fonction du budget alloué, du matériel disponible et de la sensibilité souhaitée. Parmi ces méthodes figurent la détection de bulles (sous l'eau), l'usage d'un liquide détecteur de fuites tel

que le liquide Snoop au niveau de tous les raccordements, ainsi que des techniques plus sensibles telles que les détecteurs à ultrasons, les lampes haloïdes ou la détection de fuites d'hélium par spectrométrie de masse au moyen d'une sonde, comme le montrent les illustrations ci-dessous.



Figure 7-3 Liquide détecteur de fuites Snoop.



Figure 7-4 Test avec renifleur d'un circuit d'hélium sous pression.

Un aspect très important des tests de fuites de gaz est la détermination préalable de ce qui sera considéré comme une fuite. La pression d'essai ainsi qu'un taux de fuite réaliste doivent être définis en fonction des besoins maximaux de l'installation et des limites des raccords et des tubes. La pression d'essai peut être déterminée en multipliant la pression de l'installation par un coefficient de sécurité approprié, par exemple :

69 bar (1000 psig) × 2 (2:1) = 138 bar (2000 psig)

Une erreur courante consiste à ne pas signaler une fuite si celle-ci peut être arrêtée en serrant un peu plus le raccord. Si un raccord a été monté ou remonté en suivant les instructions, il ne doit pas fuir. Cette approche est nécessaire pour simuler les conditions de service réel, dans lesquelles toute fuite a un coût.

> Par exemple, un système contenant 100 raccordements est testé en tant que système. Les fuites sont localisées et isolées, puis les réparations ou les remplacements sont effectués. Toutes ces étapes ont un coût, et le coût d'une défaillance est élevé, même si certaines fuites peuvent être arrêtées en serrant davantage les raccords.

Une fuite qui peut être arrêtée en serrant un peu plus un raccord doit tout de même être considérée comme une fuite.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants :

- PTR-1388
- PTR-3221

www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Les performances des raccords pour tubes peuvent être évaluées au moyen de trois tests spécifiques. Ces tests permettent d'évaluer un raccord dans différentes conditions dynamiques. Les rapports d'essais des produits (PTR) pour les raccords pour tubes Swagelok sont disponibles sur demande.

Tests sous vide

Les tests sous vide sont une excellente façon de tester l'intégrité des joints d'étanchéité. Tout raccord qui dépend de la pression du système pour former un joint étanche ne réussit généralement pas les tests sous vide.

Ces tests sont conseillés lorsqu'un vide est utilisé régulièrement, en particulier s'il s'agit d'un ultravide dans des instruments complexes. Le matériel d'essai est onéreux, mais les défaillances d'un système coûtent également cher. Généralement, le matériel utilisé est un détecteur de fuites d'hélium de type spectromètre de masse. Un ensemble raccord-tube est relié à l'orifice

pour test, un vide est créé à l'intérieur, puis tous les points d'étanchéité sont aspergés d'hélium au moyen d'un pistolet.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants : PTR-1369. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Tests de démontage/remontage

La capacité d'un raccord pour tubes à subir de nombreux démontages et remontages est peut-être le meilleur critère pour comparer les produits de différents fabricants. Ces tests peuvent revêtir une extrême importance dans des applications d'instrumentation, lorsque le programme de maintenance nécessite de monter, démonter et remonter des raccords pour tubes à intervalles réguliers. Par conséquent, les tests de démontage/remontage doivent être effectuées avec le plus grand soin. Lorsque les tests de démontage/remontage sont effectués dans des conditions similaires aux conditions réelles d'utilisation, les résultats peuvent considérablement réduire les coûts associés aux raccords pour tubes en service. Or, ces tests ne se rapprocheront pas de la réalité à moins qu'ils n'intègrent les deux procédures essentielles suivantes :

1. Utiliser des configurations diverses (coudes, tés, croix, unions, passe-cloisons unions, connecteurs mâles et femelles) pour s'assurer que les pièces testées sont représentatives de l'installation (voir plus haut).



Figure 7-5 Test de démontage/remontage typique.

2. Réassembler au hasard des ensembles bagues-écrou-tube avec différents corps pour simuler des conditions de service réel.

Penchons-nous sur la deuxième procédure plus en détail et examinons ce qui se passe vraiment sur le terrain.

Par exemple, dans un chromatographe, les colonnes doivent être changées. Elles sont alors retirées de l'instrument avec les ensembles écrou-bagues-tube. Le raccord reste quant à lui solidaire de l'instrument. Une autre colonne avec un ensemble écrou-bagues-tube est raccordée au même corps.

Dans un autre exemple, des instruments de process ou de mesure, tels que des contrôleurs ou des transmetteurs, sont déposés d'un système avec les corps des raccords, tandis que les ensembles écrou-bagues-tube restent solidaires du même tube. D'autres instruments avec des corps différents sont installés en remplacement. Ici, ce sont les corps qui changent, tandis que les ensembles écrou-bagues restent les mêmes. Vous pouvez voir que dans ces situations réalistes de démontage/remontage, une même combinaison écrou-bagues-tube est rarement associée deux fois au même corps. Par conséquent, des tests de démontage/remontage dans lesquels le même ensemble écrou-bagues-tube est remonté à plusieurs reprises dans le même corps n'est pas représentatif des conditions réelles.

L'importance des tests de démontage/remontage

Plusieurs raisons expliquent pourquoi les tests de démontage/montage sont l'un des meilleurs moyens de vérifier le contrôle qualité effectué par n'importe quel fabricant de raccords.

- Du fait de la conception de la bague d'étanchéité, la zone du corps où se forme le joint subit une usure par frottements (particulièrement avec l'acier inoxydable et d'autres alliages résistants à la corrosion). Une autre bague qui tente de former un joint étanche dans cette zone usée provoque alors une fuite – une autre simulation de ce qui se passe sur le terrain.
- En ce qui concerne le mécanisme d'étanchéité, des combinaisons écrou-bagues-tube différentes formeront un joint en différents endroits de la zone d'étanchéité du corps (parce qu'il est inévitable que la rainure ainsi créée se déplace légèrement à chaque fois), ce qui entraîne souvent des fuites.
- L'intégrité des filetages au fil de cycles de démontage/remontage est révélateur d'un contrôle sérieux de la qualité et d'une bonne conception.
- Des surfaces d'étanchéité régulières et sans taches indiquent que le contrôle de l'état de surface est réalisé correctement. Dans n'importe quel dispositif où l'étanchéité est assurée par un contact métal sur métal, un bon état de surface est indispensable. Une surface lisse n'est toutefois qu'un début. Si cette surface est fortement détériorée au cours du premier cycle de démontage/remontage ou des suivants, et particulièrement si

cela concerne plusieurs corps différents, la probabilité d'une défaillance sur le terrain est forte. Des tests et des calculs montrent que la corrélation entre les fuites et la détérioration de l'état de surface est un polynôme de degré 3. Une amélioration de 50 % de la surface d'étanchéité améliore l'intégrité du joint de 800 %.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants :

- PTR-383
- PTR-395

www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Essais de résistance aux vibrations en flexion rotative

Il est généralement difficile pour l'utilisateur de réaliser ces tests en raison du coût du matériel spécialisé qu'ils nécessitent. Pour ces essais, Swagelok utilise un moteur tournant à 1750 tr/min et un bloc qui permet de régler l'écart entre l'axe de rotation et l'axe du tube à tester.

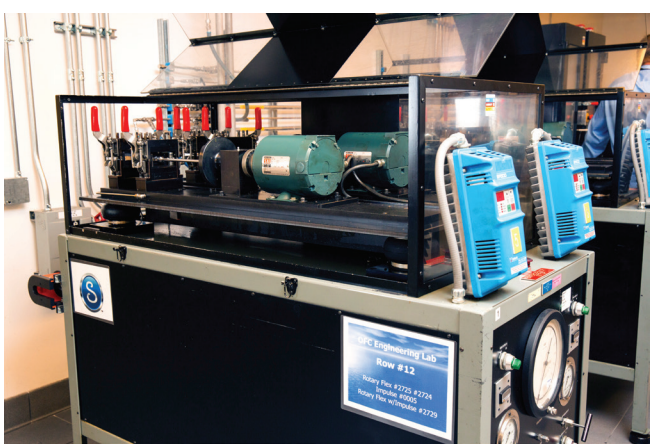


Figure 7-6 Banc d'essai de vibrations.

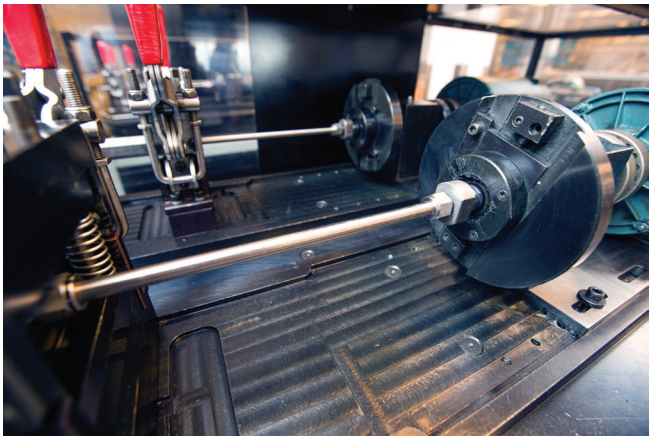


Figure 7-7 Décalage réglable du tube pour les essais de vibrations.

Une pression à l'intérieur du tube est sélectionnée (pression de service maximale).

Entraînée par la rotation du moteur, l'extrémité située côté moteur du tube fermé par un capuchon suit une trajectoire circulaire, dont le rayon est égal à l'écart entre les deux axes.

L'essai doit se poursuivre jusqu'à ce que l'une des situations ci-dessous se produise :

- Le raccord commence à fuir.
- Le tube se casse.
- Le seuil de dix millions de cycles a été atteint.

Un capteur de pression monté sur la ligne met fin au test en cas de fuite au niveau du raccord ou de rupture de fatigue du tube.

Nous avons vu d'autres tests dans lesquels un tube cintré à 90°est placé entre le raccord à tester et le bloc réglable. Ce test produit des résultats imprécis ; il n'est pas possible de mesurer ou d'estimer la contrainte appliquée. Il est recommandé de suivre les lignes directrices de la Méthode d'essai normalisée pour déterminer les facteurs d'intensification des contraintes dans les composants de tuyauterie métallique (ASME B31J).

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants : PTR-3222. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Essais de traction

Ces tests ne sont généralement effectués que par les fabricants de raccords en raison de leur coût et du matériel qu'ils nécessitent. Les essais de traction servent à contrôler la capacité de maintien des raccords plutôt que leur capacité à former des joints étanches.

Les résultats permettent de calculer la pression interne nécessaire pour séparer le tube du raccord, pression à laquelle le tube pourrait en fait être éjecté du raccord. La plupart des raccords de qualité parviennent à maintenir un tube à des pressions hydrauliques proches de la pression de rupture ou d'éclatement du tube. Les essais d'éclatement hydraulique sont abordés plus loin dans ce chapitre.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants : PTR-4060. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement



Figure 7-8 Essai de traction.

Essais de rotation

Ces tests sont parfois effectués afin de déterminer le couple nécessaire pour tordre un morceau de tube au point de rompre le joint entre les bagues et le tube et de provoquer une fuite. Même si nous pourrions tester les raccords de cette manière, cette situation correspond rarement à un dysfonctionnement rencontré sur le terrain.

Essais d'impulsions de pression hydraulique

Les essais d'impulsions de pression hydraulique sont généralement réalisés par les fabricants de raccords pour déterminer la capacité de l'ensemble tube-raccord à résister à des impulsions de pression soudaines sans qu'une défaillance ne survienne.

La méthode de Swagelok consiste à soumettre l'ensemble tube-raccord à des chocs hydrauliques, à une pression égale à *1,5 × la pression de service maximale du tube*. Une vanne à ouverture rapide est utilisée pour produire un total de 100 000 chocs à raison de 35 à 40 chocs/minute.

Les essais d'impulsions de pression hydraulique fournissent de précieuses informations, mais pas autant que les observations effectuées en situation réelle.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants : PTR-2849. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement



Figure 7-9 Essai d'impulsions de pression hydraulique.

Essais d'éclatement hydraulique

Les essais d'éclatement hydraulique sont un excellent moyen de tester la capacité d'un raccord à maintenir un tube, mais renseignent très peu sur les performances de ce raccord en matière d'étanchéité.

Ces tests peuvent produire des résultats significatifs lorsqu'ils sont bien conçus. Dans les tests du programme général de Swagelok, des blocs de serrage empêchent le tube d'éclater, la défaillance se produisant alors nécessairement au niveau de l'emboîtement raccord-tube.

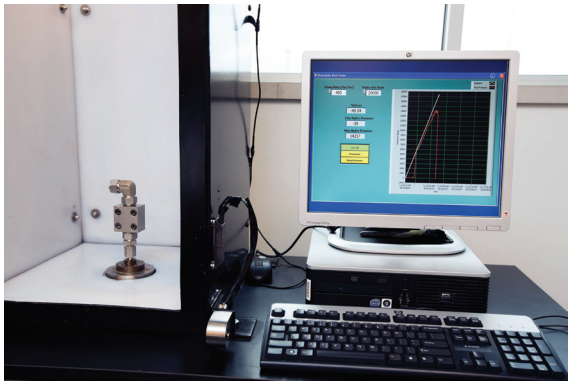


Figure 7-10 Essai d'éclatement hydraulique.

La pression est augmentée progressivement et sa valeur est consignée lorsque l'une des situations suivantes se produit :

- Perte de maintien du tube
- Rupture du matériau
- Apparition d'une fuite

Le résultat est ensuite comparé à la pression de service du tube.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants : PTR-3220. www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement



Figure 7-11 Coulissement du tube avant éclatement.



Figure 7-12 Éclatement du tube.

Essais de cyclage thermique

Les variations cycliques de température sont l'une des pires conditions de service qu'un raccord doive subir.

Exemples :

- Vapeur
- Applications cryogéniques
- Environnements polaires ou tropicaux
- Fluides caloporteurs tels que les métaux liquides
- Simulation spatiale
- Chambres, colonnes, fours d'instruments d'analyse

Le coût de la mise en place d'une installation d'essai est généralement prohibitif, sauf pour un gros fabricant de raccords ou pour un programme de recherche financé par les pouvoirs publics.

Comme il a été dit précédemment, la plupart des gros utilisateurs de raccords pour tubes ont leurs propres laboratoires d'essai en interne. La plupart des installations concernées par des variations cycliques de température disposent d'une partie voire de l'ensemble des services énumérés précédemment.

Reportez-vous aux rapports d'essais (PTR) sur les performances des raccords pour tubes (MS-06-108), et cherchez les résultats suivants :

- PTR-386
- PTR-392
- PTR-2835 (hautes températures)
- PTR-2836 (basses températures)

www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

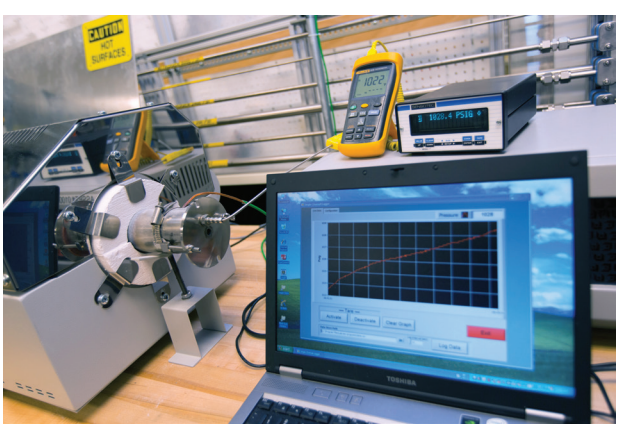


Figure 7-13 Test avec un gaz à 68 bar (1000 psig) et 538°C (1000°F).

Facteurs ayant une incidence sur les joints

De manière générale, les joints entre les composants d'un raccord sont très sensibles aux variations de température. Les facteurs qui ont une incidence directe sur les joints sont les suivants :

- L'épaisseur de la paroi des tubes et des raccords (tube à paroi mince associé à un raccord à paroi relativement épaisse)
- Coefficients de dilatation différents (tube en cuivre associé à un raccord en laiton)
- Longueur du tronçon de tube inséré dans le raccord (influe sur les transferts de chaleur dans la mesure où le tube se refroidit plus vite que le raccord)
- Vitesse de variation de la température (les chocs thermiques ou les variations très rapides de la température ont plus d'incidence que de lentes variations entre les limites extrêmes de température de service)

Effets de la vapeur

Parmi toutes les applications soumises à des variations cycliques de température, celles qui utilisent de la vapeur sont peut-être les plus courantes, et, à bien des égards, les plus compliquées. Les propriétés érosives bien connues de la vapeur excluent souvent toute possibilité de resserrer un raccord si une fuite se produit. En général, de la vapeur érosive s'échappant à grande vitesse par un orifice de très petite taille augmente fortement le taux de fuite initial, et, par conséquent, le coût associé à ces fuites. Un serrage supplémentaire du raccord permet rarement d'arrêter cette première fuite de vapeur (en particulier avec les tubes en cuivre utilisés pour le traçage à la vapeur) parce que la vapeur à haute vitesse se creuse un passage toujours plus profond dans le tube sous la bague d'étanchéité.

Évaluation des rapports d'essais des produits (PTR)

Il est important de bien comprendre les paramètres des tests lorsque l'on évalue les rapports d'essais des produits. La première question à se poser est de savoir si les mêmes paramètres ont été utilisés pour tous les raccords. Il serait impossible de comparer les résultats si la durée des essais n'était pas identique, ou si des gaz légers tels que l'azote, l'air ou l'hélium, étaient remplacés par de l'eau ou de l'huile hydraulique. Par ailleurs, comme il a été dit précédemment, les installations des laboratoires ont tendance à être plus ciblées et plus parfaites que les installations sur le terrain.

Pour n'importe quel composant, y compris un raccord pour tube, le meilleur test reste une utilisation répétée et en grande quantité sur le terrain, dans différentes installations et dans des conditions d'exploitation variées.

Mélange et échange de composants

De nombreux fabricants affirment que les composants de leurs raccords sont mélangeables/interchangeables avec ceux des raccords pour tubes Swagelok. Ces affirmations sont parfois accompagnées de quelques résultats d'essais. Cependant, ces tests sont souvent sujets aux nombreux écueils mentionnés précédemment dans ce chapitre (manque d'objectivité, résultats prédéterminés, absence de validité statistique, extrapolation, etc.).

Il convient de noter que de nombreux utilisateurs de raccords pour tubes ont mis au point leurs propres essais pour tester le caractère interchangeable des composants de raccords. Il est généralement admis que la pratique consistant à échanger des composants n'est ni recommandée, ni acceptée.

Cela s'explique par le fait qu'il n'existe aucune norme indépendante régissant la conception et les dimensions des composants des raccords pour tubes à bagues, qu'il s'agisse des raccords Swagelok ou de ceux d'autres fabricants. Cette absence de norme indépendante signifie que les résultats des tests ne sont pas reproductibles.

Voir le chapitre 1, page 15, pour plus d'informations sur le mélange et l'échange de composants.

Résumé

Planifiez vos programmes de tests en sélectionnant des raccords, des tubes, des matériaux et des configurations qui garantiront l'objectivité et la validité statistique des tests réalisés, tout en évitant les résultats prédéterminés et les extrapolations. Prêtez une attention particulière à ces mêmes considérations lorsque vous évaluez les résultats d'essais provenant de sources extérieures.

Admettez le fait que des installations existantes sont les laboratoires d'essai les plus fiables que l'on puisse trouver. Les personnes qui ignorent les données issues de l'exploitation d'un site et qui ne s'appuient que sur des programmes limités d'essais en laboratoire passent à côté d'informations de la plus grande valeur.

Chapitre 8

Filetages

Table des matières

Introduction 194
Terminologie des filetages 194
Filetages au pas du gaz 196
Filetages coniques 196
- Filetage conique National Pipe Tapered (NPT) 197
- Filetage conique à joint sec National Pipe Tapered Dryseal (NPTF) 198
- Filetage conique selon ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper) 198

Filetages cylindriques 200
- Filetage triangulaire (Unified Screw Thread) 200
- Filetage cylindrique selon ISO 228/1 (British Standard Pipe Parallel) 201
- Filetage métrique (ISO 261) 202
- Filetage triangulaire (Unified Screw Thread) 204
- Bossage taraudé SAE/MS 205
- Filetage métrique (ISO 261) 207

Autres éléments à prendre en considération 208

Introduction

Une bonne étanchéité des raccordements filetés dépend de nombreuses variables : qualité et propreté des filetages, température, matériau des composants, couple de serrage lors de l'installation, densité du fluide du système et pressions de service du système.

Le type de filetage utilisé dans un raccordement peut améliorer la qualité du joint. Ce chapitre répertorie les filetages les plus courants et indique l'utilisation qui en est habituellement faite. Il est important de noter que même du personnel expérimenté rencontre parfois des difficultés pour identifier les filetages, indépendamment de la procédure d'identification utilisée et de la qualité des calibres.

Terminologie des filetages

Les filets présentent des pics et des vallées que l'on appelle respectivement **sommets** et **fonds**. La surface située entre un sommet et un fond s'appelle le *flanc*.

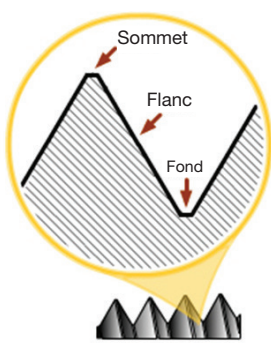


Figure 8-1 Terminologie des filetages.

Les filetages ont également un *pas* et un *angle*, comme le montre la figure ci-dessous.

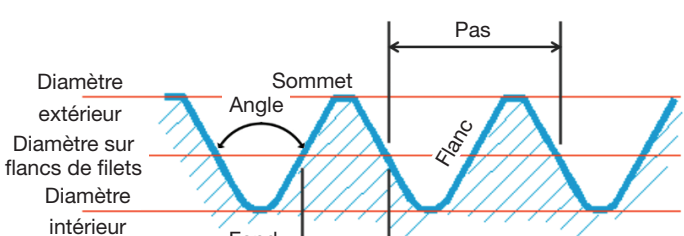
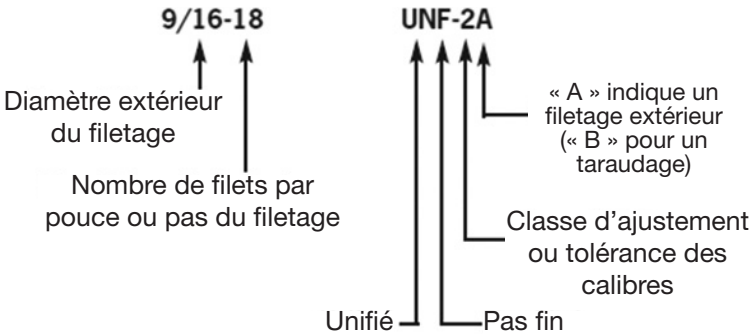


Figure 8-2 Pas d'un filetage.

Les filetages sont présents dans de très nombreux produits industriels. On les trouve dans presque tous les raccords pour tubes et toutes les vannes, que ce soit dans les écrous, les extrémités des raccords, les tiges de vannes, les contre-écrous ou les écrous de blocage, entre autres.



L'angle des filets est toujours de 60° dans ce filetage.

Figure 8-3 Désignation habituelle.

Quel que soit le filetage unifié :

- UNC (gros pas)
- UNF (pas fin)
- UNEF (pas très fin)

indique la relation entre le nombre de filets par pouce et le diamètre du filetage.

Par exemple :

- 5/16–18 correspond à un filetage unifié à gros pas
- 5/16–24 correspond à un filetage unifié à pas fin
- 5/16–32 correspond à un filetage unifié à pas très fin

Cependant, un filetage à *gros pas*, à *pas fin* ou à pas *très fin* n'est pas déterminé simplement par le nombre de filets par pouce, mais par la relation entre ce nombre et le diamètre du filetage.

Par exemple :

- 1/4–20 correspond à un filetage unifié à gros pas
- 7/16–20 correspond à un filetage unifié à pas fin
- 3/4–20 correspond à un filetage unifié à pas très fin

Les filetages sont cylindriques (et non coniques). Ils sont définis par leur diamètre extérieur et leur nombre de filets par pouce. On peut citer comme exemple un orifice de diamètre nominal 3/8 po avec un filetage 9/16–18 UNF-2A.

Tous les raccords pour tubes Swagelok sont dotés de filetages triangulaires. L'action conjuguée de l'écrou et du corps fileté lors du serrage permettent de sertir les bagues sur le tube.

Filetages au pas du gaz

Il existe deux grandes catégories de filetages : les filetages coniques et les filetages cylindriques. Ces termes font référence à la manière dont sont usinés les filets par rapport à l'axe du filetage.

Filetages coniques

Les filetages coniques forment, en général, un angle de 1°47' avec l'horizontale (ce qui se traduit par une conicité de 1/16 po par pied). Les filetages coniques sont conçus pour former un joint entre les flancs des filets. Cependant, les tolérances de fabrication, ainsi que les limites de la troncature des fonds et des sommets, produisent rarement un joint étanche.

- Les filetages coniques fonctionnent au moyen d'un ajustement serré. Les tolérances sur les angles, les longueurs, les hauteurs, etc., ne sont pas suffisamment étroites pour former un joint étanche.
- Il n'est pas possible de fabriquer des filetages mâles dont les tolérances permettraient la formation d'un joint étanche avec un filetage femelle sans utiliser un produit d'étanchéité.

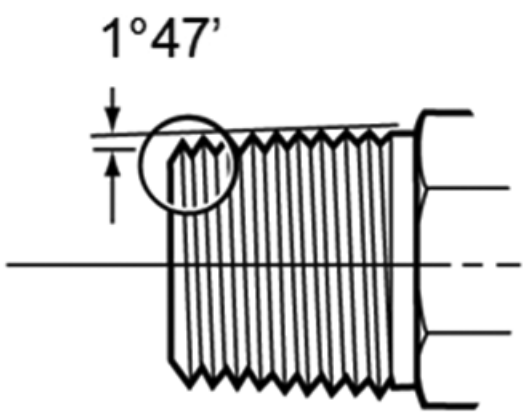


Figure 8-4 Filetage conique (dynamique).

Pour cette raison, il est toujours nécessaire de remplir les espaces entre fonds et sommets avec un produit d'étanchéité de qualité, afin d'empêcher le fluide du système de pénétrer à l'intérieur du raccordement. Le produit d'étanchéité, du ruban de PTFE Swagelok par exemple, va remplir les espaces vides entre les filets. Le produit d'étanchéité pour filetage agit également comme un lubrifiant pour éviter l'usure par frottements des surfaces d'étanchéité. Les fuites dues à cette usure des filets sont fréquentes avec des filetages usinés dans de l'acier inoxydable ou d'autres alliages de nickel, qui sont plus sujets au grippage.

Deux types de filetages coniques sont utilisés dans les raccordements d'extrémité fabriqués par Swagelok.

Il s'agit des filetages NPT et ISO 7/1.

Filetage conique National Pipe Tapered (NPT)

- Conicité du filetage = 1°47'
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont planes.
- Le pas est mesuré en filets par pouce.
- L'angle des filets est de 60°.

Normes :

- ANSI/ASME B1.20.1
- SAE AS71051

Les filetages NPT sont usinés conformément au cahier des charges de la norme ANSI B1.20.1. C'est le filetage utilisé sur l'extrémité filetée de tous les raccords pour tubes Swagelok figurant dans les catalogues de produits Swagelok avec la mention NPT.

Les filetages NPT usinés par Swagelok dépassent les critères de la norme ANSI B1.20.1 (filetages au pas du gaz, filetages à joint sec). L'utilisation d'un produit d'étanchéité pour filetage est obligatoire. Le ruban de PTFE Swagelok est conçu spécialement pour rendre ces filetages étanches. Le produit SWAK est un produit d'étanchéité pour filetage anaérobie contenant du PTFE. Pour plus d'informations, adressez-vous à votre distributeur agréé Swagelok.

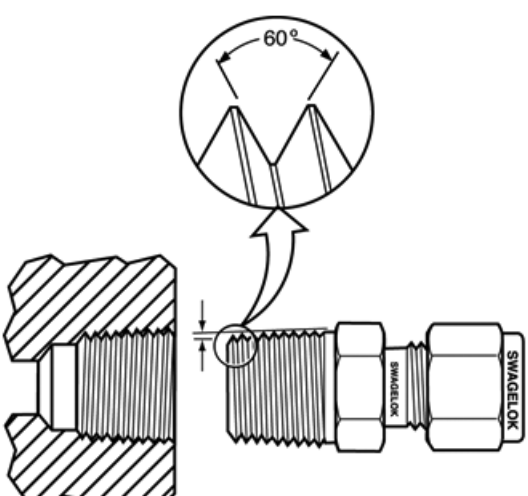


Figure 8-5 Filetage NPT.

Filetage conique à joint sec National Pipe Tapered Dryseal (NPTF)

Les filetages NPTF sont usinés conformément au cahier des charges de la norme ANSI B1.20.3. Ce type de filetage est utilisé sur certains équipements hydrauliques et parfois imposé sur du matériel à usage militaire.

Dans les filetages à joint sec, les fonds des filets sont plus tronqués que les sommets, de sorte qu'un ajustement serré entraîne l'écrasement du sommet par le fond, provoquant le grippage du filetage. Une fois le montage réalisé, les sommets, les fonds et les flancs sont censés restés parfaitement en contact, ce qui peut provoquer une usure par frottements, en particulier avec l'acier inoxydable et les alliages de nickel en l'absence de lubrifiant ou de produit d'étanchéité.

Les filetages des raccords pour tubes Swagelok ne sont pas des filetages à joint sec.

Filetage conique selon ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper)

- Filetage Swagelok RT
- Conicité du filetage = 1°47'
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont arrondies.
- Le pas est mesuré en filets par pouce.
- L'angle des filets est de **55**°.

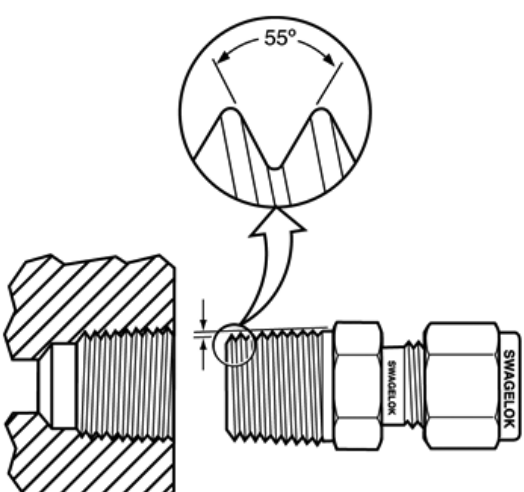


Figure 8-6 Filetage conique ISO 7/1.

Normes :

- BS EN 10226-1
- JIS B0203
- BS 21
- DIN 2999

Les filetages coniques ISO sont équivalents aux filetages coniques selon les normes DIN 2999, BSPT et JIS B0203.

Dans les applications, les filetages ISO sont utilisés de la même manière que les filetages NPT. Il faut toutefois faire attention à ne pas mélanger des filetages ISO et NPT. L'angle des filets est de 55° pour les filetages ISO contre 60° pour les filetages NPT. Le pas du filetage est généralement mesuré en millimètres, mais peut être exprimé en pouces. Pour plusieurs dimensions, le nombre de filets par pouce ainsi que la configuration des fonds et des sommets présentent des différences par rapport aux filetages NPT.

Tableau comparatif : filetages coniques

Dimension nominale	Filets par pouce		Diamètre extérieur du tuyau	Angle des filets	Pas
1/16 po	NPT/NPTF	27	0,313 po	60°	0,037 po
	ISO	28	0,312 po	55°	0,036 po
1/8 po	NPT/NPTF	27	0,405 po	60°	0,037 po
	ISO	28	0,398 po	55°	0,036 po
1/4 po	NPT/NPTF	18	0,540 po	60°	0,056 po
	ISO	19	0,535 po	55°	0,053 po
3/8 po	NPT/NPTF	18	0,675 po	60°	0,056 po
	ISO	19	0,672 po	55°	0,053 po
1/2 po	NPT/NPTF	14	0,840 po	60°	0,071 po
	ISO	14	0,843 po	55°	0,071 po
3/4 po	NPT/NPTF	14	1,050 po	60°	0,071 po
	ISO	14	1,060 po	55°	0,071 po
1 po	NPT/NPTF	11-1/2	1,315 po	60°	0,087 po
	ISO	11	1,331 po	55°	0,091 po
1 1/4 po	NPT/NPTF	11-1/2	1,660 po	60°	0,087 po
	ISO	11	1,669 po	55°	0,091 po
1 1/2 po	NPT/NPTF	11-1/2	1,900 po	60°	0,087 po
	ISO	11	1,900 po	55°	0,091 po
2 po	NPT/NPTF	11-1/2	2,375 po	60°	0,087 po
	ISO	11	2,374 po	55°	0,091 po

Filetages cylindriques

Dans un filetage cylindrique, les filets sont usinés parallèlement à l'axe du filetage.

- À l'inverse de ce que l'on observe avec les filetages coniques dans lesquels l'étanchéité est assurée par un contact étroit entre les flancs des filets, il n'existe pas un tel contact entre les flancs, les fonds et les sommets dans les filetages cylindriques.
- On trouve des filetages cylindriques dans presque tous les raccords pour tubes et toutes les vannes, que ce soit dans les écrous, les extrémités des raccords, les tiges de vannes, les contre-écrous ou les écrous de blocage, entre autres.

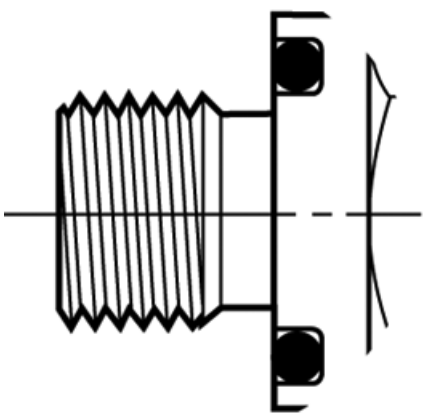


Figure 8-7 Filetage cylindrique (mécanique).

Swagelok fabrique des produits dotés de divers filetages cylindriques aux dimensions fractionnaires ou métriques. Bien que les deux filetages cylindriques les plus répandus soient le filetage triangulaire et le filetage ISO 228/1, le filetage métrique (ISO 261) est une option de plus en plus courante sur certains des composants Swagelok.

Filetage unifié

- Filetage Swagelok ST avec joint torique
- L'angle des filets est de 60°.
- Le pas est mesuré en filets par pouce.
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont planes.

Normes :

- ANSI/ASME B1.1
- Filetage cylindrique SAE/MS

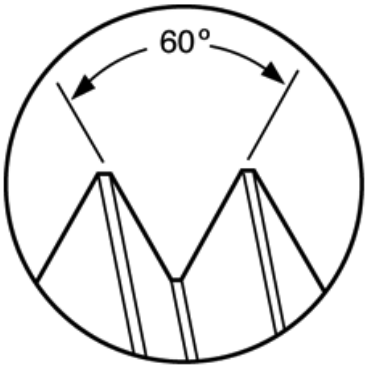


Figure 8-8 Filetage unifié (triangulaire) avec angle de 60°.

Filetage cylindrique selon ISO 228/1 (British Standard Pipe Parallel)

- Filetages Swagelok RP, RS, RG, RJ
- L'angle des filets est de 55°.
- Le pas est mesuré en filets par pouce.
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont arrondies.

Normes :

- JIS B0202
- BSPP

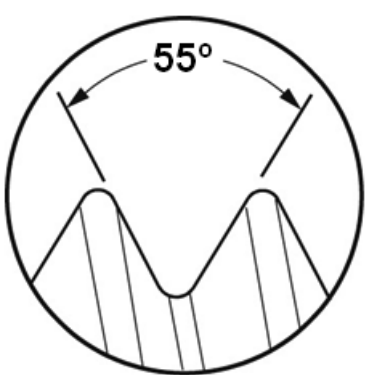


Figure 8-9 Filetage selon ISO 228 avec angle de 55°.

Les filetages cylindriques ISO sont équivalents aux filetages cylindriques selon les normes DIN ISO 228/1, BSPP et JIS B0202. La configuration de ces filetages est semblable à celle des filetages selon ISO 7/1, à cela près qu'il n'y a pas de conicité. Par conséquent, l'étanchéité n'est pas assurée par un contact étroit entre les flancs des filets comme dans un filetage conique ISO 7/1 ou NPT. On utilise normalement un joint d'étanchéité ou un joint torique placé entre les composants mâle et femelle. Dans certains cas, le corps est serré jusqu'à ce que les pans pénètrent dans le composant femelle. La planéité de surface perpendiculaire à l'axe du filetage est essentielle.

Filetage métrique (ISO 261)

- L'angle des filets est de 60°.
- Le pas est mesuré en millimètres.
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont planes et de largeurs différentes.

Normes :

- ISO 68-1
- JIS B0205
- ANSI/ASME B1.13M

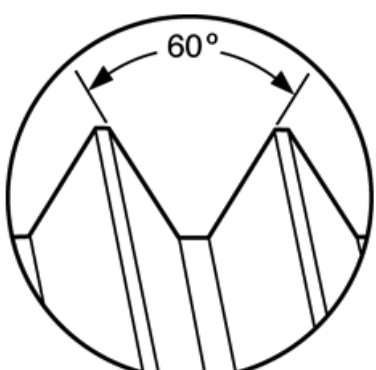


Figure 8-10 Filetage métrique selon ISO 261 avec angle de 60°.

À la différence des filetages coniques, les filetages cylindriques ne sont pas étanches. Même l'utilisation d'un produit d'étanchéité de bonne qualité ne permet pas d'obtenir un joint étanche avec ces filetages. Quatre méthodes permettent de former un joint étanche entre deux éléments mâle et femelle dotés de filetages ISO 228/1.

1. Un joint métal sur métal est formé par contact entre les faces planes du corps et du composant fileté femelle (filetage Swagelok RP).

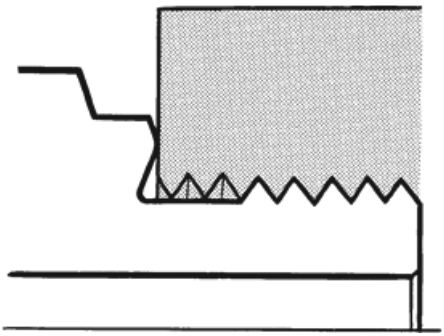


Figure 8-11 Étanchéité par contact direct entre les surfaces métalliques des composants.

2. Un joint métallique (généralement en cuivre) est placé entre les faces planes du corps et du composant fileté femelle (filetage Swagelok RP).

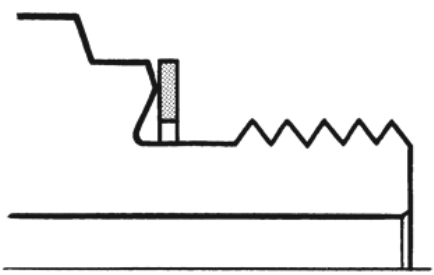


Figure 8-12 Étanchéité assurée par un joint métallique.

3. Un cône de centrage automatique situé au niveau des pans va centrer une rondelle composite (généralement en métal et élastomère) pour former un joint étanche sur la surface entourant le filetage femelle (filetage Swagelok RS).

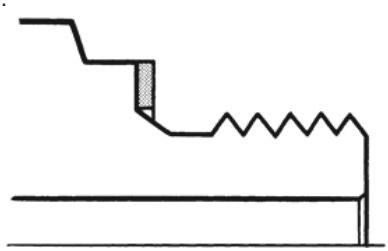


Figure 8-13 Étanchéité assurée par une rondelle composite.

4. Un joint d'étanchéité est placé au fond du filetage femelle. La pression exercée par la face plane du composant mâle sur le joint assure l'étanchéité du raccordement (filetage Swagelok RG).

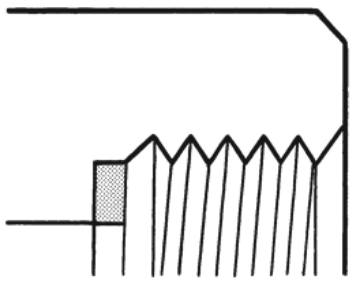


Figure 8-14 Étanchéité assurée par un joint placé au fond du composant femelle.

Filetages unifiés

- L'angle des filets est de 60°.
- Le pas est mesuré en pouces.
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont planes.
- Le diamètre est mesuré en pouces.

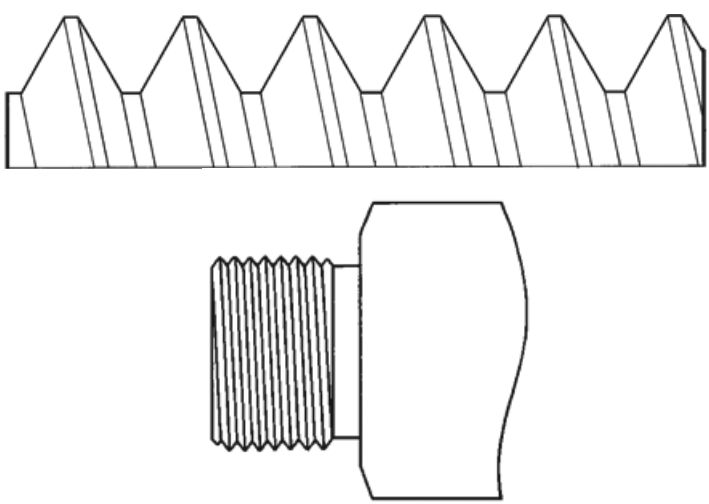


Figure 8-15 Filetage unifié (norme américaine).

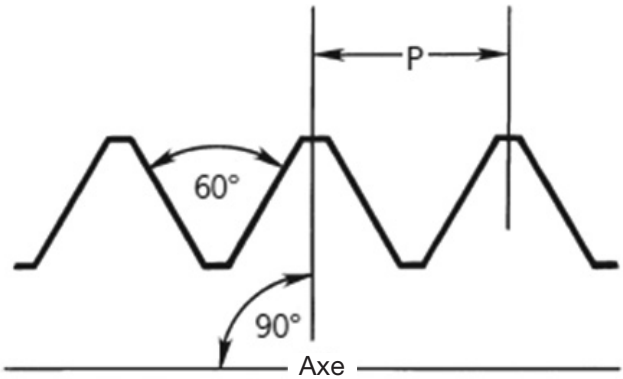


Figure 8-16 Filetage cylindrique.

Les filetages unifiés (triangulaires) sont couramment utilisés dans l'industrie hydraulique et pour le matériel militaire. Les raccords cylindriques SAE-MS Swagelok sont utilisés pour former un joint étanche avec des orifices taraudés SAE/MS au moyen de joints toriques en élastomère.

Les dimensions des filetages et les autres dimensions des orifices SAE selon la norme SAE J1926 sont indiquées ci-dessous.

Bossage taraudé SAE/MS

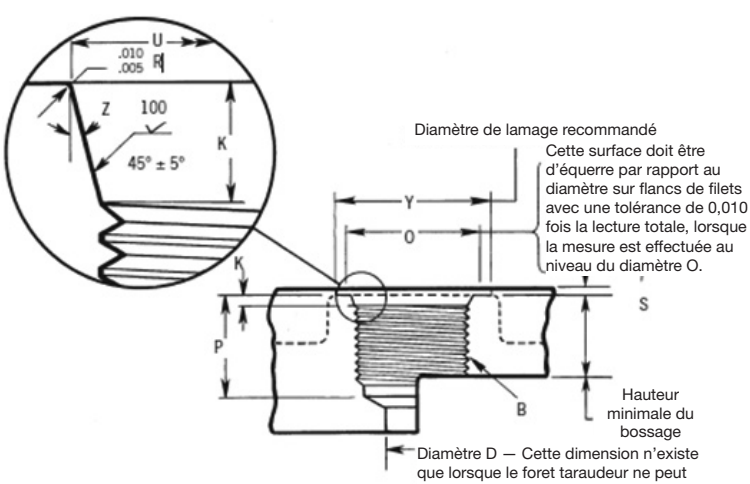


Figure 8-17 Bossage taraudé SAE/MS.

Dimensions d'un orifice taraudé selon SAE J1926/1

Diam. ext. nom. du tube	Filetage cylindrique B					Diam. D	Hauteur totale du filet J	K +0,015 –0,00	Diam. O	P§	S•†	Diam. U* +0,005 –0,000	Diam. Y†	Z ±1 deg.
	Dimension du filetage	Diam. sur flancs		Diam. int.										
		Min	Max	Min	Max	Min	Min		Min	Min	Max	Max		
1/8	5/16–24	0,2854	0,2902	0,267	0,277	0,062	0,390	0,074	0,438	0,468	0,062	0,358	0,674	12
3/16	3/8–24	0,3479	0,3528	0,330	0,340	0,125	0,390	0,074	0,500	0,468	0,062	0,421	0,753	12
1/4	7/16-20	0,4050	0,4104	0,383	0,395	0,172	0,454	0,093	0,563	0,547	0,062	0,487	0,832	12
5/16	1/2-20	0,4675	0,4731	0,446	0,457	0,234	0,454	0,093	0,625	0,547	0,062	0,550	0,911	12
3/8	9/16-18	0,5264	0,5323	0,502	0,515	0,297	0,500	0,097	0,688	0,609	0,062	0,616	0,989	12
1/2	3/4-16	0,7094	0,7159	0,682	0,696	0,391	0,562	0,100	0,875	0,688	0,094	0,811	1,186	15
5/8	7/8-14	0,8286	0,8356	0,798	0,814	0,484	0,656	0,100	1,000	0,781	0,094	0,942	1,344	15
3/4	1 1/16-12	1,0084	1,0158	0,972	0,990	0,609	0,750	0,130	1,250	0,906	0,094	1,148	1,619	15
7/8	1 3/16-12	1,1334	1,1409	1,097	1,115	0,719	0,750	0,130	1,375	0,906	0,094	1,273	1,777	15
1	1 5/16-12	1,2584	1,2659	1,222	1,240	0,844	0,750	0,130	1,500	0,906	0,125	1,398	1,934	15
1 1/4	1 5/8–12	1,5709	1,5785	1,535	1,553	1,078	0,750	0,132	1,875	0,906	0,125	1,713	2,288	15
1 1/2	1 7/8–12	1,8209	1,8287	1,785	1,803	1,312	0,750	0,132	2,125	0,906	0,125	1,962	2,564	15
2	2 1/2-12	2,4459	2,4540	2,410	2,428	1,781	0,750	0,132	2,750	0,906	0,125	2,587	3,470	15

Toutes les dimensions sont en pouces.

* Le diamètre U et le diamètre sur flancs de filets doivent être concentriques avec une tolérance de 0,005 fois la lecture totale, et la surface doit être exempte de marques d'outil longitudinales ou hélicoïdales. Des marques d'outil circulaires d'une profondeur maximale de 100 µpo sont tolérées.

• Profondeur maximale recommandée du lamage offrant suffisamment de prise pour serrer correctement le raccord ou l'écrou de blocage avec une clé.

† Si la face du bossage se trouve sur une surface usinée, les dimensions Y et S n'ont pas lieu d'être.

§ Les profondeurs de taraudage indiquées nécessitent l'utilisation de tarauds finisseurs pour obtenir la longueur du complète spécifiée du filet. Lorsque des tarauds standard sont utilisés, ces profondeurs doivent être augmentées en conséquence.

Remarque : les orifices taraudés MS16142 sont presque identiques aux orifices taraudés SAE à l'exception des dimensions du lamage.

Filetage métrique (ISO 261)

- L'angle des filets est de 60°.
- Le pas est mesuré en millimètres.
- Les parties tronquées du fond et du sommet des filets sont planes et de largeurs différentes.
- Le pas est mesuré en millimètres.

Les filetages métriques sont cylindriques (et non coniques). Le système est similaire à celui des filetages unifiés mentionné précédemment, mais les filetages sont spécifiés comme le montrent les figures ci-dessous. Un filetage de diamètre extérieur 10 mm et de pas 1,5 mm sera désigné comme le montre la figure suivante :

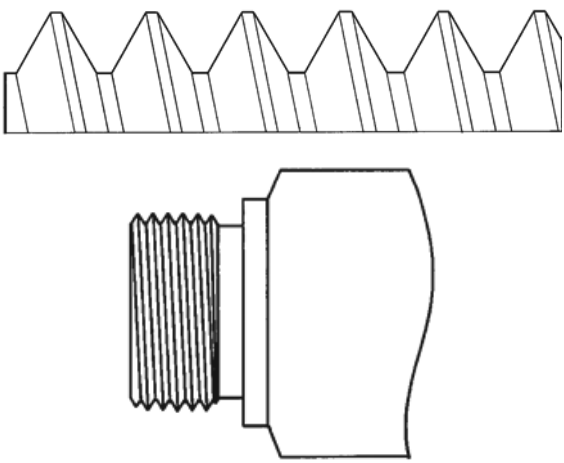


Figure 8-18 Filetage métrique ISO (Organisation internationale de normalisation).

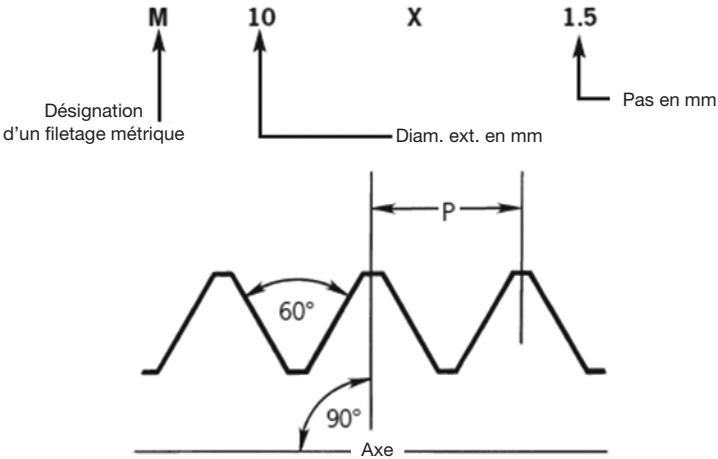


Figure 8-19 Désignation habituelle.

L'étanchéité entre les composants filetés mâle et femelle est assurée par un joint d'étanchéité ou un joint torique.

Autres éléments à prendre en considération

- Lors de l'assemblage d'un produit Swagelok possédant un raccordement d'extrémité fileté, ce dernier doit être raccordé avant le raccord pour tube Swagelok, du fait des rotations nécessaires à sa mise en place.
- Il faut toujours utiliser un produit d'étanchéité avec les filetages coniques, pour garantir l'étanchéité du raccord et éviter le grippage des filets pendant le montage. Reportez-vous au chapitre 3 pour plus d'informations sur la manière d'appliquer un produit d'étanchéité pour filetage.

Pour plus d'informations, reportez-vous au Guide d'identification des raccordements d'extrémité et des filetages, (MS-13-77). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Chapitre 9

Pressions nominales

Table des matières

Dimensions et pressions nominales des tubes 210
Applications gaz 212
Tableaux des dimensions des tubes utilisés avec des gaz 213
Pressions de service admissibles recommandées pour les tubes en acier inoxydable et en cuivre 214
Tableau 1 – Tubes fractionnaires en acier inoxydable sans soudure 214
Pour les tubes soudés 214
Recommandations pour la commande 215
Tableau 2 – Tubes métriques en acier inoxydable sans soudure 216
Pour les tubes soudés 216
Recommandations pour la commande 217
Tableau 3 – Tubes fractionnaires en cuivre 218
Recommandations pour la commande 218
Tableau 4 – Tubes métriques en cuivre 219
Recommandations pour la commande 219
Coefficients utilisés pour déterminer la pression nominale des tubes à des températures élevées 220
Pressions nominales des extrémités filetées 221

Dimensions et pressions nominales des tubes

Le diamètre extérieur (DE) et le diamètre intérieur (DI) des tubes sont reliés par les formules suivantes :

- DE = $2t$ + DI
- DI = DE − $2t$
- Où t = épaisseur de la paroi du tube

On trouvera l'épaisseur de paroi appropriée pour contenir la pression interne dans l'un des tableaux des pressions admissibles figurant dans la fiche des données sur les tubes (MS-01-107). Toutes les pressions nominales des tubes sont basées sur le code ASME pour la tuyauterie sous pression B31.3-2012.

Pour connaître la pression nominale des tubes en fonction du matériau de fabrication et de l'épaisseur de paroi, reportez-vous à la fiche Swagelok Données sur les tubes (MS-01-107). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

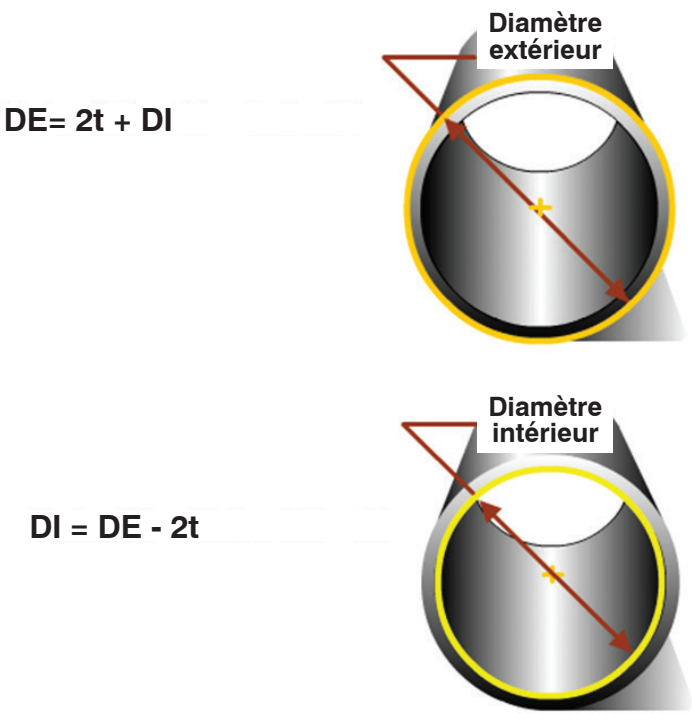


Figure 9-1 Définitions des diamètres extérieur et intérieur d'un tube.

Toutes les pressions nominales sont basées sur une épaisseur de paroi minimale et un diamètre extérieur maximal, dans les limites des normes ASTM applicables. Une pression nominale prudente est donc établie sur la base des pires conditions. Parce que les tolérances sur le diamètre extérieur et l'épaisseur de paroi diffèrent d'une norme ASTM à l'autre, l'utilisation de tubes autres que ceux qui figurent dans la fiche des données sur les tubes (MS-01-107) peut entraîner quelques changements par rapport aux pressions nominales indiquées dans les tableaux.

À titre d'exemple, nous utiliserons un tube en acier inoxydable sans soudure de diamètre extérieur 3/8 po avec une paroi d'épaisseur 0,049 po, conforme à la norme ASTM A269.

Diamètre extérieur nominal	0,375
Diamètre extérieur réel	0,370 à 0,380 po (±0,005 po)
Épaisseur de paroi nominale	0,049 po
Épaisseur de paroi réelle	0,042 à 0,056 po (±15 %)

Pression nominale basée sur le diamètre extérieur nominal = 401 bar (5820 psi)

Pression nominale basée sur l'épaisseur réelle minimale de la paroi (0,042 po) et le diamètre extérieur réel maximal (0,380 po) = 335 bar (4860 psi)

(Valeur tronquée à la centaine inférieure (en psi) dans le tableau = 331 bar [4800 psi])

Aucune marge n'est prise en compte pour la corrosion ou l'érosion dans la fiche des données sur les tubes. Dans ce chapitre, l'expression *pression maximale admissible* fait référence à la pression maximale dans un système donné. La pression admissible d'un système doit être établie en fonction de pression maximale à laquelle on peut raisonnablement s'attendre dans ce système. Le concepteur, qui connaît les autres variables, pourra décider d'un coefficient de sécurité basé sur sa bonne connaissance du système.

Applications gaz

Les gaz (air, hydrogène, hélium, azote, etc.) sont constitués de très petites molécules capables de s'échapper par le moindre interstice. Certains défauts de surface peuvent constituer de tels interstices. Plus le diamètre extérieur du tube est élevé, plus le risque de rayure ou de tout autre défaut de surface affectant l'étanchéité du tube augmente.

On obtiendra un raccordement optimal dans ce type d'application en suivant attentivement les consignes de montage et en sélectionnant des tubes à paroi épaisse dans les parties non grisées des tableaux figurant dans le document *Données sur les tubes*.

Un tube à paroi épaisse résistera mieux à l'effet des bagues qu'un tube de faible épaisseur et permettra ainsi aux bagues d'éliminer les petites imperfections superficielles. Un tube à paroi mince aura tendance à s'écraser, offrant alors peu de résistance à l'action des bagues pendant le serrage. Cela diminue les chances d'éliminer certains défauts superficiels comme les rayures. Avec des gaz, pour que les défauts de surface ne nuisent pas aux performances du système, veillez à choisir des tubes dont l'épaisseur de paroi est supérieure ou égale aux valeurs indiquées dans les tableaux ci-dessous.

Tableaux des dimensions des tubes utilisés avec des gaz

Dimensions fractionnaires en pouces

Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale	Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale
1/8	0,028	3/4	0,065
3/16	0,028	7/8	0,083
1/4	0,028	1	0,083
5/16	0,035	1 1/4	0,109
3/8	0,035	1 1/2	0,134
1/2	0,049	2	0,180
5/8	0,065		

Dimensions métriques en millimètres

Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale	Diam. ext. du tube	Épaisseur de paroi nominale minimale
3	0,8	18	1,5
6	0,8	20	1,8
8	1,0	22	2,0
10	1,0	25	2,2
12	1,0	28	2,5
14	1,2	30	3,0
15	1,5	32	3,0
16	1,5	38	3,5

Pressions de service admissibles recommandées pour les tubes en acier inoxydable et en cuivre

Tableau 1 – Tubes fractionnaires en acier inoxydable sans soudure

Sauf exception signalée, les pressions de service admissibles sont calculées à partir d'une valeur S de 137,8 MPa (20 000 psi) pour les tubes ASTM A269 entre −28 et 37°C (−20 et 100°F), tel que cela est précisé dans la norme ASME B31.3, ainsi que pour les tubes ASTM A213 entre −28 et 37°C (−20 et 100°F), tel que cela est précisé dans la norme ASME B31.1.

Pour les tubes soudés

Pour les tubes soudés et étirés, l'intégrité des soudures impose l'application d'un coefficient de réduction :

- Pour les tubes à soudure double, multiplier la pression de service par 0,85
- Pour les tubes à soudure simple, multiplier la pression de service par 0,80

Diam. ext. du tube po	Épaisseurs de paroi des tubes, po																Série des raccords Swagelok
	0,010	0,012	0,014	0,016	0,020	0,028	0,035	0,049	0,065	0,083	0,095	0,109	0,120	0,134	0,156	0,188	
	Pression de service, psig **Remarque :** pour une application gaz, sélectionner une épaisseur de paroi en dehors de la zone grisée. (Cf. **Applications gaz**, page 212.)																
1/16	5600	6800	8100	9400	12 000												100
1/8						8500	10 900										200
3/16						5400	7000	10 200									300
1/4						4000	5100	7500	10 200①								400

5/16							4000	5800	8000								500
3/8							3300	4800	6500	7500①②							600
1/2							2600	3700	5100	6700							810
5/8								2900	4000	5200	6000						1010
3/4								2400	3300	4200	4900	5800					1210
7/8								2000	2800	3600	4200	4800					1410
1									2400	3100	3600	4200	4700				1610
1 1/4										2400	2800	3300	3600	4100	4900		2000
1 1/2											2300	2700	3000	3400	4000	4900	2400
2												2000	2200	2500	2900	3600	3200

① Pour des pressions plus élevées, consultez le catalogue Swagelok *Raccords, tubes, vannes et accessoires pour moyennes et hautes pressions*, MS-02-472.
② Valeur basée sur des tests de pression répétés effectués sur le raccord pour tubes Swagelok avec un coefficient de sécurité de 4:1 jusqu'à apparition d'une fuite de fluide hydraulique.

Pour consulter des données relatives à d'autres matériaux ou les dernières informations sur le sujet, reportez-vous à la fiche Swagelok *Données sur les tubes* (MS-01-107).

Recommandations pour la commande

Tube hydraulique en acier inoxydable (de type 304, 304/304L, 316, 316/316L, 317, 317/317L, 321, 347) entièrement recuit (sans soudure ou soudé étiré), haute qualité, ASTM A269 et A213, ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 90 HRB ou 200 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et adaptés au cintrage ainsi qu'à l'évasement. La tolérance sur le diamètre extérieur ne doit pas dépasser ±0,003 po pour les tubes de DE 1/16 po.

Remarque : la tolérance sur l'ovalisation de certains tubes en acier inoxydable austénitique est deux fois supérieure à la tolérance sur le diamètre extérieur ; il est possible que des tubes présentant une telle ovalisation ne puissent pas rentrer dans les raccords Swagelok. Les aciers doublement certifiés comme les aciers 304/304L, 316/316L et 317/317L possèdent les propriétés chimiques et mécaniques minimales des deux qualités d'alliage.

Tableau 2 – Tubes métriques en acier inoxydable sans soudure

Sauf exception signalée, les pressions de service admissibles sont calculées à partir d'une valeur S de 137,8 MPa (20 000 psi) pour les tubes EN ISO 1127 (tolérances D4, T4 pour les tubes de 3 à 12 mm ; tolérances D4, T3 pour les tubes de 14 à 50 mm) entre −28 et 37°C (−20 et 100°F), tel que cela est précisé dans la norme ASME B31.3, ainsi que pour les tubes ASTM A213 entre −28 et 37°C (−20 et 100°F), tel que cela est précisé dans la norme ASME B31.1.

Pour les tubes soudés

Pour les tubes soudés et étirés, l'intégrité des soudures impose l'application d'un coefficient de réduction :

- Pour les tubes à soudure double, multiplier la pression de service par 0,85
- Pour les tubes à soudure simple, multiplier la pression de service par 0,80

Diam. ext. du tube mm	**Épaisseurs de paroi des tubes**, mm														Série des raccords Swagelok
	0,8	**1,0**	**1,2**	**1,5**	**1,8**	**2,0**	**2,2**	**2,5**	**2,8**	**3,0**	**3,5**	**4,0**	**4,5**	**5,0**	
	Pression de service, bar **Remarque :** pour une application gaz, sélectionner une épaisseur de paroi en dehors de la zone grisée. (Cf. **Applications gaz**, page 212.)														
3	670														3M0
6	310	420	540	710											6M0
8		310	390	520											8M0
10		240	300	400	510	580									10M0
12		200	250	330	410	470									12M0
14		160	200	270	340	380	430								14M0

15		150	190	250	310	360	400								15M0
16			170	230	290	330	370	400①							16M0
18			150	200	260	290	320	370							18M0
20			140	180	230	260	290	330	380						20M0
22			140	160	200	230	260	300	340						22M0
25					180	200	230	260	290	320					25M0
28						180	200	230	260	280	330				28M0
30						170	180	210	240	260	310				30M0
32						160	170	200	220	240	290	330			32M0
38							140	160	190	200	240	270	310		38M0
50										150	180	210	240	270	50M0

① Valeur basée sur des tests de pression répétés effectués sur le raccord pour tubes Swagelok avec un coefficient de sécurité de 4:1 jusqu'à apparition d'une fuite de fluide hydraulique.

Recommandations pour la commande

Tube en acier inoxydable (de type 304, 304/304L, 316, 316/316L, 317, 317/317L, 321,347) entièrement recuit, haute qualité, EN ISO 1127 ou équivalent. La dureté ne doit pas dépasser 90 HRB ou 200 HV. Les tubes doivent être exempts de rayures et être adaptés au cintrage ou à l'évasement. La tolérance sur le diamètre extérieur ne doit pas dépasser ±0,076 mm pour les tubes de DE 3 mm.

Remarque : les aciers doublement certifiés comme les aciers 304/304L, 316/316L et 317/317L possèdent les propriétés chimiques et mécaniques minimales des deux qualités d'alliage.

Tableau 3 – Tubes fractionnaires en cuivre

Les pressions de service admissibles sont calculées à partir d'une valeur S de 41,3 MPa (6000 psi) pour les tubes ASTM B75 et ASTM B88 entre −28 et 37°C (−20 et 100°F), tel que cela est précisé dans les normes ASME B31.3 et ASME B31.1.

Diam. ext. du tube po	**Épaisseurs de paroi des tubes**, po										Série des raccords Swagelok
	0,028	0,030	0,035	0,049	0,065	0,083	0,095	0,109	0.120	0,134	
	Pression de service, psig **Remarque :** pour une application gaz, sélectionner une épaisseur de paroi en dehors de la zone grisée. (Cf. **Applications gaz**, page 212.)										
1/8	2700	3000	3600								200
3/16	1800	1900	2300	3400							300
1/4	1300	1400	1600	2500	3500						400
5/16			1300	1900	2700						500
3/8			1000	1600	2200						600
1/2			800	1100	1600	2100					810
5/8				900	1200	1600	1900				1010
3/4				700	1000	1300	1500	1800			1210
7/8				600	800	1100	1300	1500			1410
1				500	700	900	1100	1300	1500		1610
1 1/8					600	800	1000	1100	1300	1400	1810

Recommandations pour la commande

Tube en cuivre doux recuit, sans soudure, haute qualité, ASTM B75 ou équivalent. Également tube à eau en cuivre ayant subi un recuit d'adoucissement (état 0), de type K ou L conforme à la norme ASTM B88.

Tableau 4 – Tubes métriques en cuivre

Les pressions de service admissibles sont calculées à partir d'une valeur S de 41,3 MPa (6000 psi) pour les tubes ASTM B75, ASTM B88 et EN 1057 entre −28 et 37°C (−20 et 100°F), tel que cela est précisé dans les normes ASME B31.3 et ASME B31.1.

Diam. ext. du tube mm	**Épaisseurs de paroi des tubes**, mm **0,8**	**1,0**	**1,2**	**1,5**	**1,8**	**2,0**	**2,2**	**2,5**	**2,8**	**3,0**	**Série des raccords Swagelok**
	Pression de service, bar **Remarque :** pour une application gaz, sélectionner une épaisseur de paroi en dehors de la zone grisée. (Cf. **Applications gaz**, page 212.)										
6	110	140	170	220							6M0
8		100	120	160							8M0
10		80	100	130							10M0
12		60	80	100	130	140					12M0
14		50	60	90	110	120					14M0
15			60	80	100	110	120				15M0
16				70	90	100	110	120			16M0
18				60	80	90	100	110			18M0
20				60	70	80	90	100	110		20M0
22				50	60	70	80	90	100		22M0
25				40	50	60	70	80	90	100	25M0
28					40	50	60	70	80	90	28M0

Recommandations pour la commande

Tube en cuivre doux recuit sans soudure, haute qualité, ASTM B75 et EN 1057 ou équivalent. Également tube à eau en cuivre ayant subi un recuit d'adoucissement (état 0), de type K ou L conforme à la norme ASTM B88.

Pour consulter des données relatives à d'autres matériaux ou les dernières informations sur le sujet, reportez-vous à la fiche Swagelok *Données sur les tubes* (MS-01-107).

Coefficients utilisés pour déterminer la pression nominale des tubes à des températures élevées

Température		Matériau des tubes							
°F	°C	Aluminium	Cuivre	Acier au carbone①	304, 304/304L②	316, 316/316L②	317, 317/317L②	321③	347③
200	93	1,00	0,80	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
400	204	0,40	0,50	0,87①	0,93	0,96	0,96	0,96	0,96
600	315				0,82	0,85	0,85	0,85	0,85
800	426				0,76	0,79	0,79	0,79	0,79
1000	537				0,69	0,76	0,76	0,76	0,76

① Basé sur une température maximale de 190°C (375°F)

② Les aciers doublement certifiés comme les aciers 304/304L, 316/316L et 317/317L sont conformes aux spécifications des aciers de qualité L pour ce qui est de la teneur maximale en carbone, et à celles des aciers de qualité non L pour ce qui est de la limite conventionnelle d'élasticité et de la résistance à la traction minimales.

③ Basé sur le coefficient de réduction le plus faible pour l'acier inoxydable, conformément à la norme ASME B31.3.

Pour connaître les coefficients de température à utiliser avec des tubes fabriqués dans d'autres matériaux, reportez-vous à la fiche Swagelok Données sur les tubes (MS-01-107). www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Pour déterminer la pression admissible à des températures élevées, multiplier la pression de service admissible par le coefficient correspondant au matériau et à la dimension du tube, que vous trouverez dans le tableau intitulé Coefficients pour applications à températures élevées. Ces deux valeurs figurent dans la fiche des données sur les tubes.

Exemple :

Tube en acier inoxydable 316 de DE 1/2 po et d'épaisseur de paroi 0,049 po à 538°C (1000°F) : 255 bar × 0,76 = 193 bar (3700 psig × 0,76 = 2812 psig).

La pression de service admissible pour un tube en acier inoxydable 316 de diamètre extérieur 1/2 po et d'épaisseur de paroi 0,049 po est donc de 193 bar (2812 psig) à 538°C (1000°F).

Pressions nominales des extrémités filetées

De nombreux raccords pour tubes Swagelok possèdent également une extrémité filetée mâle ou femelle. Ainsi qu'il est précisé plus bas, la pression nominale de ces extrémités est souvent inférieure à celle de l'extrémité où se raccorde le tube.

Les pressions nominales figurant dans le catalogue Raccords pour tubes et raccords adaptateurs contrôlables (MS-01-140) sont basées sur la norme ANSI B31.3. La pression nominale des extrémités filetées femelles est généralement inférieure à celle des extrémités mâles de même dimension, car les diamètres intérieur et extérieur des filetages femelles sont supérieurs à ceux des filetages mâles. Pour que les pressions nominales soient identiques, il faudrait que la paroi du raccordement fileté femelle soit plus épaisse, ce qui le rendrait trop encombrant. Pour que les coûts des matériaux et de la fabrication restent bas, la plupart des fabricants de raccords pour tubes ont adopté pour les raccordements filetés femelles une épaisseur de paroi qui aboutit à une pression nominale plus faible que celle des raccordements mâles de même dimension.

Les valeurs nominales figurent dans le catalogue Swagelok Raccords pour tubes et adaptateurs pour tubes contrôlables (MS-01-140).
www.swagelok.com.fr/fr-FR/Supplemental/Tube-Fitting-Manual-Digital-Supplement

Remarque : étanchéité des filetages coniques

L'utilisation d'un produit d'étanchéité de qualité est obligatoire avec des filetages coniques NPT ou ISO. Un bon produit d'étanchéité agira également comme un lubrifiant, atténuant ainsi la tendance de nombreux matériaux à s'user sous l'effet des frottements occasionnés par l'ajustement serré des filetages mâle et femelle.

Le ruban de PTFE Swagelok est un excellent produit d'étanchéité pour filetage jusqu'à 232°C (450°F). Le produit anaérobie SWAK est également très efficace jusqu'à 180°C (350°F).

Reportez-vous au chapitre 3 pour plus d'informations sur la manière d'appliquer un produit d'étanchéité pour filetage.

Chapitre 10

Le coût invisible des fuites

Table des matières

Introduction 224
- Qu'est-ce qu'une fuite ? 224
- Causes de fuites 224

Terminologie et principes des tests d'étanchéité 224
Formule du taux de fuite 228
Qu'est-ce que la gestion de l'énergie ? 230

Introduction

Ce chapitre explique pourquoi les fuites sont un élément essentiel à prendre en considération dans la conception, la construction et l'exploitation d'un système de contrôle des fluides. Les composants doivent être étanches pour garantir la fiabilité des systèmes.

Qu'est-ce qu'une fuite ?

Une fuite correspond à un écoulement incontrôlé du fluide vers l'intérieur ou vers l'extérieur d'un système de tuyaux ou de tubes, dans l'atmosphère par exemple.

Causes de fuites

- Joints métal sur métal non fiables
- Montage incorrect des raccords pour tubes
- Tubes mal choisis ou mal préparés



Figure 10-1 Fuites.

Terminologie et principes des tests d'étanchéité

Taux de fuite : volume de fluide perdu par unité de temps dans des conditions connues. Il s'exprime comme un débit, c'est-à-dire en unité de volume par unité de temps (L/min,cm^3 std/s).

Fuites : les fuites peuvent être ***réelles*** ou ***virtuelles***.

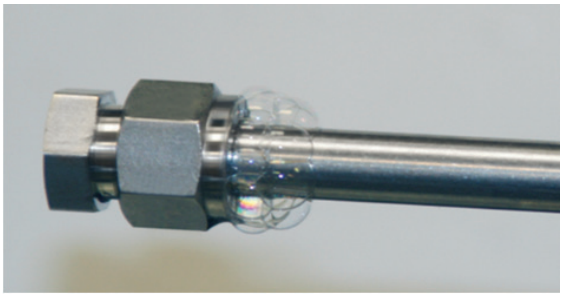


Figure 10-2 Fuite.

Fuites réelles (également appelées fuites ***véritables***, ***mécaniques***, ***par un orifice*** ou ***capillaires***) : elles se produisent lorsqu'un composant censé contenir la pression ne parvient pas à contenir ou à isoler le fluide du système par rapport au milieu environnant. Les fuites réelles peuvent être le résultat de fissures ou de jeux dans les surfaces d'étanchéité ou de la perméation au travers des matières assurant l'étanchéité. Il existe trois types de fuites réelles :

1. **Vers l'intérieur :** pénétration de matière du milieu environnant dans le système, des impuretés par exemple.
2. **Vers l'extérieur :** dégagement de matière du système dans le milieu environnant.
3. **Internes :** écoulement de fluide à travers un dispositif censé contenir la pression à l'intérieur du système. Ce type de fuite se produit la plupart du temps au niveau de sièges des vannes.

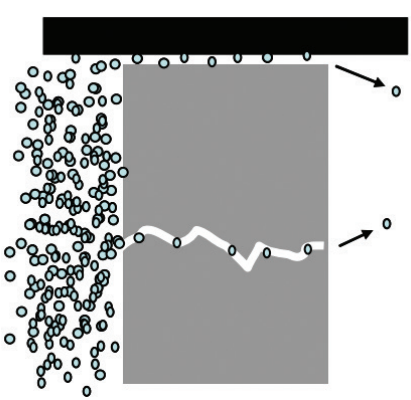


Figure 10-3 Fuite réelle.

Fuites virtuelles : déversement d'un fluide retenu à l'intérieur d'un système fluide, causé par un ***dégazage***, des fluides absorbés ou adsorbés, une rétention de fluide dans des fissures ou des bras morts, etc.

Dégazage : situation dans laquelle un gaz s'échappe d'un matériau dans un espace où règne le vide.

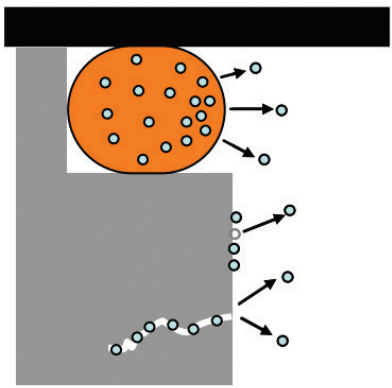


Figure 10-4 Fuite virtuelle.

Perméation : écoulement de fluide dans, à travers ou hors d'un composant censé contenir la pression et dont la taille des trous ne permet le passage que d'une petite partie des molécules du fluide. Ce type de fuite est généralement associé au flexibles en PTFE.

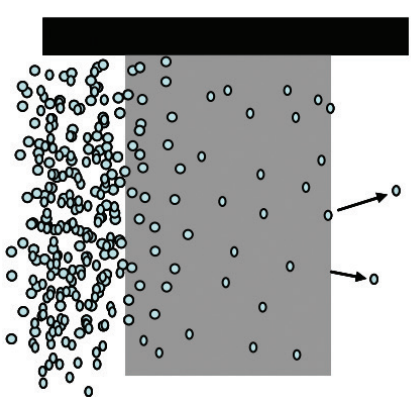


Figure 10-5 Fuite par perméation.

Notez qu'un détecteur de fuite recherchant un gaz comme l'hélium ne peut pas faire la différence fuite réelle, fuite virtuelle, perméation et dégazage.

Une façon de détecter les fuites du système consiste à utiliser le liquide détecteur de fuites SNOOP, comme le montrent les illustrations suivantes.

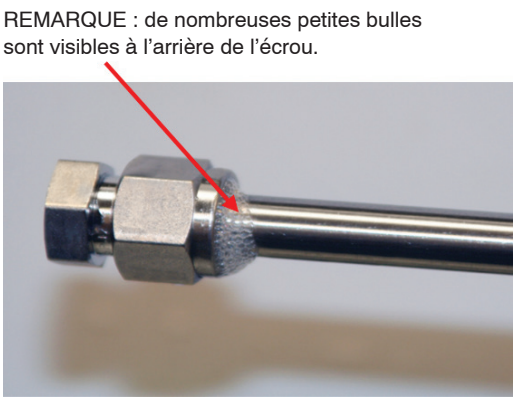


Figure 10-6 Petite fuite détectée à l'aide du liquide détecteur de fuites Snoop.

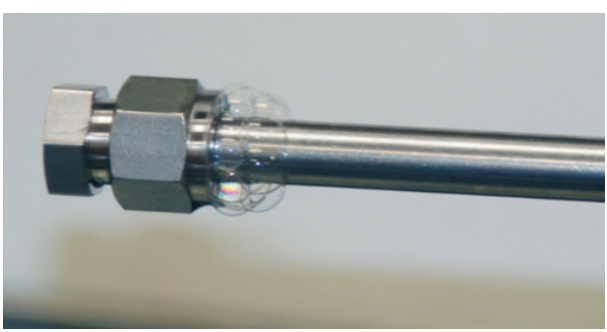


Figure 10-7 Fuite de taille moyenne.

L'illustration ci-dessus montre une fuite moyenne : des bulles plus grosses et plus nombreuses s'échappent de l'arrière de l'écrou. La chose importante à retenir concernant les avantages du liquide Snoop par rapport au savon est que le liquide Snoop produit des bulles pendant un certain temps, alors que l'eau savonneuse ne produit que quelques bulles avant que le savon ne se dissolve.

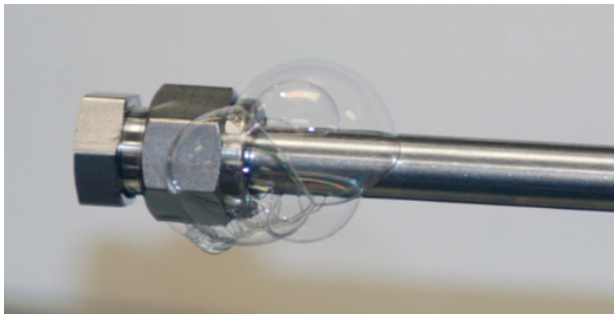


Figure 10-8 Une fuite plus importante fait apparaître de grosses bulles.

Une fuite importante détectée avec le liquide Snoop pourra apparaître sous la forme de grosses bulles, comme sur la photo ci-dessus, ou pourra littéralement éjecter le liquide de l'écrou. Si on soupçonne la présence d'une fuite importante, la détection devra être effectuée avec prudence.

Formule du taux de fuite

La formule du débit de fuite a été établie afin de pouvoir déterminer l'importance des fuites susceptibles de se produire dans un système.

Q = Taux de fuite, en ft^3/s

ΔP = Chute de pression, $(P_1 - P_2)$, en psi

H = Hauteur de l'espace entre les surfaces d'étanchéité, en po

W = Circonférence du joint, en po

96 = Constante mathématique

μ = Viscosité absolue, en $lb \cdot s/ft^2$

L = Longueur du trajet des fuites, en po

$$Q \approx \frac{\Delta P \times H^3 \times W}{96 \times \mu \times L}$$

Figure 10-9 Formule du taux de fuite.

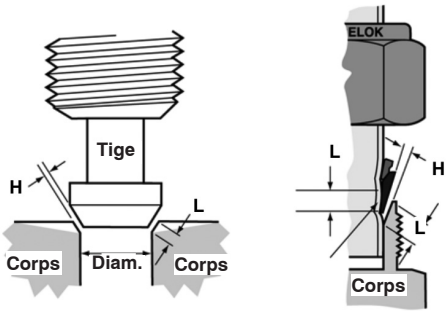


Figure 10-10 Raccord pour tubes Swagelok préalablement monté (représenté démonté).

Les vannes et les raccords de Swagelok sont conçus et fabriqués de manière à former un joint long et lisse, efficace dans les nombreuses applications de ses clients. Les seuls facteurs que Swagelok peut contrôler dans la formule sont l'espace (H) et la longueur (L). Cet espace peut être un problème si l'état de surface des tubes est médiocre. Vu qu'il n'est pas possible de contrôler la pression de service, le diamètre du joint ou la viscosité du fluide, nous devons travailler sur les paramètres H et L pour réaliser des joints de qualité, fiables et reproductibles.

Le matériau d'étanchéité, l'état de surface et la contrainte résultant de l'installation ont une incidence sur le taux de fuite indépendamment des conditions du système lors du montage des vannes et des raccords.

Les joints sont conçus pour empêcher que des fuites ne se produisent. Il existe deux principaux types de joints : les joints statiques et les joints dynamiques.

Les **joints statiques** ne sont pas censés être cassés ou perforés pendant le fonctionnement du système. Les joints des raccords pour tubes sont généralement des joints statiques. Les fuites des joints statiques sont souvent dues aux vibrations, aux surpressions ou à une détérioration du matériau d'étanchéité causée par une réaction chimique.

Les **joints dynamiques** doivent être efficaces lorsqu'il y a mouvement, ce qui est le cas avec les vannes.

Les fuites coûtent des milliards de dollars à l'industrie chaque année. Ces pertes prennent plusieurs formes :

1. Pertes de fluide : on estime que des millions de gallons d'huile hydraulique sont perdues chaque année dans les systèmes à circulation d'huile et les systèmes hydrauliques, uniquement à cause des fuites.

2. Matériel endommagé : une lubrification insuffisante due à une fuite peut endommager le matériel.
3. Pertes de production : une lubrification insuffisante ou des fuites dans une conduite hydraulique peuvent entraîner l'arrêt des machines et de la production.
4. Économies d'énergie : la pressurisation des systèmes hydrauliques et des circuits d'air comprimé consomme de l'énergie électrique.
5. Lieu de travail dangereux : une fuite sur le sol peut provoquer des accidents.
6. Dégradation de l'environnement : les émissions fugitives (fuites) peuvent s'avérer onéreuses, dangereuses et même illégales, et sont susceptibles de nuire à la qualité de vie des employés et de la population environnante.
7. Contamination des produits : les fabricants de produits pharmaceutiques ou agro-alimentaires ne peuvent pas se permettre de voir leur production contaminée par de l'huile hydraulique ou par toute autre substance.

Lorsqu'il s'agit de gaz de process, de gaz d'analyseurs, d'azote, d'hélium ou d'hydrogène, le coût des fuites peut à lui seul faire la différence entre profits et pertes. À cela vient s'ajouter le risque d'incendie ou d'explosion, avec les dégâts que ces accidents peuvent occasionner à l'environnement. De plus, des instruments mal étalonnés ou mal utilisés peuvent avoir pour conséquence une production non conforme au cahier des charges.

Qu'est-ce que la gestion de l'énergie ?

La gestion de l'énergie est le processus par lequel les coûts variables et les fuites dans les systèmes sont contrôlés.

Les points ci-dessous contribuent à ce contrôle des coûts et des fuites :

- Détecter et réduire les pertes d'énergie dues aux fuites
- Réduire les pertes d'énergie potentielles de manière efficace et à moindre coût
- Améliorer les performances et l'efficacité des composants du système fluide dans son ensemble

Gestion de l'énergie signifie économies d'énergie.

Les impacts de la gestion de l'énergie sur votre activité sont multiples :

- Mise en place d'un programme efficace de détection et de réparation des fuites
- Consignation des économies d'énergie réalisées
- Périodes d'arrêt moins fréquentes
- Diminution du coût global du système se traduisant par une rentabilité accrue
- Réduction des coûts d'entretien



Figure 10-11 Détecter et signaler les fuites.

La diminution des temps d'arrêt, la baisse du coût global du système et la réduction des coûts d'entretien sont des objectifs qu'il est possible d'atteindre en consignant efficacement les économies d'énergie réalisées. Le programme *Étude sur les émissions d'énergie* de Swagelok est conçu pour détecter la présence de fuites dans les systèmes à gaz d'une installation. Un représentant agréé Swagelok pourra vous aider à mener une telle étude dans votre installation. Les points suivants sont des conditions à prendre en compte avant procéder à l'étude.

1. La préparation est essentielle. Pour que l'étude soit efficace, il est nécessaire de :
    a. Planifier
    b. Documenter
    c. Vérifier
2. Une bonne documentation fait partie des exigences. L'utilisation de fiches appropriées permettra d'améliorer la précision des données collectées.
3. La validation des résultats de l'étude par un représentant du site est obligatoire.
4. Les représentants du site seront avisés du repérage visuel de raccords d'autres fabricants, de manière à pouvoir valider les résultats avec plus de précision.
5. Les installations retenues pour l'étude devront être choisies par le représentant du site.
6. Tous les raccords pour tubes ainsi que tous les raccordements des vannes d'instrumentation et des petites vannes de process doivent être inclus dans l'étude, quelle que soit leur marque.
7. Les résultats de la collecte des données seront présentés directement aux représentants du site.

Les résultats de l'étude pourront être obtenus auprès de votre point de vente et centre de services agréé Swagelok.

Annexe A

Diagrammes débit-pression et conversions

Table des matières

Détermination du diamètre intérieur du tube 234
Longueur droite équivalente en pieds 234
Calculs de débits pour des liquides (diagrammes 1 à 10) 234
Calculs de débits pour des gaz (diagrammes 11 à 20) 235
Équivalence entre unités de pression 259
Conversion des pressions 260
Conversion des débits 261

Détermination du diamètre intérieur du tube

Le diamètre intérieur du tube est déterminé en fonction du débit spécifié, de la perte de charge admissible et de la vitesse d'écoulement maximale autorisée.

- Les diagrammes 1 à 10 figurent dans les pages suivantes.
- Les diagrammes 11 à 20 servent à dimensionner des tubes pour acheminer des gaz.

Ces diagrammes indiquent la perte de charge dans un tube de 100 pieds acheminant de l'eau ou de l'air. La formule donnée permet également de calculer la perte de charge pour des fluides autres que l'eau ou l'air.

Pour tenir compte des pertes de charge dans les cintrage et les raccords, on pourra utiliser les longueurs équivalentes de tube droit figurant dans le tableau A pour calculer les pertes de charge. Pour obtenir une longueur équivalente de tube droit, ajoutez les longueurs droites correspondant à chaque cintrage, coude ou té, qui figurent dans le tableau A.

Longueur droite équivalente en pieds

Diam. ext. du tube (po)	Coude à 90° (ft)	Cintrage à 90° (ft)	Cintrage à 180° (ft)	Cintrage à 45° (ft)	Té à embranchement fileté (ft)
1/4	1	1/2	1	1/2	1
3/8	1 1/2	1/2	1	1/2	1 1/2
1/2	2	1/2	1	1/2	2
5/8	2 1/2	1	2	1/2	2 1/2
3/4	3	1	2	1/2	3
1	4 1/2	1	2	1/2	4 1/2
1 1/4	5	2	4	1	5
1 1/2	6	2	4	1	6
2	9	2	4	1	9

Tableau A

Calculs de débits pour des liquides (diagrammes 1 à 10)

Exemple 1

De l'eau doit circuler dans un tube de 50 pieds (ft) avec un débit de 4 gallons par minute (GPM). La vitesse de l'eau ne doit pas dépasser 5 ft par seconde. La perte de charge maximale admissible est de 5 psig. Quel doit-être le diamètre du tube ?

- Une perte de charge de 100 ft serait égale à deux fois la perte de charge admissible pour 50 ft, à savoir 10 psi.
- En regardant les diagrammes 1 à 9, on constate que seul un tube de diamètre extérieur (DE) 3/4 po ou 1 po peut être utilisé, car avec un

diamètre inférieur, la perte de charge serait supérieure à 10 psi pour un débit de 4 GPM. À partir du digramme 5, on peut déterminer que pour un débit de 4 GPM, la perte de charge est satisfaisante avec 100 ft de n'importe quel tube de DE 3/4 po.

- Le plus petit diamètre intérieur (DI) indiqué sur le diagramme 5 est de 0,560 po. Sur le diagramme 10, un DI de 0,560 po correspond à une vitesse de 5 ft par seconde pour un débit de 4 GPM. Par conséquent, n'importe lequel des tubes de DE 3/4 po peut être utilisé. L'épaisseur de la paroi sera déterminée par les contraintes de pression.

Exemple 2

Supposons que la perte de charge maximale dans l'exemple 1 soit de 1 psig. Trouver un diamètre de tube adapté à ces conditions.

- Pour une longueur de 100 ft, la perte de charge maximale serait de 2 psi.
- Un tube de DE 3/4 po est maintenant trop petit comme le montre le diagramme 5. En examinant le diagramme 6, on constate qu'il est possible d'utiliser un tube de DE 1 po et d'épaisseur inférieure à 0,100 po, la perte de charge étant inférieure à 2 psi dans ces conditions.

Pour les liquides dont la densité est proche de celle de l'eau, on peut calculer un débit d'eau équivalent, puis utiliser cette valeur pour déterminer la perte de charge. Un exemple est donné ci-dessus.

Exemple 3

De l'acétone doit circuler dans un tube de 100 ft avec un débit de 0,1 GPM, sans que la perte de charge n'excède 5 psi.

Débit d'eau équivalent = débit d'un autre liquide multiplié par $\sqrt{\text{densité autre liquide}}$

- $Q_{eau} = Q_{acétone} \sqrt{\text{densité de l'acétone}}$

  $= (0{,}1 \text{ GPM}) \sqrt{0{,}792}$

  $= 0{,}089$ GPM d'eau

- Le diagramme 2 montre qu'un tube de DE 1/4 po et d'épaisseur inférieure ou égale à 0,049 po aura un DI suffisant pour engendrer une perte de charge inférieure à 5 psi avec un débit d'eau de 0,089 GPM.

Calculs de débits pour des gaz (diagrammes 11 à 20)

La perte de charge est directement proportionnelle à la longueur, inversement proportionnelle à la pression absolue et directement proportionnelle à la

température absolue. Ainsi, la formule de la perte de charge utilisée avec les diagrammes 11 à 20 est la suivante :

$$\Delta P_L = \frac{\Delta P}{100}\frac{L}{100}\left(\frac{114{,}7}{14{,}7 + P}\right)\left(\frac{460 + t}{530}\right)$$

où ΔP_L correspond à la perte de charge (en psi) de l'air dans un tube de longueur L (en pieds) dans certaines conditions de pression (P en psig) et de température (t en °F)

$\frac{\Delta P}{100}$ correspond à la perte de charge à 100 psig et 70°F dans un tube de 100 ft

Pour utiliser les diagrammes 11 à 20, il est nécessaire de connaître les conditions équivalentes à 100 psig. Ceci est expliqué à l'aide des exemples présentés ci-dessous.

Exemple 1

Quelle est la perte de charge subie par de l'air circulant dans un tube de longueur 100 ft, de DE 3/4 po et d'épaisseur 0,095 po, dans les conditions suivantes : débit de 6 CFM (pieds cubes par minute), pression de 100 psig et température de 70°F ?

Solution : D'après le diagramme 15, la perte de charge est de 7,5 psi.

Exemple 2

Même problème que dans l'exemple 1, mais avec un tube de 200 pieds.

Solution : La perte de charge est directement proportionnelle à la longueur. Par conséquent, si la perte de charge est de 7,5 psi pour 100 ft, elle est égale à $2 \times 7{,}5 = 15$ psi pour 200 ft.

Exemple 3

Même problème que dans l'exemple 1, mais avec un tube de 50 pieds.

Solution : La perte de charge est directement proportionnelle à la longueur. Par conséquent, si la perte de charge est de 7,5 psi pour 100 ft, elle est égale à $1/2 \times 7{,}5 = 3{,}75$ psi pour 50 ft.

Exemple 4

Un débit de 10 CFM d'air libre doit circuler dans un tube de 75 ft, la pression d'entrée et la température étant respectivement de 80 psig et 75°F. Déterminer le diamètre du tube sachant que la perte de charge maximale admissible est de 6 psi.

Solution :

1. Déterminer la perte de charge pour une longueur de tube de 100 ft à 70°F et 100 psig, de manière à pouvoir utiliser les diagrammes.

$$\Delta P = 6 = \frac{\Delta P}{100}\left(\frac{75}{100}\right)\left(\frac{114{,}7}{14{,}7 + 80}\right)\left(\frac{460 + 75}{530}\right)$$

$\frac{\Delta P_L}{100} = 6{,}55$ psi = perte de charge pour 100 ft à 100 psig et 70°F

2. Transformer le débit à 80 psig et 75°F en un débit à 100 psig et 70°F.

$$Q_{air} \text{ à } 100 \text{ psig, } 70^{\circ}F = Q_{air} \text{ à } 80, 75 \left(\frac{14,7 + 80}{114,7}\right)\left(\frac{530}{460 + 75}\right)$$

$$= 8,18 \text{ CFM}$$

3. Sur le diagramme 16, on remarque que tous les tubes de DE 1 po engendrent une perte de charge inférieure à 6,55 psi avec un débit de 8,18 CFM à 100 psig.

Exemple 5

De l'hélium doit circuler dans un tube de 100 ft, la pression d'entrée et la température étant respectivement de 25 psig et 70°F. Le débit d'hélium libre est de 8 CFM. Quelle sera la perte de charge dans un tube de DE 3/8 po et d'épaisseur 0,035 po ?

Solution :

1. Déterminer le débit d'air équivalent de manière à pouvoir utiliser les diagrammes.

Débit d'air = débit d'hélium $\sqrt{\text{densité de l'hélium}}$

$Q_{air} = Q_{He} \sqrt{\text{densité He}}$

$Q_{air} = 8 \text{ CFM } \sqrt{0,138} = 3 \text{ CFM}$

2. Transformer le débit à 25 psig en un débit d'air à 100 psig.

$$Q_{air} \text{ à } 100 \text{ psig} = Q_{air} \text{ à } 25 \text{ psig} \left(\frac{14,7 + 25}{114,7}\right) = 1,0 \text{ CFM}$$

3. Regarder le diagramme 13 et constater que la perte de charge avec un débit d'air de 1,0 CFM à 100 psig est de 6 psi pour un tube de 100 ft.
4. Calculer la perte de charge à l'aide de la formule.

$$\Delta P = \frac{P}{100}\left(\frac{L}{100}\right)\left(\frac{114,7}{14,7 + P}\right)\left(\frac{460 + t}{530}\right)$$

$$= 6\left(\frac{100}{100}\right)\left(\frac{114,7}{14,7 + 25}\right)\left(\frac{530}{530}\right)$$

$$= 6\ (2,9) = 17,3 \text{ psi de perte de charge}$$

Exemple 6

Un débit d'air de 8 CFM à 15 psig et 70°F doit circuler dans un tube de longueur 10 ft, de DE 1/2 po et d'épaisseur 0,049 po. Quelle est la perte de charge ?

Solution :

1. Transformer le débit à 15 psig en un débit à 100 psig.

$$Q_{air} \text{ à } 100 \text{ psig} = Q_{air} \text{ à } 15 \text{ psig} \left(\frac{14,7 + 15}{114,7}\right) = 8\left(\frac{29,7}{114,7}\right) = 2,07$$

2. Le diagramme 14 indique que la perte de charge à 100 psig est de 6 psi pour un tube de 100 ft.
3. Adapter cette perte de charge aux conditions du problème.

$$\Delta P = \frac{\Delta P}{100}\left(\frac{L}{100}\right)\left(\frac{114{,}7}{14{,}7 + P}\right)\left(\frac{460 + t}{530}\right)$$

$$= 6\left(\frac{10}{100}\right)\left(\frac{114{,}7}{14{,}7 + 15}\right)\left(\frac{530}{530}\right)$$

$$= 6 \times 1/10 \times 3{,}86 = 2{,}3 \text{ psi de perte de charge}$$

Diagramme 1 : tube de diam. ext. 1/8 po

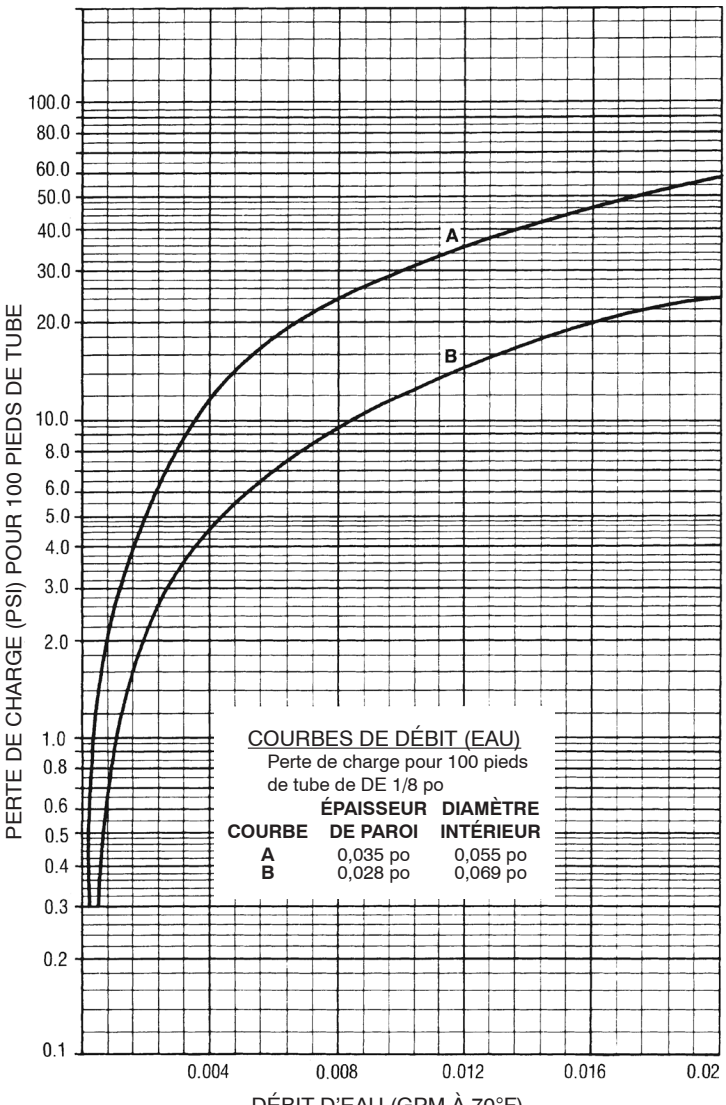
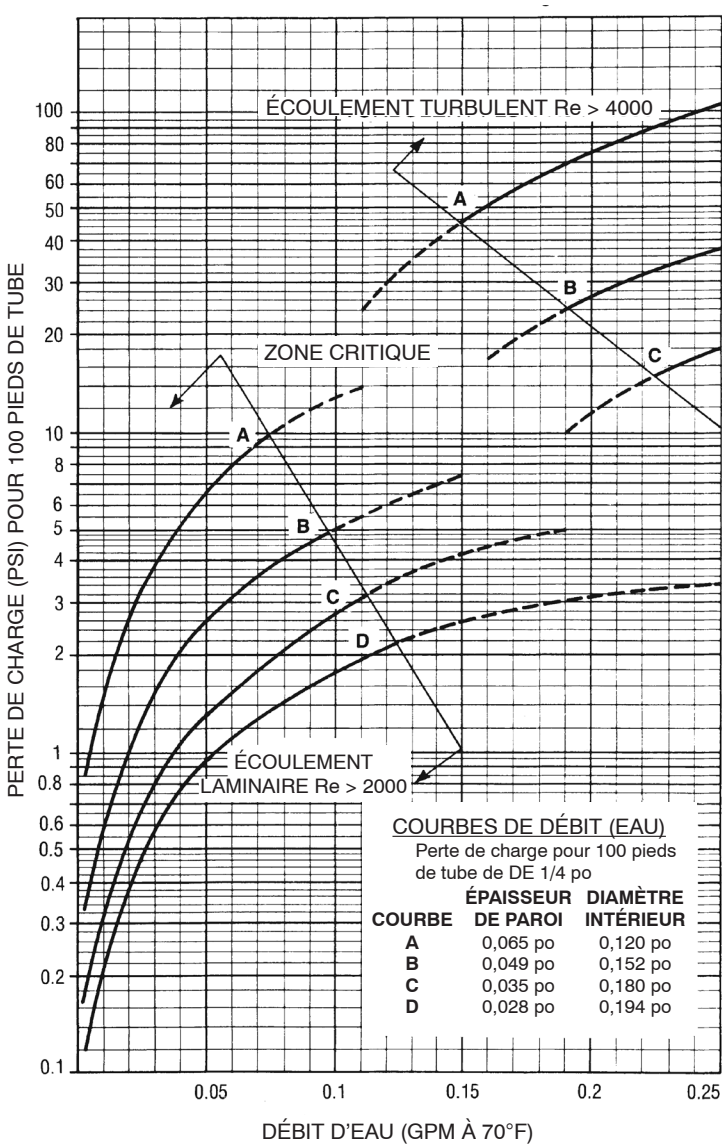


Diagramme 2 : tube de diam. ext. 1/4 po



COURBES DE DÉBIT (EAU)

Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 1/4 po

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,065 po	0,120 po
B	0,049 po	0,152 po
C	0,035 po	0,180 po
D	0,028 po	0,194 po

Diagramme 3 : tube de diam. ext. 3/8 po

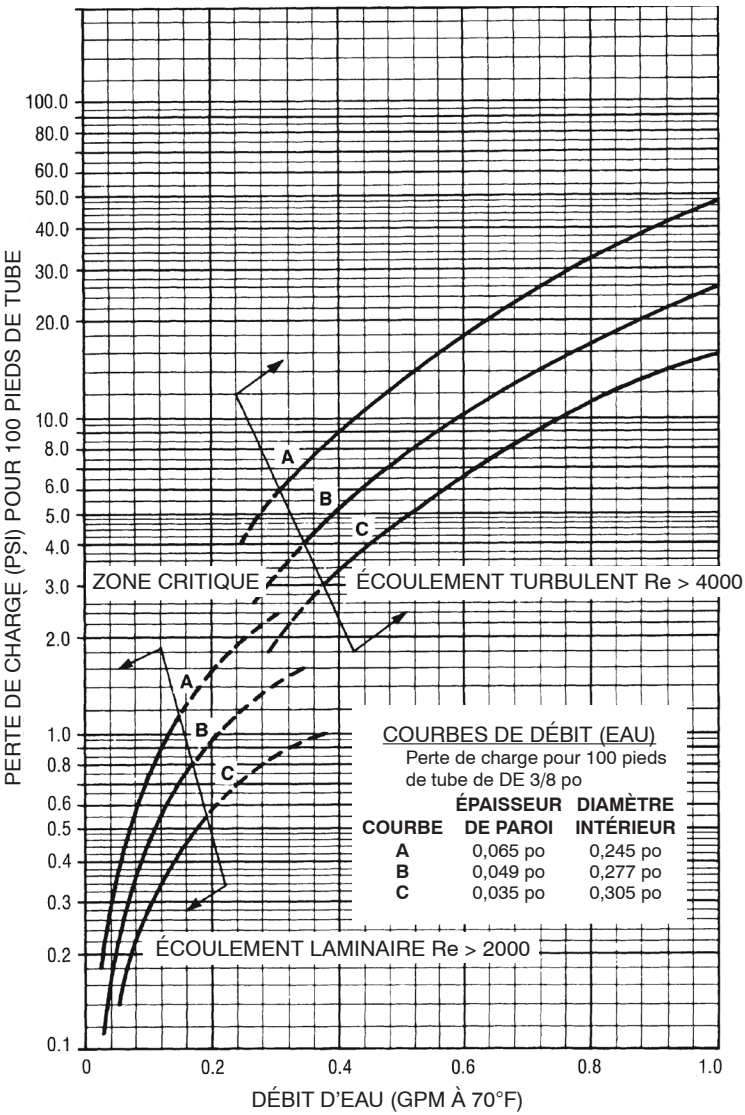


Diagramme 4 : tube de diam. ext. 1/2 po

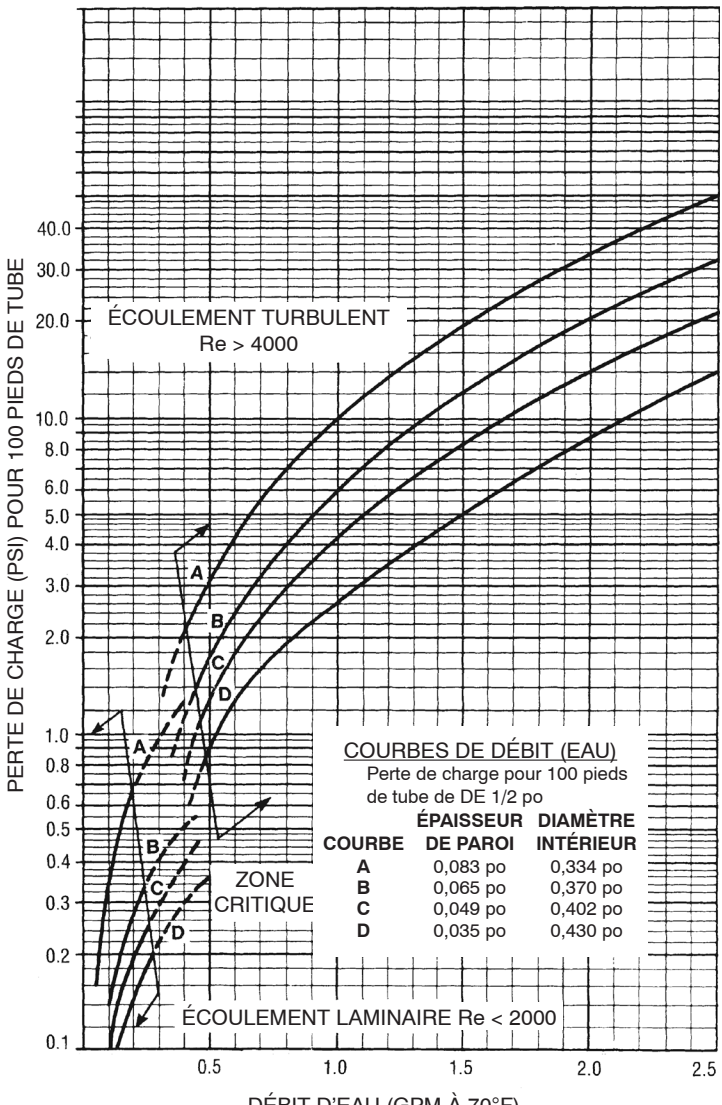


Diagramme 5 : tube de diam. ext. 3/4 po

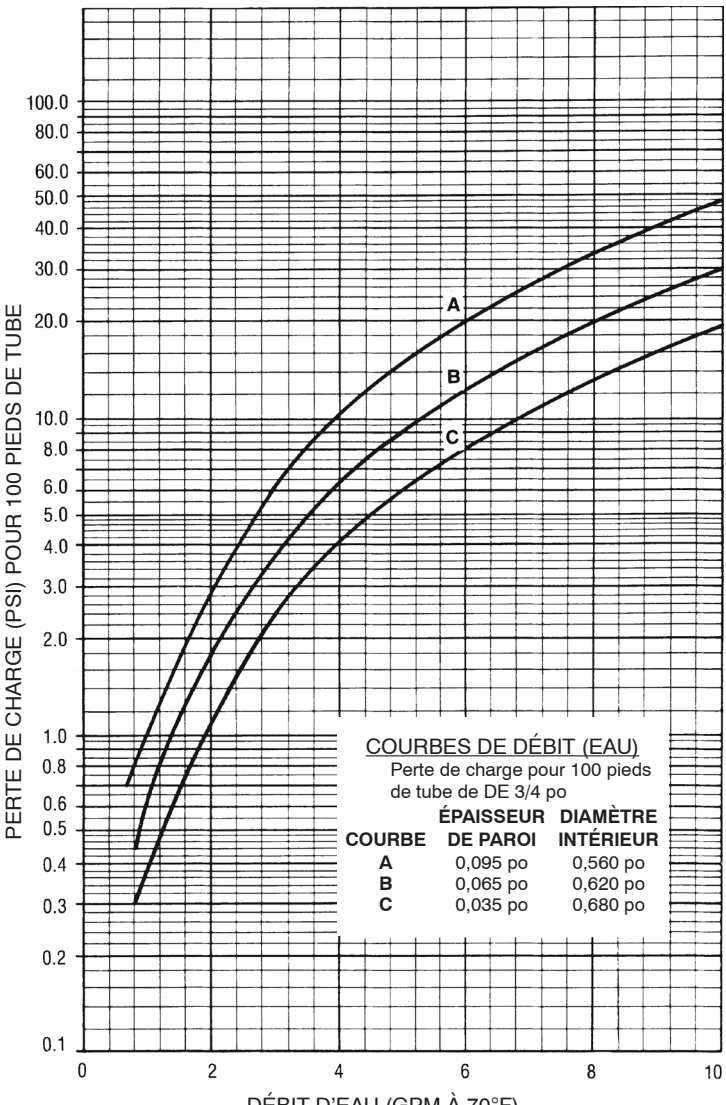


Diagramme 6 : tube de diam. ext. 1 po

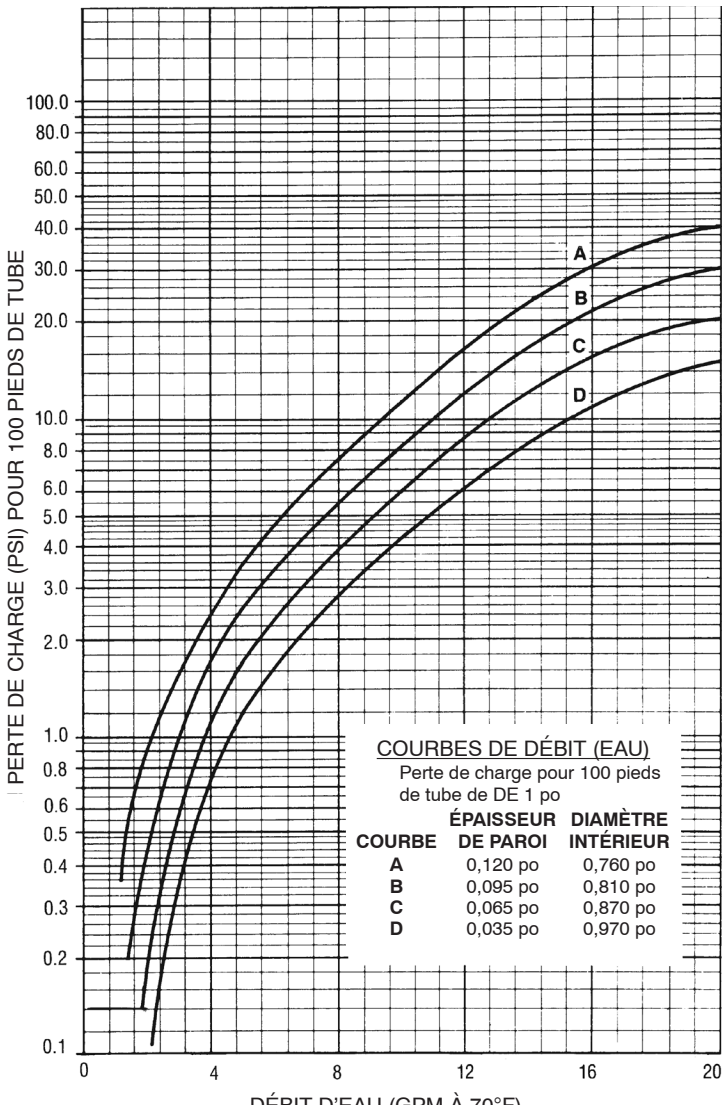


Diagramme 7 : tube de diam. ext. 1 1/4 po

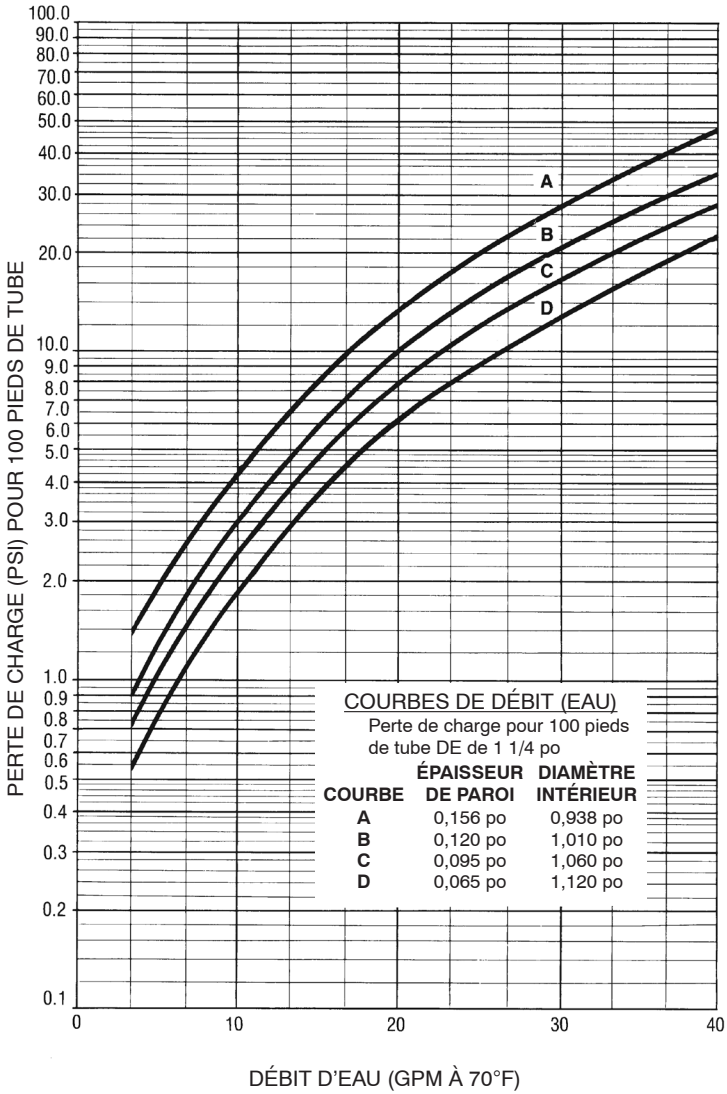


Diagramme 8 : tube de diam. ext. 1 1/2 po

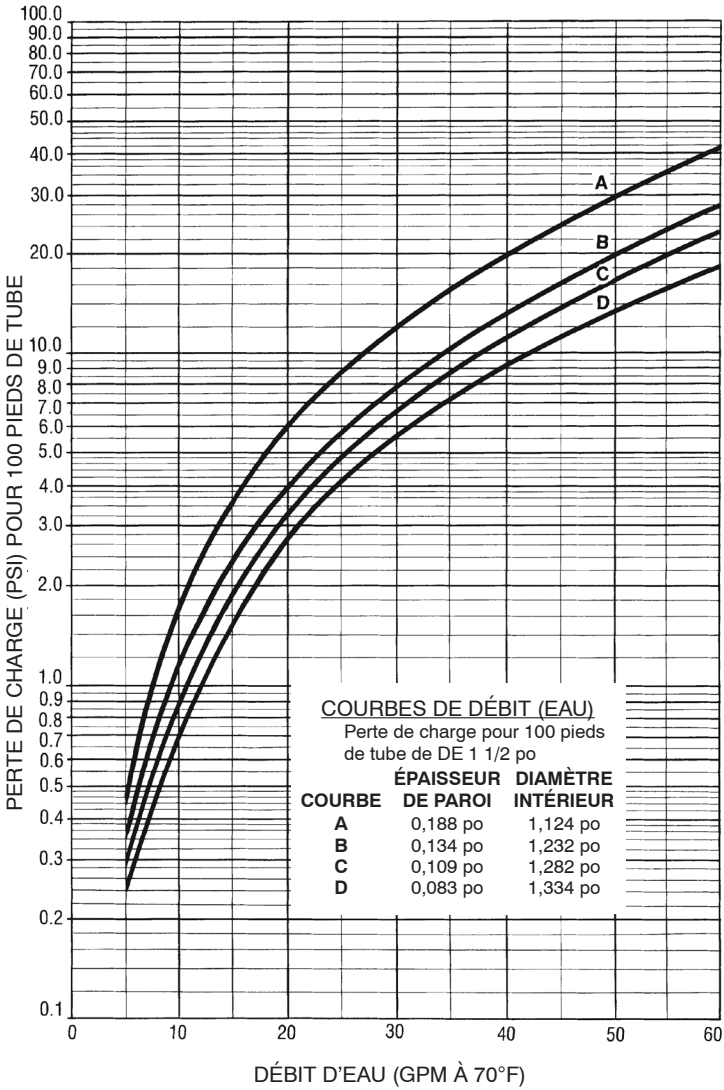


Diagramme 9 : tube de diam. ext. 2 po

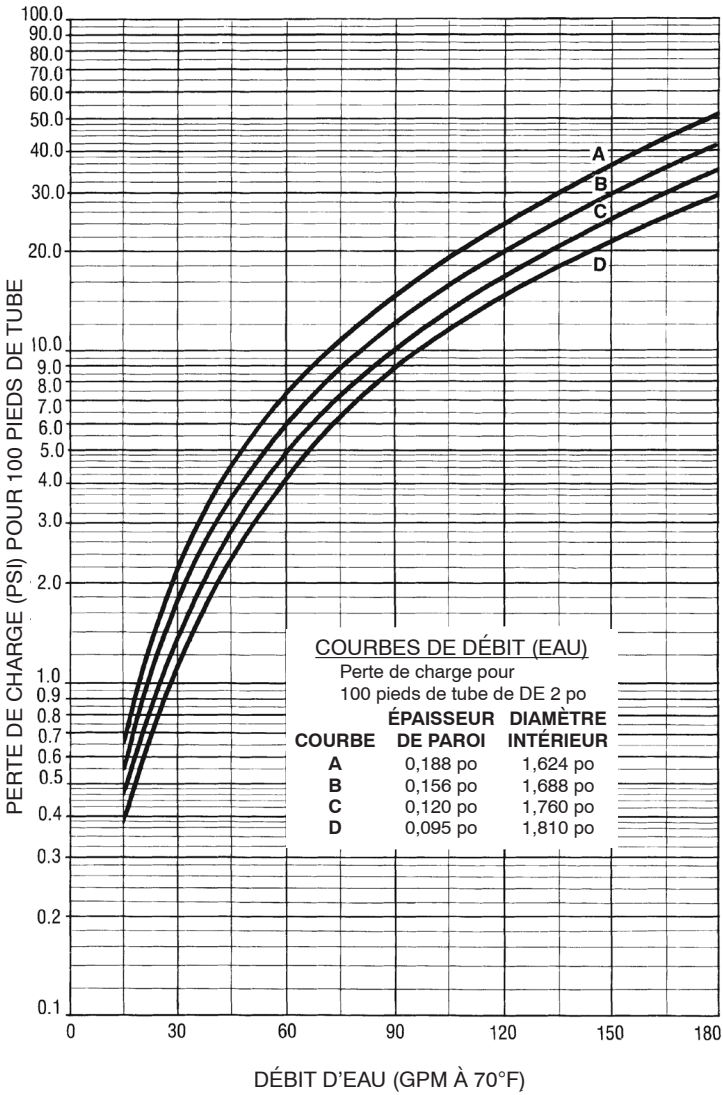


Diagramme 10 :
Vitesse moyenne en fonction du diamètre intérieur du tube pour différents débits d'eau

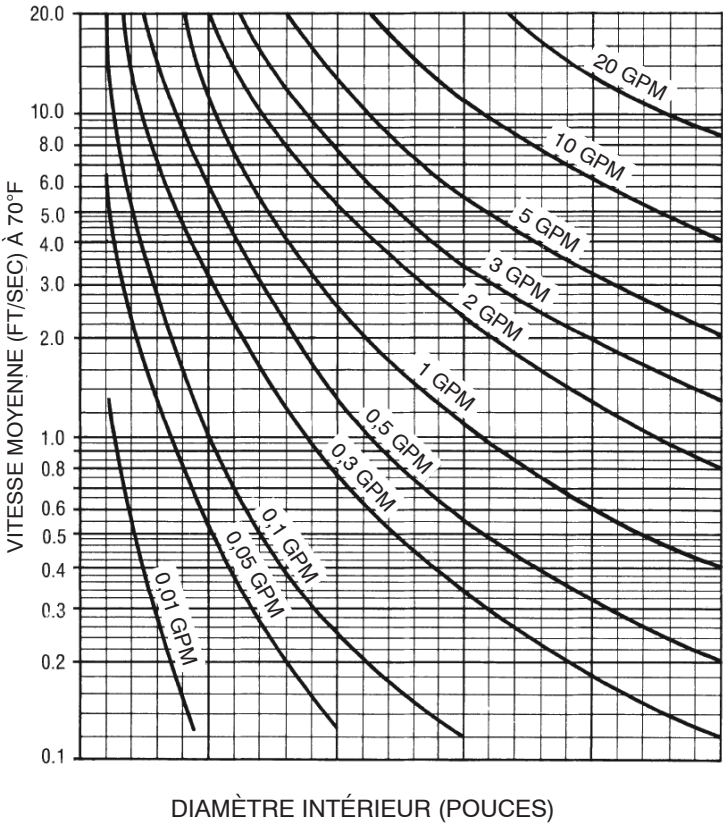


Diagramme 11 : tube de diam. ext. 1/8 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)

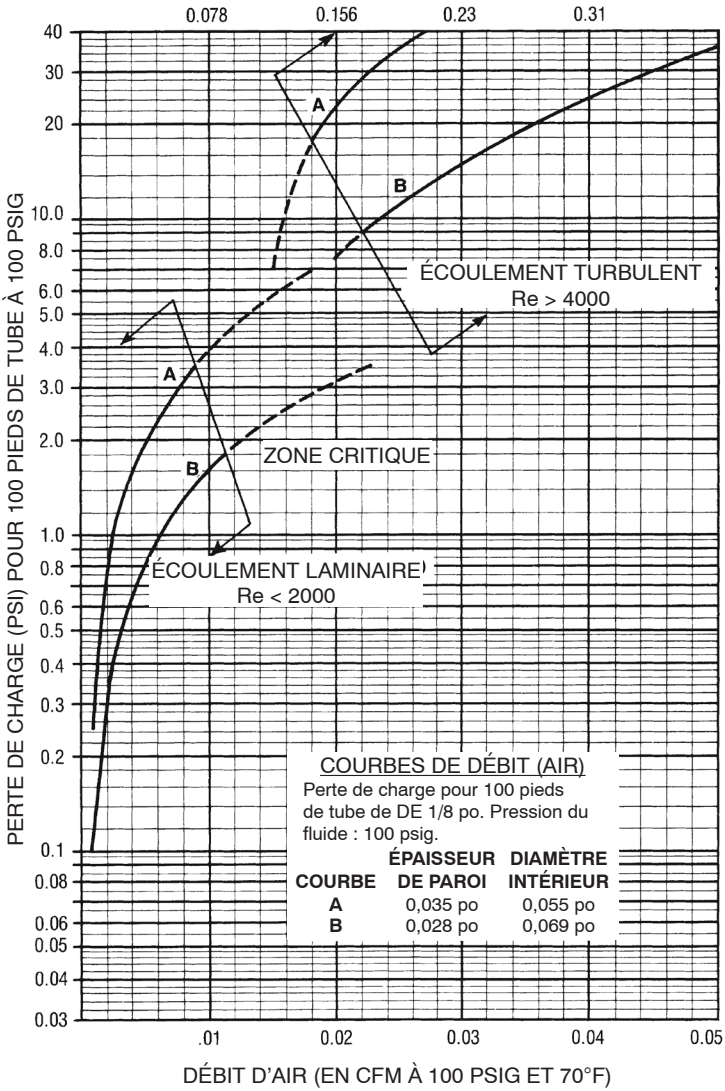
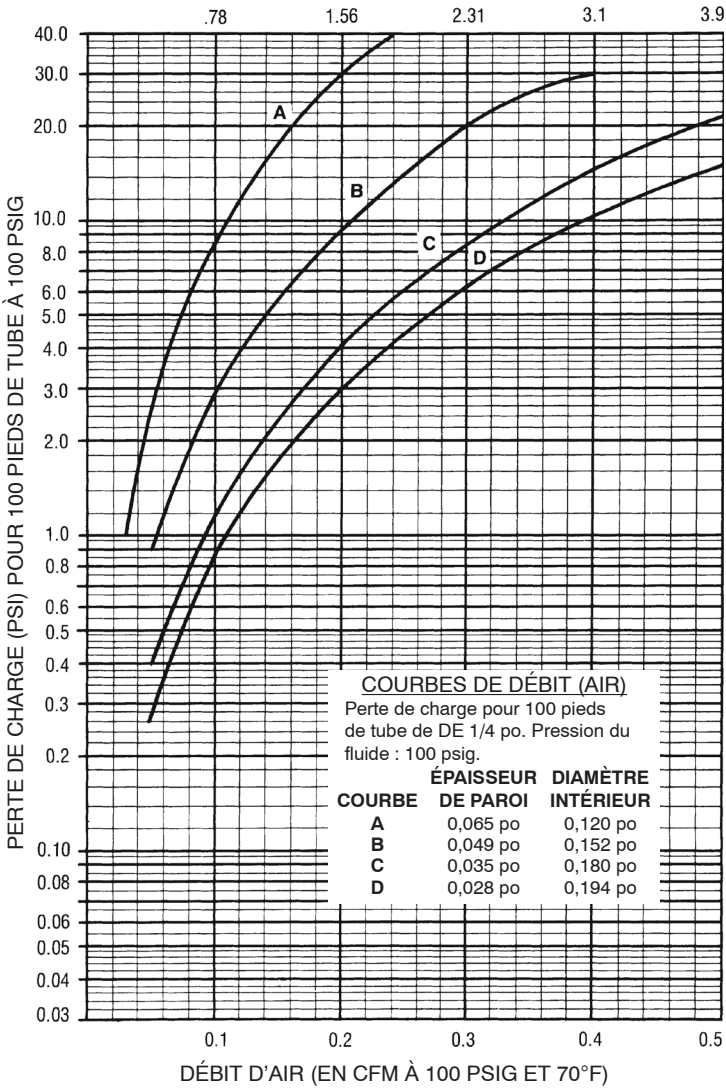


Diagramme 12 : tube de diam. ext. 1/4 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)

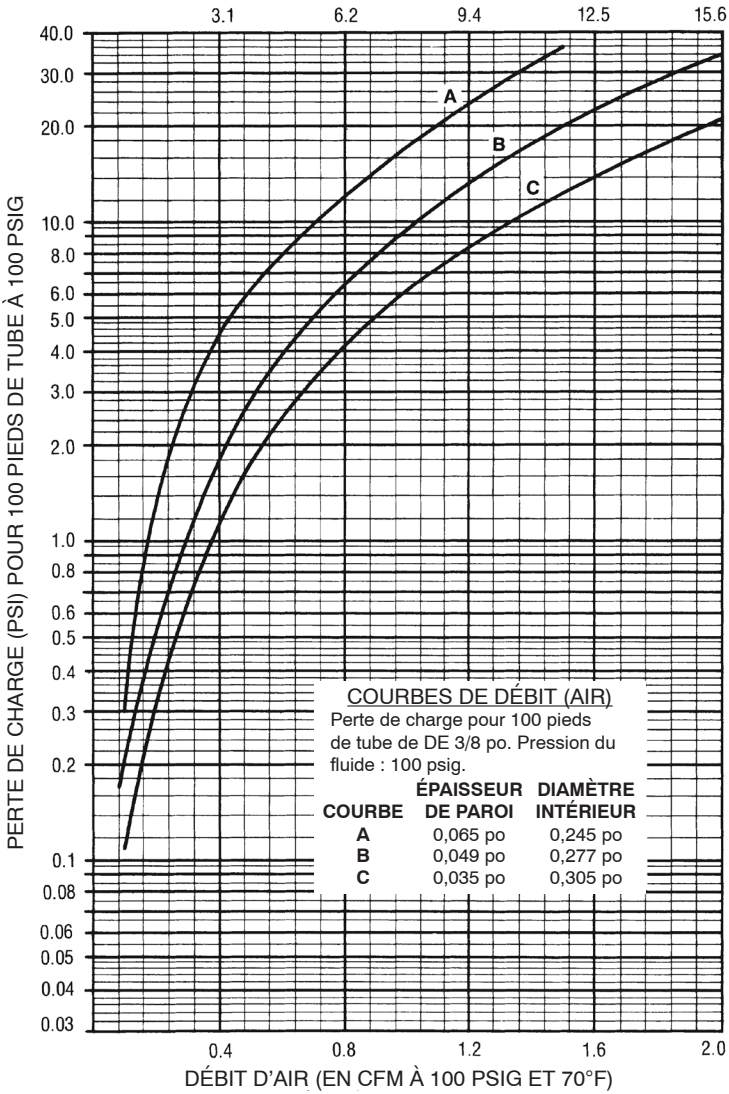


COURBES DE DÉBIT (AIR)

Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 1/4 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,065 po	0,120 po
B	0,049 po	0,152 po
C	0,035 po	0,180 po
D	0,028 po	0,194 po

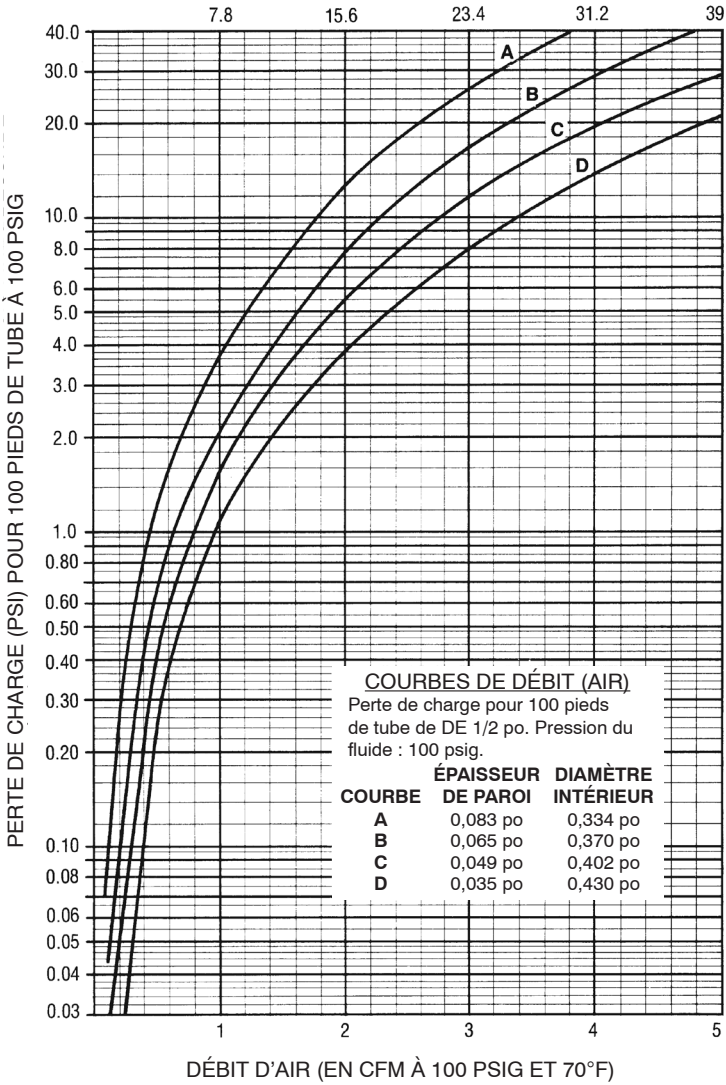
Diagramme 13 : tube de diam. ext. 3/8 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)



COURBES DE DÉBIT (AIR)
Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 3/8 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,065 po	0,245 po
B	0,049 po	0,277 po
C	0,035 po	0,305 po

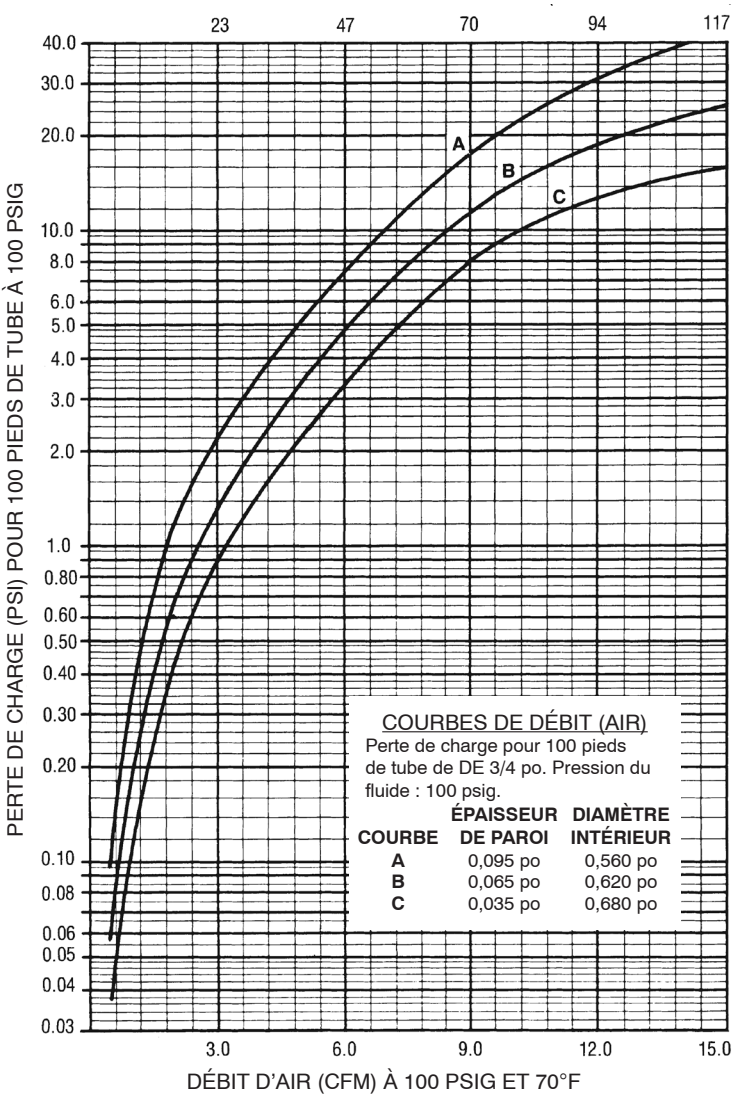
Diagramme 14 : tube de diam. ext. 1/2 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)



COURBES DE DÉBIT (AIR)
Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 1/2 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,083 po	0,334 po
B	0,065 po	0,370 po
C	0,049 po	0,402 po
D	0,035 po	0,430 po

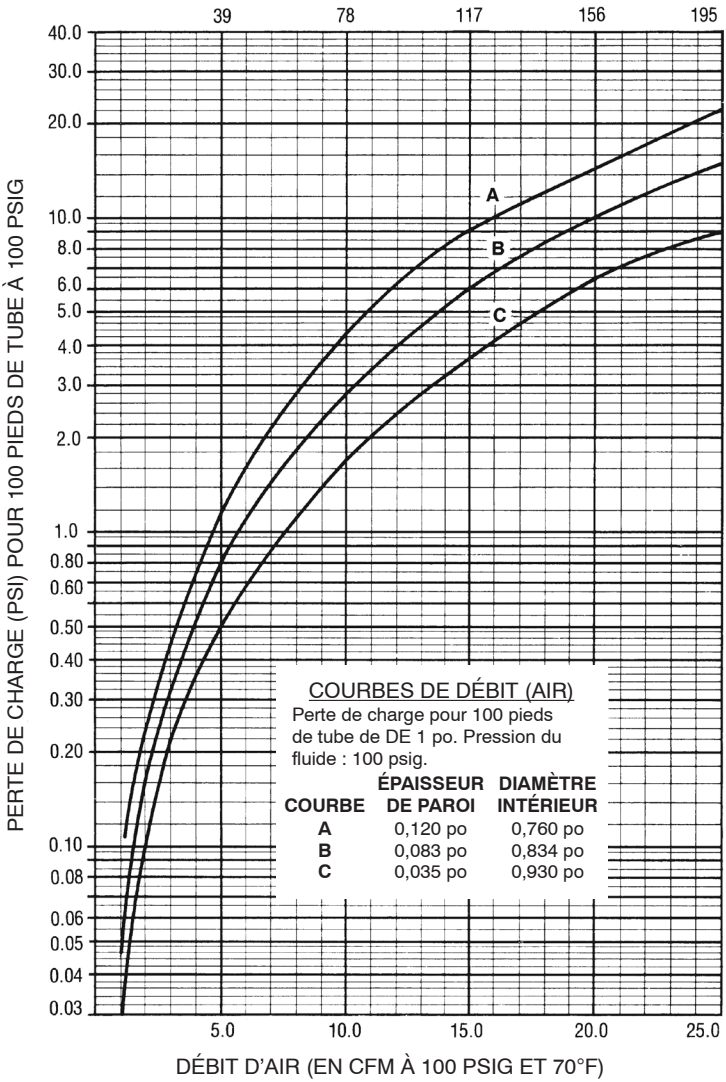
Diagramme 15 : tube de diam. ext. 3/4 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)



COURBES DE DÉBIT (AIR)
Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 3/4 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,095 po	0,560 po
B	0,065 po	0,620 po
C	0,035 po	0,680 po

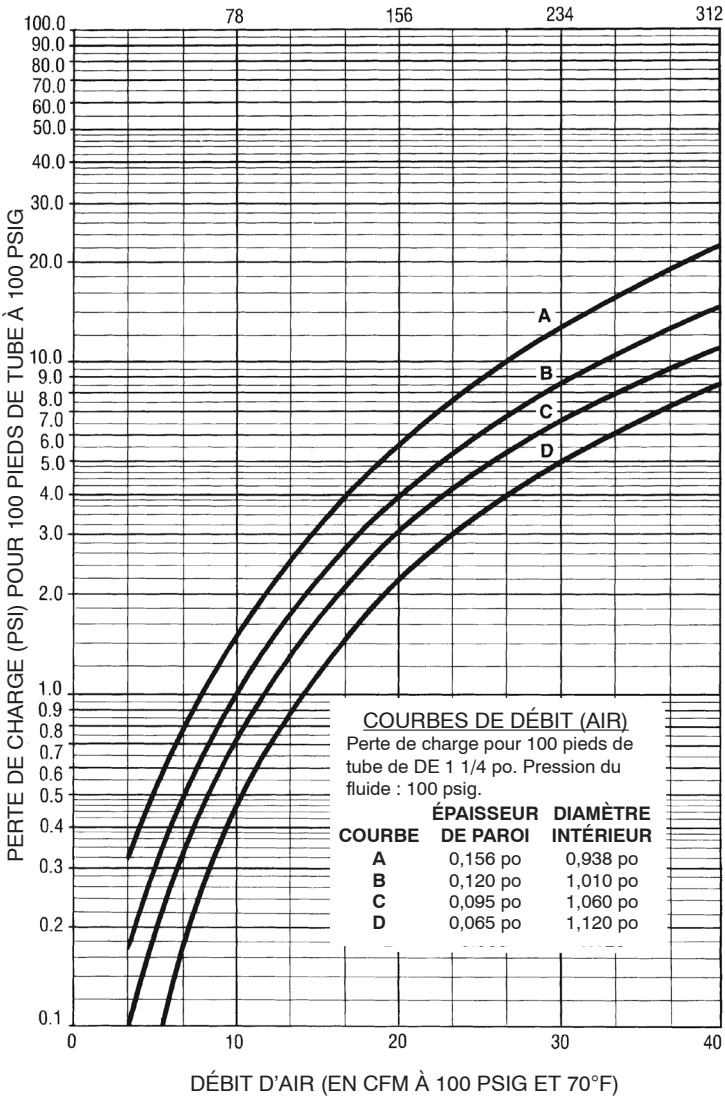
Diagramme 16 : tube de diam. ext. 1 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)



COURBES DE DÉBIT (AIR)
Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 1 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,120 po	0,760 po
B	0,083 po	0,834 po
C	0,035 po	0,930 po

Diagramme 17 : tube de diam. ext. 1 1/4 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)

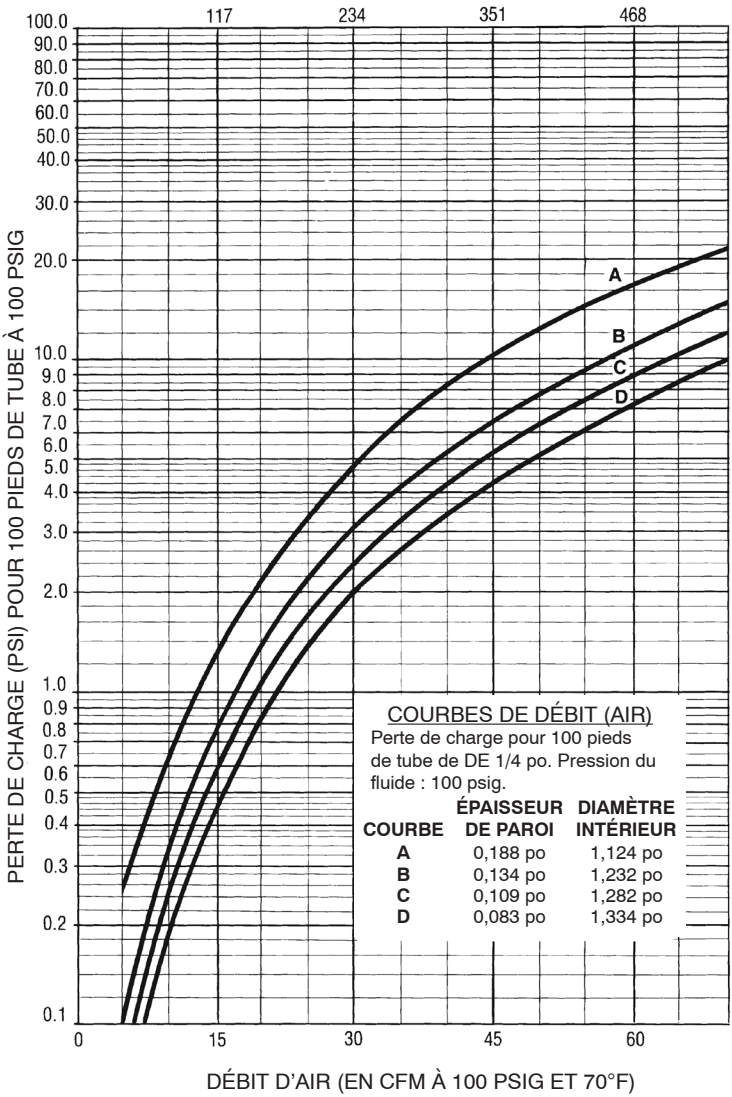


COURBES DE DÉBIT (AIR)

Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 1 1/4 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,156 po	0,938 po
B	0,120 po	1,010 po
C	0,095 po	1,060 po
D	0,065 po	1,120 po

Diagramme 18 : tube de diam. ext. 1 1/2 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)

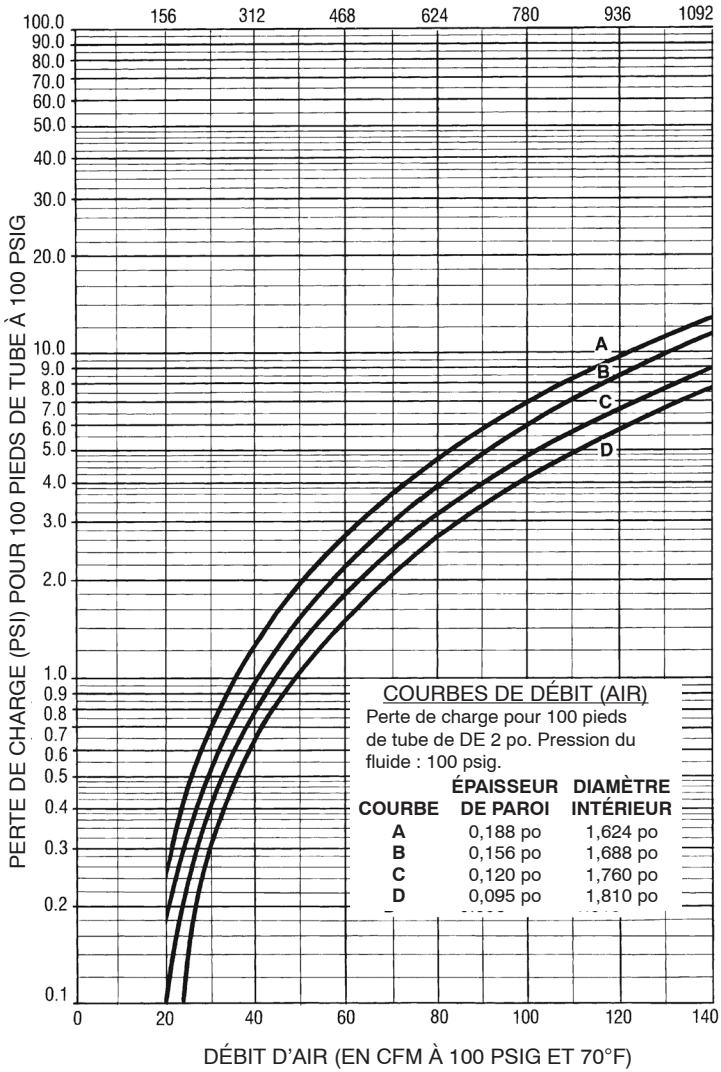


COURBES DE DÉBIT (AIR)

Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 1/4 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,188 po	1,124 po
B	0,134 po	1,232 po
C	0,109 po	1,282 po
D	0,083 po	1,334 po

Diagramme 19 : tube de diam. ext. 2 po
DÉBIT D'AIR STANDARD (EN CFM À 14,7 PSIA ET 70°F)

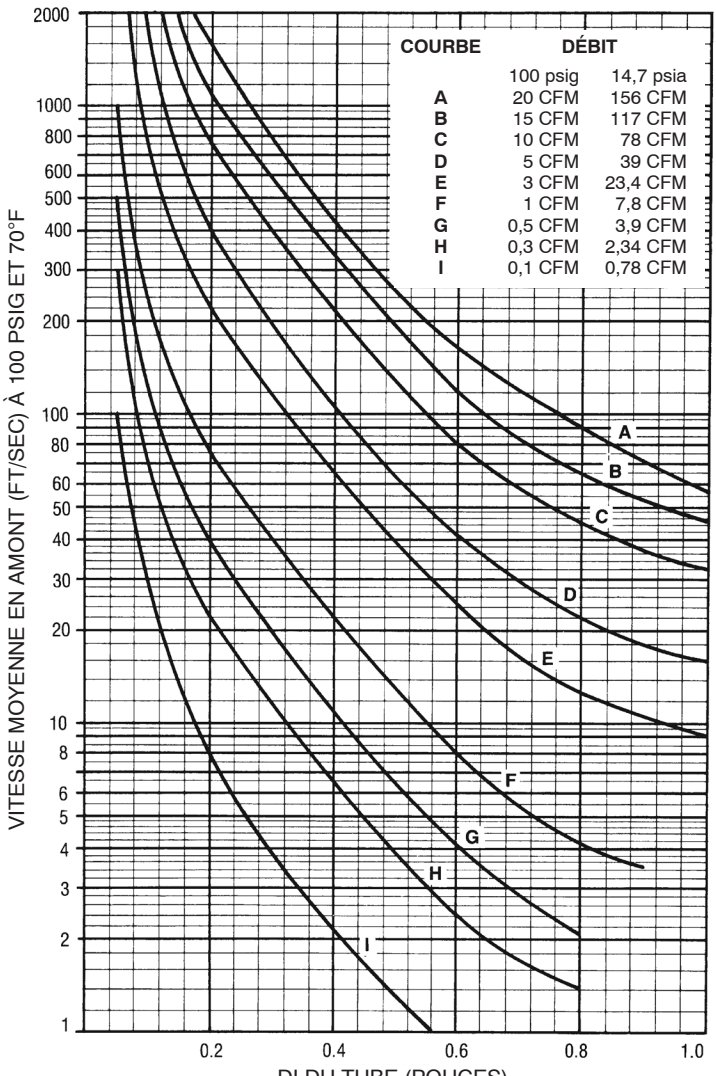


COURBES DE DÉBIT (AIR)

Perte de charge pour 100 pieds de tube de DE 2 po. Pression du fluide : 100 psig.

COURBE	ÉPAISSEUR DE PAROI	DIAMÈTRE INTÉRIEUR
A	0,188 po	1,624 po
B	0,156 po	1,688 po
C	0,120 po	1,760 po
D	0,095 po	1,810 po

Diagramme 20 :
Moyenne vitesse de l'air en fonction du DI du tube à 100 psig et 14,7 psia



ÉQUIVALENCE ENTRE UNITÉS DE PRESSION

Pour convertir des	En	Multiplier par
atmosphères	livres par pouces carrés	14,70
atmosphères	livres par pieds carrés	2116,22
atmosphères	pouces d'eau à 60°F	407,17
atmosphères	pieds d'eau à 60°F	33,931
atmosphères	pouces de mercure à 32°F	29,921
atmosphères	mm de mercure à 32°F	760
pieds d'eau à 60°F	livres par pouces carrés	0,4335
pieds d'eau à 60°F	livres par pieds carrés	62,43
pieds d'eau à 60°F	pouces d'eau à 60°F	12
pieds d'eau à 60°F	pouces de mercure à 32°F	0,8826
pieds d'eau à 60°F	mm de mercure à 32°F	22,418
pieds d'eau à 60°F	atmosphères	0,029481
pouces d'eau à 60°F	livres par pouces carrés	0,03613
pouces d'eau à 60°F	livres par pieds carrés	5,204
pouces d'eau à 60°F	pieds d'eau à 60°F	0,08333
pouces d'eau à 60°F	pouces de mercure à 32°F	0,073483
pouces d'eau à 60°F	mm de mercure à 32°F	1,8665
pouces d'eau à 60°F	atmosphères	$2{,}458 \times 10^{-3}$
pouces de mercure à 32°F	livres par pouces carrés	0,49116
pouces de mercure à 32°F	livres par pieds carrés	70,7266
pouces de mercure à 32°F	pouces d'eau à 60°F	13,608
pouces de mercure à 32°F	pieds d'eau à 60°F	1,1340
pouces de mercure à 32°F	mm de mercure à 32°F	25,40005
pouces de mercure à 32°F	atmosphères	0,033421
mm de mercure à 32°F	livres par pouces carrés	0,019337
mm de mercure à 32°F	livres par pieds carrés	2,78450
mm de mercure à 32°F	pouces d'eau à 60°F	0,53576
mm de mercure à 32°F	pieds d'eau à 60°F	0,04461
mm de mercure à 32°F	pouces de mercure à 32°F	0,03937
mm de mercure à 32°F	atmosphères	$1{,}3158 \times 10^{-3}$
livres par pieds carrés	livres par pouces carrés	$6{,}9445 \times 10^{-3}$
livres par pieds carrés	pouces d'eau à 60°F	0,19224
livres par pieds carrés	pieds d'eau à 60°F	0,01603
livres par pieds carrés	pouces de mercure à 32°F	0,01414
livres par pieds carrés	mm de mercure à 32°F	0,35916
livres par pieds carrés	atmosphères	$4{,}725 \times 10^{-4}$
livres par pouces carrés	livres par pieds carrés	144,0
livres par pouces carrés	pouces d'eau à 60°F	27,684
livres par pouces carrés	pieds d'eau à 60°F	2,307
livres par pouces carrés	pouces de mercure à 32°F	2,03601
livres par pouces carrés	mm de mercure à 32°F	51,7148
livres par pouces carrés	atmosphères	0,06804

CONVERSION DES PRESSIONS

De \ En	mmHg	poHg	poH_2O	ftH_2O	atm	lb/po^2	kg/cm^2	kPa	bar
mmHg	1	0,03937	0,5353	0,04461	0,00132	0,01934	0,00136	0,1333	0,0013
poHg	25,40	1	13,60	1,133	0,03342	0,4912	0,03453	30,387	0,0339
poH_2O	1,868	0,07355	1	0,08333	0,00246	0,03612	0,00254	0,2490	0,0025
ftH_2O	22,42	0,8826	12	1	0,02950	0,4334	0,03048	2,988	0,0299
atm	760	29,92	406,8	33,90	1	14,70	1,033	101,3	1,013
lb/po^2	51,71	2,036	27,69	2,307	0,06805	1	0,07031	6,894	0,0689
kg/cm^2	735,6	28,96	393,7	32,81	0,9678	14,22	1	98,05	0,981
kPa	7,500	0,2953	4,016	0,3347	0,00987	0,1451	0,0102	1	0,01
bar	750	29,53	401,6	33,47	0,987	14,51	1,02	100	1

CONVERSION DES DÉBITS

De \ En	L/s	gal/min	ft^3/s	ft^3/min	baril/heure	baril/jour
L/s	1	15,85	0,03532	2,119	22,66	543,8
gal/min	0,06309	1	0,00223	0,1337	1,429	34,30
ft^3/s	28,32	448,8	1	60	641,1	$1{,}54 \times 10^4$
ft^3/min	0,4719	7,481	0,01667	1	10,69	256,5
baril/heure	0,04415	0,6997	0,00156	0,09359	1	24
baril/jour	0,00184	0,02917	$6{,}50 \times 10^5$	0,00390	0,04167	1

Annexe B

Table des matières

Tableau des calibres de fils de Birmingham (BWG)	264
Tableau des dimensions des joints toriques	265
Propriétés de la vapeur saturée	266
Densité de l'eau en fonction de la température	268
Densité de certains liquides	269
Densité de certains gaz	270
Tableau des éléments	271
Conversion des volumes	274
Conversion des aires	275
Équivalence entre fractions et nombres décimaux	276
Formules de conversion des températures	277
Tableau de correspondance entre certaines températures	277
Épaisseur de paroi des tuyaux	278
Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes fractionnaires	278
Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes métriques	280

Tableau des calibres de fils de Birmingham (BWG)

BWG	Épaisseur de paroi équivalente (po)	Épaisseur de paroi équivalente (mm)
30	0,012	0,30
29	0,013	0,33
28	0,014	0,36
27	0,016	0,41
26	0,018	0,46
25	0,020	0,51
24	0,022	0,56
23	0,025	0,64
22	0,028	0,71
21	0,032	0,81
20	0,035	0,89
19	0,042	1,07
18	0,049	1,24
17	0,058	1,47
16	0,065	1,65
15	0,072	1,83
14	0,083	2,11
13	0,095	2,41
12	0,109	2,77
11	0,120	3,05
10	0,134	3,40
9	0,148	3,76
8	0,165	4,19
7	0,180	4,57
6	0,203	5,16
5	0,220	5,59
4	0,238	6,05
3	0,259	6,58
2	0,284	7,21
1	0,300	7,62

Tableau des dimensions des joints toriques

Numéro uniformisé	Dimensions réelles		
	DI (po)	Section droite (po)	DE (po)
006	0,114	0,070	0,254
007	0,145	0,070	0,285
008	0,176	0,070	0,316
009	0,208	0,070	0,348
010	0,239	0,070	0,379
011	0,301	0,070	0,441
012	0,364	0,070	0,504
013	0,426	0,070	0,566
014	0,489	0,070	0,629
111	0,424	0,103	0,630
112	0,487	0,103	0,693
113	0,549	0,103	0,755
114	0,612	0,103	0,818
115	0,674	0,103	0,880
116	0,737	0,103	0,943
117	0,799	0,103	1,005
118	0,862	0,103	1,068
119	0,924	0,103	1,130
120	0,987	0,103	1,193
121	1,049	0,103	1,255
122	1,112	0,103	1,318
123	1,174	0,103	1,380
125	1,299	0,103	1,505
126	1,362	0,103	1,568
128	1,487	0,103	1,693
130	1,612	0,103	1,818
132	1,737	0,103	1,943
133	1,799	0,103	2,005
134	1,862	0,103	2,068
136	1,987	0,103	2,193
212	0,859	0,139	1,137
215	1,046	0,139	1,324
219	1,296	0,139	1,574
223	1,609	0,139	1,887
902	0,239	0,064	0,367
903	0,301	0,064	0,429
904	0,351	0,072	0,495
905	0,414	0,072	0,558
906	0,468	0,078	0,624
908	0,644	0,087	0,818
910	0,755	0,097	0,949
912	0,924	0,116	1,156
916	1,171	0,116	1,403
920	1,475	0,118	1,711
924	1,720	0,118	1,956
932	2,337	0,118	2,573

Propriétés de la vapeur saturée

Pression absolue (psia)	Temp. (°F)	Pression absolue (psia)	Temp. (°F)	Pression absolue (psia)	Temp. (°F)	Pression absolue (psia)	Temp. (°F)	Pression absolue (psia)	Temp. (°F)
1,0	101,74	38	264,16	84	315,42	160	363,53	520	471,07
1,2	107,92	39	265,72	85	316,25	162	364,53	540	475,01
1,4	113,26	40	267,25	86	317,07	164	365,51	560	478,85
1,6	117,99	41	268,74	87	317,88	166	366,48	580	482,58
1,8	122,23	42	270,21	88	318,68	168	367,45	600	486,21
2,0	126,08	43	271,64	89	319,48	170	368,41	620	489,75
2,2	129,62	44	273,05	90	320,27	172	369,35	640	493,21
2,4	132,89	45	274,44	91	321,06	174	370,29	660	496,58
2,6	135,94	46	275,80	92	321,83	176	371,22	680	499,88
2,8	138,79	47	277,13	93	322,60	178	372,14	700	503,10
3,0	141,48	48	278,45	94	323,36	180	373,06	720	506,25
4,0	152,97	49	279,74	95	324,12	182	373,96	740	509,34
5,0	162,24	50	281,01	96	324,87	184	374,86	760	512,36
6,0	170,06	51	282,26	97	325,61	186	375,75	780	515,33
7,0	176,85	52	283,49	98	326,25	188	376,64	800	518,23
8,0	182,86	53	284,70	99	327,08	190	377,51	820	521,08
9,0	188,28	54	285,90	100	327,81	192	378,38	840	523,88
10	193,21	55	287,07	102	329,25	194	379,24	860	526,63
11	197,75	56	288,23	104	330,66	196	380,10	880	529,33
12	201,96	57	289,37	106	332,05	198	380,95	900	531,98
13	205,88	58	290,50	108	333,42	200	381,79	920	534,59

14	209,56	59	291,61	110	334,77	205	383,86	940	537,16
14,70	212,00	60	292,71	112	336,11	210	385,90	960	539,68
15	213,03	61	293,79	114	337,42	215	387,89	980	542,17
16	216,32	62	294,85	116	338,72	220	389,86	1 000	544,61
17	219,44	63	295,90	118	339,99	225	391,79	1 050	550,57
18	222,41	64	296,94	120	341,25	230	393,68	1 100	556,31
19	225,24	65	297,97	122	342,50	235	395,54	1 150	561,86
20	227,96	66	298,99	124	343,72	240	397,37	1 200	567,22
21	230,57	67	299,99	126	344,94	245	399,18	1 250	572,42
22	233,07	68	300,98	128	346,13	250	400,95	1 300	577,46
23	235,49	69	301,96	130	347,32	260	404,42	1 350	582,35
24	237,82	70	302,92	132	348,48	270	407,78	1 400	587,10
25	240,07	71	303,88	134	349,64	280	411,05	1 450	591,71
26	242,25	72	304,83	136	350,78	290	414,23	1 500	596,23
27	244,36	73	305,76	138	351,91	300	417,33	1 600	604,90
28	246,41	74	306,68	140	353,02	320	423,29	1 700	613,15
29	248,40	75	307,60	142	354,12	340	428,97	1 800	621,03
30	250,33	76	308,50	144	355,21	360	434,40	1 900	628,58
31	252,22	77	309,40	146	356,29	380	439,60	2 000	635,82
32	254,05	78	310,29	148	357,36	400	444,59	2 200	649,46
33	255,84	79	311,16	150	358,42	420	449,39	2 400	662,12
34	257,08	80	312,03	152	359,46	440	454,02	2 600	673,94
35	259,29	81	312,89	154	360,49	460	458,50	2 800	684,99
36	260,95	82	313,74	156	361,52	480	462,82	3 000	695,36
37	262,57	83	314,59	158	362,03	500	467,01	3 200	705,11

Remarque : pour convertir des psia en psig, soustraire 14,7 (approx.).

Densité de l'eau en fonction de la température

Température de l'eau (°F)	Densité
32	1,0013
40	1,0013
50	1,0006
60	1,0000
70	0,9989
80	0,9976
90	0,9963
100	0,9945
110	0,9920
120	0,9902
130	0,9872
140	0,9848
150	0,9817
160	0,9787
170	0,9751
180	0,9716
190	0,9681
200	0,9645
210	0,9605
212	0,9594
220	0,9565
240	0,9480
260	0,9386
280	0,9294
300	0,9193
350	0,8917
400	0,8606
450	0,8269
500	0,7863
550	0,7358
600	0,6797

Densité de certains liquides

Liquide	Densité par rapport à l'eau à 60°F
Acétone	0,792
Acide chlorhydrique	1,256
Acide, muriatique (40 %)	1,20
Acide, nitrique (91 %)	1,50
Acide, sulfurique (87 %)	1,80
Alcool, éthylique (100 %)	0,789
Alcool, méthylique (100 %)	0,796
Brut 32,6° API	0,862
Brut 35,6° API	0,847
Brut 40° API	0,825
Brut 48° API	0,788
Brut de Salt Creek	0,843
Carburant 3 max.	0,898
Carburant 5 max.	0,993
Carburant 5 min.	0,966
Carburant 6 min.	0,993
Carburant de soute C max.	1,014
Distillat	0,850
Eau	1,000
Eau de mer	1,025
Essence	0,751
Essence, naturelle	0,680
Huile d'olive	0,919
Huile SAE 10*	0,876
Huile SAE 30*	0,898
Huile SAE 70*	0,916
Kérosène	0,815
Mercure	13,570
Pentane	0,624
Résidu à prise semi-rapide	0,935

*Indice de viscosité 100.

Densité de certains gaz à 20°C (68°F) sous 1 atm

Nom du gaz	Formule chimique	Densité par rapport à l'air
Aétylène	C_2H_2	0,90
Air	—	1,000
Ammoniac	NH_3	0,59
Argon	Ar	1,377
Azote	N_2	0,9718
Benzène	C_6H_6	2,696
Butane	C_4H_{10}	2,0061
Butène	C_4H_8	1,94
Chlore	Cl_2	2,486
Chloroéthane	C_2H_5Cl	2,23
Chlorométhane	CH_3Cl	1,738
Chlorure d'hydrogène	HCl	1,261
Dioxyde de carbone	CO_2	1,5189
Dioxyde de soufre	SO_2	2,264
Éthane	C_2H_6	1,0378
Éthène	C_2H_4	0,968
Fréon (F-12)	CCl_2F_2	4,520
Gaz à l'eau bleu	—	0,53
Gaz à l'eau carburé	—	0,63
Gaz de cokerie	—	0,44
Gaz de haut-fourneau	—	1,000
Gaz naturel*	—	0,667
Gaz pauvre d'anthracite	—	0,85
Gaz pauvre de charbon bitumineux	—	0,86
Hélium	He	0,138
Hydrogène	H_2	0,06959
Méthane	CH_4	0,5537
Monoxyde de carbone	CO	0,9672
Monoxyde d'azote	NO	1,037
Néon	Ne	0,696
Oxygène	O_2	1,1044
Pentane	C_5H_{12}	2,4872
Propane	C_3H_8	1,5219
Propène	C_3H_6	1,4504
Protoxyde d'azote	N_2O	1,530
Sulfure d'hydrogène	H_2S	1,176
Toluène	C_7H_8	3,1082
Xylène	C_8H_{10}	3,6618

*Valeur représentative.

Tableau des éléments

Nom	Symbole	Numéro atomique	Masse atomique	Nom	Symbole	Numéro atomique	Masse atomique
Actinium	Ac	89	227	Chrome	Cr	24	51,996
Aluminium	Al	13	26,982	Cobalt	Co	27	58,933
Américium	Am	95	243	Copernicium	Cn	112	285
Antimoine	Sb	51	121,76	Cuivre	Cu	29	63,54
Argent	Ag	47	107,87	Curium	Cm	96	247
Argon	Ar	18	39,948	Darmstadtium	Ds	110	281
Arsenic	As	33	74,922	Dubnium	Db	105	262
Astate	At	85	210	Dysprosium	Dy	66	162,50
Azote	N	7	14,0067	Einsteinium	Es	99	254
Baryum	Ba	56	137,33	Erbium	Er	68	167,26
Berkélium	Bk	97	247	Étain	Sn	50	118,71
Béryllium	Be	4	9,0122	Europium	Eu	63	151,96
Bismuth	Bi	83	208,98	Fer	Fe	26	55,845
Bore	B	5	10,811	Fermium	Fm	100	253
Brome	Br	35	79,907	Flérovium	Fl	114	289
Cadmium	Cd	48	112,41	Fluor	F	9	18,9984
Calcium	Ca	20	40,078	Francium	Fr	87	223
Californium	Cf	98	249	Gadolinium	Gd	64	157,25
Carbone	C	6	12,012	Gallium	Ga	31	69,723
Cérium	Ce	58	140,12	Germanium	Ge	32	72,630
Césium	Cs	55	132,91	Hafnium	Hf	72	178,49
Chlore	Cl	17	35,453	Hélium	He	2	4,0026

(suite)

Tableau des éléments *(suite)*

Nom	Symbole	Numéro atomique	Masse atomique	Nom	Symbole	Numéro atomique	Masse atomique
Holmium	Ho	67	164,93	Nickel	Ni	28	58,693
Hydrogène	H	1	1,00797	Niobium	Nb	41	92,906
Indium	In	49	114,82	Nobélium	No	102	254
Iode	I	53	126,90	Or	Au	79	196,97
Iridium	Ir	77	192,22	Osmium	Os	76	190,23
Krypton	Kr	36	83,798	Oxygène	O	8	15,999
Lanthane	La	57	138,91	Palladium	Pd	46	106,42
Lawrencium	Lr	103	262	Phosphore	P	15	30,974
Lithium	Li	3	6,939	Platine	Pt	78	195,08
Lutécium	Lu	71	174,97	Plomb	Pb	82	207,2
Magnésium	Mg	12	24,307	Plutonium	Pu	94	242
Manganèse	Mn	25	54,938	Polonium	Po	84	210
Meitnérium	Mt	109	268	Potassium	K	19	39,098
Mendélévium	Md	101	256	Praséodyme	Pr	59	140,91
Mercure	Hg	80	200,59	Prométhium	Pm	61	147
Molybdène	Mo	42	95,95	Protactinium	Pa	91	231,04
Néodyme	Nd	60	144,24	Radium	Ra	88	226
Néon	Ne	10	20,180	Radon	Rn	86	222
Neptunium	Np	93	237	Rhénium	Re	75	186,2

Rhodium	Rh	45	102,905	Terbium	Tb	65	158,93
Roentgenium	Rg	111	272	Thallium	Tl	81	204,38
Rubidium	Rb	37	85,47	Thorium	Th	90	232,04
Ruthénium	Ru	44	101,07	Thulium	Tm	69	168,93
Rutherfordium	Rf	104	261	Titane	Ti	22	47,867
Samarium	Sm	62	150,36	Tungstène	W	74	183,85
Scandium	Sc	21	44,956	Ununoctium	Uuo	118	294
Seaborgium	Sg	106	266	Ununpentium	Uup	115	288
Sélénium	Se	34	78,971	Ununseptium	Uus	117	294
Silicium	Si	14	28,086	Ununtrium	Uut	113	286
Sodium	Na	11	22,990	Uranium	U	92	238,03
Soufre	S	16	32,064	Vanadium	V	23	50,942
Strontium	Sr	38	87,62	Xénon	Xe	54	131,29
Tantale	Ta	73	180,95	Ytterbium	Yb	70	173,05
Technétium	Tc	43	99	Yttrium	Y	38	88,906
Tellure	Te	52	127,60	Zinc	Zn	30	65,38
				Zirconium	Zr	40	91,224

Conversion des volumes

Pour convertir des	En	Multiplier par
Centimètres cubes	Mètres cubes	1×10^{-6}
Centimètres cubes	Pieds cubes	$3{,}531 \times 10^{-5}$
Centimètres cubes	Pouces cubes	0,06102
Centimètres cubes	Gallons (GB)	$2{,}20 \times 10^{-4}$
Centimètres cubes	Gallons	$2{,}642 \times 10^{-4}$
Centimètres cubes	Litres	0,001
Centimètres cubes	Baril (pétrole)	$6{,}29 \times 10^{-6}$
Centimètres cubes	Baril (liq.)	$8{,}39 \times 10^{-6}$
Gallons	Centimètres cubes	3785
Gallons	Millimètres cubes	0,00379
Gallons	Pieds cubes	0,1337
Gallons	Pouces cubes	231
Gallons	Gallons (GB)	0,8327
Gallons	Litres	3,785
Gallons	Livres d'eau	8,35
Gallons	Baril (pétrole)	0,02381
Gallons	Baril (liq.)	0,03175
Litres	Centimètres cubes	1000
Litres	Millimètres cubes	0,001
Litres	Yards cubes	0,00131
Litres	Pieds cubes	0,0353
Litres	Pouces cubes	61,02
Litres	Gallons (GB)	0,2200
Litres	Gallons	0,2642
Litres	Baril (pétrole)	0,00629
Litres	Baril (liq.)	0,00839
Pieds cubes	Centimètres cubes	$2{,}83 \times 10^{4}$
Pieds cubes	Mètres cubes	0,02832
Pieds cubes	Yards cubes	0,03704
Pieds cubes	Pouces cubes	1728
Pieds cubes	Gallons (GB)	6,229
Pieds cubes	Litres	28,32
Pieds cubes	Baril (pétrole)	0,1781
Pieds cubes	Baril (liq.)	0,2375
Pouces cubes	Centimètres cubes	16,387

Conversion des aires

Des \ En	cm^2	m^2	km^2	po^2	ft^2	$mile^2$
cm^2	1	0,0001	1×10^{10}	0,1550	0,00108	$3,86 \times 10^{11}$
m^2	1×10^4	1	1×10^6	1550	10,76	$3,86 \times 10^7$
km^2	1×10^{10}	1×10^6	1	$1,55 \times 10^9$	$1,08 \times 10^7$	0,3861
po^2	6,452	$6,45 \times 10^4$	$6,45 \times 10^{10}$	1	0,00694	$2,49 \times 10^{10}$
ft^2	929,0	0,09290	$9,29 \times 10^8$	144	1	$3,59 \times 10^8$
$mile^2$	$2,59 \times 10^{10}$	$2,59 \times 10^6$	2,590	$4,01 \times 10^9$	$2,79 \times 10^7$	1

Équivalence entre fractions et nombres décimaux

8èmes	32èmes	64èmes	
1/8 = 0,125	1/32 = 0,03125	1/64 = 0,015625	33/64 = 0,515625
1/4 = 0,250	3/32 = 0,09375	3/64 = 0,046875	35/64 = 0,546875
3/8 = 0,375	5/32 = 0,15625	5/64 = 0,078125	37/64 = 0,578125
1/2 = 0,500	7/32 = 0,21875	7/64 = 0,109375	39/64 = 0,609375
5/8 = 0,625	9/32 = 0,28125	9/64 = 0,140625	41/64 = 0,640625
3/4 = 0,750	11/32 = 0,34375	11/64 = 0,171875	43/64 = 0,671875
7/8 = 0,875	13/32 = 0,40625	13/64 = 0,203125	45/64 = 0,703125
16èmes	15/32 = 0,46875	15/64 = 0,234375	47/64 = 0,734375
1/16 = 0,0625	17/32 = 0,53125	17/64 = 0,265625	49/64 = 0,765625
3/16 = 0,1875	19/32 = 0,59375	19/64 = 0,296875	51/64 = 0,796875
5/16 = 0,3125	21/32 = 0,65625	21/64 = 0,328125	53/64 = 0,828125
7/16 = 0,4375	23/32 = 0,71875	23/64 = 0,359375	55/64 = 0,859375
9/16 = 0,5625	25/32 = 0,78125	25/64 = 0,390625	57/64 = 0,890625
11/16 = 0,6875	27/32 = 0,84375	27/64 = 0,421875	59/64 = 0,921875
13/16 = 0,8125	29/32 = 0,90625	29/64 = 0,453125	61/64 = 0,953125
15/16 = 0,9375	31/32 = 0,96875	31/64 = 0,484375	63/64 = 0,984375

Pouces en millimètres	Millimètres en pouces	
1/16 po = 1,59 mm	1 mm = 0,039 po	15 mm = 0,590 po
1/8 po = 3,17 mm	2 mm = 0,079 po	16 mm = 0,630 po
3/16 po = 4,76 mm	3 mm = 0,118 po	17 mm = 0,669 po
1/4 po = 6,35 mm	4 mm = 0,157 po	18 mm = 0,709 po
5/16 po = 7,94 mm	5 mm = 0,197 po	19 mm = 0,748 po
3/8 po = 9,52 mm	6 mm = 0,236 po	20 mm = 0,787 po
7/16 po = 11,11 mm	7 mm = 0,276 po	21 mm = 0,827 po
1/2 po = 12,70 mm	8 mm = 0,315 po	22 mm = 0,866 po
9/16 po = 14,29 mm	9 mm = 0,354 po	23 mm = 0,905 po
5/8 po = 15,87 mm	10 mm = 0,394 po	24 mm = 0,944 po
11/16 po = 17,46 mm	11 mm = 0,433 po	25 mm = 0,984 po
3/4 po = 19,05 mm	12 mm = 0,472 po	25,4 mm = 1 po
13/16 po = 20,64 mm	13 mm = 0,512 po	
7/8 po = 22,22 mm	14 mm = 0,551 po	
15/16 po = 23,81 mm		
1 po = 25,40 mm		
1 1/4 po = 31,75 mm		
1 1/2 po = 38,10 mm		
2 po = 50,80 mm		

Formules de conversion des températures

Degrés Fahrenheit (°F)	Degrés Celsius (centigrades) (°C)	Degrés Rankine (°R) Degrés Kelvin (°K)
°F = 1,8 (°C) + 32	$°C = \frac{°F - 32}{1,8}$	0°R = 0°K
		°R = °F + 459,69
°F = °R − 459,69	°C = °K − 273,16	°K = °C + 273,16

Tableau de correspondance entre certaines températures en degrés Celsius (°C) et degrés Fahrenheit (°F)

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
−200	−328	65	149	410	770	790	1454
−180	−292	70	158	420	788	800	1472
−160	−256	75	167	430	806	810	1490
−140	−220	80	176	440	824	820	1508
−120	−184	85	185	450	842	830	1526
−100	−148	90	194	460	860	850	1562
−95	−139	95	203	470	878	900	1652
−90	−130	100	212	480	896	950	1742
−85	−121	110	230	490	914	1000	1832
−80	−112	120	248	500	932	1050	1922
−75	−103	130	266	510	950	1100	2012
−70	−94	140	284	520	968	1150	2102
−65	−85	150	302	530	986	1200	2192
−60	−76	160	320	540	1004	1250	2282
−55	−67	170	338	550	1022	1300	2372
−50	−58	180	356	560	1040	1350	2462
−45	−49	190	374	570	1058	1400	2552
−40	−40	200	392	580	1076	1450	2642
−35	−31	210	410	590	1094	1500	2732
−30	−22	220	428	600	1112	1550	2822
−25	−13	230	446	610	1130	1600	2912
−20	−4	240	464	620	1148	1650	3002
−15	5	250	482	630	1166	1700	3092
−10	14	260	500	640	1184	1750	3182
−5	23	270	518	650	1202	1800	3272
0	32	280	536	660	1220	1850	3362
5	41	290	554	670	1238	1900	3452
10	50	300	572	680	1256	1950	3542
15	59	310	590	690	1274	2000	3632
20	68	320	608	700	1292	2050	3722
25	77	330	626	710	1310	2100	3812
30	86	340	644	720	1328	2150	3902
35	95	350	662	730	1346	2200	3992
40	104	360	680	740	1364	2250	4082
45	113	370	698	750	1382	2300	4172
50	122	380	716	760	1400	2350	4262
55	131	390	734	770	1418	2400	4352
60	140	400	752	780	1436	2450	4442

Épaisseur de paroi des tuyaux

Dimension nominale	Diam. ext.	Épaisseur de paroi			Diamètre intérieur		
		Cat. 10	Cat. 40	Cat. 80	Cat. 10	Cat. 40	Cat. 80
1/8	0,405	0,049	0,068	0,095	0,307	0,269	0,215
1/4	0,540	0,065	0,088	0,119	0,410	0,364	0,302
3/8	0,675	0,065	0,091	0,126	0,545	0,493	0,381
1/2	0,840	0,083	0,109	0,147	0,674	0,622	0,546
3/4	1,050	0,083	0,113	0,154	0,884	0,824	0,742
1	1,315	0,109	0,133	0,179	1,097	1,049	0,957
1 1/4	1,660	0,109	0,140	0,191	1,442	1,380	1,278
1 1/2	1,900	0,109	0,145	0,200	1,682	1,610	1,500
2	2,375	0,109	0,154	0,218	2,157	2,067	1,939

Toutes les dimensions sont en pouces.

Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes fractionnaires

Tube (po)	DE (po)	Épaisseur de paroi (po)	DI du tube (po)	Section du passage (po^2)
1/16	0,062	0,010	0,042	0,0014
		0,015	0,032	0,0008
		0,020	0,022	0,0004
1/8	0,125	0,028	0,069	0,0037
		0,035	0,055	0,0024
3/16	0,187	0,028	0,131	0,0135
		0,035	0,117	0,0108
		0,049	0,089	0,0062
1/4	0,250	0,028	0,194	0,030
		0,035	0,180	0,025
		0,049	0,152	0,018
		0,065	0,120	0,011
5/16	0,312	0,035	0,242	0,046
		0,049	0,214	0,036
		0,065	0,182	0,026
3/8	0,375	0,035	0,305	0,073
		0,049	0,277	0,060
		0,065	0,245	0,047
1/2	0,500	0,035	0,430	0,145
		0,049	0,402	0,127
		0,065	0,370	0,108
		0,083	0,334	0,088

Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes fractionnaires *(suite)*

Tube (po)	DE (po)	Épaisseur de paroi (po)	DI du tube (po)	Section du passage (po^2)
5/8	0,625	0,049	0,527	0,218
		0,065	0,495	0,192
		0,083	0,459	0,166
		0,095	0,435	0,149
3/4	0,750	0,049	0,652	0,334
		0,065	0,620	0,302
		0,083	0,584	0,268
		0,095	0,560	0,246
		0,109	0,532	0,222
7/8	0,875	0,049	0,777	0,474
		0,065	0,745	0,436
		0,083	0,709	0,395
		0,095	0,685	0,369
		0,109	0,657	0,339
1	1,000	0,065	0,870	0,595
		0,083	0,834	0,546
		0,095	0,810	0,515
		0,109	0,782	0,480
		0,120	0,760	0,454
1 1/4	1,250	0,083	1,084	0,923
		0,095	1,060	0,883
		0,109	1,032	0,837
		0,120	1,010	0,801
		0,134	0,982	0,757
		0,156	0,938	0,691
1 1/2	1,500	0,095	1,310	1,348
		0,109	1,282	1,291
		0,120	1,260	1,247
		0,134	1,232	1,192
		0,156	1,188	1,109
		0,188	1,124	0,992
2	2,000	0,109	1,782	2,494
		0,120	1,760	2,433
		0,134	1,732	2,356
		0,156	1,688	2,238
		0,188	1,624	2,071

Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes métriques

DE du tube (mm)	Épaisseur de paroi (mm)	DI du tube (mm)	Section du passage (mm^2)
1	0,2	0,6	0,2827
	0,3	0,4	0,1257
	0,4	0,2	0,0031
3	0,5	2,0	3,14
	0,6	1,8	2,54
	0,8	1,4	1,54
6	0,6	4,8	18,10
	0,8	4,4	15,21
	1,0	4,0	12,57
	1,25	3,5	9,62
	1,5	3,0	7,07
	1,6	2,8	6,16
8	0,8	6,4	32,17
	1,0	6,0	28,27
	1,25	5,5	23,76
	1,5	5,0	19,64
	1,6	4,8	18,10
10	0,8	8,4	55,42
	1,0	8,0	50,27
	1,25	7,5	44,18
	1,5	7,0	38,48
	1,6	6,8	36,32
12	1,0	10,0	78,54
	1,25	9,5	70,88
	1,5	9,0	63,62
	1,6	8,8	60,82
	2,0	8,0	50,27
14	1,0	12,0	113,10
	1,2	11,6	105,68
	1,5	11,0	95,03
	1,8	10,4	84,95
	2,0	10,0	78,54
	2,2	9,6	72,38
15	1,2	12,6	124,69
	1,5	12,0	113,10
	1,6	11,8	109,36
	2,0	11,0	95,03
	2,3	10,4	84,95

Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes métriques *(suite)*

DE du tube (mm)	Épaisseur de paroi (mm)	DI du tube (mm)	Section du passage (mm^2)
16	1,2	13,6	145,27
	1,5	13,0	132,73
	1,6	12,8	128,68
	2,0	12,0	113,10
	2,3	11,4	102,07
18	1,2	15,6	191,13
	1,5	15,0	176,72
	1,6	14,8	172,03
	2,0	14,0	153,94
	2,3	13,4	141,03
	2,5	13,0	132,73
	2,6	12,8	128,68
20	1,5	17,0	226,98
	1,6	16,8	221,67
	2,0	16,0	201,06
	2,3	15,4	186,27
	2,5	15,0	176,71
	2,6	14,8	172,03
22	1,5	19,0	283,53
	1,6	18,8	277,59
	2,0	18,0	254,47
	2,3	17,4	237,79
	2,5	17,0	226,98
	2,6	16,8	221,67
25	1,5	22,0	380,13
	1,6	21,8	373,25
	2,0	21,0	346,36
	2,3	20,4	326,85
	2,5	20,0	314,16
	2,6	19,8	307,91
	3,0	19,0	283,53
28	2,0	24,0	452,38
	2,2	23,6	437,43
	2,5	23,0	415,47
	2,8	22,4	394,08
	3,0	22,0	380,13
	3,5	21,0	346,36

(suite)

Diamètre extérieur, épaisseur de paroi, diamètre intérieur et section de passage des tubes métriques *(suite)*

DE du tube (mm)	Épaisseur de paroi (mm)	DI du tube (mm)	Section du passage (mm^2)
30	2,0	26,0	530,92
	2,2	25,6	514,71
	2,5	25,0	490,87
	2,8	24,4	467,59
	3,0	24,0	452,38
	3,5	23,0	415,47
32	2,0	28,0	615,75
	2,2	27,6	598,28
	2,5	27,0	572,55
	2,8	26,4	547,39
	3,0	26,0	530,92
	3,5	25,0	490,87
	4,0	24,0	452,38
38	2,2	33,6	886,68
	2,5	33,0	855,29
	2,8	32,4	824,47
	3,0	32,0	804,24
	3,5	31,0	754,76
	4,0	30,0	706,85
	4,5	29,0	660,51

Annexe C

Données de résistance à la corrosion

Les données présentées ci-dessous sont jugées fiables, mais un tableau de ce type ne peut pas couvrir toutes les situations possibles pour ce qui est des concentrations, des températures, de la présence d'impuretés ou des conditions d'aération. Nous suggérons de n'utiliser les informations contenues dans ce tableau que pour sélectionner les matériaux qu'il est possible d'utiliser pour une certaine application, puis d'examiner plus en détail les résultats publiés sur la corrosion de ces matériaux dans les conditions particulières de cette application. Lorsque de telles informations ne sont pas disponibles, des essais de corrosion devront être effectués dans les conditions d'utilisation réelles pour déterminer les matériaux qui pourront être retenus.

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Acétate de cuivre	4	4	3	1	2	1						1	2	1
Acétate de méthyle	2	2	2	1	1	1		4	4	4		1	1	1
Acétate de sodium	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1
Acétate d'amyle	1	2	1	1	1	1		4	4	4	2	1	1	1
Acétate d'éthyle	1	2	1	1	1	1		4	4	4	1	1	1	1
Acétone	2	1	2	1	1	1	3	4	4	3	1			1
Acétylène	1	2	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1
Acide acétique	2	4	4	3	1	1	3	3	4	3	4	2	1	1
Acide arsénique	4	4	4	2	2	1		1	1	1	1	1	2	
Acide borique	2	2	4	2	2	1		1	1	1	1	2	1	1
Acide bromhydrique	4	4	4	4	4	1		3		3				1
Acide butyrique	2	4	4	2	2	1	2	2	3	3	1	3	1	1
Acide carbolique	2	3	3	2	1	1		4	2	4	4	2	1	1
Acide carbonique	1	1	4	1	1	1	2	1	1	1	1	1		1
Acide chlorhydrique	4	4	4	2	4	1	2	2		3	4	4		4
Acide chlorique	4	4	4	3	3	1							1	1
Acide chromique	4	4	2	4	4	1	2	4	3	4	4	2	2	1
Acide cyanhydrique	1	4	1	2	1	1				2	4	1	2	1
Acide fluoborique	4		1	1	1							1		4
Acide fluorhydrique	4	4	4	2	4	1	3			3	4	4	2	3
Acide fluosilicique	4	1	4	1	1	1				3		1	2	4

Acide formique, chaud	4	2	4	4	2	1		4	1	1	4	4	2	4
Acide formique, froid	1	2	4	3	2	1		4	1	1	4	3	1	4
Acide gras	1	3	2	2	1	1		2	1	2	1	1	1	1
Acide lactique	1	4	4	2	2	1	2	3	3		4	1	2	1
Acide maléique	2	3	2	2	2			1	1	1	1	2	2	1
Acide malique	2	2	4	2	1	1		1	1	1	1	1		1
Acide nitreux, 10 %	4	4	4	4	2	1		3	1	1				
Acide nitrique	2	4	4	2	3	1	4	1	1	1	1	1		
Acide nitrique, 10 %	4	4	4	4	1	1		3	1	2	4	4	1	1
Acide nitrique, 100 %	4	4	4	4	1	1		4	2	4	4	1	4	2
Acide nitrique, 30 %	4	4	4	4	1	1		3	1	3	4	3	1	1
Acide nitrique, 80 %	4	4	4	4	1	1		4	2	4	4	1	4	2
Acide nitrique, anhydre	4	4	1	4	1	1				4		1	2	4
Acide oléique	2	2	3	1	2	1		1	1	3	1	1	1	1
Acide oxalique	3	2	4	2	2	1		3	1	1	3	2	2	4
Acide palmitique	2	2	2	2	1	1		2	1	2	1	1		
Acide phosphorique, 10 %, chaud	1	2	4	1	4	1		2	1	1	4	4		4
Acide phosphorique, 10 %, froid	1	2	4	1	2	1		2	1	1	4	1		1
Acide phosphorique, 50 %, chaud	4	2	4	1	4	1		2	1	2	4	4	4	4
Acide phosphorique, 50 %, froid	4	2	4	1	2	1		2	1	2	4	1		4
Acide phosphorique, 85 %, chaud	4	2	3	1	1	1		3		2	4	4		4
Acide phosphorique, 85 %, froid	4	2	2	1	1	1		3		2	4	1		4
Acide phtalique	2	2	3	2	1	1		3	1	3	1	2	2	1
Acide picrique	3	4	4	4	2	1		3		1			2	
Acide pyrogallique	2	2	3	2	2	1		1	1	1	1	2	2	

(suite)

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Acide salicylique	2	2	4	1	2	1		1	1	1	1	2	2	
Acide stéarique	4	3	3	1	1	1		1	1	3	1	2	2	2
Acide sulfureux	2	4	4	4	2	1		3	1	3	3	4	2	1
Acide sulfurique, 0 à 7 %	1	3	4	1	2	1		2	1	1	3	2		2
Acide sulfurique, 100 %	4	3	2	4	1	1		4	2	4	4	4		4
Acide sulfurique, 20 %	4	3	4	1	4	1		3	1	2	1	4		3
Acide sulfurique, 50 %	4	3	4	4	4	1		3	1	3	4	4		4
Acide tannique	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Acide tartrique	1	4	4	1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	2
Acrylonitrile	2	1	1	1	1	1		4	3	4	4	1	1	1
Alcools	2	2	2	1	1	1		1	1	1	1	1		1
Aluminate de sodium	4	2	1	1	1	1		1	1	1	1	2	2	1
Alun de chrome	3	3	2		1	1		2		2				
Amidon	1	2	3		2	1		1	1	1	1			
Amines	2	2	2	1	1	1			4	4	1	2	1	1
Ammoniac anhydre	2	4	1	1	1	1	2	2	3	2		1	1	
Ammoniaque	2	4	2	4	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
Anhydride acétique	1	4	4	1	2	4		3	4	3	4	1		
Anhydride phtalique	1	2	1	1	1	1		3	1	3	1	1	1	
Aniline	2	4	1	2	1	1		4	3	3	1	2	2	1
Asphalte	1	2	1	1	1	1		3	1	3	1			

Azote	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Babeurre	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1			
Benzène	2	2	2	1	2	1		4	2	4	1	1	2	1
Bicarbonate de sodium	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bicarbonate d'ammonium	2	4	2	4	2	1	1	2	1	1	1	4		1
Bière	1	2	3	1	1	1		1	1	1	1			
Bisulfite de calcium	4	4	4	4	1	1						4	1	1
Bisulfite de potassium	2	2	4	4	2	1		1	1	1	1	4	3	
Bisulfite de sodium	4	4	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2
Borate de sodium						1								
Borax	3	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1			
Brome, humide	4	4	4	2	4	1	4	4	2	4		4	4	4
Brome, sec	2	4	4	3	4	1	2	4	2	4		4	4	4
Bromure de potassium	4	2	4	2	2	1		1	1	1	1	2	2	1
Bromure de sodium	4	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Bromure d'argent	4	4	4	2	4	1	1						1	1
Carbonate de baryum	4	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1		2	1
Carbonate de calcium	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Carbonate de potassium	4	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1
Carbonate de sodium	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carbonate d'ammonium	2	3	2	2	2	1		2	2	1	1	2	2	
Carburant JP-4	1	1	1		1	1		1	1	3	1			1
Carburant JP-5	1	1	1		1	1		1	1	3	1			1
Carburant JP-6	1	1	1		1	1		1	1	3	1			1
Carburants de soute	1	2	2		1	1		1	1	2	1			

(suite)

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Cétones	1	1	1		1	1		4	4	4	1			1
Chlorate de potassium	4	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1	3	2	1
Chlorate de sodium	2	2	2	1	2	1		1	1	1	1	1	2	1
Chlore gazeux, humide	4	4	4	2	3	1	3	4		4		2	4	1
Chlore gazeux, sec	4	4	2	1	2	1	3	3	2	3	1	4	1	4
Chloroéthane, humide	2	2	4	2	1	1		3		3	1	1	2	1
Chloroéthane, sec	2	2	1	2	1	1	4	3		3	1	1	2	1
Chloroforme, sec	1	1	1	1	1	1		4	2	4	1	1	2	1
Chlorométhane	4	1	1	2	1	1	2	3		3	1	2		
Chlorosulfonique, humide	4	4	4	4	4	1		4		4		3	1	
Chlorosulfonique, sec	1	4	1	3	2	1		4		4		3	1	4
Chlorure de baryum	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2
Chlorure de calcium	2	2	2	1	2	1		1	1	1	1	1	1	1
Chlorure de cuivre	4	4	4	2	4	1		1	1	1	1			
Chlorure de magnésium	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Chlorure de nickel	4	4	4	2	2	1	2	1	1	1	1	4		1
Chlorure de potassium	4	3	3	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Chlorure de sodium	1	2	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Chlorure de soufre	4	4	4	3	3	1						1	1	
Chlorure de zinc	4	4	4	2	4	1	2	2	1	1	1	2	1	1

Chlorure d'aluminium	4	4	4	2	4	1	2	2	1	2	1	4	1	
Chlorure d'ammonium	4	4	3	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1
Chlorure d'argent	4	4	4	2	4	1							2	1
Chlorure d'hydrogène, humide	4	4	4	3	4	1						4		
Chlorure d'hydrogène, sec	4	3	2	1	2	1	2					1	1	
Chlorure ferreux	4	4	4	4	4	1		1	1	1	1	4	2	1
Chlorure ferrique	4	4	4	4	4	1	2	1	1	1	1	4	2	1
Chlorure stannique	4	4	4	3	4	1		1	1	1	1	4	2	2
Chromate de sodium	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Colle	1	2	1		2	1		1	1	1		1	1	1
Créosote	2	2	2	1	2	1	4	4	1	4	4	1	2	
Cyanure de potassium	4	4	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Cyanure de sodium	4	4	1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Cyanure mercurique	4	4	2		2	1							2	1
Dichlorométhane	1	2	2	2	2	1	3	4	3	4		1	2	1
Dichromate de potassium	1	2	2	2	1	1		1	1	1	1	2	2	1
Diéthylamine	2	4	1	2	1	1		2		3		1	1	1
Dioxyde de carbone	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2		1	1	1
Dioxyde de soufre, humide	4	4	4	4	1	1						2	1	
Dioxyde de soufre, sec	1	3	2	2	1	1		3	1	3	1	2	4	
Diphosphate de potassium	2	2	1		1	1		1	1	1	1			
Disulfure de carbone	1	3	2	2	2	1		4	1	4	1			1
Dowtherm	1	1	2		1	1		4	1	4	1			
Eau chlorée	4	4	4	1	3	1							1	1
Eau de mer	2	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Eau gazéifiée	1	2	2		1	1		1	1	1	1	1		1

(suite)

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Eau, alimentation de chaudières	3	3	2	1	1	1								
Eau, douce	1	1	3		1	1		1	1	1	1			
Eau, salée	3	3	4	1	2	1	2							
Encre	3	3	4		1	1		1	1	1	1			
Epsomite	1	2	3		2	1		1	1	1	1	1	1	1
Essence	1	1	1	1	1	1	4	3	1	4	1	1	1	1
Essence de pin	1	2	2		1	1		1	1	3	1			
Éthane	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	1	1
Éthanol	2	1	1	1	2	1		1	1	1	1	1	1	1
Éther isopropylique	1	1	1		1	1		3		3				1
Éthers	1	2	1		1	1		3	3	3	3			
Éthylène glycol	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	3	1	1	1
Ferricyanure de potassium	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Ferrocyanure de potassium	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Fioul	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1			
Fluor, humide	4	4	4	1	4	1	2			3		1	2	4
Fluor, sec	2	3	1	1	2	1	2					1	2	4
Fluorure de sodium	2	4	4	1	2	1	2	1	1	1	1		2	2
Fluorure d'aluminium	1	4	4	2	3	1	2						2	2
Formaldéhyde, chaud	2	2	4	2	2	1		2		2	1	2	2	1

Formaldéhyde, froid	1	1	1	1	1	1		2		2	1	2	2	1
Fréon	2	2	3	1	3	1	2	3	3	3		2	2	3
Furfural	2	2	2	2	2	1	4	4	1	3	1	2	2	2
Gas, naturel	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1	1	1
Gaz de cokerie	1	3	2		1	1		2	2	3		1		
Gaz de houille	1	1	1	1	1	1		1		2		1	1	1
Gaz, manufacturé	2	2	2		2	1		1	1	1	1	1	1	1
Gazole	1	1	1		1	1		1	1	3	1	1	1	1
Gélatine	1	1	4		1	1		1	1	1	1	1		
Glucose	1	1	2		1	1		1	1	1	1	1	1	1
Glycérine	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	3	1	1	1
Glycols	1	1	1	1	1	1			1	1	3	1	1	1
Graisse	1	1	1	1	1	1		1	1	2		1	1	1
Heptane	1	1	1	1	1	1		1	1	2		1	1	1
Hexane	1	1	1	1	1	1		1	1	3	1	1	1	1
Huile de coprah	1	3	3	2	1	1		1	1	2	1	1	1	1
Huile de coton	2	2	3		2	1		1	1	2	1			
Huile de maïs	4	4	4	4	1	1	2	1	1	1	2			
Huile de ricin	1	1	2		1	1		1	1	2	1			
Huile de saindoux	1	1	3		2	1		1	1	2	1			
Huile de soja	2	2	3		1	1		1	1	2	1			
Huile d'olive	1	2	2		1	1		1	1	2	1			
Huile hydraulique	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	1	1
Huile minérale	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1			
Huile pour assaisonnement	4	4	4	2	1	1		1	1	1	1			
Huile pour transformateurs	1	2	1		1	1		1	1	2	1			
Huile siccative	3	3	3		2	1		1		2	1			
Huile végétale	1	4	2	2	1	1		1	1	2	1	1		

(suite)

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Huiles animales	1	1	1	1	1	1		1		2				
Huiles de poisson	2	2	2		1	1		1	1	2	1			
Hydrofluosilicique	4	4	4	1	3	1	2	1		1				
Hydrogène gazeux, froid	1	1	1	1	1	1				2		1	1	1
Hydrogénosulfate de magnésium	2	2	3	2	1									
Hydrogénosulfate de sodium	2	3	4	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Hydrosulfite de zinc			1	2	1	1		1	1	1	1	2		
Hydroxyde de baryum	4	4	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Hydroxyde de calcium	3	4	2	2	2	1		1	1	1	1	2	1	1
Hydroxyde de magnésium, chaud	4	4	2	1	1	1		2	1	1	1			
Hydroxyde de magnésium, froid	4	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1			
Hydroxyde de potassium	4	4	3	1	1	1	2					1	2	4
Hydroxyde de sodium	4	4	2	1	1	1	2	2	3	2		1		2
Hydroxyde d'aluminium	2	2	2	2	2	1							2	1
Hypochlorite de calcium	4	4	3	3	3	1		2	1	2	1	4	2	1
Hypochlorite de potassium	4	4	3	4	2	1						4	2	1
Iode	4	4	4	2	2	1	3	2	1	2	1	4	2	4

Iodoforme	1	1	1	2	1	1			1		1	2	2	1
Isooctane	1	1	1	1	1	1		1	1	3	1			1
Isopropanol	2	2	1	1	1	1		3	1	3	1	1	1	1
Jus de betterave sucrière	1	3	2	1	1	1		1	1	1	1			
Jus de pomme	2	3	4		2	1		1	1	1	1			
Jus de tomates	1	3	3		1	1		1	1	1	1			
Jus d'ananas	1	3	3		1	1		1	1	1	1			
Kérosène	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3	1			1
Ketchup	1	1	1		1	1		1	1	1	1			1
Lait	1	4	4	2	1	1	3	1	1	1	1	1		
Liqueur sulfatée noire	4	2	1		1	1		2		1				
Mayonnaise	4	4	4		1	1		1	1	1	1			
Mélasse	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1		
Mercure	4	4	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	4
Méthane	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1	1	1
Méthanol	2	2	2	1	2	1		1	4	1	1	1	1	1
Méthylacétone	2	1	1	1	1	1		4	4	4				1
Méthylamine	2	4	2	3	2	1	2	3		3	1	1	2	2
Méthyléthylcétone	1	1	1	1	1	1		4	4	4	1	2	2	1
Monophosphate d'ammonium	2	4	4	2	2	1	1	1	1	1	2			
Moutarde	2	1	2		1	1		1	1	1	1			
Naphtalène	2	2	1	2	1	1		3	1	4	1	2		1
Naphte	1	1	1	1	1	1		3	1	4	1	1	1	1
Nitrate de baryum	2	4	2	3	2	1	2					2		
Nitrate de cuivre	4	4	4	4	2	1	2	1	1	1	1	4	2	1
Nitrate de nickel	3	4	2	2	2	1		1	1	1	1	2	2	1
Nitrate de sodium	1	3	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
Nitrate d'ammonium	2	4	1	3	1	1	2	1	1	1	1		2	3

(suite)

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Nitrate d'argent	4	4	4	4	1	1	2	3	1	3	1	2	1	1
Nitrate ferrique	4	4	4	4	2	1	2	1	1	1	1	4	2	
Nitrobenzène	1	1	1	1	1	1		4	3	4		1		
Odorisants pour gaz	1	1	2		2	1		1	1	1	1			
Oléum	2	2	2		2	1		3	3	3	4	2	2	
Oxyde d'éthylène	4	4	2	2	2	1	3	4	4	4		2	1	1
Oxygène	1	1	2	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Ozone, humide	1	4	3		1	1						1		
Ozone, sec	1	4	1	1	1	1						1		1
Paraffine	1	1	2		1	1		1	1	2	1			
Paraformaldéhyde	2	1	3	1	1	1		2		2	2	1	1	2
Parez 607			4		4	1								
Pentane	1	2	2	2	2	1		1	1	2	1	2		1
Perborate de sodium	4	4	2	2	1	1		3	1	1	1	2	2	
Permanganate de potassium	1	2	2	2	2	1	2					2	2	
Peroxyde de sodium	4	4	1	2	2	1		3	1	1	1	2	2	
Peroxyde d'hydrogène, concentré	1	4	4	4	1	1		4		4		1	1	1

Peroxyde d'hydrogène, dilué	1	4	4	2	2	1	2	1	1	1		2	1	1
Pétrole brut, non corrosif	1	2	2		1	1		1	1	2				
Phénol	2	1	1	2	2	1		4	2	4	4	2	1	1
Phosphate de sodium	4	1	4	1	2	1		2	1	2	1	1	1	1
Phosphate d'ammonium	1		1	1	1	1		1	1	1	1			
Plomb tétraéthyle	2	2	3		2	1					1			
Propane	1	1	1	1	1	1		1	1	2	1	1		1
Propanol	1	1	1	1	1	1		1		3		1	1	1
Protoxyde d'azote	3	2	2	4	2	1		2		2	1	4	2	
Résine mélamine	2				2	1								
Saumure			3	1	2	1		1	1	1	1	1	1	1
Sel	1	2	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Silicate de sodium	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	2	1
Solvants chlorés	1	1	1	1	1	1		4	3	4	1	1	1	1
Soufre	1	4	2	1	1	1		4				4	2	1
Soufre, en fusion	1	4	2	1	1	1	4	3		4	1			
Styrène	1	1	1	1	1	1		4		4		2	1	1
Sulfate de baryum		2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Sulfate de calcium	2	2	2	2	1	1		1	1	1	1	4		1
Sulfate de cuivre	4	2	4	2	2	1						2	1	2
Sulfate de magnésium	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Sulfate de nickel	4	3	4	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Sulfate de potassium	1	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
Sulfate de sodium	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2
Sulfate de zinc	3	4	4	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Sulfate d'aluminium	3	4	4	2	3	1	2	1	1	1	1	4	1	1
Sulfate d'ammonium	4	4	3	2	2	1		1	1	1	1	2	2	1
Sulfate ferreux	3	4	4	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1

(suite)

1. Excellente 2. Bonne, dans la plupart des situations 3. Moyenne, durée de vie limitée, conditions restrictives 4. Non satisfaisante	Aluminium	Laiton	Acier	Alliage 400	Acier inoxydable 316	PTFE/PFA	Polyéthylène	Buna-N (Nitrile)	Élastomère fluorocarboné FKM	Néoprène	Delrin®	Alliage 600	Alliage C-276	Titane
Sulfate ferrique	4	4	4	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Sulfate, liqueur blanche	2	3	3		2	1		3	3	1	1			
Sulfate, liqueur noire	1	4	2	2	2	1		3	3	1	1		1	
Sulfate, liqueur verte	4	4	2	2	2	1		3	3	1	1	2	2	
Sulfite de sodium	1	4	4	2	1	1	2					2	2	1
Sulfite d'ammonium	4	4	4	3	2	1						4		
Sulfure de baryum	4	4	1	4	1	1	2	1	1	1	1			1
Sulfure de potassium	4	4	4	4	2	1	2	1				2	2	1
Sulfure de sodium	1	3	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	
Sulfure d'hydrogène, humide	2	4	3	1	1	1	2	3	4	4	4	2	2	1
Sulfure d'hydrogène, sec	2	2	2	2	1	1	2	3	4	4	4	2	2	1

Térébenthine	2	1	1	1	1	1		3	1	4	1	1	1	1
Tétrachlorométhane, humide	4	2	4	1	1	1	3	4	2	4	1	1	1	1
Tétrachlorométhane, sec	1	3	4	1	2	1		4	2	4	1	1	1	1
Thiosulfate de sodium	2	4	4	1	1	1		1	1	1	1	2	2	
Toluène	1	1	1	1	1	1	4	4	2	4	1	1	1	1
Tributylphosphate	1	1	1	1	1	1		3		3				
Trichloréthylène	1	3	1	1	2	1	4	4	2	4	1	1	2	1
Trioxyde de soufre	2	2	2	2	2	1						2	2	
Urée	2	2	3	2	2	1					1	2		
Vapeur, 212°F	2	1	1	1	1	1		4	3	4	4	1	1	1
Vernis	1	1	3		1	1		3		1	1			
Vin	3	2	4	2	1	1	2	1	1	1	1			
Vinaigre	3	4	4	1	1	1	2	4	4	4	2		1	
Whisky	3	3	4	3	1	1	2	1	1	1	1			
Xylène, sec	1	1	2	1	2	1		4	2	4	1			

REMARQUE : UTILISEZ CE TABLEAU AVEC PRÉCAUTION ! Voir p. 283.

Index

Numérique

6-Moly acier inoxydable, 7

A

ABW. Voir raccords pour tubes à souder bout à bout en automatique
acier à faible teneur en carbone, 29
acier allié ferritique, 254, 28, 32
acier au carbone-molybdène, 29
acier au carbone
  ASTM A179, 23
  coefficient de dilatation, 143
  normes, 7, 29
  outil à dresser les tubes, 72
  traitements supplémentaires, 8
acier inoxydable
  acier inoxydable 304, 145, 146
  acier inoxydable 316, 7, 8, 72, 145, 146, 161
  applications cryogéniques, 147
  associé au laiton, 18
  ASTM A1016, 28
  ASTM A179, 23
  ASTM A269, 20
  austénitique, 23, 28, 32, 79, 123, 215
  coefficient de dilatation, 143
  commande, 215, 217
  corrosion du, 284–297
  dépannage, 151
  diamètre extérieur, 23
  joints évasés, 152
  limites de dureté, 23
  marqueurs à faible concentration en chlorures, 79
  MHSU, 90
  MTW, 161
  normes, 7, 28
  NPTF, 198
  outil à dresser les tubes, 72
  recuit, 23
  résistance aux vibrations, 143
  rouleaux, 47
  sans soudure, 176–177, 211, 214–217
  soudé, 176, 214–215, 216
  systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 129
  systèmes sous vide, 141
  teneur en carbone, 11
  teneur en chrome, 11
  teneur en nickel, 11
  traceurs, 134
  traitements supplémentaires, 8
  vapeur, 130
Acier inoxydable 304
  pression nominale, 146
  utilisation à des températures élevées, 145
Acier inoxydable 316
  bagues arrière, 8
  corrosion du, 284–297
  Micro-Fit, 161
  MTW, 161
  normes, 7

outil à dresser les tubes, 72
pression nominale, 146
utilisation à des températures élevées, 145
acier inoxydable austénitique
applications cryogéniques, 147
ASTM A1016, 28
ASTM A213, 28, 32
ASTM A249, 28
ASTM A269, 28
ASTM A632, 28
chlorures, 79
corrosion fissurante sous tension, 79
normes, 28
tolérance sur l'ovalisation, 23, 215
acier inoxydable sans soudure, 176–177, 211, 214–217
acier inoxydable soudé, 176, 214–215, 216
action de serrage, 4, 5, 10
action de serrage-articulation radiale, 10–11
adaptateur pour tubes à souder (MTW), 161
adaptateur pour tuyau et tube à souder (MPW), 160
adaptateurs à bride, 172
alimentation M200, pour système de soudure, 163
alliage 254, 24, 32
alliage 400
applications cryogéniques, 147
ASTM B165, 23–24, 31
coefficient de dilatation, 143
coefficients pour déterminer la pression nominale, 146
corrosion du, 284–297
dureté, 23–24, 31
normes, 7
systèmes sous vide, 142
traitements supplémentaires, 8
utilisation à des températures élevées, 145
alliage 600
applications cryogéniques, 147
ASTM B167, 24, 31
corrosion du, 284–297
normes, 7
traitements supplémentaires, 8
alliage 625
ASTM B444, 24, 32
normes, 7
alliage 825
ASTM B163, 24, 32
ASTM B423, 24
normes, 7
alliage 2507, 7, 24, 32, 177
alliage C-276
ASTM B622, 24, 31
corrosion du, 284–297
normes, 7
traitements supplémentaires, 8
alliage R-405
ASTM B165, 31
corrosion du, 284–297
alliages de nickel, 11, 31, 32
NPTF, 198
outil à dresser les tubes, 72
aluminium
applications cryogéniques, 147
ASTM B210, 23, 27, 30
cintrage des tubes, 53
coefficient de dilatation, 143
coefficients pour déterminer la pression nominale, 146, 220
corrosion du, 284–297
normes, 7
redressage des tubes, 45
traitements supplémentaires, 8
utilisation à des températures élevées, 145
amortissement de la pression, 169 *Voir également raccords amortisseurs*

angle des filets, 194
filetages coniques, 198
filetages cylindriques métriques, 202
filetages métriques, 207
filetages unifiés (triangulaires), 200, 204
ISO 228/1, 201
ISO 7/1, 198
ANSI B1.20.1, 197
ANSI B1.20.3, 198
ANSI B16.5, 172
ANSI B31.3, 221
ANSI/ASME B1.13M, 202
applications cryogéniques, 146–147, 189
applications gaz
épaisseur de paroi, 19, 129, 212, 213
pressions nominales, 212–221
tubes, 19, 128, 213
argon, 129
arsine, 130
ASME B16.11, 160
ASME B31.1, 219
ASME B31.3, 219
ASME B31.3-2012, 210
ASME, programme de N Stamp, 12
assurance-qualité, 12, 179
ASTM
diamètre extérieur, 27, 211
épaisseur de paroi, 211
état de surface, 22
tolérances, 12, 27
ASTM A161, 29
ASTM A179, 23, 29
ASTM A213, 24, 28, 32
ASTM A249, 28
ASTM A269, 211, 214
acier inoxydable austénitique, 28
acier inoxydable, 20
alliage 254, 24, 32
ovalisation, 21
ASTM A450, 29
ASTM A632, 28
ASTM A789, 24, 32
ASTM A1016, 28
ASTM B68, 29
ASTM B75, 23, 29–30, 218, 219
ASTM B88, 23, 30, 218, 219
ASTM B163, 24, 32
ASTM B165
alliage 400, 23–24
alliage 400/R-405, 31
ASTM B167, 24, 31
ASTM B210, 23, 30
ASTM B251, 29–30
ASTM B338, 24, 31
ASTM B423
alliage 825, 24
alliage de nickel, 32
ASTM B444, 24, 32
ASTM B468, 24, 31
ASTM B622, 24, 31
ASTM B704, 24, 32
ASTM B729, 24
ASW. Voir raccords pour tubes à souder par emboîtement en automatique
atmosphère inerte avec électrode de tungstène, 163
azote, 19

B

bague arrière
acier inoxydable 316, 8
action de serrage, 4, 10–11
action de serrage-articulation radiale, 4, 10–11
argenture, 8
bague avant, 2, 3, 4
durcissement superficiel uniforme, 10, 74
effet compensateur, 6
fonction de serrage, 11
fonction d'étanchéité, 11

joint étanche aux gaz, 6
résistance aux vibrations, 5
systèmes ultrapropres, 141
bague avant, 3, 4, 5, 6
argenture, 8
fonction d'étanchéité, 11
systèmes sous vide, 141
systèmes ultrapropres, 141
bagues. Voir également bague arrière, bague avant
applications gaz, 19
argentées, 8, 129, 141, 142
démontage/remontage, 144
épaisseur de paroi, 18
outils de présertissage, 86–88
raccordement d'extrémité avec bague usinée, 95–96
tests, 183
bagues argentées, 8, 129, 141, 142
bloc pour étau, 62
BM, dans une référence, 8
bons de commande, 22–23
bossage taraudé SAE/MS, 205
boucles, pour les traceurs montés en hélice, 139
British Standard Pipe Parallel. Voir ISO 228/1
British Standard Pipe Taper. Voir ISO 7/1
BS 21, 199
BS EN 10226-1, 199
BSPP, 201
BT, dans une référence, 9
BTTB. Voir cintreuse d'établi
Buna N
corrosion du, 284–297
joint torique, 103

C

C&F. Voir raccords coniques et filetés.
carbure, 10
calibre de contrôle, 12–14, 81–83
applications gaz haute pression, 129
assurance qualité, 12
positionnement, 127
sécurité, 75
serrage, 14, 125
Celsius – tableau de correspondance entre certaines températures, 277
cémentation, 10
chlorure
corrosion, 79, 81, 134
dans les marqueurs, 79, 81
dans les rubans adhésifs, 134
chocs, 144–145, 169, 187, 190
chromatographes, 170, 183
chrome, dans l'acier inoxydable, 11
chute de pression, 235–247
tubes de DE 1 po, 244, 254
tubes de DE 2 po, 247, 257
tubes de DE 1/2 po, 242, 252
tubes de DE 1 1/2 po, 246, 256
tubes de DE 1/4 po, 240, 250
tubes de DE 1 1/4 po, 245, 255
tubes de DE 1/8 po, 239, 249
tubes de DE 3/4 po, 243, 253
tubes de DE 3/8 po, 241, 251
cintrage des tubes, 47–67
cintrages à 180°, 49–50, 57–58
cintrages décalés, 51–52, 56
défauts, 60–61
écrouissage, 59
épaisseur de paroi, 59
formation, 67
longueur minimale du tronçon droit, 64–67
marques, 54–55
méthode de mesure-cintrage, 56–58
près des raccords, 65–66
traceurs, 135
cintrages à 180°, 49–50, 57–58
cintrages décalés, 51–52, 56

cintreuse d'établi (BTTB), 63–64, 66
cintreuse électrique (ETB), 64
cintreuse manuelle (HTB), 62–63
cintreuses pour tubes, 61–64
coefficient de dilatation
  élastomères, 147
  intégrité des joints, 190
  systèmes sous vide, 142, 143
coefficient de frottement, 26
commande, 23–27
  acier inoxydable, 217
  cuivre, 218, 219
  limites dans une commande, 22–23
  matières plastiques, 24–27
  spécifications, 18–32
compression permanente, 5
concentricité des tubes, 21–22
connecteur pour tubes gainés, 168
connecteurs avec joint à recouvrement, 172
contamination de l'environnement
  due à des fuites réelles vers l'extérieur, 225
  contrôle des performances, 174
contrôle des performances, 173–191
  acier inoxydable sans soudure, 176–177
  acier inoxydable soudé, 176
  configurations, 177–178
  contamination de l'environnement, 174
  contrôle de la qualité, 179
  coudes, 178
  croix, 178
  démontage/remontage, 182–184
  écart de pression, 174
  échantillonnage statistique, 175
  essais de cyclage thermique, 189
  essais de résistance aux vibrations en flexion rotative, 184–185
  essais de rotation, 186
  essais de traction, 186
  essais d'éclatement hydraulique, 187–189
  essais d'impulsions de pression hydraulique, 187
  extrapolation, 175–176
  fiabilité opérationnelle, 174
  laboratoires d'essais indépendants, 175
  matériaux, 177
  mélange/échange de composants, 191
  mise en œuvre, 179–191
  planification, 174–179
  simulation des conditions d'utilisation sur le terrain, 176
  tés, 178
  tests de fuites de gaz, 179–181
  tests de fuites, 174
  tests sous vide, 181–182
contrôle statistique de la qualité, 12
contrôle statistique des procédés, 12
conversion des aires, 275
conversion des débits, 261
conversion des pressions, 259, 260
conversion des volumes, 274
coudes, 7, 103, 177, 182
courbes de débit (air), 249-257
corrosion
  des aciers inoxydables austénitiques, 81
  données de résistance, 283–297
  due à la vapeur, 130, 190
  due aux ions chlorures, 79, 123, 134
  microbienne, 153
  résistance, 25, 26, 74
corrosion microbienne, 153
coudes positionnables à filetage cylindrique MS, 103

coudes positionnables à filetage cylindrique SAE, 103
coupe-tubes, 67–69
couple, 11, 102, 107, 115, 121, 186, 194
course, de la bague avant, 6
croix, 7, 178, 182
cuivre
  ASTM B251, 29–30
  ASTM B68, 29
  ASTM B75, 23, 29
  ASTM B88, 30
  coefficient de dilatation, 143
  commande, 23, 218, 219
  dépannage, 153
  dimensions fractionnaires, 218
  dimensions métriques, 219
  normes, 29–30
  pression de service, 219
  pression nominale, 146
  recuit, 29
  traceurs, 131, 138
  utilisation à des températures élevées, 145

D

DIN 2999, 198
DE. Voir diamètre extérieur
débits de liquides, calculs des, 234–235
dégazage, 226
démontage/remontage, 83–85
  boucles de dilatation, 41
  contrôle des performances, 182–184
  joint étanche, 10
  raccords à diaphragme, 171
  raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO, 164
  service intensif, 144
  tests de fuites de gaz, 181
densité
  de l'eau, 268
  des gaz, 270
  des liquides, 269
dépannage, 149–155
  épaisseur de paroi, 151
  mélange/échange de composants, 151
  PTFE, 154
  usure par frottements, 151, 155
desserrage
  fuites, 116, 125
  purger le système, 75, 125
détecteurs de fuites
  eau savonneuse, 227
  hélium, 142, 179, 181, 227
  Snoop, 137, 180, 227–228
détecteurs de fuites d'hélium, 142, 179, 181, 227
DI. Voir diamètre intérieur
diamètre extérieur (DE), 21–22, 217
  applications gaz, 19
  chute de pression, 235–247
  connecteur de tubes gainés, 168
  dépannage, 150
  dimensions fractionnaires, 278–279
  dimensions métriques, 280–282
  ébavurage, 70, 129
  épaisseur de paroi, 278
  joints situés sur la paroi extérieure, 18
  longueur minimale du tronçon droit, 65, 66
  pour la vapeur, 131
  pressions nominales, 210–211
  purgeurs de vapeur, 136
  rayon de cintrage, 50
  résistance aux vibrations, 143
  soudures, 22
  systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 128
  systèmes sous vide, 142
  tolérances ASTM, 27, 211
  tolérances pour l'acier à faible

teneur en carbone, 29
tolérances pour l'acier inoxydable austénitique, 28
tolérances pour l'acier inoxydable, 23
tolérances pour l'alliage 400, 24, 31
tolérances pour l'alliage 600, 24
tolérances pour l'alliage C-276, 24, 31
tolérances pour l'alliage R-405, 31
tolérances pour le cuivre, 30
tolérances pour le polyéthylène, 25
tolérances pour le polypropylène, 26
tolérances pour le titane, 24
tolérances, 12–13
traceurs horizontaux, 133
traceurs montés à plat, 140
diamètre intérieur (DI), 22, 154
acier inoxydable austénitique, 28
détermination, 234
dimensions fractionnaires, 278–279
dimensions métriques, 280–282
ébavurage, 70, 72, 129
épaisseur de paroi, 278
pressions nominales, 210–211
vitesse de l'air, 258
vitesse moyenne, 248
dimensions fractionnaires, 213
acier inoxydable sans soudure, 214
acier inoxydable soudé, 214–215
applications gaz, 19, 128
conversion, 276
cuivre, 218
dimensions métriques, 276
épaisseur de paroi des tuyaux, 278–279
filetages cylindriques, 200
section de passage, 278–279
dimensions métriques, 74–75
acier inoxydable sans soudure, 216–217
applications gaz, tableaux des dimensions des tubes, 213
conversion, 276
cuivre, 219
DE, paroi, section de passage, 280–282
dimensions fractionnaires, 276
épaisseur de paroi, 280–282
filetages cylindriques, 200
disques de rupture, 167
DMT. Voir outil de marquage de profondeur
Dowtherm, 131
durcissement superficiel, 13
bague arrière, 10
dureté, 11
acier inoxydable, 22
alliage 2507, 24, 32
dans les bons de commande, 22
de l'alliage 254, 24
de l'alliage 400, 23–24, 31
de l'alliage 600, 24
de l'alliage 825, 24
de l'alliage R-405, 31
dépannage, 151–154
des raccords traversants, 10
effet compensateur, 6
maximale, 23
pour choisir des tubes de qualité, 21–22
recuit, 23
systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 129
tolérances, 13

E

eau, densité de, 268
eau savonneuse, pour détecter des

fuites, 227
ébavurage, 70–72
dépannage, 150
diamètre extérieur, 70, 129
diamètre intérieur, 70, 72, 129
systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 129, 130
écart de pression, contrôle des performances, 174
échantillonnage statistique, pour le contrôle des performances, 175
écoulement laminaire, 249
écoulement turbulent, 249
écrouissage, 59
effet compensateur, 4, 6, 144
élasticité résiduelle, 5
élastomères
applications cryogéniques, 147
joints toriques, 103
systèmes sous vide, 142
éléments, tableau des, 271–273
embout de raccordement, 97–99
EN 1057, 219
épaisseur de paroi, 21–22, 151
alliage 825, 24
applications gaz, 19, 129, 212, 213
ASTM, 211
ASW, 159
bagues, 18
cintrage des tubes, 59
cuivre, 29
diamètre extérieur, 278
diamètre intérieur, 278
dimensions fractionnaires, 278–279
dimensions métriques, 280–282
effet compensateur, 6
fluides caloporteurs, 140
intégrité des joints, 190
MHSU, 90
performances, 11
pour la vapeur, 131
pressions nominales des extrémités filetées, 221
pressions nominales, 210–211
PSW, 160
retour élastique, 52
systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 128
tableau des calibres de fils de Birmingham (BWG), 264
tolérances, 13
traceurs, 131
utilisation à des températures élevées, 146
épaulement contrôlable, 12
équipement du process, traceurs sur, 138–140
équipements de conditionnement de l'eau, 140
équivalence fractions-nombres décimaux, 276
érosion due à la vapeur, 130, 190
essais de cyclage thermique, 189
essais de résistance aux vibrations en flexion rotative, 184–185
essais de rotation, 186
essais de traction, 186
essais d'éclatement hydraulique, 187–188
essais d'impulsions de pression hydraulique, 187
ETB. Voir cintreuse électrique
état de surface, 18
ABW, 162
ASTM, 22
pour choisir des tubes de qualité, 21–22
sécurité, 125–126
systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 129, 130
taux de fuite, 229
TBW, 161
tests de démontage/remontage, 183–184

tolérances, dans les commandes, 22
étirement, 53–54
étuvage, 142
extrapolation, pour le contrôle des performances, 175–176
extrémités de type adaptateur pour tube, 92–95, 99–101

F

Fahrenheit – tableau de correspondance entre certaines températures, 277
filetages, 193–208 Voir également des types particuliers
angle, 194
filetages cylindriques métriques, 202
filetages métriques, 207
filetages coniques, 198
filetages unifiés (triangulaires), 200, 204
sommet, 194
filetages cylindriques métriques, 202
filetages métriques, 207
filetages cylindriques, 200
filetages unifiés (triangulaires), 200, 204
flanc, 194
filetages cylindriques, 200
pressions nominales des extrémités filetées, 221
pas, 194
filetages métriques, 207
filetages coniques, 198
filetages unifiés (triangulaires), 200
fond, 194
filetages cylindriques métriques, 202
filetages métriques, 207
filetages NPT femelles, 198
filetages cylindriques, 200
filetages unifiés (triangulaires), 200, 204
filetages unifiés (triangulaires), 200–201, 203–204
ISO 228/1, 201
ISO 228/1, 201
ISO 228/1, 201
ISO 7/1, 198
ISO 7/1, 198
ISO 7/1, 198
ISO 7/1, 198
filetages au pas du gaz, 196–208
Voir également filetages coniques cylindrique, 200–208
dépannage, 151
produits d'étanchéité, 107
filetages coniques, 196–199
diamètre extérieur, 198
produit d'étanchéité pour filetage SWAK, 222
produits d'étanchéité pour filetages, 125, 196, 222
ruban de PTFE, 222
tolérances, 196
usure par frottements, 196
filetages cylindriques, 200–208
dimensions fractionnaires, 200
dimensions métriques, 200, 202–204
ISO 228/1, 201–202
produits d'étanchéité pour filetages, 202
filetages métriques (ISO 261), 202–204, 207–208
filetages unifiés (triangulaires), 200–201, 204–208
flanc, des filets, 194
flexible tressé, 18
fluctuations de la pression, 144
fluides caloporteurs, 140, 189
fonction de serrage, des bagues, 11
fond, des filets, 194

filetages cylindriques métriques, 202
filetages cylindriques, 200
filetages métriques, 207
filetages NPT femelles, 198
filetages unifiés (triangulaires), 200, 204
ISO 228/1, 201
ISO 7/1, 198
fuite capillaire. Voir fuite réelle
fuite mécanique. Voir fuite réelle
fuite par un orifice. Voir fuite réelle
fuite réelle, 225
fuite véritable. Voir fuite réelle
fuites
causes, 224
coût, 223–232
desserrage, 116
dues aux joints, 229
formule, 228
gestion de l'énergie, 230–232
PVC, 27
systèmes ultrapropres, 141
tubes endommagés, 35
fuites réelles internes, 225
fuites réelles vers l'extérieur, 225
fuites réelles vers l'intérieur, 225
fuites virtuelles, 226

G

garantie, 91
gaz comprimés, 129–130
gaz corrosifs, 129
gaz explosifs, 130
gaz inertes, 129
gaz inflammables, 129, 130
gaz oxydants, 129
gaz toxiques, 130
gaz, densité des, 270
gestion de l'énergie, 230–231
Goop, 106

H

halogénures, 134
haute pression (HP)
assemblage, 77
C&F, 167
DMT, 126
fluides caloporteurs, 140
série IPT, 104–109
systèmes à gaz, 128–131
tubes de DE ≤ 1 po, 126–129
hélium, 19, 129, 182
HP. Voir haute pression
HTB. Voir cintreuse manuelle
hydrogène, 19, 129

I

impulsions, 144, 187
impulsions, supports adaptés, 38
insertion en force d'un tube dans un raccord, 18
inserts
cannelés, 26, 166
joints évasés, 152
polyéthylène, 153
PVC, 18, 166
sécurité, 125
Tygon, 18
inserts cannelés, 26
ISO 228/1 (British Standard Pipe Parallel), 201–202
ISO 261. Voir filetages métriques
ISO 68- 1, 202
ISO 7/1 (British Standard Pipe Taper), 108–109, 198–199

J

jeu élastique, 5
JIS B0202, 201, 202
JIS B0203, 199
JIS B0205, 202
joint, Voir également joint étanche
bagues, 11
étanche à l'eau, 168
étanche au vide, 165

fuites, 229
intégrité, 190
joints dynamiques, 229–230
joints étanches aux gaz, 5–6
raccords à étanchéité de surface, 164–165
statique, 229
sur la paroi extérieure, 18
température, 190
joint étanche, 2, 4, 95
bague avant, 6
connecteur pour tubes gainés, 168
démontage/remontage,10
mélange/échange de composants, 91
raccords pour tubes moyenne pression, 103
systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 129
systèmes sous vide, 141
joint étanche au vide, 165
joint étanche aux gaz, 5–6
joint évasé, fuite au niveau d'un, 152
joint métal sur métal, 202–203, 224
joint métallique, 203
joint pour assurer l'étanchéité, 204
joint torique en élastomère fluorocarboné FKM, 102, 103
joints dynamiques, 229–230
joints étanches à l'eau, 168
joints statiques, 229
Joints toriques
Buna N, 103
connecteur pour tubes gainés, 168
ébavurage, 70
filetages métriques, 208
filetages unifiés, 205
inconvénients, 103
ISO 228/1, 202
raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO, 164–165
raccords d'étanchéité pour, 103
raccords droits, 103
raccords pour le vide Ultra-Torr, 165
tableaux de dimensions, 265
joint-tore (RTJ), 172
JTC. Voir connecteur pour tubes gainés

L

La garantie limitée à vie Swagelok, 91
laboratoires d'essais indépendants, 175
laiton
avec l'acier inoxydable, 18
avec le cuivre, 29–30
coefficient de dilatation, 143
corrosion du, 284–297
normes, 7
traceurs, 138
lampe haloïde, 180
lignes de process
traceurs multiples, 134–135
traceurs, 132, 133–134
liquides, densité des, 269
longueur minimale du tronçon droit, 63–66
lubrifiant à base de disulfure de tungstène, 8
lubrifiant fluoré, avec PTFE, 8
lubrifiants
dépannage, 151
disulfure de tungstène, 8
Goop, 106
Silver Goop, 131, 155
SWAK, 110, 151, 197, 222
systèmes sous vide, 141, 143
usure par frottements, 155
lyres de dilatation pour tubes de traçage, 135

M

maintien du tube, 4–5
manifolds, 135
marque de référence, pour le cintrage des tubes, 54, 55
marques de cintrage, 54, 55
marques d'orientation, 55
marqueurs à faible concentration en chlorures, 79
marqueurs, 79
matériaux, 7, 21–27. Voir également des matériaux particuliers
  avec des gaz corrosifs, 129
  contrôle des performances, 177
  effet compensateur, 6
  fluides caloporteurs, 140
  pour la vapeur, 131
  pour raccords traversants, 10
  retour élastique, 52
  sécurité, 125
  utilisation à des températures élevées, 145
matières plastiques, 25–27, 166–167. Voir également des matières plastiques particulières
  applications cryogéniques, 146
  systèmes sous vide, 142
mélange/échange de composants, 15, 91
  contrôle des performances, 191
  dépannage, 151–154
  joint étanche, 91
  sécurité, 75, 125
métaux liquides, 189
méthane, 129
méthode de mesure-cintrage, 56–58
MHSU. Voir unité de sertissage hydraulique multitêtes
Micro-Fit (raccord miniature pour tube à souder en bout), 72, 161, 162
montage à plat, 140
moyenne pression (MP)
  C&F, 167
  série FK, 103–104
  série IPT, 104–109
MP. Voir moyenne pression
MPW. Voir adaptateur pour tuyau et tube à souder
MTW. Voir adaptateur pour tubes à souder

N

N Stamp, programme de l'ASME, 12
National Pipe Tapered (NPT), 108–109, 196
National Pipe Tapered Dryseal (NPTF), 198
néoprène, corrosion du, 284–297
nettoyage, 141
  dépannage, 151, 155
  serrage, 154
  service intensif, 129
niveau de qualité acceptable (NQA), 12
NPT. Voir National Pipe Tapered
NPTF. Voir National Pipe Tapered Dryseal
NQA. Voir niveau de qualité acceptable

O

orifices à filetage cylindrique MS, 101–102
orifices à filetage cylindrique SAE, 101–102
outil à rainurer, 167
outil de marquage de profondeur (DMT), 78–79, 126
outil de présertissage et contrôlabilité. Voir calibre de contrôle
outils à dresser les tubes, 72–73
outils de présertissage, 86–88, 152
outils pour configurer des systèmes extrémités de type adaptateur

pour tube, 99–100
raccordement d'extrémité avec bague usinée, 95–96
ovale
acier inoxydable austénitique, 23, 215
ASTM A269, 21
pour choisir des tubes de qualité, 21–22
sécurité, 126
tolérances, 13
oxydants, 111

P

partie biseautée du corps, 3
pas, des filets, 194
filetages coniques, 198
filetages métriques, 207
filetages unifiés (triangulaires), 200
ISO 7/1, 198
pertes de chaleur, 135–136
perméation, 226
PFA, 7, 26, 154, 167
corrosion du, 284–297
phosphine, 130
polyéthylène, 25, 153, 167
corrosion du, 284–297
polypropylène, 25–26, 167
pression d'éclatement
polyéthylène, 25
polypropylène, 25
tests hydrauliques, 187–188
pression de service
acier inoxydable sans soudure, 214–217
acier inoxydable soudé, 214–217
C&F, 167
cuivre, 218
essais d'éclatement hydraulique, 188
essais d'impulsions de pression hydraulique, 187
performances, 11
PFA, 26, 167
polyéthylène, 25
polypropylène, 25–26
PVC souple, 166
températures élevées, 221
pression maximale admissible, 211
pression nominale, 209–222. Voir également pression de service
acier inoxydable sans soudure, 211
applications gaz, 212–221
diamètre extérieur, 210–211
diamètre intérieur, 210–211
épaisseur de paroi, 210–211
fluides caloporteurs, 140
PFA, 154
pressions nominales des extrémités filetées, 221–222
raccords traversants, 9
utilisation à des températures élevées, 145–146, 220–221
pressions nominales des extrémités filetées, 221–222
produits d'étanchéité pour filetages, 107, 109–121
dépannage, 151
filetages coniques, 125, 196, 222
filetages cylindriques, 202
montage, 111–121
sécurité, 125
SWAK, 110, 111, 116, 151, 197, 222
utilisation à des températures élevées, 155
produit d'étanchéité pour filetage sans PTFE, 111
protections pour manomètres. Voir raccords amortisseurs
PSW. Voir raccords pour tuyaux à souder par emboîtement

PTFE, 26, 142
corrosion du, 284–297
dépannage, 154
lubrifiant fluoré, 8
normes, 7
perméation, 226
polyéthylène, 153
raccords à usage particulier, 167
systèmes sous vide, 142
PTRs. Voir rapports d'essais des produits
purger le système, 75, 125
purgeurs de vapeur, 136–137, 140
PVC souple, 26–27, 166
PVC, 18, 26–27, 166

R

raccord de flexible (RF), 166
raccordement d'extrémité avec bague usinée, 95–96
raccordements d'extrémité à filetages coniques, 108–109
raccords à diaphragme, 171
raccords à étanchéité de surface avec joint métallique VCR, 164
raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO, 164–165
raccords à étanchéité de surface, 164–165
raccords à usage particulier, 157–172
ABW, 162
adaptateurs à bride, 172
ASW, 159
C&T, 105–107, 167
connecteur de tubes gainés, 168
connecteurs avec joint à recouvrement, 172
matières plastiques, 166–167
Micro-Fit, 72, 161, 162
MPW, 160
MTW, 161
PFA, 167
polyéthylène, 167
polypropylène, 167
pour tubes à souder, 158–162
PSW, 160
PTFE, 167
PVC souple, 166
raccords à diaphragme, 171
raccords à étanchéité de surface avec joint métallique VCR, 164
raccords à étanchéité de surface avec joint torique VCO, 164–165
raccords à étanchéité de surface, 164–165
raccords amortisseurs, 169–170
raccords avec perçage pour fil de sécurité, 171
raccords contrôlables pour chromatographe et extrémité de colonne, 170
raccords pour le vide Ultra-Torr, 154, 165
système de soudure, 163
TBW, 161
TSW, 159
Tygon, 166
raccords amortisseurs, 169–170
raccords avec perçage pour fil de sécurité, 171
raccords coniques et filetés (C&F), 105–107, 167
raccords contrôlables pour chromatographe et extrémité de colonne, 170
raccords pour le vide Ultra-Torr, 142, 154, 165
raccords pour tubes à souder bout à bout (TBW), 161
raccords pour tubes à souder bout à bout en automatique (ABW), 162
raccords pour tubes à souder par emboîtement (TSW), 159
raccords pour tubes à souder par emboîtement en automatique

(ASW), 159
raccords pour tuyaux à souder par emboîtement (PSW), 160
raccords traversants, 8–10
raccords VCO, 129, 142
raccords VCR, 129, 142
rapports d'essais des produits (PTR), 143, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190
rayon. Voir rayon de cintrage
rayon de cintrage, 50
  BTTB, 66
  longueur minimale du tronçon droit, 65
  Micro-Fit, 162
  retour élastique, 52
rayures, 113, 117
REAL COOL SNOOP, détecteur de fuite, 137
redressage, techniques de, 45–47
redresseur à cinq galets, 47
réducteurs, 9, 75, 125
refondu à l'arc sous vide (VAR), 161
remontage. Voir démontage/remontage
repère de longueur du tronçon droit, 63
résistance à la traction, à des températures élevées, 145–146
résistance aux vibrations, 5, 103, 143, 167, 184–185
retour élastique, 52–53
RF. Voir raccord de flexible
rondelle composite, 203
RT, 108–109, 198
RTJ. Voir joint-tore
ruban. Voir également ruban de PTFE
  halogénures, 134
ruban de PTFE, 110, 111
  application du, 116–121
  dépannage, 151
  NPT, 197
  pour filetages coniques, 196, 222
  systèmes sous vide, 143

S

SAE J1926/1, 206
SAE J524b, 29
SAT 12, 13
scie à métaux, 69–70, 150
secondes universelles Saybolt (SUS), 169
sécurité, 75–77
  service intensif, 125–126
  raccords avec perçage pour fil de sécurité, 171
série FK, 103–104
série IPT, 104–109
serrage, 3, 75, 115, 154
  calibre de contrôle, 14, 125
  raccords pour le vide Ultra-Torr, 165
  tests de fuites de gaz, 179
  vapeur, 190
serrage en plusieurs phases, 10
sertissage
  AHSU, 88
  hydraulique, 88–90
  MHSU, 10, 89–90, 152
  outils de présertissage, 86–88, 152
sertissage hydraulique, 88–90
service intensif, 123–147
  applications cryogéniques, 146–147
  chocs, 144–145
  démontage/remontage, 144
  DMT et, 127–129
  fluides caloporteurs, 140
  gaz comprimés, 129–130
  impulsions, 144
  résistance aux vibrations, 143
  sécurité, 125–126
  systèmes sous vide, 141–143

systèmes ultrapropres, 141
test de fuite, 137
traceurs, 131–137
utilisation à des températures élevées, 145–146
vapeur, 130–131
sièges de vannes, 70, 225
Silver Goop, lubrifiant pour filetage haute température, 131, 155
simulation spatiale, 189
Snoop, détecteur de fuite, 137, 180, 227–228
sommet, des filets, 194
filetages cylindriques métriques, 202
filetages cylindriques, 200
filetages métriques, 207
filetages unifiés (triangulaires), 200, 204
ISO 228/1, 201
ISO 7/1, 198
soudure à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène (soudure TIG), 163
soudures
joints évasés, 152
pour choisir des tubes de qualité, 22
raccords à usage particulier, 158–162
sur la paroi extérieure, 22
systèmes sous vide, 142
spectromètre de masse, détecteurs de fuites d'hélium, 180, 181
Squiglia, N. L., 12
SUS. Voir secondes universelles Saybolt
SWAK, produit d'étanchéité pour filetage, 110, 111, 116, 151, 197, 222
système de soudure, 163
systèmes à coefficient de sécurité élevé, 126–129
systèmes à gaz, calculs pour les, 235–258
systèmes de très haute pureté, 161, 162, 164
systèmes sous vide, 141–143
tests sous vide, 181–182
systèmes ultrapropres, 141

T

tableau des éléments, 271–273
tamis filtrant, pour purgeur de vapeur, 136
taux de fuite, 224, 228–229
Ultra-Torr, 165
TBW. Voir raccords pour tube à souder bout à bout
té échangeur de chaleur, 9
té union, 159, 162
tés, 7, 103
contrôle des performances, 178
échangeur de chaleur, 9
tests de démontage/remontage, 182
union, 159, 162
tés positionnables à filetage cylindrique MS, 103
tés positionnables à filetage cylindrique SAE, 103
test avec renifleur, 180
tests de fuites, 137, 165, 174, 224–228
gaz, 180–181
tests de fuites de gaz, 179–181
température
chute de pression, 249
cuivre, 153
densité, 268
formules de conversion, 277
gaz inflammables, 129
joints, 190
PFA, 26
polypropylène, 26
raccords à étanchéité de surface

avec joint torique, 164
raccords traversants, 10
traceurs, 135
utilisation à des températures élevées, 145, 146, 155, 220–221
vapeur, 131
variations cycliques, 145, 153
Therminol, 131
thermocouples, 8, 9
TIG. Voir soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène
TIG. Voir soudure à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène

titane, 7, 8, 24, 31, 72, 147
corrosion du, 284–297
tolérances
alliage 400/R-405, 31
alliage 825, 24
alliage C-276, 31
ASTM, 27
cuivre, 29
dépannage, 150
diamètre extérieur
épaisseur de paroi
état de surface, dans les commandes, 22
filetages coniques, 196
importance, 12–13
ovalisation, pour l'acier inoxydable austénitique, 23
tubes, 217
traçage dans un tuyau à deux voies, 132
traceur enveloppant une ligne de process, 132
traceur externe unique, 132
traceurs
acier inoxydable, 134
critères de sélection, 135–136
cuivre, 138
épaisseur de paroi, 131
isolation, 134, 138
laiton, 138
lyres de dilatation, 135
pour la vapeur, 131
recuit, 131
service intensif, 131–137
sur des équipements de process, 138–140
sur les lignes de process, 132, 133–134
traceurs externes multiples, 132
traceurs horizontaux, 132, 133–134
traceurs montés en hélice, 132, 139
traceurs verticaux, 132
traversées de cloisons, 101–102
TSW. Voir raccords pour tubes à souder par emboîtement
tubes. Voir également des propriétés, process et types particuliers
applications gaz, 19, 128, 213
avantages par rapport aux tuyaux, 42–44
chocs, 144–145
dérouler, 45–47
dimensions fractionnaires, 213
dimensions métriques, 213
ébavurage, 70–72, 129, 130, 150
étirement, 53–54
fuites, 224
impulsions, 144
installation, 33–118
manipulation, 35
normes, 27–32
préparation, 67–72
retour élastique, 52–53
schéma du système, 36–42
sélection et spécifications, 20–22
techniques de redressage, 45–47

tolérances sur le DE, 217
traversées de cloisons, 101–103
tubes en PVC souple renforcés, 26–27
tubes en verre, 154
tubes multicouches, 18
tubes plongeurs, 9
tubes stratifiés, 18
Tygon, 18, 166

U

unions, tests de démontage/remontage, 182
unité de sertissage hydraulique à commande pneumatique (AHSU), 88
unité de sertissage hydraulique multitêtes (MHSU), 10, 89–90, 152
UNS N06219, 32
UNS N06625, 32
UNS N06852, 32
UNS N08825, 32
usure par frottements, 141–143
dépannage, 151, 155
écrou de raccord pour tubes argenté, 11
filetages coniques, 196
filetages NPT femelles, 198
Silver Goop, 155
SWAK, 111
tests de démontage/remontage, 183
utilisation à des températures élevées, 145, 146, 155, 220–221

V

Vac-Goop, lubrifiant, 143
vapeur
corrosion, 130, 190
essais de cyclage thermique, 189
propriétés, 266–267
serrage, 190
service intensif, 130–131
systèmes d'alimentation en gaz sous haute pression, 130–131
traceurs, 131
vapeur saturée, propriétés de la, 266–267
VAR. Voir refondu à l'arc sous vide
viscosité absolue, 228
vitesse de l'air, diamètre intérieur, 258
vitesse moyenne, DI, 248

Z

Zero Acceptance Number Sampling Plans (Squiglia), 12