

Systemes de tuyauterie industrielle Aliaxis Manuel d'ingenierie



Sommaire

| | |
|--|-----------|
| We make life flow | 8 |
| Introduction | 10 |
| 1. Systèmes de canalisations en plastique : propriétés physiques et chimiques des matériaux | 19 |
| 1.1 Développement, différenciation et fabrication des plastiques | 20 |
| 1.1.1 Développement des plastiques | 20 |
| 1.1.2 Structure et caractéristiques | 21 |
| 1.1.3 Thermodurcissables, thermoplastiques et élastomères | 22 |
| 1.1.4 Aperçu des propriétés des thermoplastiques | 27 |
| 1.1.5 Avantages de l'utilisation des plastiques par rapport aux métaux | 30 |
| 1.1.6 Plastiques et environnement | 32 |
| 1.1.7 Méthodes de fabrication et de traitement | 34 |
| 1.1.7.1 Polymérisation | 34 |
| 1.1.7.2 Injection et extrusion | 35 |
| 1.2 Polymères vinyloxy et styréniques | 39 |
| 1.2.1 Polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U) | 39 |
| 1.2.2 Polychlorure de vinyle chloré (PVC-C) | 42 |
| 1.2.3 Acrylonitrile butadiène styrène (ABS) | 44 |
| 1.3 Polyoléfines et polymères fluorés | 47 |
| 1.3.1 Polypropylène (PP) | 47 |
| 1.3.2 Polyéthylène (PE) | 53 |
| 1.3.3 Polyfluorure de vinylidène (PVDF) | 57 |
| 1.4 Caoutchouc | 60 |
| 1.4.1 Acrylonitrile butadiène (NBR) | 61 |
| 1.4.2 Éthylène-propylène-diène monomère (EPDM) | 62 |
| 1.4.3 Fluoroélastomère (FKM) | 63 |
| 1.4.4 Perfluoroélastomère (FFKM) | 64 |
| 1.5 Polytétrafluoroéthylène (PTFE) | 66 |
| 1.6 Résines, composés et additifs | 67 |
| 1.6.1 Résines | 67 |
| 1.6.2 Composés | 67 |
| 1.6.3 Additifs | 67 |
| 1.7 Test des matériaux | 68 |
| 1.7.1 Test de choc | 68 |
| 1.7.2 Test du débit de fusion | 70 |
| 1.7.3 Test thermique | 71 |
| 1.8 Marquage des tuyaux et raccords | 72 |
| 1.8.1 Exigences minimales pour le marquage des tuyauteries | 72 |
| 1.8.2 Exigences minimales pour le marquage des raccords | 73 |
| 1.8.3 Exigences minimales pour le marquage des vannes | 73 |

| | |
|---|-----------|
| 1.9 MRS et comportement à long terme | 74 |
| 1.9.1 Termes associés à un comportement à long terme | 74 |
| 1.9.2 Comportement à long terme du PVC-U | 75 |
| 1.9.3 Comportement à long terme du PVC-C | 77 |
| 1.9.4 Comportement à long terme de l'ABS | 79 |
| 1.9.5 Comportement à long terme du PP-H, PP-B et PP-R | 80 |
| 1.9.6 Comportement à long terme du PE | 83 |
| 1.9.7 Comportement à long terme du PVDF | 85 |
| 1.9.8 Durée de vie en cas de charge intermittente | 86 |
| 1.10 Module de fluage | 87 |

2. Conception de systèmes de canalisations en plastique **105**

| | |
|---|------------|
| 2.1 Symboles, abréviations, unités, tables de conversion | 106 |
| 2.1.1 Symboles | 106 |
| 2.1.2 Abréviations | 107 |
| 2.1.3 Unités | 109 |
| 2.2 Sélection des matériaux | 113 |
| 2.3 Résistance chimique | 114 |
| 2.4 Dimensionnement et ingénierie hydraulique | 117 |
| 2.4.1 Conception des tuyaux | 117 |
| 2.4.1.1 Calcul des contraintes de conception sur la base de la classification MRS | 117 |
| 2.4.1.2 Calcul de la pression nominale | 118 |
| 2.4.1.3 Calcul du rapport dimensionnel standardisé | 119 |
| 2.4.1.4 Calcul des séries | 119 |
| 2.4.1.5 Calcul de l'épaisseur des parois | 119 |
| 2.4.2 Diagramme pression-température | 125 |
| 2.4.2.1 Diagramme pression admissible - température | 126 |
| 2.4.2.2 Diagramme pression nominale - température | 132 |
| 2.4.3 Calcul hydraulique | 137 |
| 2.4.3.1 Calcul des pertes de charges distribuées | 139 |
| 2.4.3.2 Calcul des pertes de charges localisées | 142 |
| 2.4.4 Régulation et dimensionnement du débit des vannes | 147 |
| 2.4.5 Écarts de pression | 151 |
| 2.4.5.1 Coup de bélier | 151 |
| 2.4.5.2 Cavitation | 154 |
| 2.5 Sélection et caractéristiques de vannes | 156 |
| 2.5.1 Caractéristiques des fluides | 156 |
| 2.5.2 Contraintes mécaniques et vibrations | 157 |
| 2.5.3 Sécurité | 159 |
| 2.5.4 Sûreté | 160 |
| 2.5.5 Installation facile | 161 |
| 2.5.6 Régulation précise | 162 |
| 2.6 Dégagement d'air des canalisations | 163 |
| 2.6.1 Air piégé : sources et causes | 163 |
| 2.6.2 Traitement de l'air piégé | 164 |
| 2.7 Conception du système de canalisation pour la condition de vide | 165 |
| 2.8 Conception de systèmes de canalisation pour l'air comprimé | 166 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 2.9 | Sélection de débitmètre | 169 |
| 2.9.1 | Conception des débitmètres | 169 |
| 2.9.1.1 | Capteurs de débit à insertion | 169 |
| 2.9.1.2 | Capteurs de débit en ligne | 171 |
| 2.9.1.3 | Débitmètres à section variable | 172 |
| 2.9.2 | Installation de débitmètres | 174 |
| 2.9.2.1 | Capteurs de débit à insertion | 174 |
| 2.9.2.2 | Capteurs de débit en ligne | 176 |
| 2.9.2.3 | Débitmètres à section variable | 176 |
| 2.10 | Sélection des capteurs de pH et d'ORP | 178 |
| 2.10.1 | Conception des capteurs pH et ORP | 178 |
| 2.10.1.1 | Mesure du pH | 178 |
| 2.10.1.2 | Mesure d'ORP | 181 |
| 2.10.1.3 | Électrodes pH/ORP | 182 |
| 2.10.2 | Installation des capteurs pH et ORP | 184 |
| 2.10.2.1 | Directives d'installation | 184 |
| 2.10.2.2 | Directives opérationnelles | 185 |
| 2.11 | Sélection des capteurs de conductivité | 186 |
| 2.11.1 | Conception des capteurs de conductivité | 186 |
| 2.11.1.1 | Mesure de la conductivité | 186 |
| 2.11.2.1 | Électrodes de conductivité | 188 |
| 2.11.2 | Installation des capteurs de conductivité | 189 |
| 2.11.2.1 | Directives d'installation | 189 |
| 2.11.2.2 | Directives opérationnelles | 190 |
| 3. | Directives d'installation | 193 |
| 3.1 | Méthodes d'assemblage | 194 |
| 3.1.1 | Soudage au solvant | 195 |
| 3.1.1.1 | Soudage au solvant des systèmes de tuyauterie PVC-U | 196 |
| 3.1.1.2 | Soudage au solvant des systèmes de tuyauterie PVC-C | 200 |
| 3.1.1.3 | Soudage au solvant des systèmes de tuyauterie ABS | 204 |
| 3.1.2 | Soudage bout à bout | 210 |
| 3.1.3 | Soudage par emboîtement | 217 |
| 3.1.4 | Électrosoudage | 224 |
| 3.1.5 | Soudage au gaz chaud | 228 |
| 3.1.6 | Jonctions par bride | 232 |
| 3.1.7 | Jonctions par raccords filetés-taraudés | 239 |
| 3.1.8 | Raccords mécaniques | 243 |
| 3.2 | Montage des canalisations et recommandations | 253 |
| 3.2.1 | Dilatation et contraction thermiques | 253 |
| 3.2.1.1 | Raccords d'expansion | 254 |
| 3.2.1.2 | Compensateurs d'expansion | 259 |
| 3.2.1.3 | Boucles d'expansion et changements de direction | 259 |
| 3.2.2 | Traçage thermique | 261 |
| 3.2.3 | Ancrage des canalisations | 264 |
| 3.2.3.1 | Support des canalisations et ancrage des tuyaux | 265 |
| 3.2.3.2 | Tableaux et graphiques | 267 |
| 3.2.4 | Installation souterraine (système enterré) | 279 |
| 3.3 | Tests de canalisations sur site | 284 |
| 3.4 | Stockage, transport et manutention | 288 |

| | |
|--|------------|
| 4. Solutions de systèmes et de produits | 291 |
| 4.1 Systèmes PVC-U soudés au solvant | 294 |
| 4.2 Systèmes PVC-C soudés au solvant | 296 |
| 4.3 Systèmes SuperFlo ABS soudés au solvant | 298 |
| 4.4 Systèmes PP soudés à chaud | 300 |
| 4.5 Systèmes PE soudés à chaud | 302 |
| 4.6 Systèmes PVDF FIP soudés à chaud | 304 |
| 4.7 Double confinement | 306 |
| 4.8 Air comprimé | 308 |
| 4.9 Système de transfert de carburants PLX | 310 |
| 4.10 Vulcathène | 311 |
| 4.11 Raccords mécaniques | 312 |
| 4.12 Système sans silicone | 314 |
| 4.13 FLS | 316 |

We make life flow

Aliaxis est le leader mondial dans les systèmes de canalisations en plastique avancés pour les applications industrielles, du bâtiment, des infrastructures et de l'agriculture. Pour chacun de ces segments, nous proposons une gamme complète de produits et de solutions de haute qualité qui répondent aux besoins les plus exigeants de nos clients à travers le monde.

Avec un effectif mondial d'environ 15 500 collaborateurs, Aliaxis est active à travers des marques locales de premier plan et opère dans plus de 45 pays, combinant des solutions locales avec l'innovation et l'excellence opérationnelle mondiale. Nous sommes une entreprise privée, dont le siège mondial est situé à Bruxelles, en Belgique.

La santé et la sécurité avant tout

Fournir un environnement de travail sûr et sécurisé à tous les employés, sous-traitants et visiteurs est notre priorité absolue.

Nous visons à accroître nos performances globales en matière de sécurité, avec un objectif de zéro accident dans le monde entier. La communauté mondiale de la sécurité, composée de responsables Santé et Sécurité de nos différentes divisions, est dédiée à la transmission des meilleures pratiques.

Nos clients dans l'âme

Aliaxis fournit aux installateurs et aux techniciens du monde entier des produits et des solutions permettant de mettre en œuvre les projets de manière simple et fiable.

Notre but est d'ajouter de la valeur pour les utilisateurs finaux : les gens chez eux, les agriculteurs, les industries et les gouvernements. Quels que soient les défis en termes de taille, de volume ou de hauteur, quelles que soient les contraintes sur les chantiers, les projets d'infrastructure ou les besoins d'irrigation sur les terres agricoles, nous nous efforçons toujours de proposer les produits et solutions adaptés.

Prendre soin des communautés locales

Les activités d'Aliaxis ont été créées au cœur des régions où elles sont implantées. Ils se soucient beaucoup de ces communautés locales et réinvestissent dans leur avenir par le biais de divers projets. Dans de nombreuses communautés, Aliaxis aide à installer ou améliorer l'approvisionnement en eau potable, à fournir des installations sanitaires, à mettre en œuvre des projets d'infrastructure pour la collecte et le stockage des eaux pluviales, à forer des puits d'eaux souterraines, mais aussi à construire des écoles ou à mettre en œuvre des programmes d'éducation locaux.



Innover pour créer de la valeur

Avec plus de 50 ans d'expertise dans le plastique, nous sommes en mesure de développer des produits qui sont toujours une idée d'avance.

Sur tous nos sites de fabrication et toutes nos installations dans le monde entier, les équipes d'Aliaxis s'efforcent d'atteindre l'excellence opérationnelle et l'efficacité dans le développement de produits et services. Le Groupe facilite l'échange de bonnes pratiques et de connaissances dans tous les pays et segments.

Cela permet d'optimiser et de rationaliser en permanence les processus internes, améliorant ainsi la prestation de services pour nos clients.

Notre engagement pour l'environnement

Les analyses de cycle de vie ont montré que les systèmes de réseaux en plastique sont non seulement plus respectueux de l'environnement, mais aussi des alternatives plus saines aux tuyaux fabriqués à partir d'autres matériaux.

La protection de l'environnement est prise en compte pour chacun de nos processus métiers. Notre programme environnemental définit des KPI spécifiques pour le suivi des émissions de CO₂, des déchets non recyclés et de la consommation d'eau. Il comprend également des initiatives visant à partager les bonnes pratiques et la formation, ainsi qu'à sensibiliser nos collaborateurs à l'environnement.

Introduction

Lorsque vous décidez quel matériau est le mieux adapté à vos besoins et en même temps un bon choix pour l'environnement, vous devez penser au plastique.

Au cours des dernières années, les marchés industriels et commerciaux ont été lents à inclure l'utilisation de matériaux thermoplastiques pour deux raisons principales : premièrement, l'industrie des plastiques n'a probablement pas fait un bon travail de formation auprès du public et du marché aux avantages et aux capacités des produits en plastique, deuxièmement, les industries n'ont pas été disposées à s'adapter à des matériaux de tuyauterie plus développés et plus efficaces ou à changer leurs habitudes.

Par conséquent, même si les systèmes de canalisations industrielles en thermoplastique sont plus rentables dans presque toutes les applications industrielles par rapport aux systèmes alternatifs, aujourd'hui sur le marché de la tuyauterie, où les tubes, raccords et vannes en plastique pourraient être capables de traiter environ 70 % de toutes les applications industrielles, en fait moins de 15 % est utilisé.

Bien que l'absence de pression économique ait découragé de nombreuses industries de passer aux plastiques ces dernières années, l'environnement mondial concurrentiel d'aujourd'hui facilitera certains changements.

Il est difficile de prédire à quoi s'attendre en termes de plastique au cours des cent prochaines années, mais cela changera certainement nos vies à tous : le graphique de la page suivante montre comment la production mondiale de plastique a augmenté de 1950 à 2019.

Les avantages et bénéfices des solutions plastiques sont considérables et inciteront à terme des industries plus éloignées à les utiliser. Les raisons pour lesquelles les tuyaux en plastique sont utilisés dans plusieurs applications peuvent être résumées en quatre raisons principales :

- Durabilité.
- Respect de l'environnement.
- Installation facile et sûre.
- Rentabilité.

Étant donné qu'un autre sujet très discuté et souvent associé au mot plastique est la durabilité, on peut déduire d'une analyse des quatre caractéristiques précédentes que les tuyaux en plastique peuvent réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'environnement. Expliquons pourquoi :

Le terme durabilité fait référence à une longue durée de vie. Sur des dizaines d'années d'utilisation, il n'y a que très peu de changement dans les caractéristiques physiques ou moléculaires des tuyaux en plastique. Théoriquement, pour la plupart des systèmes, la fin de vie du système de tuyauterie n'est pas connue.

De plus, de nombreuses recherches ont montré que la durée de vie d'un tuyau en plastique n'est pas comparable à celle des systèmes de tuyaux fabriqués dans d'autres matériaux, en raison de sa résistance aux attaques chimiques et corrosives, de sa résistance à l'abrasion, de l'intégrité des joints et de ses caractéristiques d'écoulement optimales.

Ces dernières caractéristiques sont également directement liées au thème du respect de l'environnement : le haut degré de résistance aux produits chimiques et à la corrosion élimine le besoin de revêtements de protection que d'autres matériaux de tuyauterie pourraient exiger.

De plus, étant donné que les plastiques ont peu de pertes par frottement dans les parois intérieures lisses du tuyau, cela minimise la puissance de pompage nécessaire pour déplacer le fluide.

Toutes ces particularités affectent positivement les économies d'énergie : si moins d'énergie est utilisée, les émissions sont plus faibles en conséquence.

Étant donné que les plastiques se cassent moins et nécessitent moins d'entretien, les besoins en équipements de réparation alimentés au gaz et à l'électricité sont également moindres. Évidemment, il y a moins de commandes et d'expéditions, donc les coûts liés au transport peuvent être considérablement réduits.



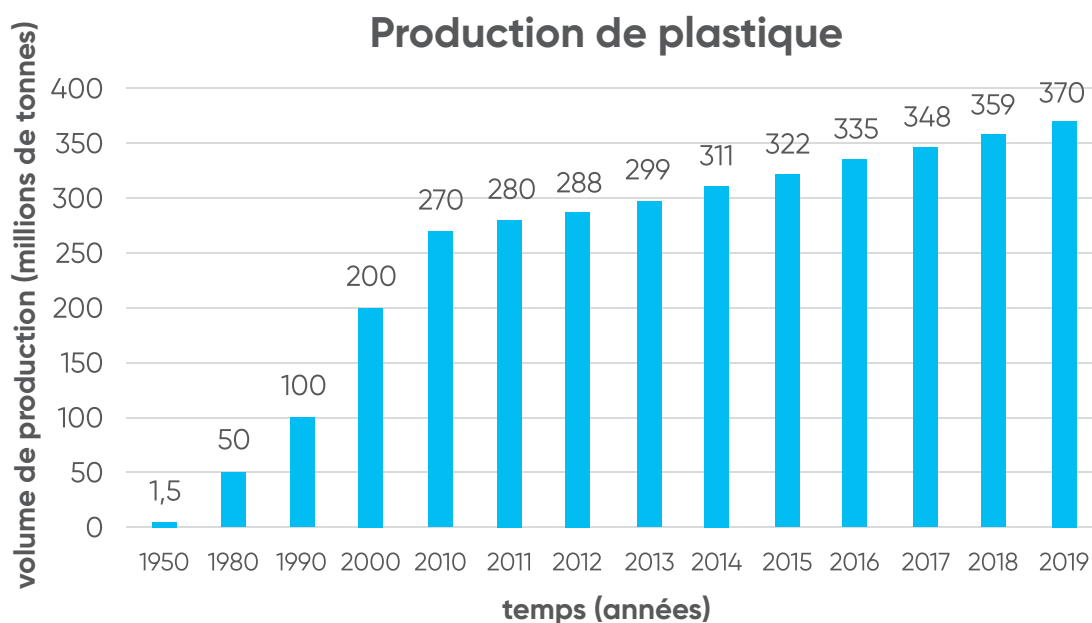
Comme pour l'installation, les plastiques sont plus faciles et plus sûrs à installer que tout autre matériau de tuyauterie. Ils offrent une variété de méthodes d'assemblage et de gammes de produits, des types de tuyaux à code couleur et une traçabilité grâce à des codes-barres.

En particulier, les tuyaux en plastique sont bien connus pour leur légèreté : cela réduit considérablement les besoins en équipements de levage coûteux et donc les émissions dans l'environnement seront à nouveau réduites. Un autre avantage de la légèreté du plastique est le faible risque de blessure sur le terrain: dans la plupart des cas, les outils et techniques d'assemblage des tuyaux en plastique sont peu coûteux, faciles à utiliser et accélèrent le temps d'installation.

En termes de rapport coût-efficacité, il suffirait de dire que dans la plupart des cas, les plastiques coûtent moins cher que les autres matériaux de tuyauterie, mais les économies de coûts sont liées à toutes les caractéristiques mentionnées ci-dessus, telles que la facilité d'installation, d'entretien et de transport des tuyaux en plastique.

Pour conclure, lors de l'évaluation des matériaux de tuyauterie, il est préférable de ne pas se limiter à une facette du produit : il est recommandé de tenir compte de la liste complète des caractéristiques et avantages pouvant être obtenus à long terme.

Ce constat permettra d'en déduire aisément qu'aujourd'hui le plastique devient l'un des choix prédominants pour la plupart des projets de tuyauterie.



Segments de marché

Les exemples suivants pourraient être utiles pour démontrer l'utilisation variée des tuyaux en plastique dans de nombreux secteurs et marchés. Les principaux champs dans lesquels les produits Aliaxis sont utilisés sont les suivants.



Traitement de l'eau

De nombreuses régions du monde sont déjà confrontées à des tensions sur la disponibilité de l'eau, principalement en raison de la croissance accélérée de la population.

Aliaxis est un fournisseur fiable pour les processus de traitement de l'eau et des eaux usées municipales et industrielles les plus importants, où il est nécessaire d'éliminer les contaminants des différentes sources d'eau et de convertir les eaux usées en un effluent pouvant être réutilisé ou renvoyé dans le cycle de l'eau avec un impact environnemental minimal. Examinons en détail ces secteurs :

- Le traitement des eaux usées municipales : c'est un secteur clé pour maintenir un cycle de l'eau propre : la pollution par les déchets municipaux est l'un des principaux défis de l'avenir car la croissance de la population dans différentes zones géographiques nécessite fortement de nouvelles stations de traitement des eaux usées plus efficaces. Il contient des déchets humains biologiques et des déchets organiques, des détergents, des huiles, des fibres de papier ainsi que d'autres produits chimiques très polluants qui doivent être neutralisés pour minimiser l'empreinte environnementale.
- Traitement de l'eau industrielle : au cours de la dernière décennie, il

est devenu l'un des sujets les plus importants dans des secteurs tels que le pétrole et le gaz, le raffinage et la pétrochimie, les pâtes et papiers, la microélectronique, l'alimentation et les boissons, la production d'électricité et l'exploitation minière. Au sein de ces industries, l'osmose inverse et l'ultrafiltration sont les technologies les plus importantes associées à la simple élimination du sel, tandis que l'échange d'ions et l'ionisation par électrodes sont principalement utilisés lorsque des niveaux plus élevés de pureté de l'eau sont requis, par exemple dans le domaine microélectronique et pharmaceutique.

- Traitement des eaux usées industrielles : tous les procédés industriels génèrent des eaux usées qui doivent être reconditionnées avant d'être réutilisées ou remises au cycle de l'eau.

Pour prendre soin de l'environnement et protéger les personnes et les ressources naturelles, les questions de durabilité environnementale doivent être abordées avec le sens des responsabilités ; en fait des réglementations sévères sont nécessaires pour fixer de nouvelles limites sur le rejet des eaux usées et les installations industrielles doivent entreprendre des actions efficaces pour se conformer à ces nouvelles conditions et exigences.

- Traitement de l'eau potable : l'eau potable est le résultat de traitements antérieurs, en fait l'eau brute peut provenir de différentes sources : les eaux de surface proviennent des rivières, des lacs et des réservoirs, qui peuvent avoir une large gamme de compositions chimiques à haute teneur en minéraux et en métaux, des niveaux de chlorure et des particules, tandis que les eaux marines et saumâtres peuvent également avoir différents types spécifiques de minéraux et de sels à éliminer.
- Piscines et spas : Les produits Aliaxis, également choisis pour la construction d'installations olympiques, offrent de nombreuses options pour assurer une circulation uniforme de l'eau et soutenir le système de désinfection des piscines et spas, nécessaire pour garantir des piscines sûres et confortables. Les matériaux exempts de corrosion, les vannes et le système de filtration combinent innovation et technologie afin d'obtenir un transport sûr et efficace de l'eau.



Industrie des procédés chimiques

L'industrie chimique crée une grande variété de produits, allant des produits chimiques de base aux produits spécialisés comme les adhésifs ou les additifs pour pâte à papier.

La gamme Aliaxis de produits de tuyauterie en plastique leaders sur le marché est une solution parfaite pour différentes applications. Qu'il s'agisse de transport d'acides agressifs, de drainage spécialisé ou de services auxiliaires, notre système de tuyauterie peut facilement surmonter certains des problèmes associés aux matériaux de tuyauterie plus traditionnels. En fait, les solutions de tuyauterie entièrement en plastique offrent une résistance chimique supérieure, une installation plus facile et une durée de vie plus longue, réduisant ainsi les coûts de première installation et de maintenance.

Parmi les processus industriels les plus courants, où des solutions de tuyaux en plastique sont utilisées, il y a :

- Les usines de chlore-alcali : la technologie des membranes d'électrolyse est la technologie dominante. Les systèmes de tuyauterie en plastique sont utilisés pour l'anolyte, le catholyte, le chlore gazeux ainsi que pour les services auxiliaires.
- Usines d'engrais : dans les différentes usines de traitement d'engrais, des tuyaux en plastique sont utilisés dans les usines à base de phosphate diammonique et de soufre.
- Usines de brome : une tuyauterie thermoplastique est utilisée après le réacteur principal pour acheminer les produits chimiques et les sous-produits associés.
- Production et dosage de produits chimiques fins.
- Usines de production de batteries : il existe différentes applications, depuis celles typiques de l'industrie automobile jusqu'à celles liées à l'électronique grand public. Les produits chimiques sont utilisés dans les différentes étapes du processus de production.





Traitement de surface

Le traitement de surface fait partie des principales étapes intermédiaires dans la fabrication de produits métalliques finis ; en fait il ne forme pas un secteur spécifique lui-même, car il fournit un service à un large éventail d'autres industries comme les ordinateurs et les composants de téléphones mobiles, l'automobile, l'avion et beaucoup d'autres.

Les métaux et les plastiques sont traités pour modifier leurs propriétés de surface pour la décoration et la réflectivité, ainsi que pour améliorer la résistance et la résistance à l'usure, la prévention de la corrosion et comme base pour améliorer l'adhérence d'autres traitements tels que la peinture ou les revêtements photosensibles pour l'impression.

Les systèmes de tuyauterie en plastique conservent leurs propres propriétés telles que la résistance chimique, l'isolation et la flexibilité et sont idéal pour transporter les produits chimiques qui sont utilisés pour des traitements de surface conformément aux exigences du processus.

Il existe différents processus au sein de ce secteur, dont les principaux sont :

- Electrodeposition : elle a pour but de déposer une couche fine mais régulière d'un matériau sélectionné sur l'article traité. Il peut être s'agir d'une surface métallique ou plastique. Le film est déposé

électrochimiquement à l'aide d'un champ électrique pour transférer des particules sur une surface conductrice.

- Galvanisation : elle a pour but de protéger la surface traitée contre la corrosion. Un film est déposé sur des produits en acier ou en plastique pour assurer une protection anticorrosion à long terme et une résistance à l'abrasion. Le processus de galvanisation le plus courant consiste à utiliser un bain de métal chaud dans lequel l'article est immergé dans du métal en fusion pour déposer chimiquement un film.
- Lignes de décapage : le processus vise à éliminer les impuretés de la surface, telles que les taches ou les oxydes comme la rouille. Il est généralement appliqué dans la production d'acier.
- Lignes de peinture: il existe une gamme de différentes technologies utilisées dans la peinture de surface ; une technologie importante est le revêtement électrophorétique où une partie métallique est immergée dans une solution à base d'eau contenant une émulsion de peinture.





Mines et hydrométallurgie

Les environnements agressifs des sites miniers représentent un défi pour les systèmes de canalisations utilisés dans cette application pendant des décennies pour acheminer les fluides.

Dans ces applications, la résistance à la corrosion et une solution économique pour le transport d'une grande quantité de liquides agressifs et de boues sont nécessaires.

Aliaxis propose une gamme complète de solutions pour les applications suivantes :

- Extraction minière : tant dans les mines à ciel ouvert que souterraines, les besoins en eau de traitement sont énormes et les canalisations en plastique constituent le compromis idéal entre performances et facilité d'installation.
- Enrichissement du minerai : ce processus comprend différentes étapes telles que les circuits de fragmentation avec concassage primaire, secondaire et tertiaire, le broyage et la concentration. Des tuyaux en plastique peuvent être utilisés à chacune de ces étapes.
- Hydrométallurgie : il y a différentes étapes impliquées, par exemple la lixiviation de la tête, l'adsorption, l'élution, l'extraction électrolytique, l'extraction par solvant. Dans l'adsorption, la tuyauterie à double confinement est suggérée.
- Élimination des résidus : ce sont les déchets qui restent après avoir séparé la fraction précieuse de la fraction non rentable. Les tuyaux en plastique sont une solution de longue date car les déchets doivent être transportés et éliminés correctement.





Applications dans le secteur maritime

La nécessité de transporter les personnes et les marchandises plus rapidement et plus facilement a conduit à un développement constant du secteur maritime au cours des dernières années.

Les solutions plastiques pour le transport des fluides, par rapport aux solutions métalliques traditionnelles, sont l'option idéale pour la construction navale, car les matériaux plastiques sont résistants à la corrosion et beaucoup plus légers, tout en étant rapides et faciles à installer.

En outre, des réglementations environnementales strictes imposent des responsabilités en matière de contrôle des gaz d'échappement et des rejets de ballast qui nécessitent des solutions efficaces et fiables.

Aliaxis propose des systèmes en plastique robustes et de haute qualité : ils sont spécialement conçus pour réduire le poids et le bruit à bord des navires civils et militaires, en ajoutant des fonctionnalités telles que la prévention des incendies et la réduction du risque de propagation des légionelles.

Nos produits améliorent le confort et la sécurité des passagers et de l'équipage, assurent des performances uniformes et constantes tout au long de l'utilisation, et un service d'assistance technique local est toujours disponible pour tout type de conseil.

Les principales applications maritimes auxquelles nos produits peuvent être appliqués sont les suivantes :

- Navires de croisière.
- Ferries.
- Méga yacht.
- Flottes marchandes.
- Navires militaires.
- Plateformes offshore.
- Bateaux de pêche.







| | |
|--|-----------|
| 1 Systèmes de tuyauterie en plastique : propriétés physiques et chimiques des matériaux | 20 |
| 1.1 Développement, différenciation et fabrication des plastiques | 20 |
| 1.1.1 Développement des plastiques | 20 |
| 1.1.2 Structure et caractéristiques | 21 |
| 1.1.3 Thermodurcissables, thermoplastiques et élastomères | 22 |
| 1.1.4 Aperçu des propriétés des thermoplastiques | 27 |
| 1.1.5 Avantages de l'utilisation des plastiques par rapport aux métaux | 30 |
| 1.1.6 Plastiques et environnement | 32 |
| 1.1.7 Méthodes de fabrication et de traitement | 34 |
| 1.1.7.1 Polymérisation | 34 |
| 1.1.7.2 Injection et extrusion | 35 |
| 1.2 Polymères vinyliques et styréniques | 39 |
| 1.2.1 Polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U) | 39 |
| 1.2.2 Polychlorure de vinyle chloré (PVC-C) | 42 |
| 1.2.3 Acrylonitrile butadiène styrène (ABS) | 44 |
| 1.3 Polyoléfines et polymères fluorés | 47 |
| 1.3.1 Polypropylène (PP) | 47 |
| 1.3.2 Polyéthylène (PE) | 53 |
| 1.3.3 Polyfluorure de vinylidène (PVDF) | 57 |
| 1.4 Caoutchouc | 60 |
| 1.4.1 Acrylonitrile butadiène (NBR) | 61 |
| 1.4.2 Éthylène-propylène-diène monomère (EPDM) | 62 |
| 1.4.3 Fluoroélastomère (FKM) | 63 |
| 1.4.4 Perfluoroélastomère (FFKM) | 64 |
| 1.5 Polytétrafluoroéthylène (PTFE) | 66 |
| 1.6 Résines, composés et additifs | 67 |
| 1.6.1 Résines | 67 |
| 1.6.2 Composés | 67 |
| 1.6.3 Additifs | 67 |
| 1.7 Test des matériaux | 68 |
| 1.7.1 Test de choc | 68 |
| 1.7.2 Test de débit de fusion | 70 |
| 1.7.3 Test thermique | 71 |
| 1.8 Marquage des tuyaux et raccords | 72 |
| 1.8.1 Exigences minimales pour le marquage des tuyaux | 72 |
| 1.8.2 Exigences minimales pour le marquage des raccords | 73 |
| 1.8.3 Exigences minimales pour le marquage des vannes | 73 |
| 1.9 MRS et comportement à long terme | 74 |
| 1.9.1 Termes associés au comportement à long terme | 74 |
| 1.9.2 Comportement à long terme du PVC-U | 75 |
| 1.9.3 Comportement à long terme du PVC-C | 77 |
| 1.9.4 Comportement à long terme de l'ABS | 79 |
| 1.9.5 Comportement à long terme du PP-H, PP-B et PP-R | 80 |
| 1.9.6 Comportement à long terme du PE | 83 |
| 1.9.7 Comportement à long terme du PVDF | 85 |
| 1.9.8 Durée de vie en cas de charge intermittente | 76 |
| 1.10 Module de fluage | 87 |

1. Systèmes de tuyauterie en plastique : propriétés physiques et chimiques des matériaux

1.1 Développement, différenciation et fabrication des plastiques

1.1.1 Développement des plastiques

Le développement des plastiques a évolué de l'utilisation de plastiques naturels (chewing-gum, gomme laque) à l'utilisation de substances naturelles chimiquement modifiées (caoutchouc naturel, nitrocellulose, collagène, galalithe) à des molécules complètement synthétiques (bakélite, époxy, polychlorure de vinyle). Les premiers plastiques étaient des matériaux biosourcés tels que les protéines d'œuf et de sang, qui sont des polymères organiques. Vers 1600 av. J.-C., les Mésoaméricains utilisaient du caoutchouc naturel pour les balles, les bandes et les figurines.

Au XIXe siècle, alors que la chimie industrielle se développait pendant la révolution industrielle, de nombreux matériaux étaient développés. Le développement des plastiques s'est également accéléré avec la découverte par Charles Goodyear de la vulcanisation de matériaux thermodurcissables à partir du caoutchouc naturel.

Parkesine (nitrocellulose) est considéré comme le premier plastique fabriqué par l'homme. Ce matériau plastique a été breveté par Alexander Parkes, à Birmingham, en Angleterre en 1856. Parkesine a été fabriqué à partir de cellulose, le composant majeur des parois des cellules végétales, traitée avec de l'acide nitrique comme solvant.

Le produit du procédé, communément appelé nitrate de cellulose ou pyroxyle, pourrait être dissous dans l'alcool et durci en un matériau transparent et élastique qui pouvait être moulé lorsqu'il était chauffé.

Au début des années 1900, la bakélite, le premier thermodurcissable entièrement synthétique, a été signalée par le chimiste belge Leo Baekeland en utilisant du phénol et du formaldéhyde.

L'évolution des matériaux au fil des ans et la multitude d'applications possibles des différents plastiques montrent clairement que les plastiques jouent un rôle indispensable dans notre vie quotidienne.

1.1.2 Structure et caractéristiques

Les chaînes de macromolécules, formulées à partir d'unités monomères par réactions chimiques, donnent des polymères la structure fondamentale des plastiques. La polyaddition (continue ou par phase) et la polymérisation par condensation, appelées polycondensation, sont des réactions courantes pour l'assemblage de chaîne.

Ces chaînes sont principalement composées de carbone et d'hydrogène. Les molécules organiques à base de carbone sont les unités de monomères. Outre les atomes de carbone et d'hydrogène, des éléments tels que l'oxygène, l'azote, le soufre, le fluor ou le chlore peuvent être trouvés dans l'unité monomère comme composants principaux.

Le type d'éléments, leur proportion et leur localisation dans la molécule monomère constituent la base de la fabrication de divers plastiques.

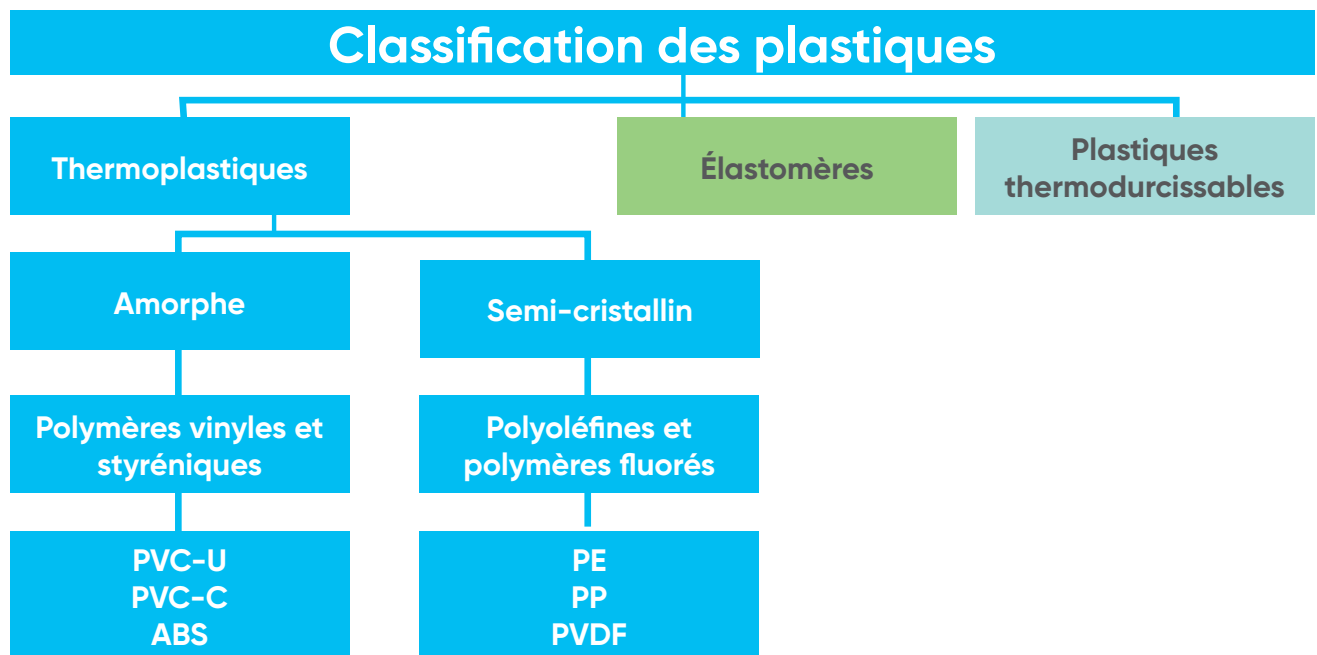
Différents groupes sont décrits par la composition macromoléculaire et les propriétés physiques dépendantes de la température des matières plastiques.

Les thermoplastiques ont une élasticité forte ou résistante dans le spectre d'application et peuvent être fondus par retour d'énergie (énergie mécanique, thermique ou de rayonnement).

Les élastomères ont une élasticité douce et ne peuvent pas nécessairement être fondus.

Dans le spectre d'application, les thermodurcissables sont d'une élasticité dure qui ne peut pas non plus être fondue.

La figure ci-dessous montre une classification détaillée des plastiques.



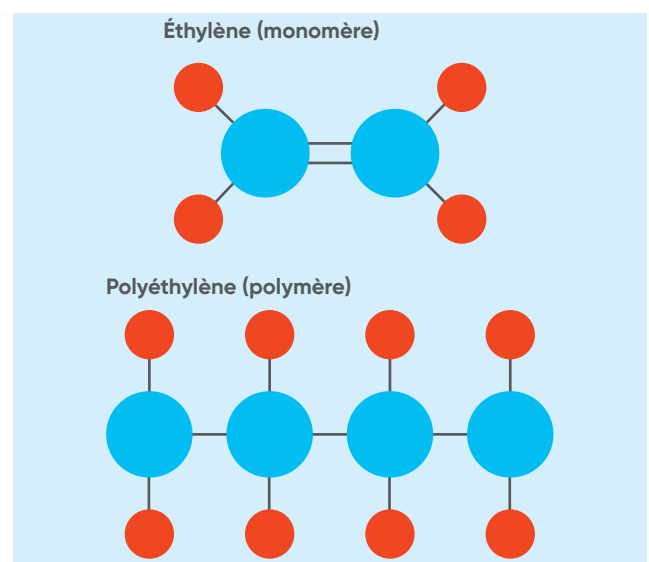
Monomère vs polymère

Le plastique est un polymère, ce n'est donc rien de plus qu'une longue chaîne d'unités plus petites qui sont connectées les unes aux autres.

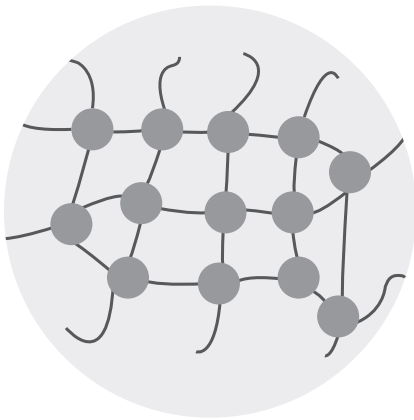
Le polyéthylène est un bon exemple de polymère.

L'éthylène (éthane) est le monomère, et lorsque plusieurs de ces monomères sont liés ensemble pour former une chaîne par une réaction chimique qui rompt la double liaison, un polymère est formé.

Les monomères sont obtenus par raffinage du pétrole. Ils se trouvent généralement naturellement dans l'huile ou peuvent être facilement fabriqués par des procédés chimiques simples. Il est important que les monomères soient purs parce que la contamination les empêche de polymériser pour former une chaîne et peut également conduire à un plastique faible ou fragile à la fin.



1.1.3 Thermodurcissables, thermoplastiques et élastomères



Thermodurcissables

Un plastique qui, une fois durci par application de chaleur ou par des moyens chimiques, se transforme en un produit essentiellement infusible et non recyclable. Les thermodurcissables sont des résines plastiques à chaînes moléculaires réticulées étroites.

L'analogie de l'œuf est utilisée comme exemple pour illustrer le comportement des thermodurcissables, ce qui signifie qu'il ne peut être traité qu'une seule fois avec des changements dans les propriétés de base du matériau.

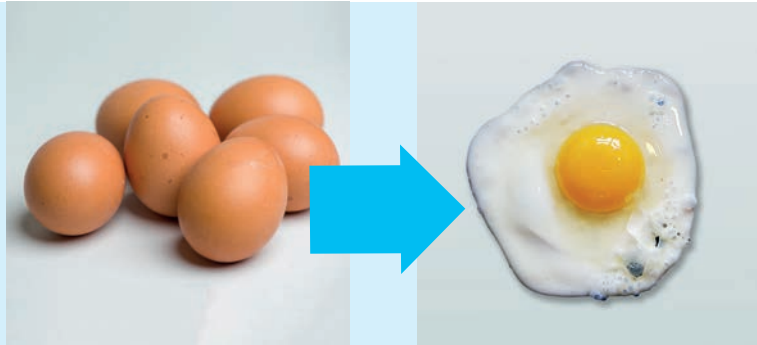
Liquides



Mélange/chaleur



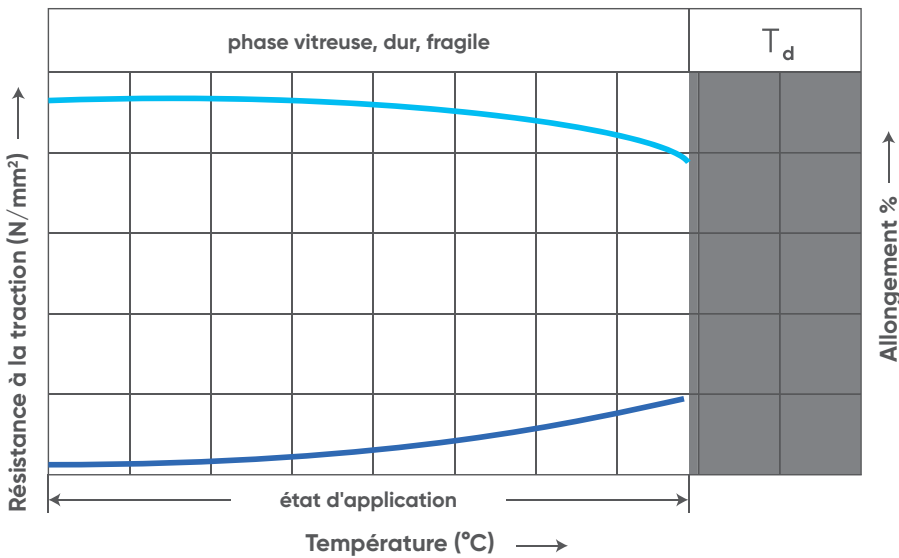
Solide

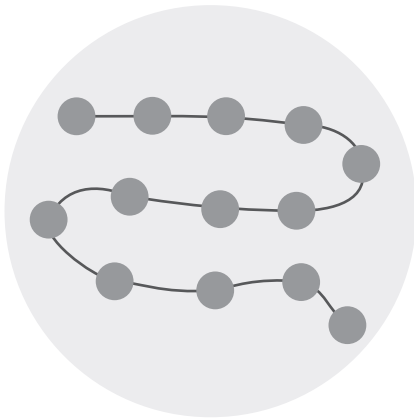


Propriétés mécaniques des thermodurcissables

Les thermodurcissables sont durs et fragiles. Comme pour les thermoplastiques ou les élastomères, en raison de la forte résistance au déplacement moléculaire induite par la réticulation, la résistance mécanique et l'élasticité ne dépendent pas de la température. Les thermodurcissables ne peuvent pas être fondus et joints par des procédés thermiques tels que le soudage.

La substance serait décomposée chimiquement à l'atteinte de la température de décomposition de (T_d).

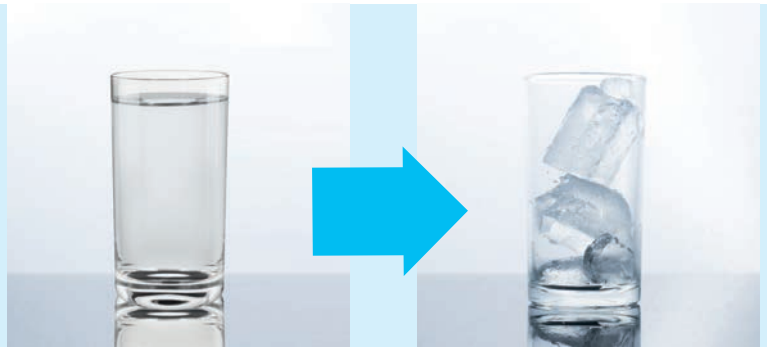
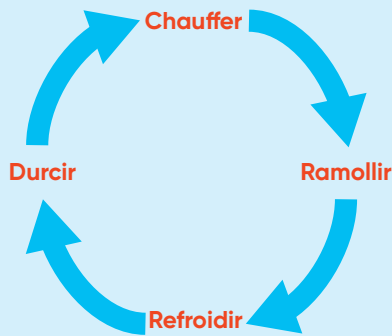




Thermoplastiques

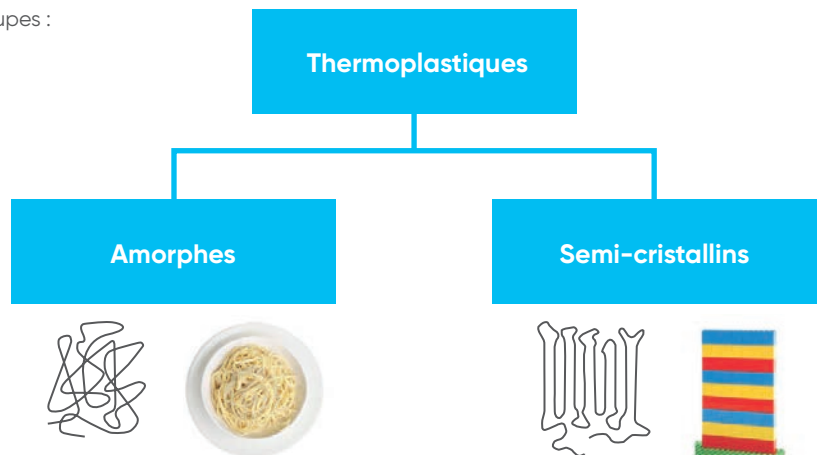
Un plastique qui peut être ramolli à plusieurs reprises par chauffage et durci par refroidissement dans une plage de température caractéristique du plastique, et qui, à l'état ramolli, peut être façonné par écoulement dans un article par moulage ou extrusion. Ce sont ces résines plastiques qui sont constituées de chaînes moléculaires linéaires.

L'analogie avec l'eau est utilisée comme exemple pour montrer le comportement du matériau thermoplastique. Le polymère peut être chauffé et refroidi à plusieurs reprises sans modification des propriétés de base du matériau.



Les thermoplastiques sont subdivisés en deux groupes :

- Thermoplastiques amorphes ;
- Thermoplastiques semi-cristallins.



Thermoplastiques amorphes

Ces polymères ont une structure moléculaire ordonnée de manière aléatoire qui n'a pas de point de fusion net. Résultat: les matériaux amorphes s'adoucissent progressivement à mesure que la température augmente. Ces plastiques se dissolvent et gonflent facilement en ajoutant des solvants. Par conséquent, ils sont collés ensemble par solvant lorsqu'ils sont utilisés dans des installations de tuyauterie.

Les matériaux amorphes courants sont généralement des plastiques translucides.

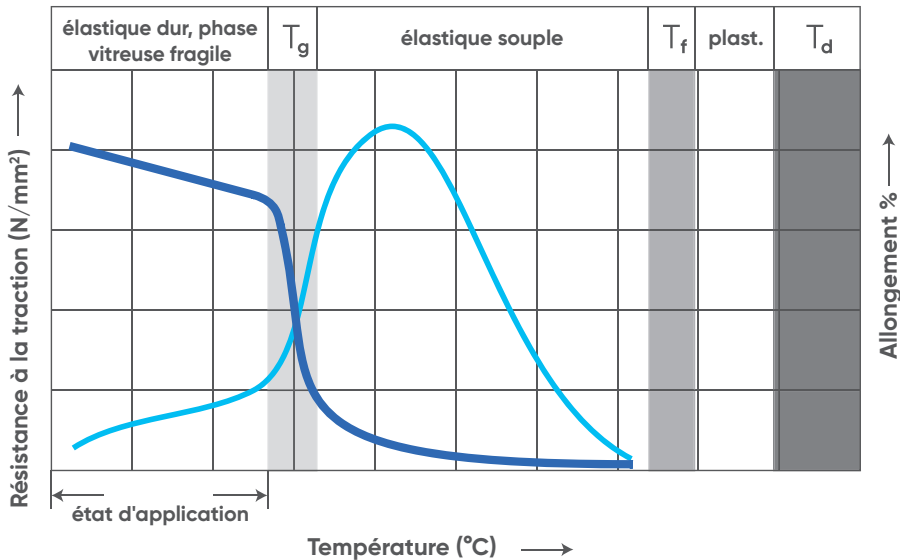
Exemples industriels de matériaux amorphes :

- Polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U) ;
- Polychlorure de vinyle chloré (PVC-C) ;
- Acrylonitrile butadiène styrène (ABS).

Propriétés mécaniques des thermoplastiques amorphes

Les propriétés mécaniques des plastiques dépendent de la température, en particulier pour les thermoplastiques. Ce que l'on appelle l'état du verre en dessous de la température de transition vitreuse (T_g) est l'état de température pour l'application de résines thermoplastiques amorphes. Dans une forme définie, la structure moléculaire est gelée, et les propriétés mécaniques sont simplement polyvalentes et fragiles.

La résistance mécanique diminuera en raison d'une mobilité moléculaire accrue à mesure que la température de transition vitreuse est dépassée, et la résine deviendra souple et élastique. La résine peut rejoindre la phase liquide à l'atteinte de la température d'écoulement (T_f). La décomposition de la structure moléculaire commence en atteignant la température de décomposition (T_d) dans la phase fondue.



Thermoplastiques semi-cristallins

Contrairement aux thermoplastiques amorphes, les semi-cristallins ont une structure moléculaire très ordonnée avec des températures de fusion nettes. Alors que les matériaux amorphes s'adoucissent progressivement lorsque la température augmente, les plastiques semi-cristallins ne le font pas. Au lieu de cela, ils restent solides jusqu'à ce qu'une certaine quantité de chaleur soit absorbée. Les matériaux se transforment alors rapidement en un liquide à faible viscosité. Cette température de fusion est généralement supérieure à celle de la gamme des thermoplastiques amorphes.

Les matériaux semi-cristallins courants sont généralement opaques.

Exemples industriels de matériaux semi-cristallins :

- Polyéthylène (PE) ;
- Polypropylène (PP) ;
- Polyfluorure de vinylidène (PVDF).

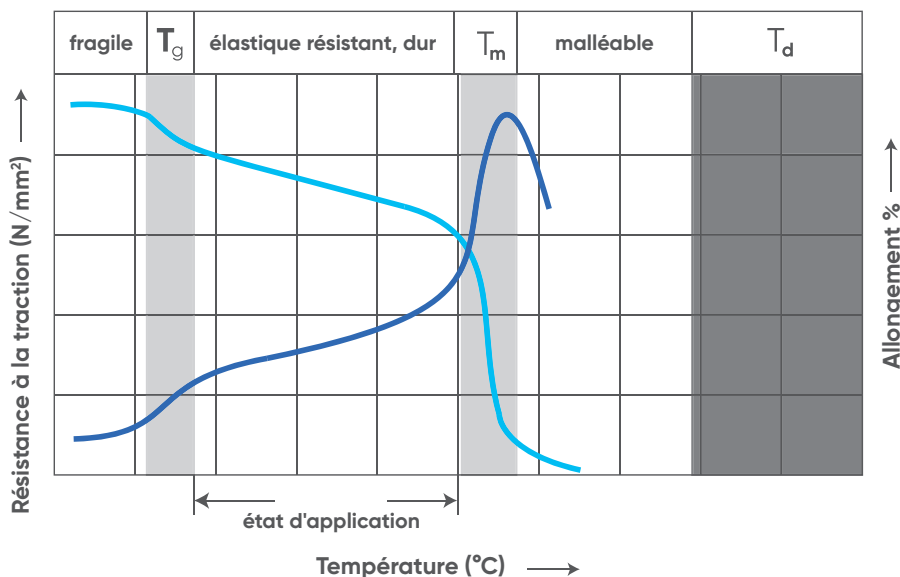
Propriétés mécaniques des thermoplastiques semi-cristallins

Le degré de cristallisation des thermoplastiques semi-cristallins dépend de la régularité de la configuration de la chaîne, du poids moléculaire et de la mobilité des chaînes des molécules, qui peut être entravée par la formation de boucles.

Le processus de cristallisation peut être contrôlé par les conditions de traitement. Le refroidissement rapide de la fonte entrave la cristallisation. Un degré accru de cristallisation sera produit par un refroidissement lent ou un revenu à la température de cristallisation. Les thermoplastiques semi-cristallins avec un faible degré de cristallisation et de petites phases de cristallite seraient plus translucides visuellement que les produits avec un haut degré de cristallisation et de grandes phases de cristallite.

La forme amorphe des thermoplastiques semi-cristallins est gelée sous la température de transition vitreuse (T_g) et la substance est fragile. La phase amorphe se décongèle et les macromolécules de la phase amorphe obtiennent plus de stabilité au-dessus de la température de transition vitreuse. Il y a aussi le stade cristallin et la nature mécanique du matériau est élastique forte à dure. La phase cristalline a également tendance à fondre au-dessus de la température de fusion du cristal (T_m) et la substance devient malléable. Comme pour les thermoplastiques amorphes, l'indice de fluidité à chaud (IFC) caractérise la capacité de flux des thermoplastiques semi-cristallins dans la phase fondue.

Comme pour les thermoplastiques amorphes, la décomposition des thermoplastiques semi-cristallins peut commencer en phase fondue en augmentant la température de décomposition (T_d).

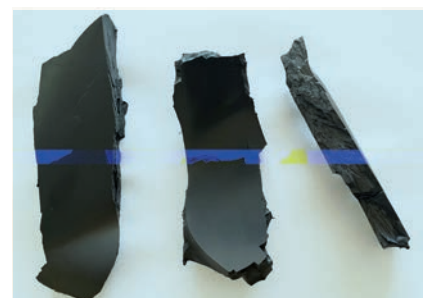


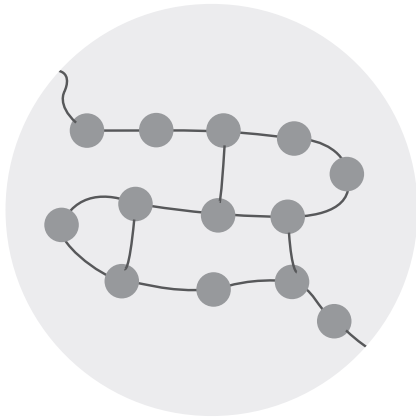
Mode de rupture

Les matières plastiques peuvent présenter deux types de ruptures : les ruptures ductiles et les ruptures fragiles.

- Les ruptures ductiles sont caractérisées par de grandes déformations des parois du tuyau, avec l'apparition d'une déformation typique des bulles autour de la zone de rupture. Le processus est contrôlé par les phénomènes de fluage et d'élasticité qui se produisent dans la paroi du tuyau : plus la densité est élevée, plus l'ampleur des phénomènes de fluage est faible et plus la limite d'élasticité est élevée. La rupture ductile est typique des matériaux polyoléfinés.
- Une rupture fragile provoque des fissures orientées dans le sens axial et n'entraîne pas de déformation plastique de la paroi du tuyau. Au niveau moléculaire, ces cassures sont le résultat du désenchevêtrement des molécules qui relient les lamelles cristallines entre elles. Un autre élément qui influence cette résistance est donné par la présence de courtes branches latérales, qui, en augmentant les interactions physiques entre les molécules, ralentissent le processus de désenchevêtrement. La rupture fragile est typique des matériaux polyvinyliques.

Ces images montrent les modes de rupture ductile et fragile. L'image du côté gauche montre une rupture ductile, tandis que celle du côté droit montre un mode de rupture fragile.





Élastomères

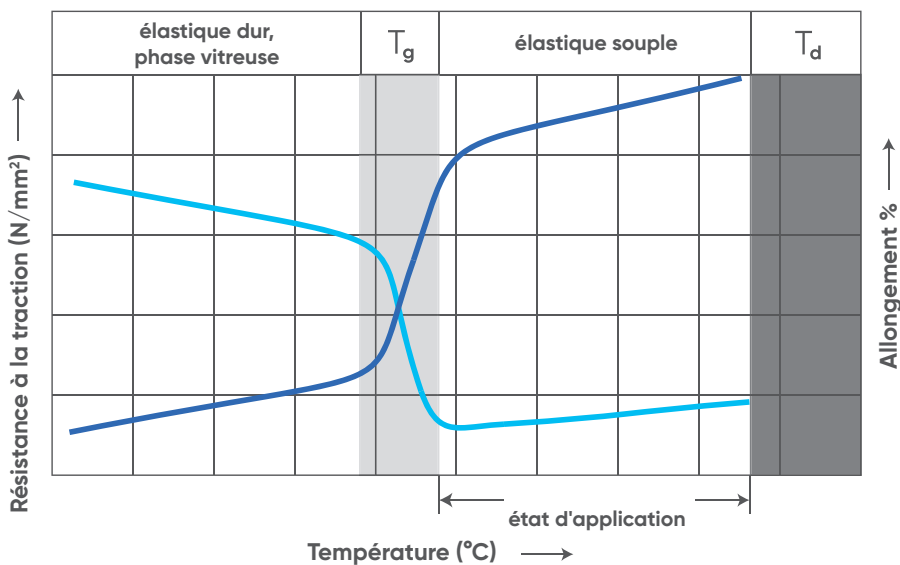
Un élastomère est un polymère viscoélastique et présente des forces intermoléculaires très faibles, généralement un module de Young faible et une déformation de rupture élevée par rapport à d'autres matériaux. Les élastomères sont les plastiques avec une grande réticulation en forme de filet entre les molécules.

Il s'agit d'un polymère amorphe maintenu au-dessus de leur température de transition vitreuse, de sorte qu'une restructuration moléculaire considérable, sans rupture des liaisons covalentes, est possible. À température ambiante, ces polymères sont donc relativement souples ($E \approx 3 \text{ MPa}$) et déformables. Ils sont principalement utilisés pour les joints, les adhésifs et les pièces flexibles moulées. Les zones d'application pour différents types d'élastomères sont des segments de couvertures et de collecteurs, et aussi divers que les pneus, les semelles pour les chaussures et les éléments d'amortissement et d'isolation.

Propriétés mécaniques des élastomères

Les élastomères ne peuvent pas être fondus sans affecter la composition de la molécule. Les élastomères sont des élastiques souples au-dessus de la température de transition vitreuse (T_g). Ils sont fortement élastiques ou fragiles en dessous de la température de transition vitreuse (T_g). La valeur de la température de transition vitreuse augmente avec le nombre croissant de réticulations.

Une amélioration de l'élasticité causée par la réduction des effets raidissants des réticulations et l'augmentation de la stabilité des chaînes moléculaires est influencée par l'augmentation de la température. La liaison atomique à l'intérieur et entre les chaînes moléculaires sera dissoute lorsque la température de décomposition (T_d) est dépassée et la substance sera chimiquement décomposée.



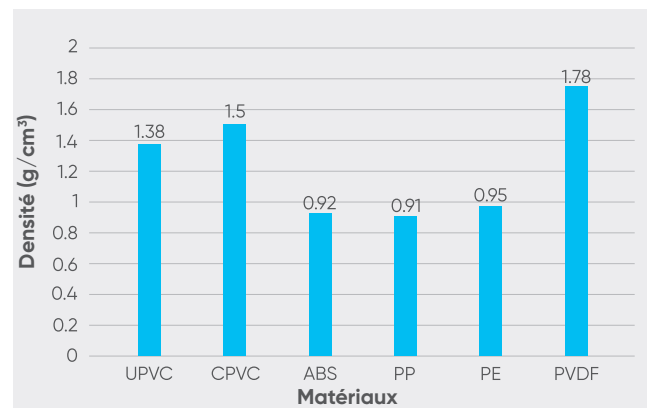
1.1.4 Aperçu des propriétés des thermoplastiques

Les propriétés d'un matériau jouent un rôle essentiel dans une application spécifique. Le matériau thermoplastique offre une large gamme de propriétés. Les thermoplastiques peuvent être remoulés et recyclés sans affecter négativement les propriétés physiques du matériau. Ils se ramollissent lorsqu'ils sont chauffés et deviennent plus fluides à mesure que de la chaleur supplémentaire est appliquée. Le processus de durcissement est totalement réversible car aucune liaison chimique n'a lieu. Vous trouverez ci-dessous quelques exemples pour donner un aperçu global des propriétés des différents thermoplastiques.

Densité

La densité est essentiellement une mesure de la concentration de la matière. La densité de toute matière peut être calculée en divisant sa masse totale par son volume total et est normalement exprimée en g/cm^3 .

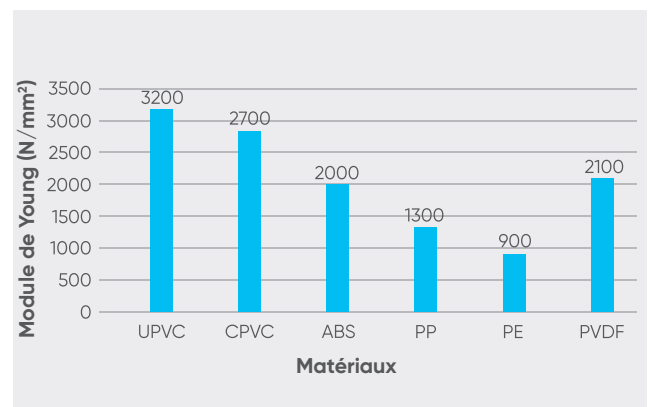
Le graphique à droite représente la densité de différents thermoplastiques.



Module de Young

Le « Module de Young » ou « Module d'élasticité » est une propriété mécanique qui mesure la rigidité en traction d'un matériau solide. Il quantifie la relation entre la contrainte de traction et la déformation axiale dans la région élastique linéaire d'un matériau. Elle est exprimée en N/mm^2 ou en MPa.

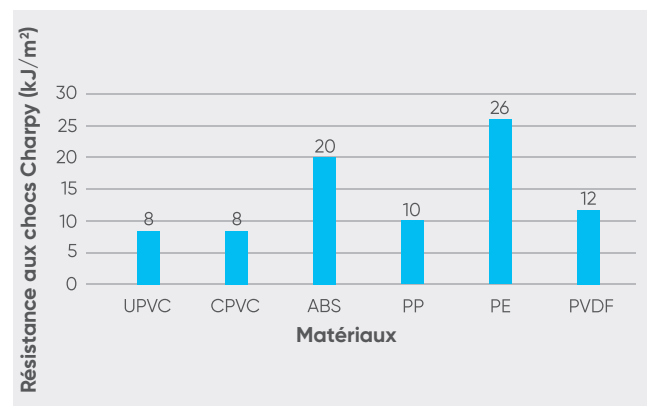
Le graphique à droite représente les valeurs du module de Young des différents thermoplastiques.



Résistance aux chocs Charpy

La résistance aux chocs Charpy est une méthode standard de l'ASTM pour déterminer la résistance aux chocs des matériaux. L'appareil d'essai se compose d'un pendule lesté, qui est lâché d'une hauteur spécifiée pour entrer en contact avec l'éprouvette. En mesurant la différence de hauteur du pendule avant et après la rupture, il est possible de calculer l'énergie transmise à la substance. Il est exprimé en kJ/m^2 .

Le graphique à droite illustre les valeurs de résistance aux chocs Charpy des différents thermoplastiques.

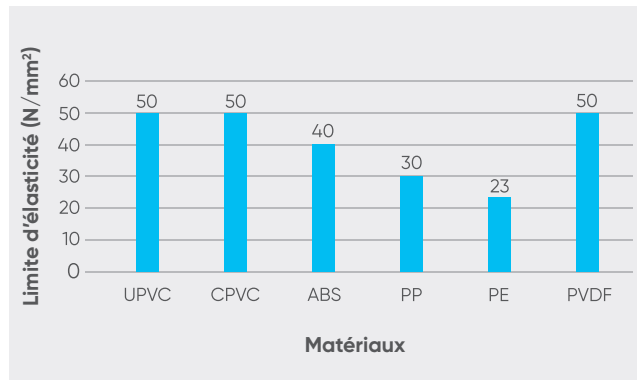


Limite d'élasticité

Similaire à la résistance au choc Charpy, la résistance aux chocs en traction, souvent appelée « limite d'élasticité », est également utilisée pour déterminer l'énergie d'impact d'un matériau.

La limite d'élasticité est la capacité d'un matériau à résister à la rupture après avoir été soumis à une force soudaine. Elle est exprimée en N/mm^2 .

Le graphique à droite illustre les valeurs de résistance aux chocs en traction de différents thermoplastiques.

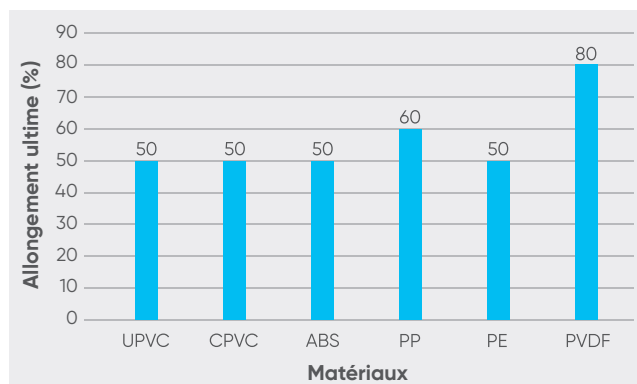


Allongement ultime

L'allongement ultime d'un matériau d'ingénierie est le pourcentage d'augmentation de longueur qui se produit avant qu'il ne se brise sous tension. Les valeurs d'allongement ultime de plusieurs centaines de pour cent sont courantes pour les élastomères et les polyoléfines de film/emballage. Les plastiques rigides, en particulier les plastiques renforcés à la fibre, affichent souvent des valeurs inférieures à 5 %.

La combinaison de la haute résistance à la traction ultime et de l'allongement élevé conduit à des matériaux de haute ténacité.

Le graphique de droite représente les valeurs d'allongement ultimes des différents thermoplastiques.



Dureté Shore D

La dureté Shore D est un test standardisé consistant à mesurer la profondeur de pénétration d'un pénétrateur spécifique.

Les méthodes de test utilisées pour mesurer la dureté Shore D sont conformes aux normes ASTM D2240 et ISO 868.

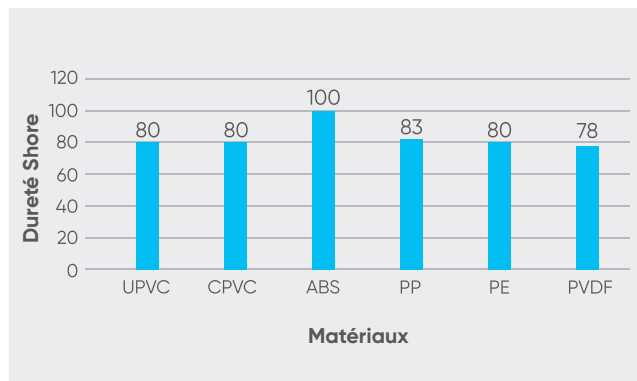
La valeur de dureté est déterminée par la pénétration du pied de pénétration du duromètre dans l'éprouvette.

Les mesures de dureté Shore sont sans dimension, les valeurs sont comprises entre 0 et 100. Plus le nombre est élevé, plus la matière est dure.

La profondeur résultante dépend de :

- La dureté du matériau.
- Sa viscoélasticité.
- La forme de la pointe.
- La durée de l'essai.

Le graphique à droite représente les valeurs de dureté Shore D des différents thermoplastiques.

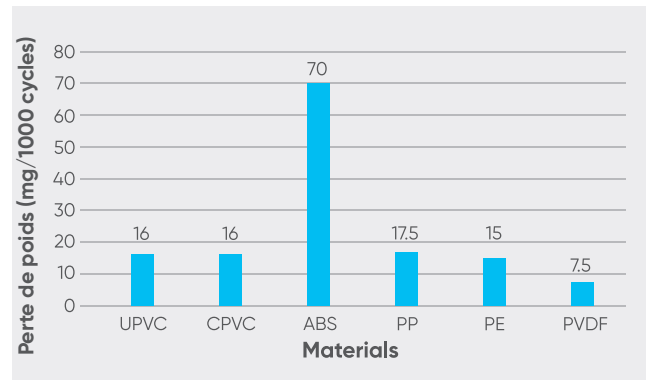


Résistance à l'abrasion

La résistance à l'abrasion est une propriété qui permet à un matériau de résister à l'usure. La résistance à l'abrasion d'un matériau permet de résister à l'action mécanique et tend à le protéger de l'enlèvement de matériaux de sa surface. Cela permet au matériau de conserver son intégrité et sa forme.

La résistance à l'abrasion est généralement mesurée en quantité totale de perte de poids (mg/cycle).

Le graphique à droite représente la propriété de résistance à l'abrasion des différents thermoplastiques.



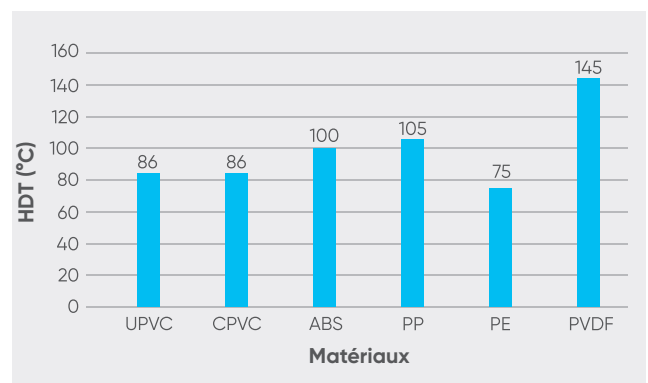
Température de fléchissement sous charge (HDT)

La température de fléchissement sous charge ou de déformation thermique (HDT) est la température à laquelle une éprouvette de polymère ou de plastique se déforme sous une charge spécifiée.

La température de fléchissement sous charge est déterminée par la procédure de test suivante décrite dans la norme ASTM D648.

L'éprouvette est chargée en flexion en trois points dans le sens des bords. La tension de fibre externe utilisée pour les tests est de 0,455 MPa ou 1,82 MPa, et la température est augmentée à 2 °C/min jusqu'à ce que l'éprouvette fléchisse de 0,25 mm. Ceci est similaire à la procédure d'essai définie dans la norme ISO 75.

Le graphique à droite représente les valeurs de température de fléchissement sous charge (HDT) de différents thermoplastiques.

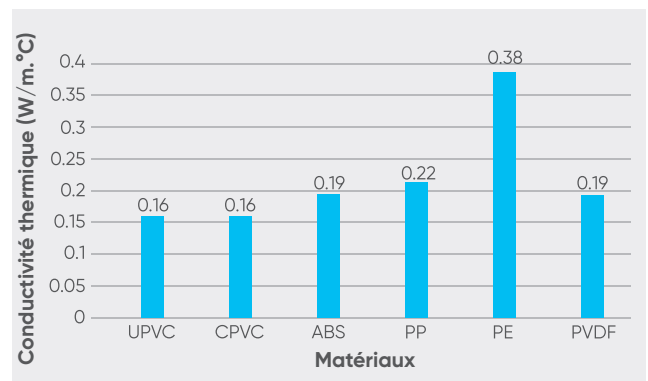


Conductivité thermique

La conductivité thermique d'un matériau est une mesure de sa capacité à diffuser la chaleur.

Elle est mesurée en W/m.K ou W/m.°C.

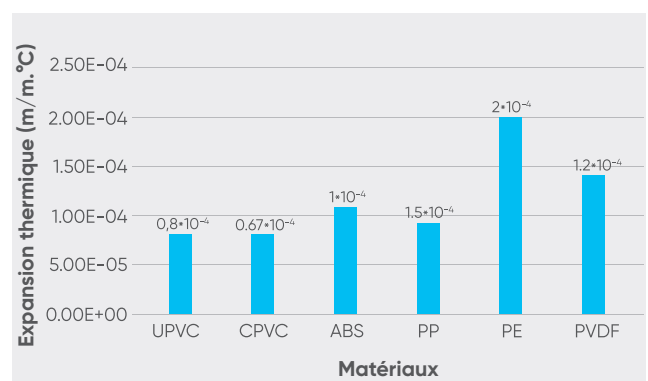
Le graphique à droite représente les valeurs de conductivité thermique de différents thermoplastiques.



Coefficient de dilatation thermique linéaire

La dilatation thermique est le phénomène par lequel un objet ou un corps s'étend en réaction à la chaleur. La dilatation thermique est la plus évidente dans les gaz et les liquides mais peut encore avoir un effet substantiel sur les solides. Elle est mesurée en m/m.°C.

Le graphique à droite représente le coefficient de dilatation thermique linéaire des différents thermoplastiques.



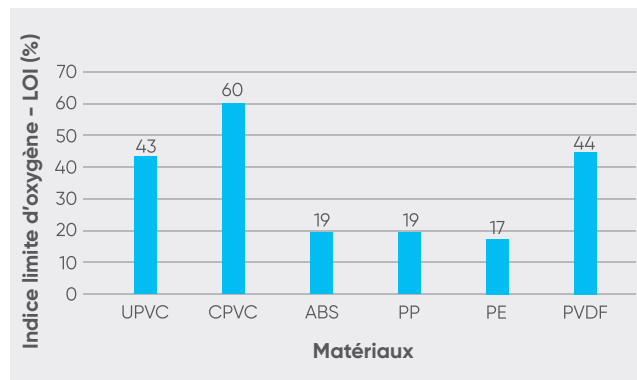
Comportement à la combustion

Le comportement de combustion de tout matériau peut être déterminé en fonction de son indice d'oxygène.

Les thermoplastiques possèdent de bonnes propriétés de combustion en raison de leur température de point d'éclair élevée, de leur température d'auto-inflammation ou de leur indice limite d'oxygène (LOI), etc.

L'indice limite d'oxygène (LOI) est la concentration minimale d'oxygène, exprimée en pourcentage, qui soutiendra la combustion d'un polymère. Les matériaux dont la valeur LOI est inférieure à 21 % sont classés combustibles, mais ceux dont la valeur LOI est supérieure à 21 % sont qualifiés d'auto-extinguibles car leur combustion ne peut pas être maintenue à température ambiante sans apport d'énergie externe. Les matériaux à haute valeur LOI présentent généralement une meilleure résistance au feu.

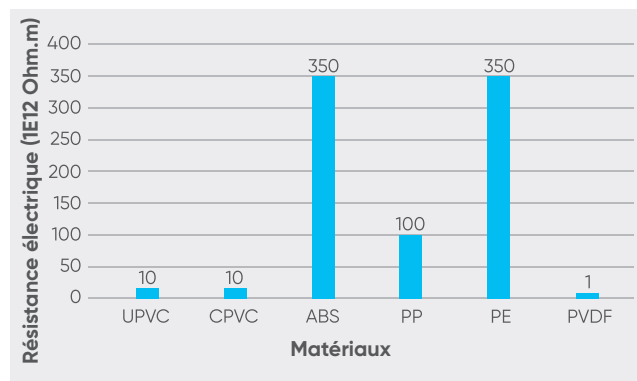
Le graphique à droite illustre le comportement de combustion des différents thermoplastiques.



Résistance électrique

Les thermoplastiques sont bien adaptés à l'isolation des câbles et à d'autres produits électriques en raison de leurs propriétés électriques exceptionnelles. La résistance électrique d'un matériau est mesurée en $\Omega \cdot m$.

Le graphique à droite représente la propriété de résistance électrique des différents thermoplastiques.



1.1.5 Avantages de l'utilisation du plastique par rapport aux métaux

Le domaine des résines plastiques évolue de façon spectaculaire. Les principaux avantages de l'utilisation des plastiques par rapport aux métaux sont des propriétés telles que le poids léger, la longévité, la conductivité thermique et un traitement plus rapide.

Le fait que les plastiques possèdent d'excellentes propriétés chimiques et mécaniques en font le meilleur choix pour une utilisation dans les segments industriels.

Avec la réalisation de nouveaux polymères, les plastiques remplacent rapidement leurs homologues métalliques dans de nombreuses industries telles que l'automobile, le traitement médical, l'élevage, l'aérospatiale et l'hôtellerie.

Voici les sept principaux avantages de l'utilisation des plastiques par rapport aux métaux pour diverses applications industrielles :

Flexibilité de conception

Les plastiques sont composés de différentes résines, chacune ayant ses propres propriétés, mais en général tous les polymères plastiques offrent une plus grande flexibilité par rapport aux métaux. Pour les industries qui ont besoin de plus d'options en termes de design, de textures et de géométrie, les plastiques sont un meilleur choix.

La facilité de moulage, tout en offrant une durabilité semblable au métal, est un avantage clé des plastiques par rapport aux métaux.

Les pièces industrielles qui requièrent des formes complexes, des designs esthétiques attrayants ou des caractéristiques légères préfèrent opter pour des plastiques plutôt que des métaux.

Les techniques modernes telles que le moulage par injection plastique permettent de créer des moules et des pièces très complexes dans leurs géométries tout en offrant une efficacité équivalente aux métaux.

Rentabilité

La résine plastique présente différents avantages par rapport aux métaux. Compte tenu des avantages à long terme, les plastiques sont une option plus économique par rapport à leurs homologues métalliques, car ils sont exempts de corrosion et offrent une plus grande résistance aux attaques chimiques.

Les plastiques modernes sont très durables, ce qui les rend moins susceptibles d'être endommagés lors de leur expédition ou de leur utilisation, ce qui renforce leur rentabilité.

Léger

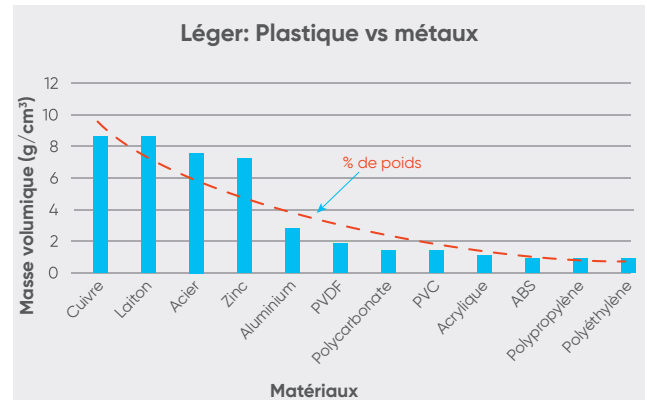
La réduction du poids des pièces a été l'une des principales préoccupations de diverses industries comme l'automobile, l'aéronautique, le médical, etc. La densité spécifique des métaux couramment utilisés est la suivante :

- Aluminium : 2,5-2,8 (g/cm³).
- Laiton : 8,4-8,7 (g/cm³).
- Acier : 7,7 (g/cm³).
- Zinc : 6,9-7,2 (g/cm³).
- Cuivre : 8,8 (g/cm³).

En comparaison, les résines plastiques ont une densité spécifique beaucoup moins importante, ce qui les rend légères :

- Polycarbonate : 1,2-1,4 (g/cm³).
- Polyéthylène : 0,92-0,95 (g/cm³).
- Polypropylène : 0,90-1,04 (g/cm³).
- ABS : 1,04-1,12 (g/cm³).
- Acrylique : 1,15-1,2 (g/cm³).
- PVC : 1,4 (g/cm³).
- PVDF : 1,78 (g/cm³)

Le poids plus faible du plastique par rapport aux métaux influence les économies de coûts : Les tuyaux en plastique assurent un transport plus facile et, par conséquent, une installation moins chère et plus facile.



Recyclabilité

Le recyclage du plastique est devenu de plus en plus populaire avec les récentes avancées technologiques. Presque tous les thermoplastiques peuvent être réutilisés. Les plastiques usagés peuvent être fondus et réutilisés plusieurs fois, ce qui en fait une solution plus économique pour les propriétaires de l'industrie. La proportion totale de plastiques recyclés varie selon les régions du monde, l'UE arrivant au troisième rang mondial.

Durée de vie

La durabilité élevée des plastiques à la corrosion, aux attaques chimiques, physiques, météorologiques et environnementales est l'un des principaux avantages de l'utilisation des plastiques par rapport aux métaux : en fait, les métaux sont très sensibles à la corrosion, aux attaques chimiques et météorologiques ce qui réduit leur durée de vie globale.

Sécurité

La production de pièces métalliques se fait à une température supérieure à celle du plastique : la température de fusion du métal est toujours supérieure à la température de fusion du plastique. Par conséquent, la fabrication des métaux nécessite plus d'attention que la fabrication des plastiques en termes de gestion de la température de travail plus élevée.

Fabrication plus rapide

Le processus de fabrication du plastique a un cycle plus court que celui des métaux.

Lorsqu'ils travaillent avec des plastiques, les concepteurs peuvent intégrer plusieurs pièces dans un seul moule, ce qui réduit le cycle de production global et contribue à la rentabilité.



1.1.6 Plastiques et environnement

Les Analyses du Cycle de Vie (ACV) d'Aliaxis assurent notre engagement en faveur de la protection de l'environnement.

Comme un nombre croissant d'administrations et de clients souhaitent être pleinement conscients des caractéristiques durables des produits qu'ils achètent et parce que nous voulons analyser comment améliorer davantage nos produits, nous avons créé un pack ACV pour permettre à nos entreprises de bénéficier de toutes les ACV que nous effectuons. Nous avons l'intention de fournir aux décideurs et aux architectes des packs d'information sur tous nos produits, leur permettant de faire des choix pour un avenir durable.

Ces analyses confirment que nos systèmes de tuyauterie en plastique sont plus respectueux de l'environnement et de meilleures alternatives aux tuyaux fabriqués à partir d'autres matériaux.

En outre, Aliaxis mène des projets pilotes en Europe et en Australie, en collaboration avec des entreprises spécialisées et des clients, pour collecter les déchets, les recycler et les réutiliser en production afin d'obtenir un programme de recyclage en circuit fermé. Ce faisant, nous anticipons les attentes croissantes des clients et de la société concernant les caractéristiques environnementales de notre offre de produits.

Économie d'énergie

Outre les avantages technologiques bien connus, tels que la résistance à la corrosion, les avantages écologiques des plastiques sont également importants. Il est idéal pour une gamme d'applications économes en énergie en raison de son poids léger et de ses propriétés isolantes dans les voitures, l'emballage, l'isolation et les systèmes de tuyauterie.

Dans une étude, Plastics Europe a quantifié comment la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre affectent les produits plastiques en les remplaçant par d'autres matériaux.

Résultats

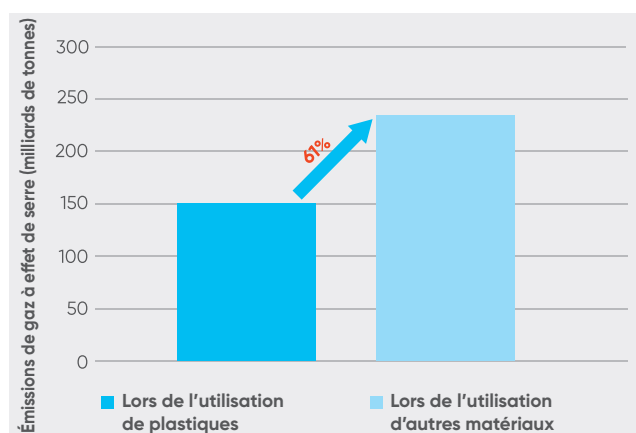
Réduction des émissions de gaz à effet de serre pendant la fabrication

La production de produits en plastique nécessite généralement moins d'énergie que les matériaux alternatifs, en particulier dans des applications telles que les transports, le bâtiment et la construction, l'emballage et les appareils électroniques. Si les plastiques devaient être remplacés par des matériaux alternatifs, leur consommation d'énergie sur le cycle de vie augmenterait d'environ 57 % et les émissions de gaz à effet de serre augmenteraient de 61 %.

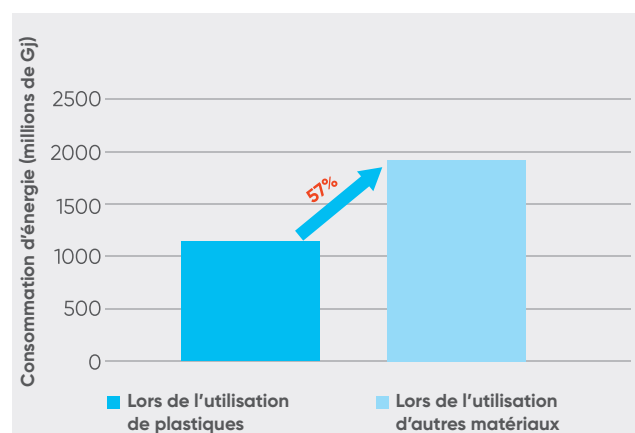
Les graphiques ci-dessous peuvent être utilisés comme référence pour voir la quantité d'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie lors de l'utilisation des autres matériaux par rapport aux plastiques.

Remarque : Les valeurs d'émission moyenne de gaz à effet de serre (150 milliards de tonnes) et de consommation d'énergie (1200 millions de GJ) lors de l'utilisation des plastiques ont été prises grossièrement pour montrer comment l'augmentation de ces valeurs prend effet lors de l'utilisation des autres matériaux.

Émissions de gaz à effet de serre



Consommation d'énergie



Les plastiques permettent d'économiser de l'énergie dans les transports

Les voitures les plus économes en énergie ne pourraient pas fonctionner de nos jours et n'existeront pas à l'avenir sans matériaux plastiques. Conformément à l'objectif de réduction de 60 % des émissions de CO₂ dans les transports d'ici 2050, les plastiques contribuent non seulement à réduire le poids global du véhicule – ce qui se traduit par une baisse de la consommation de carburant – mais également à fournir à l'industrie automobile des matériaux haute performance qui jouent un rôle essentiel dans le développement de solutions bas carbone telles que les voitures hybrides, électriques et à hydrogène. Une voiture moderne de milieu de gamme contient jusqu'à 15 % de matières plastiques, des pièces de carrosserie aux garnitures intérieures, en passant par les airbags, les tapis et les pneus. Le plastique est également devenu un matériau de construction pour les bus et les trains, ce qui permet d'économiser l'énergie, les investissements et les coûts de maintenance.

Les plastiques permettent d'économiser de l'énergie dans les bâtiments et la construction

Les bâtiments représentent environ 40 % de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre de l'UE ; les plastiques peuvent contribuer à réduire cette consommation d'énergie.

9 bâtiments sur 10 actuellement utilisés seront encore debout et occupés en 2050 ; par conséquent, tant la rénovation des bâtiments existants que la construction de nouveaux bâtiments économes en énergie sont nécessaires pour atteindre les objectifs de l'UE dans ce domaine.

Les plastiques peuvent jouer un rôle clé, car ils offrent une combinaison unique de performance environnementale, de rentabilité et de fiabilité dans le temps.

Isolation efficace

Dans les bâtiments, les plastiques assurent une isolation efficace contre le froid et la chaleur et empêchent les fuites d'air. Les matériaux d'isolation en plastique consomment environ 16 % d'énergie en moins et émettent 9 % de gaz à effet de serre en moins que les matériaux alternatifs. Sur l'ensemble de leur cycle de vie, les panneaux d'isolation en plastique permettent d'économiser 150 fois l'énergie utilisée pour leur fabrication.

Énergies renouvelables

Les pales des éoliennes et les panneaux photovoltaïques contiennent de grandes quantités de plastiques, ce qui contribue à la production efficace d'énergie renouvelable. Dans ces deux applications, les plastiques économisent respectivement 140 fois et 340 fois les émissions produites au cours de leur production.

1.1.7 Méthodes de fabrication et de traitement

1.1.7.1 Polymérisation

Les plastiques sont fabriqués à partir de produits bruts et organiques tels que la cellulose, le charbon, le gaz naturel, le sel et, bien sûr, le pétrole brut.

La production de plastiques commence dans une raffinerie de pétrole par la distillation du pétrole brut : la distillation divise le pétrole brut en parties plus légères, appelées fractions. Chaque fraction est un mélange de chaînes d'hydrocarbures dont la taille moléculaire et la structure varient.

Le composé clé pour la fabrication des plastiques est l'une de ces fractions, le naphta. Le naphta est décomposé et converti en éthylène, propylène, butylène et autres composés hydrocarbonés selon un processus de craquage thermique.

La plupart des matières premières utilisées à cet effet proviennent du raffinage du pétrole brut, mais des matières premières issues de sources renouvelables sont également utilisées dans certains cas. À peine 4 % des produits pétroliers bruts issus de la raffinerie vont sur le marché des plastiques, ce qui est contraire aux estimations.

Les plastiques sont créés en combinant de nombreux éléments constitutifs de base connexes, appelés monomères, avec une liaison chimique.

La réaction de la combinaison de ces monomères pour former des chaînes longues ou des réseaux tridimensionnels est appelée polymérisation.

La polymérisation peut être classée en deux catégories :

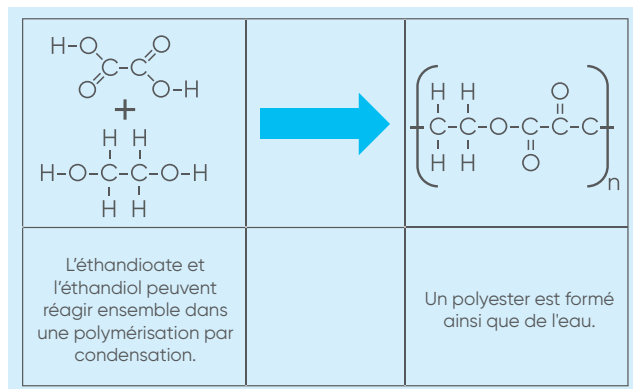
- Polymérisation par étapes ou par condensation.
- Polymérisation par croissance en chaîne ou par addition.

Polymérisation par étapes ou par condensation.

Dans la polymérisation par étapes lorsque les molécules de monomères réagissent pour former une liaison, ils remplacent d'autres qui sont considérés comme le sous-produit de la réaction.

Le type de polymères qui résultent d'une polymérisation par condensation dépend des monomères : si le monomère n'a qu'un seul groupe réactif, les polymères auront un faible poids moléculaire, si les monomères ont deux groupes d'extrémité réactif, nous obtiendrons des polymères linéaires. Les monomères avec des groupes réactifs supérieurs à deux donnent un polymère avec un réseau tridimensionnel.

Le polyester et le nylon sont deux polymères de condensation courants, mais les protéines et les glucides sont également le résultat d'une polymérisation par condensation.

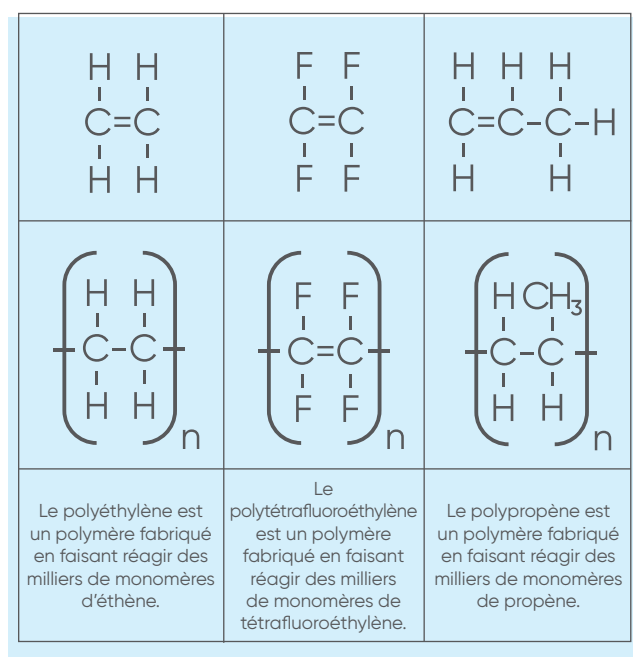


Polymérisation par croissance en chaîne ou par addition

En polymérisation par addition les monomères répétitifs se réorganisent pour former une nouvelle structure linéaire ou ramifiée selon le type de monomère, mais il n'y a pas de perte d'un atome ou d'une molécule.

Il existe quatre types de polymérisation par addition qui sont :

- Polymérisation radicalaire : le polymère est formé par l'ajout successif d'éléments constitutifs des radicaux libres. Ils se rejoignent dans une chaîne successive lors de la polymérisation radicalaire ;
- polymérisation cationique : un initiateur cationique transfère la charge à un monomère qui devient alors réactif. Ce monomère réactif réagit de la même manière avec les autres monomères pour former un polymère ;
- polymérisation vinylique anionique : implique la polymérisation de polymères vinyliques en particulier avec un groupe électro-négatif fort pour former une réaction en chaîne ;
- polymérisation coordinative : elle a été développée par deux scientifiques Ziegler et Natta qui ont remporté un prix Nobel pour leur travail. Ils ont développé un catalyseur permettant de contrôler la polymérisation radicalaire. Il produit un polymère qui a plus de densité et de résistance.



1.1.7.2 Injection et extrusion

Les plastiques sont traités à l'aide de diverses machines de traitement du plastique qui transforment le plastique brut, principalement sous forme granulaire, en produits semi-finis.

La section suivante esquisse brièvement les machines de traitement du plastique les plus importantes et explique leurs fonctions et applications en termes simples.

Différentes méthodes de fabrication du plastique sont utilisées pour les systèmes de tuyauterie Aliaxis.

Une différence est faite entre le moulage par injection et l'extrusion : pour la fabrication des raccords et des vannes, on utilise le moulage par injection, pour les tuyaux la technique d'extrusion.

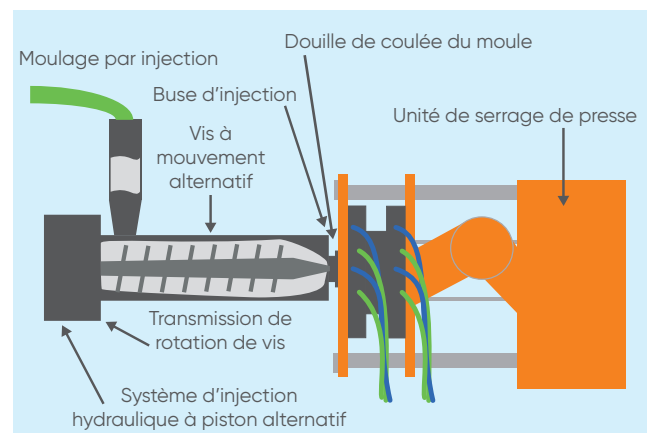
Moulage par injection

Le moulage par injection est l'une des techniques de production de plastique les plus courantes qui incorpore des thermoplastiques. Il est basé sur la méthode de moulage sous pression en fusion et se compose de l'unité de serrage et de l'unité d'injection.

Le processus

La résine plastique est introduite dans la trémie, qui libère ensuite les granulés de plastique de la section d'alimentation dans la section de compression, où la chaleur de frottement est créée. Le plastique est poussé à travers une chambre allongée à l'aide d'une vis à mouvement alternatif. Le plastique liquide fondu, appelé matière fondue, est forcé à travers la buse dans un moule fermé, refroidi/chaud. La fonte peut être facilement moulée dans la forme et la taille désirées du moule.

Lorsque le moule est rempli et mis sous pression, une partie du processus de refroidissement est effectuée ici. Enfin, le cylindre d'éjection ou les goupilles d'éjection détachent le moule et commencent à pousser la pièce hors du moule sur un convoyeur.



Avantages

Les avantages de ce processus sont :

- cette méthode est utilisée en particulier pour la réalisation d'objets tridimensionnels ;
- la réduction des déchets et la possibilité de recycler les matériaux;
- capable de créer des caractéristiques détaillées et une géométrie complexe ;
- améliore la résistance de la pièce après sa moulure.

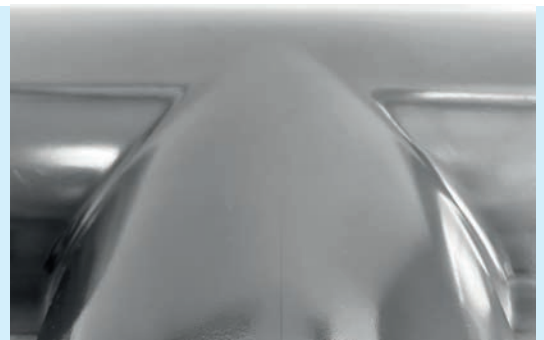
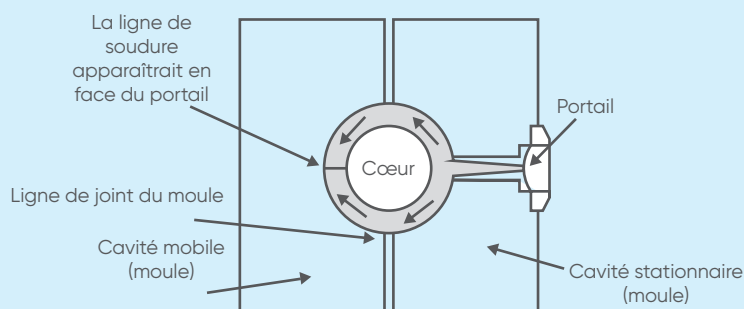
Ligne de soudure (couture) sur des raccords

Le processus de moulage par injection peut souvent laisser une ligne résiduelle/ligne de soudure, d'où les pièces de moule se rejoignent.

En d'autres termes, une ligne de soudure est une ligne visible sur un raccord moulé, à la fois à l'intérieur et à l'extérieur, où la matière plastique fusionne pendant l'opération de moulage par injection.

Une ligne de soudure ne doit pas être confondue avec la ligne de joint du moule qui apparaît également sur un raccord moulé : la ligne de séparation est formée par les deux moitiés d'une cavité de moule de contact. Les lignes de joint sont généralement beaucoup plus visibles que les lignes de soudure.

Généralement, cette ligne n'influence pas la forme globale ou la taille du composant, cependant, en fonction de la finition du moule, de la forme du matériau, de la couleur du matériau et des conditions de traitement, elle peut être visuellement visible à des degrés divers. Il existe de nombreuses façons de rendre cette ligne moins visible sur le composant moulé, mais comme le moulage par injection repose sur un moule qui comporte deux parties, il ne peut jamais être complètement éliminé.



Extrusion

Cette technique extrude ou force les matériaux à travers une matrice pour créer des formes avec des sections transversales constantes comme les sections de fenêtre, les pailles à boire, les tuyaux et les joints.

Le processus

Le matériau à fondre est introduit dans l'extrudeuse, généralement sous forme granulaire. Souvent, des vis trois zones sont utilisées dans les extrudeuses monovis standardisées, ainsi que des vis de barrière.

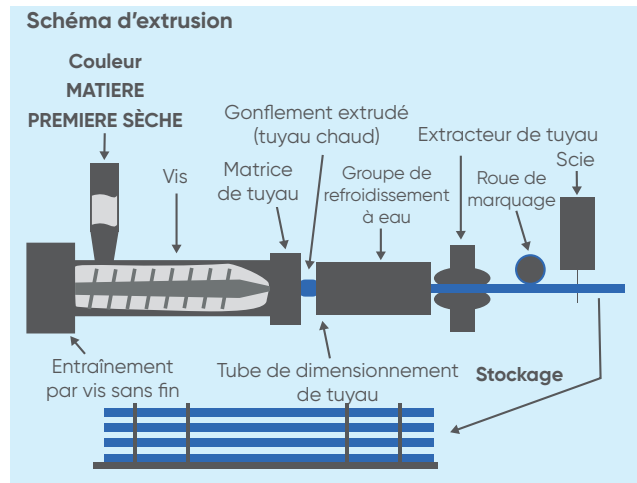
Le matériau plastifié est pressé à travers la matrice et refroidi dans une section de dimensionnement et de refroidissement.

À la suite de ce processus, le plastique, en particulier les chaînes de macromolécules, est forcé à s'arranger et à s'aligner. Dans la terminologie technique, cela s'appelle « orientation ». L'extrusion implique un processus continu, ininterrompu sauf si la machine est éteinte ou n'est pas fournie avec de nouveau matériau.

Avantages

Certains des avantages du processus d'extrusion sont :

- façonnage des matériaux durs et fragiles ;
- bien adapté à la production de sections atypiques ;
- garantit une finition lisse du produit final ;
- modifications du produit après son retrait de l'extrudeuse ;
- des formes complexes peuvent être produites avec différentes épaisseurs, textures et couleurs.



Outre le processus de moulage par injection et d'extrusion, d'autres méthodes sont également disponibles pour le traitement des plastiques. Par exemple, l'impression 3D et le traitement de moulage par compression.

Impression 3D

L'impression 3D est parfois appelée fabrication additive. L'impression 3D pourrait être utile pour réaliser les prototypes du modèle et est une technologie évolutive offrant divers avantages. L'un des principaux avantages de l'impression 3D est la capacité à produire des formes très complexes ou des géométries qui seraient autrement compliquées ou non rentables à construire à la main, en moulant, y compris des pièces creuses ou des pièces avec des structures internes de treillis pour réduire le poids.

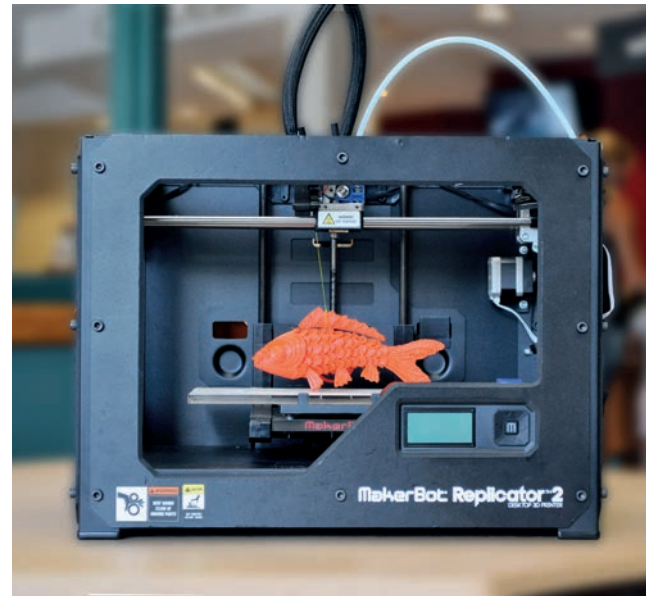
Le processus

Un logiciel crée un design d'objet tandis que l'imprimante 3D crée l'objet en ajoutant couche après couche de matériau jusqu'à ce que la forme de l'objet soit formée.

La dépôt de fil fondu, FDM en anglais, est le procédé d'impression 3D le plus courant utilisé de nos jours



L'image à gauche montre un exemple de produit réalisé à l'aide d'une imprimante 3D : la grille noire derrière la position jaune de l'interrupteur de fin de course linéaire FIP.



Avantages

Certains des avantages du procédé d'impression 3D sont :

- très utile pour les tests de produits car il offre une véritable sensation de prototype pour le tester physiquement et trouver les défauts de conception ;
- les produits aux formes et géométries complexes peuvent être facilement réalisés en utilisant l'impression 3D ;
- moins de production de déchets ;
- rentable lorsque cette méthode est adoptée pour un grand nombre de productions par lots ;
- écologique : réduction de l'empreinte carbone ;
- moins cher que toute autre solution de fabrication.

Moulage par compression

Le moulage par compression est un procédé courant utilisé pour les matériaux thermoplastiques et thermodurcissables. Cependant, ce procédé est principalement utilisé pour les matériaux thermodurcissables dans les industries. En règle générale, les composés thermodurcissables tels que les polyesters, les composés phénoliques, les mélamines et autres systèmes de résine sont moulés par compression en utilisant des couches alternées de différents matériaux de renforcement pour créer un produit final.

Le processus

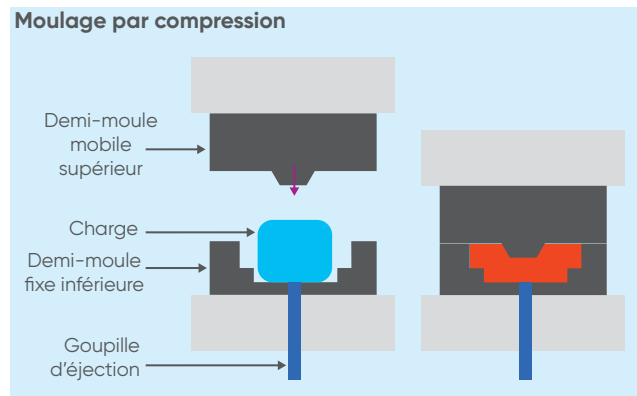
Dans le moulage par compression, la matière plastique (sous forme de granulés ou de pastilles) est placée dans une cavité de moule où elle est façonnée par chaleur et pression.

La chaleur et la pression forcent les matériaux dans toutes les zones du moule. Le cycle de chaleur et de pression du processus durcit le matériau et il peut ensuite être enlevé.

Avantages

Certains des avantages du processus de moulage par compression sont :

- produit une contrainte résiduelle extrêmement faible ou nulle ;
- peut fournir de grandes pièces de manière économique ;
- les coûts d'outillage sont relativement faibles ;
- plus approprié pour le traitement des matériaux thermodurcissables.



1.2 Polymères vinyles et styréniques

1.2.1 Polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U)

PVC (polychlorure de vinyle)

Le PVC est le troisième polymère plastique synthétique le plus produit au monde (après le polyéthylène et le polypropylène). Environ 40 millions de tonnes de PVC sont produites chaque année. Le polychlorure de vinyle pur est un solide blanc fragile. Il est insoluble dans l'alcool mais légèrement soluble dans le tétrahydrofurane.

Le PVC a été synthétisé en 1872 par le chimiste allemand Eugen Baumann après de longues recherches et expérimentations. Le polymère est apparu comme un solide blanc à l'intérieur d'un flacon de chlorure de vinyle qui avait été laissé sur une étagère à l'abri de la lumière du soleil pendant quatre semaines. Au début du 20^e siècle, le chimiste russe Ivan Ostromislensky et Fritz Klatte de l'entreprise chimique allemande Griesheim-Elektron ont tous deux tenté d'utiliser du PVC dans des produits commerciaux, mais les difficultés de transformation du polymère rigide, parfois fragile, ont contrarié leurs efforts. Waldo Semon et le B.F. Goodrich Company a développé une méthode en 1926 pour plastifier le PVC en le mélangeant avec divers additifs. Il en a résulté un matériau plus flexible et plus facile à traiter qui a rapidement atteint un usage commercial généralisé.

En général, le PVC contient environ 56 % de chlore. En fonction de l'ajout de certains ingrédients, différents types de PVC se forment : chez Aliaxis, nous proposons du PVC-U (PVC non plastifié) et du PVC-C (PVC chloré) à des normes élevées pour répondre aux attentes du client.

Les différentes formulations obtenues par l'ajout d'additifs et de stabilisateurs adaptés font du PVC-U le matériau plastique le plus polyvalent, ce qui lui permet d'être adapté à de nombreuses applications impliquant des fluides sous pression.







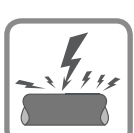
L'PVC-U représente l'une des solutions les plus économiques dans le domaine des matériaux thermoplastiques et métalliques pour résoudre les problèmes dans le transport des fluides chimiques corrosifs, et dans la distribution et le traitement de l'eau en général.



En 1954, FIP a été la première entreprise à produire des valves en plastique PVC-U.

Propriétés du PVC-U

| | |
|---|-------------------------|
| Densité | |
| Méthode d'essai | ISO 1183 - ASTM D792 |
| Unité de mesure | g/cm ³ |
| Valeur | 1,38 |
| Module d'élasticité | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 3200 |
| Résistance aux chocs Charpy à 23 °C | |
| Méthode d'essai | ASTM D256 |
| Unité de mesure | kJ/m ² |
| Valeur | 5-8 |
| Allongement ultime | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 50 |
| Dureté Shore | |
| Méthode d'essai | ISO 868 |
| Unité de mesure | Shore D |
| Valeur | 80 |
| Résistance à la traction | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 50 |
| Point de ramollissement Vicat (B/50) | |
| Méthode d'essai | ISO 306 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 76 |
| Température de fléchissement sous charge HDT (0,46 N/mm²) | |
| Méthode d'essai | ASTM D648 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 86 |
| Conductivité thermique à 23 °C | |
| Méthode d'essai | DIN 52612-1 - ASTM C177 |
| Unité de mesure | W/(m.°C) |
| Valeur | 0,16 |
| Coefficient de dilatation thermique linéaire | |
| Méthode d'essai | DIN 53752 - ASTM D696 |
| Unité de mesure | m/(m.°C) |
| Valeur | 8 x 10 ⁻⁵ |
| Indice limite d'oxygène | |
| Méthode d'essai | ISO 4859-1 - ASTM D2863 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 43 |

| Propriétés | | Avantages |
|--|---|--|
| Résistance aux UV et aux intempéries |  | L'PVC-U possède une très bonne capacité de résistance aux intempéries. La lumière du soleil, le vent et la pluie n'endommagent guère le matériau. Cependant, dans les applications critiques, le matériau doit être protégé de la lumière excessive du soleil. Pour des mesures de sécurité appropriées, contacter le représentant Aliaxis Piping Systems responsable. |
| Résistance chimique |  | Les résines PVC-U ont une excellente résistance chimique à la plupart des acides et des alcalis, à la paraffine/aux hydrocarbures aliphatiques et aux solutions salines. Il n'est pas recommandé pour le transport des composés organiques polaires, y compris certains types de solvants chlorés et aromatiques. Les résines PVC-U sont également entièrement compatibles avec le transport de denrées alimentaires, d'eau déminéralisée, d'eau potable et d'eau non conditionnée, comme le prévoient les normes nationales et internationales en vigueur. Pour des applications spécifiques, voir le Guide de résistance chimique d'Aliaxis. |
| Bonnes propriétés thermiques et mécaniques |  | Les résines PVC-U ont une bonne stabilité thermique dans la plage de température comprise entre 0 °C et 60 °C et sont généralement utilisées dans des applications industrielles et d'approvisionnement en eau, garantissant une excellente résistance mécanique, une rigidité suffisante à cette fin, des coefficients d'expansion thermique réduits et des facteurs de sécurité élevés en service. Les résines PVC-U se caractérisent par leur faible perméabilité à l'oxygène et une absorption d'eau réduite (0,1 % à 23 °C). La stabilité thermique du matériau entraîne une bonne résistance aux chocs et la capacité à supporter des pressions de service de 4, 6, 10, 16 bars à 20 °C selon la pression nominale spécifique du produit. |
| Résistance au vieillissement |  | Les résines PVC-U ont une résistance à la rupture circonférentielle élevée (résistance minimale requise MRS ≥ 25,0 MPa à 20 °C) et permettent des durées de vie longues sans présenter de signes de détérioration physico-mécanique significative. |
| Résistance à l'abrasion |  | Avec de nouvelles techniques d'extrusion, le mélange de résines PVC-U, de lubrifiants, de modificateurs et de nombreux additifs dans les composés d'aujourd'hui permet d'obtenir un produit de tuyauterie résilient avec une résistance exceptionnelle à l'abrasion. PVC-U est souvent choisi comme le matériau de tuyauterie pour le transport dans le champ abrasif. Par rapport à d'autres matériaux, la résistance naturelle à l'abrasion du vinyle améliore considérablement la durée de vie. Par exemple, dans le transport des boues minières et des boues de sable, l'installation de tuyaux en vinyle a entraîné beaucoup moins d'abrasion, une réduction drastique de l'entretien et une amélioration de la longévité de l'équipement par rapport aux tuyaux traditionnels en métal ou en acier recouverts de caoutchouc. |
| Comportement à la combustion |  | Les composés PVC-U sont également résistants à la combustion avec une température de point d'éclair de 399 °C. Une activité de combustion favorable est due à la teneur élevée en chlore de l'PVC-U. L'auto-inflammation ne se produit qu'à 450 °C en raison d'effets de température. Exposé à une flamme nue, l'PVC-U brûle, mais s'éteint juste après le retrait de la flamme. L'indice d'oxygène (LOI) s'élève à 43 %. On sait qu'une matière plastique est inflammable avec un indice d'oxygène inférieur à 21 %. Étant donné que la combustion du PVC-U produit du chlorure d'hydrogène qui, en liaison avec l'eau, forme un acide corrosif, un nettoyage immédiat des zones sensibles à la corrosion est nécessaire après une combustion. Grâce au coefficient de conductivité thermique réduit ($\lambda = 0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{C})$), l'utilisation de résine PVC-U pour le transport de fluides chauds réduit la perte de chaleur et élimine pratiquement tous les problèmes de condensation. Le danger que représente l'acide chlorhydrique (HCl) pour les travailleurs est négligeable, car son odeur âcre permet une fuite précoce des gaz de combustion toxiques, qui sont principalement constitués de monoxyde de carbone inodore. |
| Propriétés électriques |  | L'PVC-U a une résistivité volumique spécifique supérieure à $10^{13} \Omega\cdot\text{m}$ et possède de bonnes propriétés isolantes. |

1.2.2 Polychlorure de vinyle chloré (PVC-C)







En 1986, FIP a été la première société européenne à produire un système intégré de vannes, raccords et tuyaux appelé TemperFIP100®. Il en a résulté la création de toute une série de produits pour les usines industrielles. Aujourd'hui, la production de la ligne TemperFIP de tuyaux, raccords et vannes d'extrusion et de moulage par injection utilise des résines PVC-C CORZAN™, spécialement conçues pour des applications industrielles.

Les résines PVC-C sont entièrement compatibles pour le transport d'eau vers les stations d'épuration, ainsi que pour le transport d'eau déminéralisée et d'eau thermique.

Le système PVC-C TemperFIP100® constitue l'une des solutions les plus économiques dans le domaine des matériaux thermoplastiques, capable de résoudre les difficultés rencontrées dans les lignes de processus et de service transportant des fluides corrosifs chauds dans le secteur industriel, ainsi que dans les réseaux de distribution d'eau chaude et d'eau froide domestiques.

Propriétés du PVC-C

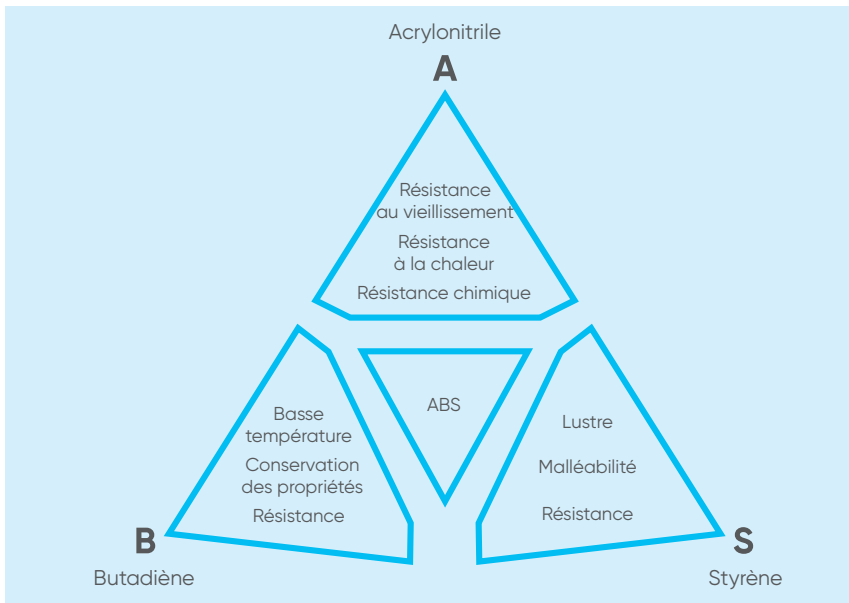
| | |
|---|-------------------------|
| Densité | |
| Méthode d'essai | ISO 1183 - ASTM D792 |
| Unité de mesure | g/cm ³ |
| Valeur | 1,50 |
| Module d'élasticité | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 2700 |
| Résistance aux chocs Charpy à 23 °C | |
| Méthode d'essai | ASTM D256 |
| Unité de mesure | kJ/m ² |
| Valeur | 8 |
| Allongement ultime | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 50 |
| Dureté Shore | |
| Méthode d'essai | ISO 868 |
| Unité de mesure | Shore D |
| Valeur | 80 |
| Résistance à la traction | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 50 |
| Point de ramollissement Vicat (B/50) | |
| Méthode d'essai | ISO 306 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 76 |
| Température de fléchissement sous charge HDT (0,46 N/mm²) | |
| Méthode d'essai | ASTM D648 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 86 |
| Conductivité thermique à 23 °C | |
| Méthode d'essai | DIN 52612-1 - ASTM C177 |
| Unité de mesure | W/(m.°C) |
| Valeur | 0,16 |
| Coefficient de dilatation thermique linéaire | |
| Méthode d'essai | DIN 53752 - ASTM D696 |
| Unité de mesure | m/(m.°C) |
| Valeur | 6,7 x 10 ⁻⁵ |
| Indice limite d'oxygène | |
| Méthode d'essai | ISO 4859-1 - ASTM D2863 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 60 |

| Propriétés | Avantages |
|--|---|
| Résistance aux UV et aux intempéries |  <p>PVC-C possède une très bonne capacité de résistance aux intempéries. La lumière du soleil, le vent et la pluie n'endommagent guère le matériau. Cependant, dans les applications critiques, le matériau doit être protégé de la lumière excessive du soleil. Pour des mesures de sécurité appropriées, contacter le représentant Aliaxis Piping Systems responsable.</p> |
| Résistance chimique |  <p>L'utilisation de la résine CORZAN™, obtenue par chloration du PVC homopolymère, peut garantir une résistance chimique élevée contre les acides inorganiques forts, les solutions salines et alcalines et les hydrocarbures paraffiniques. En outre, il possède une résistance supérieure au chlore à des températures élevées. Il n'est pas recommandé pour le transport des composés organiques polaires, y compris certains types de solvants chlorés et aromatiques. Sa résistance à la corrosion électrochimique garantit une excellente fiabilité pour le transport d'eau chaude sanitaire dans les systèmes conventionnels et de panneaux solaires.</p> |
| Propriétés thermiques et mécaniques optimales |  <p>Le PVC-C TemperFIP100® est généralement utilisé à des températures comprises entre 0 °C et 85 °C et possède des coefficients de dilatation thermique extrêmement faibles, garantissant ainsi une excellente résistance mécanique capable de résister à des pressions de service de l'ordre de 10 à 16 bars à 20 °C. Son excellente stabilité thermique (valeur Vicat selon EN ISO 15493) ainsi que son comportement optimal de fluage, permettent de l'utiliser à des températures jusqu'à environ 95 °C pour des applications spéciales et de satisfaire des exigences de performances particulières. Son coefficient de conductivité thermique réduit ($\lambda = 0,16 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$ selon DIN 52612-1 ou ASTM C177) élimine pratiquement tous les problèmes de condensation et réduit la perte de chaleur lors du transport de fluides chauds.</p> |
| Résistance au vieillissement |  <p>Les résines PVC-C se caractérisent par leur faible perméabilité à l'oxygène et une absorption d'eau réduite (0,07% à 23 °C). Les propriétés physiques du matériau le rendent très résistant au vieillissement et à l'agression par les agents atmosphériques (rayonnement UV) grâce à la présence de dioxyde de titane dans le composé. Une fois correctement sélectionnés pour l'application et correctement installés, les produits PVC-C offrent des années de service sans entretien. Nos matériaux ne rouillent pas, ne piquent pas, ne s'écaillent pas et ne se corrodent pas sur les surfaces intérieures ou extérieures. En fait, les systèmes de tuyauterie thermoplastique fonctionnent avec succès depuis plus de 45 ans dans une variété d'applications industrielles exigeantes.</p> |
| Résistance à l'abrasion |  <p>Avec de nouvelles techniques d'extrusion, le mélange de résines PVC-C avec des lubrifiants, des modificateurs et de nombreux additifs dans les composés d'aujourd'hui permet d'obtenir un produit de tuyauterie résilient avec une résistance exceptionnelle à l'abrasion. Comme matériau de tuyauterie pour le transport dans le champ abrasif, le PVC et le PVC-C sont fréquemment choisis. Par rapport à d'autres matériaux, la résistance naturelle à l'abrasion du vinyle améliore considérablement la durée de vie. Les vinyles surpassent d'autres matériaux, comme l'acier, dans de nombreuses utilisations. Par exemple, dans le transport des boues minières et des boues de sable, l'installation de tuyaux en vinyle a entraîné beaucoup moins d'abrasion, une réduction drastique de l'entretien et une amélioration de la longévité de l'équipement par rapport aux tuyaux traditionnels en métal ou en acier recouverts de caoutchouc.</p> |
| Comportement à la combustion |  <p>Le PVC-C présente un comportement de combustion remarquablement bon sans l'inclusion de retardateurs de flamme en raison de sa teneur élevée en chlore. À des températures supérieures à 400 °C, le PVC-C s'enflamme spontanément. Exposé à une flamme nue, le PVC-C brûle, mais s'éteint instantanément lorsque la flamme est enlevée. L'indice d'oxygène est de 60 % (le plastique est connu pour être inflammable avec moins de 21 % d'oxygène). Étant donné que la combustion du PVC-C produit du chlorure d'hydrogène qui, en combinaison avec l'eau, forme un acide corrosif, un nettoyage immédiat des zones sensibles à la corrosion par l'eau contenant des détergents est important après une combustion. Le risque pour les travailleurs dû à l'acide chlorhydrique est faible et son odeur âcre s'identifie même aux concentrations les plus faibles (1 ppm à 5 ppm), permettant une fuite précoce des gaz de combustion nocifs, principalement du monoxyde de carbone inodore. L'eau, le dioxyde de carbone ou la mousse sont des substances de lutte contre l'incendie privilégiées.</p> |
| Propriétés électriques |  <p>Le PVC-C est non conducteur, tout comme tous les thermoplastiques non modifiés. Dans les systèmes PVC-C, cela suggère qu'aucune corrosion électrochimique n'a lieu. L'PVC-C a une résistivité volumique spécifique supérieure à $10^{13} \Omega\cdot\text{m}$ et possède de bonnes propriétés isolantes.</p> |

1.2.3 Acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS)

L'acrylonitrile butadiène styrène (ABS) est un polymère thermoplastique courant. Sa température de transition vitreuse est d'environ 105 °C. L'ABS est amorphe et n'a donc pas de véritable point de fusion.








L'ABS est dérivé de l'acrylonitrile, du butadiène et du styrène. L'acrylonitrile est un monomère synthétique produit à partir du propylène et de l'ammoniac ; le butadiène est un hydrocarbure pétrolier obtenu à partir de la fraction C4 du craquage à la vapeur ; le styrène monomère est produit par déshydrogénation de l'éthylbenzène – un hydrocarbure obtenu dans la réaction de l'éthylène et du benzène.



Les proportions peuvent varier de 15 à 35 % d'acrylonitrile, 5 à 30 % de butadiène et 40 à 60 % de styrène. Parce que les groupes nitrile des chaînes adjacentes sont polaires, ils s'attirent et relient les chaînes entre elles, ce qui rend l'ABS plus résistant que le polystyrène pur. Le styrène confère au plastique une surface brillante et imperméable. Le polybutadiène, une substance semblable au caoutchouc, offre une ténacité même à basse température. Pour la plupart des applications, l'ABS peut être utilisé entre -40 °C et 60 °C, car ses propriétés mécaniques varient en fonction de la température. Les propriétés proviennent de la ténacité du caoutchouc, dans lequel de fines particules d'élastomère sont réparties dans la matrice rigide.

Propriétés du ABS

| | |
|---|--------------------------------------|
| Densité | |
| Méthode d'essai | EN ISO 1183-1 |
| Unité de mesure | g/cm ³ |
| Valeur | 0,925 |
| Module d'élasticité | |
| Méthode d'essai | ISO 527, ASTM D638 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 2000 |
| Résistance aux chocs Charpy à 23 °C | |
| Méthode d'essai | ISO 179/1e A, ISO 180/1A - ASTM D256 |
| Unité de mesure | kJ/m ² |
| Valeur | 20 |
| Allongement ultime | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 50 |
| Dureté Shore | |
| Méthode d'essai | ISO 868 |
| Unité de mesure | Shore D |
| Valeur | 100 |
| Résistance à la traction | |
| Méthode d'essai | ISO 527, ASTM D638 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 40 |
| Point de ramollissement Vicat (B/50) | |
| Méthode d'essai | ISO 306 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | ≥87 |
| Température de fléchissement sous charge HDT (0,46 N/mm²) | |
| Méthode d'essai | ISO 75, ASTM D648 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 100 |
| Conductivité thermique à 23 °C | |
| Méthode d'essai | DIN 52612-1 - ASTM C177 |
| Unité de mesure | W/(m.°C) |
| Valeur | 0,19 |
| Coefficient de dilatation thermique linéaire | |
| Méthode d'essai | DIN 53752 - ASTM D696 |
| Unité de mesure | m/(m.°C) |
| Valeur | 10 x 10 ⁻⁵ |
| Indice limite d'oxygène | |
| Méthode d'essai | ISO 4859-1 - ASTM D2863 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 19 |

| Propriétés | Avantages | |
|--|---|---|
| Résistance aux UV et aux intempéries |  | <p>Si, sur une longue période, un système de tuyauterie en ABS est exposé à la lumière directe du soleil, sa surface perd de sa brillance et la couleur passe au gris clair. La perte de résistance qui en résulte n'entraîne généralement aucun problème dans les zones climatiques modérées en raison de la résistance très élevée de l'ABS aux chocs. Nous recommandons néanmoins de protéger la surface de la lumière directe du soleil pour des conditions météorologiques extrêmes ou des charges très élevées sur le système de tuyauterie.</p> |
| Résistance chimique |  | <p>L'ABS a une bonne résistance à la dégradation chimique, soit par des agents alcalins ou acides. La stabilité chimique de l'ABS réside dans les fortes liaisons chimiques telle qu'apparue dans sa structure : l'attraction polaire entre les groupes de nitriles, les chaînes aromatiques du groupe de styrène et la colonne vertébrale des hydrocarbures. Les fortes liaisons chimiques fournissent également un degré de stabilité thermique au plastique, l'empêchant de se décomposer même à des températures élevées. Pour la plupart des applications, l'ABS peut être utilisé entre -40 °C et 60 °C.</p> |
| Propriétés thermiques et mécaniques optimales |  | <p>Dans les systèmes de réfrigération à eau glacée et à boucle secondaire, les propriétés thermiques sont très importants pour l'efficacité d'un système. Les matériaux traditionnels comme le cuivre ou l'acier sont de très bons conducteurs et ont une conductivité thermique de respectivement 413 W/(m.K) et 54 W/(m.K). Cette propriété inhérente au matériau les amène à conduire la chaleur très efficacement, réduisant ainsi l'efficacité d'un système de refroidissement. Un autre problème courant lors de l'utilisation de matériaux conducteurs pour les applications de refroidissement est la nécessité d'un revêtement pour empêcher la transpiration des tuyaux. L'ABS est un matériau non conducteur qui agit comme un isolant ayant une conductivité thermique de 0,25 W/(m.K). Cette propriété du matériau permet une plus grande efficacité du processus lorsqu'il est utilisé dans un système de refroidissement et élimine souvent le besoin de gainage pour éviter la transpiration des tuyaux. S'il y a une grande différence de température entre le liquide de refroidissement et la température extérieure et/ou si l'humidité relative est élevée, un revêtement peut également être nécessaire pour l'ABS.</p> |
| Résistance à l'abrasion |  | <p>En plus d'une excellente résistance aux chocs, les composants du caoutchouc butadiène de l'ABS présentent une excellente résistance à l'abrasion. En raison de cette propriété, les systèmes de tuyauterie en ABS sont utilisés depuis longtemps pour les solides et les boues tels que ceux que l'on trouve dans l'exploitation minière. Par rapport aux métaux, l'ABS offre des avantages importants pour bon nombre de ces applications.</p> |
| Mode de rupture |  | <p>L'ABS est un matériau ductile dont le mode de rupture ressemble au cuivre souple. La rupture est due à une déformation ductile et à une déchirure et est de nature localisée, ce qui minimise la perte du contenu de la canalisation. En revanche, la rupture d'un matériau rigide s'accompagne d'une propagation rapide des fissures et d'une fragmentation dangereuse des matériaux. Selon les conditions, ce type de rupture à fragmentation rapide peut déchirer de nombreuses longueurs de tuyau, y compris les vannes et les raccords. Ce mode de rupture peut être accentué par des conditions défavorables telles qu'un coup de bélier, une exposition prolongée à la lumière du soleil, des contenus froids ou des températures ambiantes froides et la non-compatibilité de la canalisation avec son contenu (par exemple air comprimé, gaz ou produits chimiques inadaptés).</p> |
| Comportement à la combustion |  | <p>À des températures supérieures à 450 °C, l'ABS s'enflamme spontanément. Lorsqu'il est exposé à une flamme nue, l'ABS brûle et le matériau continue à brûler même après avoir enlevé la flamme. L'indice d'oxygène se situe à 19 %.</p> <p>Le monoxyde de carbone et l'eau se forment lorsque l'ABS brûle, mais principalement du dioxyde de carbone. Des essais ont montré que la toxicité relative des produits de combustion est similaire, voire inférieure, à celle des produits naturels tels que le bois, le coton et la laine. Les gaz de combustion de l'ABS ne sont pas corrosifs. Néanmoins, la combustion forme de la suie. Les agents de lutte contre l'incendie appropriés sont l'eau, la mousse et le dioxyde de carbone.</p> |
| Propriétés électriques |  | <p>L'ABS n'est pas conducteur, comme la plupart des thermoplastiques. Dans les systèmes ABS, cela implique qu'aucune corrosion électrochimique n'a lieu. L'ABS offre de bonnes propriétés d'isolation électrique. $3,5 \cdot 10^{14} \Omega \cdot m$ est la résistance volumique spécifique.</p> |

1.3 Polyoléfines et polymères fluorés

Polyoléfine

Une polyoléfine est un type de polymère fabriqué à partir d'une simple oléfine comme monomère. Le polyéthylène, par exemple, est une polyoléfine produite par polymérisation de l'oléfine éthylène. Le polypropylène est une autre polyoléfine courante fabriquée à partir de l'oléfine propylène.

La plupart des polyoléfines produites à l'échelle industrielle sont réalisées par polymérisation à l'aide de catalyseurs. Il existe quatre grands types de catalyseurs de polyoléfines, à savoir : les catalyseurs à base de chrome, les catalyseurs Ziegler-Natta, les catalyseurs métallocènes à site unique (SSC) et les SSC post-métallocène.

Les quatre catégories sont importantes pour le polyéthylène, mais les trois dernières catégories de catalyseurs sont beaucoup plus pertinentes pour les polypropylènes.

Polymères fluorés

Les polymères fluorés présentent des propriétés très intéressantes en ce qui concerne leurs stabilités chimiques, thermiques et électriques ; leur inertie vis-à-vis des acides, des bases, des solvants et des huiles ; leur faible constante diélectrique et leur faible indice de réfraction ; leur haute résistance au vieillissement et à l'oxydation ; et leur faible tension superficielle, ce qui les rend très hydrophobes par nature. En outre, généralement, ils ne sont pas inflammables, ce qui est un aspect particulièrement fascinant. Parce que les polymères fluorés contiennent une large gamme de matériaux thermoplastiques et élastomères, allant du semi-cristallin au entièrement amorphe, ils sont utilisés dans diverses applications.

1.3.1 Polypropylène (PP)

Le polypropylène est une résine thermoplastique et partiellement cristalline appartenant à la famille des polyoléfines.

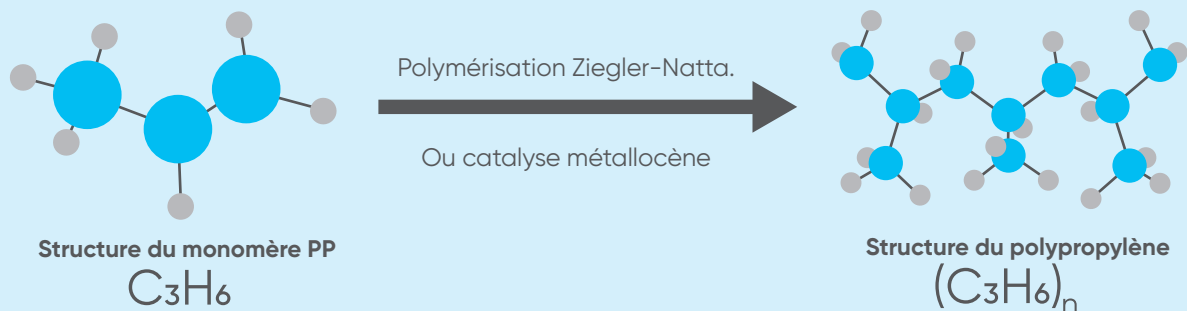
Le PP est obtenu par la polymérisation en chaîne du propylène (C_3H_6) à l'aide de catalyseurs.

Pour une utilisation dans les systèmes de tuyauterie, la variante l'homopolymère de polypropylène (PP-H) de dernière génération, offre d'excellentes performances à des températures de travail allant jusqu'à 80 °C et une résistance élevée aux produits chimiques en raison des excellentes caractéristiques physiques et thermiques de la résine.

Le polypropylène est le deuxième plastique de base le plus produit après le polyéthylène.

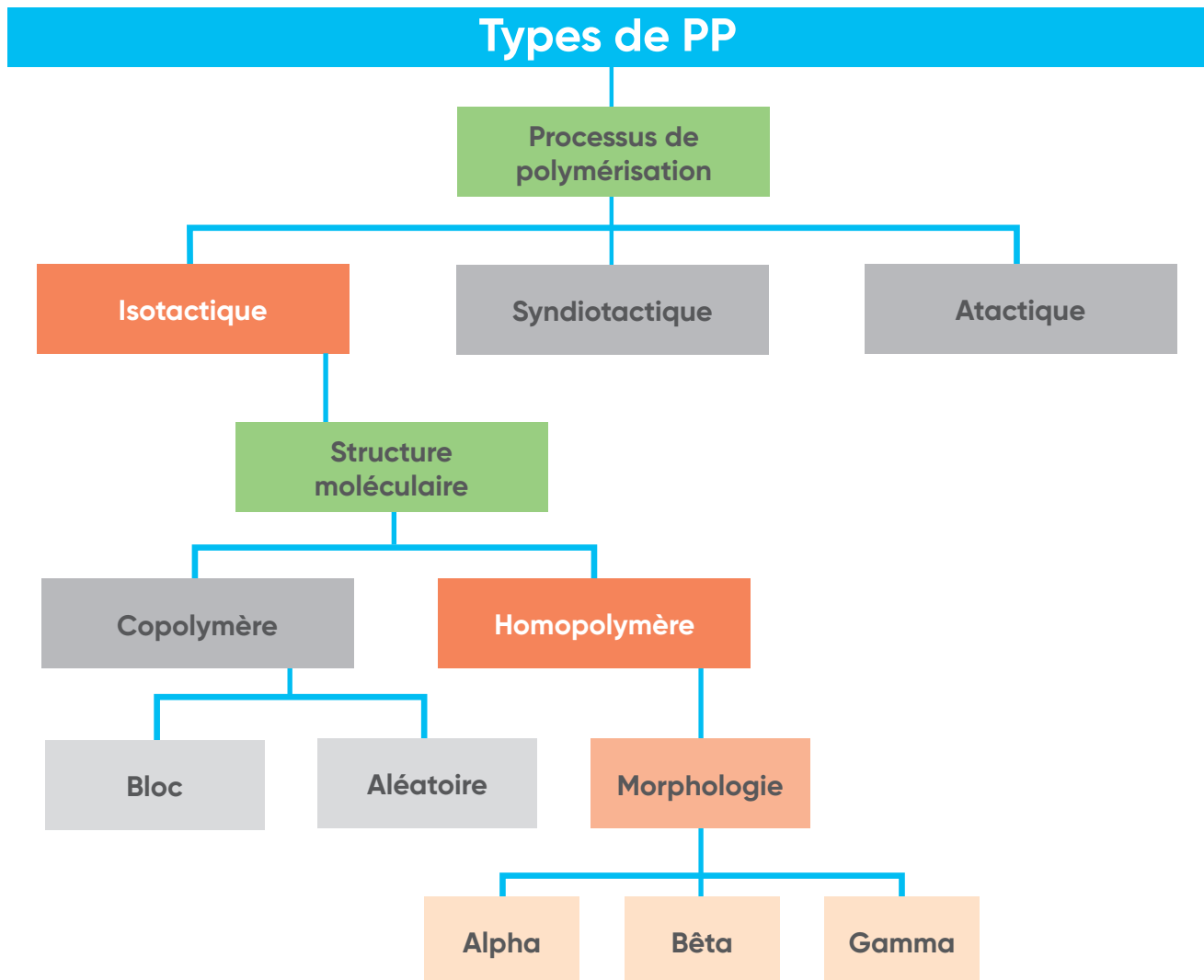
La formule chimique du polypropylène est $(C_3H_6)_n$, elle est dérivée de la polymérisation du monomère de propylène par :

- polymérisation Ziegler-Natta.
- polymérisation par catalyse métallocène.



Sur la base du processus de polymérisation et de la structure moléculaire, le polypropylène peut être classé dans de nombreux groupes.

L'arborescence ci-dessous pour polypropylène sera utile pour comprendre les différentes variétés de polypropylène.



La position du groupe méthyle dans la structure de base du polypropylène détermine à quel groupe il appartient :

- polypropylène atactique (aPP) ;
- polypropylène syndiotactique (sPP) ;
- polypropylène isotactique (iPP).

Le groupe méthyle ($-CH_3$) est aligné aléatoirement dans le cas du polypropylène atactique, en alternance avec le polypropylène syndiotactique et uniformément avec le polypropylène isotactique.

Le polypropylène isotactique a un haut degré de cristallinité, qui est de 30 à 60 % dans les biens de consommation.

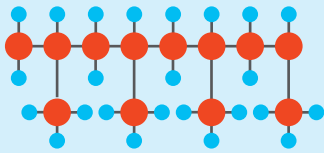
Le polypropylène syndiotactique est beaucoup moins cristallin, tandis que l'atactique appartient à la famille amorphe (non-cristalline) des matériaux.

Le PP atactique appartient à la famille amorphe et possède les propriétés mécaniques d'un caoutchouc non vulcanisé. Il est largement utilisé dans les industries pour le revêtement des supports de moquette, comme adhésif thermofusible et comme composé d'étanchéité.

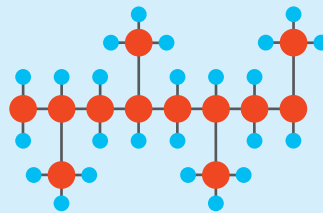
Le PP syndiotactique est inférieur à l'isotactique et comme il est difficile de le fabriquer, il n'est pas produit à l'échelle industrielle.

PP isotactique a un haut degré de cristallinité du fait de sa structure d'hélice. Il est largement utilisé dans la construction d'appareils d'ingénierie.

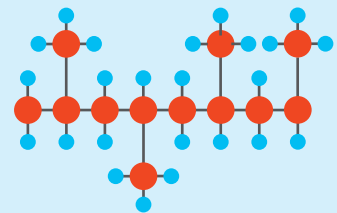
PP isotactique : Groupes CH_3 sur le même côté de la chaîne principale



PP syndiotactique : Les groupes CH_3 alternent strictement sur les côtés opposés de la chaîne principale



PP atactique : Répartition statistique des groupes CH_3 autour de la chaîne principale



L'image montre clairement la distinction entre PP atactique, syndiotactique et isotactique.

Basé sur la cristallinité, le PP isotactique peut se diviser en trois catégories.

Au fur et à mesure que la masse fondue refroidit, les molécules de PP isotactique commencent à s'organiser en cristaux au point de fusion. Trois symétries de cristaux sont connues pour le PP-H isotactique :

- α (monoclinique) : sans ajout d'agents nucléants ;
- β (pseudo-hexagonale) : avec ajout d'agents nucléants ;
- γ (triclinique) : la symétrie peut apparaître en PP de faible poids moléculaire à des températures élevées et n'a pas d'intérêt pour des applications pratiques dans les systèmes de tuyauterie.

Les différentes formes cristallines sont produites en ajoutant des agents nucléants spéciaux aux composés de moulage PP-H.

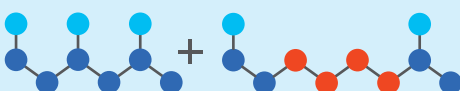
Basé sur l'unité propylène et éthylène-propylène dans la matrice PP, il peut être identifié en trois catégories différentes, à savoir :

- Homopolymère (PP-H) ;
- Copolymère aléatoire (PP-R) ;
- Copolymère à blocs (PP-B).

Homopolymère (PP-H)



Copolymère à blocs (PP-B)



Copolymère aléatoire (PP-R)



Matrice PP-H Propylène











Éthylène - Unité d'éthylène de caoutchouc de propylène



Cet image pourrait être utile pour comprendre la matrice du PP et ses unités propylène, éthylène-propylène en différents types de PP.

Propriétés du polypropylène (PP)

| | |
|---|---------------------------|
| Densité | |
| Méthode d'essai | DIN EN 1183 |
| Unité de mesure | g/cm ³ |
| Valeur | 0,91 |
| Module d'élasticité | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 1300 |
| Résistance aux chocs Charpy à 23 °C | |
| Méthode d'essai | DIN EN ISO 179, ASTM D256 |
| Unité de mesure | kJ/m ² |
| Valeur | 7 |
| Allongement ultime | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 60 |
| Dureté Shore | |
| Méthode d'essai | ISO 868 |
| Unité de mesure | Shore D |
| Valeur | 83 |
| Résistance à la traction | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 30 |
| Point de ramollissement Vicat (B/50) | |
| Méthode d'essai | ISO 306 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 152 |
| Température de fléchissement sous charge HDT (0,46 N/mm²) | |
| Méthode d'essai | ASTM D648 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 95-105 |
| Conductivité thermique à 23 °C | |
| Méthode d'essai | EN 12664 |
| Unité de mesure | W/(m.°C) |
| Valeur | 0,22 |
| Coefficient de dilatation thermique linéaire | |
| Méthode d'essai | DIN 53752 - ASTM D696 |
| Unité de mesure | m/(m.°C) |
| Valeur | 1,5 x 10 ⁻⁴ |
| Indice limite d'oxygène | |
| Méthode d'essai | ISO 4589-1 - ASTM D2863 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 17,5 |

| Propriétés | | Avantages |
|---|---|--|
| Résistance aux UV et aux intempéries |  | Toutes les polyoléfines sont soumises à une dégradation par rayonnement ultraviolet. Le PP n'est généralement pas adapté aux rayons UV à longue durée d'action et doit être protégé en conséquence dans toutes les applications. Pour les canalisations ayant des charges de pression internes similaires à un choc, la température de la paroi ne doit pas descendre en dessous de 5 °C. Pour des mesures de sécurité appropriées, contacter le représentant d'Aliaxis Piping Systems responsable. |
| Résistance chimique |  | Le PP gonfle dans les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques. La résistance chimique dépend de nombreux facteurs. Les influences les plus importantes sur la résistance chimique sont la température de fonctionnement, la durée d'exposition et la concentration et la composition des mélanges. Veuillez nous contacter au sujet de la résistance du matériau à des produits chimiques ou des mélanges chimiques spécifiques. |
| Propriétés thermiques et mécaniques optimales |  | PP-H et PP-R peuvent être utilisés dans une large plage de températures en ce qui concerne les applications dans la construction de canalisations en plastique. Dans de tels cas, la durée de l'effet de température devrait être la plus importante. À une température de fonctionnement comprise entre 0 °C et 95 °C, une durée de vie plus longue est obtenue. La résistance à la pression interne des tuyaux, des raccords et des vannes sous l'influence simultanée de la température se trouve dans les diagrammes PN du matériau respectif. |
| Résistance au vieillissement |  | Les résines PP-H et PP-R ont une résistance à la rupture circonférentielle élevée (résistance minimum requise MRS ≥ 10,0 MPa à 20 °C) et permettent des durées de vie longues sans présenter de signe de détérioration physico-mécanique importante. |
| Résistance à l'abrasion |  | Le PP a une très bonne résistance à l'abrasion. Il a une grande résistance à l'abrasion aux contraintes mécaniques, en particulier au frottement. Le PP est moins sensible à la corrosion dans les tuyaux exposés et enterrés. Grâce à sa longue durée de vie, il garantit des coûts d'exploitation extrêmement bas. |
| Mode de rupture |  | Le polypropylène est connu pour sa grande ductilité et sa résistance aux chocs. En raison de sa grande propriété ductile, le PP présente une rupture ductile la plupart du temps. Cependant, à des températures élevées, une rupture quasi-fragile peut se produire. |
| Comportement à la combustion |  | Le polypropylène est un plastique inflammable. Lorsqu'il est exposé à une flamme nue, il brûle et le matériau continue à brûler sans suie après avoir enlevé la flamme. L'indice d'oxygène se situe à 19 %. (Les matériaux dont la valeur LOI est inférieure à 21 % sont classés combustibles). Du monoxyde de carbone et de l'eau se forment lorsqu'il brûle, mais principalement du dioxyde de carbone. |
| Propriétés électriques |  | Le PP est un polymère d'hydrocarbures non polaire avec d'excellentes propriétés d'isolation. Cependant, comme les charges électriques ne peuvent pas être dissipées, le PP a également une tendance pour la charge électrostatique. Par conséquent, le PP peut ne pas être utilisé pour des applications présentant un risque d'ignition et/ou d'explosion, ou il peut être utilisé seulement sous certaines conditions. Il possède une valeur de résistance volumique spécifique de 10 ¹⁴ Ω·m. |

Homopolymère de polypropylène (PP-H)

Le type à usage général le plus couramment utilisé est l'homopolymère de polypropylène. Sous une forme semi-cristalline et stable, il est constitué uniquement de monomère de propylène. Les principales applications sont l'emballage, le textile, la santé, la tuyauterie, l'automobile et l'électricité.

La dernière génération de polypropylène, l'homopolymère de polypropylène, se compose d'une gamme complète de tuyaux, de raccords et de vannes destinés à être utilisés dans la construction de lignes de processus et de services pour le transport de fluides industriels sous pression et pour des températures de fonctionnement maximales allant jusqu'à 95 °C.

La production du PP-H est réalisée selon les normes de qualité les plus élevées et en totale conformité avec les restrictions environnementales fixées par les lois applicables en vigueur et conformément à la norme ISO 14001.

Tous les produits sont fabriqués conformément au système d'assurance qualité ISO 9001.

La famille des copolymères de polypropylène est subdivisée en copolymères aléatoires et en copolymères à blocs, qui sont formés par polymérisation du propène et de l'éthane.

Copolymère aléatoire de polypropylène (PP-R)

Le copolymère aléatoire de polypropylène (PP-R) est produit par polymérisation conjointe de l'éthène et du propène. Il contient des unités d'éthylène insérées au hasard dans les chaînes de polypropylène, généralement jusqu'à 7% de la masse.

Le PP-R convient principalement aux applications de choc thermique où la température fluctue entre le chaud et le froid. Par exemple, le PP-R est idéal dans des applications d'eau chaude et froide. De plus, le PP-R offre une excellente résistance à la corrosion et offre une alternative idéale aux tubes en cuivre et en acier.

Copolymère à bloc de polypropylène (PP-B)

Le copolymère à blocs de polypropylène (PP-B) contient une plus grande teneur en éthène (entre 5 et 15 %). Il a des unités de comonomères qui sont regroupées dans une séquence régulière. Par conséquent, le motif régulier rend le thermoplastique plus résistant et moins cassant que le copolymère statistique. Ces polymères conviennent aux applications avec des exigences de résistance élevées, telles que les applications automobiles.

Polypropylène conducteur d'électricité (PP-EL)

Le PP-EL offre plus de sécurité grâce à sa faible inflammabilité. De plus, pour utiliser le polypropylène pour des applications conductrices d'électricité, du graphite est ajouté à la résine de polypropylène de base. Ainsi, il assure l'adéquation du matériel de polypropylène pour l'utilisation dans les applications conductrices d'électricité.

Dans le cas des flammes, en association avec la conductivité électrique, la protection optimale du feu est offerte par le PP-EL.

Le tableau ci-dessous pourrait être utile pour comprendre les disparités entre PP-H, PP-R et PP-B.

| Propriétés | Matériaux | | |
|--|---------------|---------------|---------------|
| | PP-H | PP-R | PP-B |
| Densité (g/cm ³) | 0,905 à 0,915 | 0,900 à 0,910 | 0,900 à 0,910 |
| Résistance minimale requise – MRS (N/mm ²) | ≥10 | ≥8 | ≥8 |
| Module de Young (N/mm ²) | 1300 | 1100 | 900 |
| Résistance aux chocs à 23 °C (kJ/m ²) | 65 | 52 | 31 |
| Dureté Shore-D | 72 | 67 | 62 |
| Température de point de ramollissement Vicat (°C) | 93 | 70 | 69 |
| Débit massique de fusion – MFR (g/10min) | 0,3 ≤MFR ≤1 | 0,3 ≤MFR ≤1 | 0,3 ≤MFR ≤1 |

1.3.2 Polyéthylène (PE)

Le polyéthylène ou polyéthène est un matériau thermoplastique semi-cristallin appartenant au groupe des polyoléfines.

Le polyéthylène (PE) est le plastique le plus utilisé aujourd'hui. En 2017, plus de 100 millions de tonnes de résines de polyéthylène sont fabriquées chaque année, ce qui représente 34 % de la demande mondiale en plastiques.

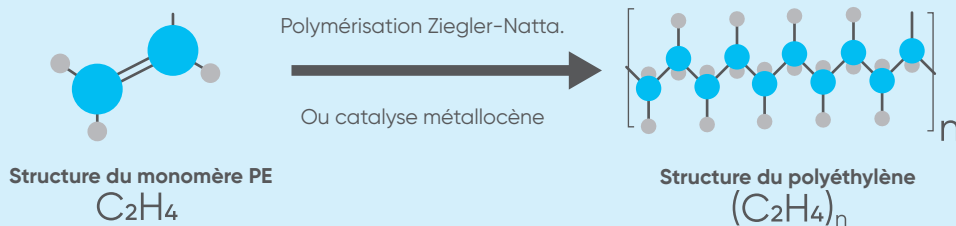
Les conduites sous pression Aliaxis en PEHD sont idéales pour les applications dans tous les domaines de la construction d'installations industrielles. D'autres domaines d'application principaux sont le transport des eaux usées industrielles et domestiques, le traitement des eaux usées et le traitement de l'eau dans les stations d'épuration ainsi que diverses applications dans les piscines.

En outre, les propriétés mécaniques du polyéthylène dépendent essentiellement de la densité, du degré de cristallisation et du processus de fabrication, ce qui se reflète dans la variété des types. Le polyéthylène basse densité est extrudé à haute pression et à haute température, tandis que le polyéthylène haute densité est extrudé à basse pression et à basse température. Un élément distinctif essentiel consiste dans les principaux groupes :

- Polyéthylène haute densité, PE-HD (Densité : 0,94 à 0,965 g/cm³).
- Polyéthylène de densité moyenne, PE-MD (Densité : 0,93 à 0,94 g/cm³).
- Polyéthylène basse densité, PE-LD (Densité : 0,9 à 0,91 g/cm³).
- Polyéthylène réticulé, PEX.

De nombreux types de polyéthylène sont connus, la plupart ayant la formule chimique (C₂H₄)_n. Le PE est généralement un mélange de polymères d'éthylène identiques, avec des valeurs variables de n.









Le polyéthylène est fabriqué par polymérisation par addition ou radicalaire de monomères d'éthylène (oléfine). La polymérisation du polyéthylène est réalisée par les catalyseurs Ziegler-Natta et métallocènes.



L'image illustre comment le polyéthylène est formé à partir de sa molécule de base éthylène à travers le processus de polymérisation.

Propriétés du polyéthylène (PE)

| | |
|---|-------------------------|
| Densité | |
| Méthode d'essai | DIN EN 1183 |
| Unité de mesure | g/cm ³ |
| Valeur | 0,95 |
| Module d'élasticité | |
| Méthode d'essai | ISO 527, ASTM D 790 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 900 |
| Résistance aux chocs Charpy à 23 °C | |
| Méthode d'essai | ASTM D256 |
| Unité de mesure | kJ/m ² |
| Valeur | 16-26 |
| Allongement ultime | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 50 |
| Dureté Shore | |
| Méthode d'essai | ISO 868 |
| Unité de mesure | Shore D |
| Valeur | 80 |
| Résistance à la traction | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 23 |
| Point de ramollissement Vicat (B/50) | |
| Méthode d'essai | ISO 306 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 127 |
| Température de fléchissement sous charge HDT (0,46 N/mm²) | |
| Méthode d'essai | ASTM D648 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 75 |
| Conductivité thermique à 23 °C | |
| Méthode d'essai | EN 12664 |
| Unité de mesure | W/(m.°C) |
| Valeur | 0,38 |
| Coefficient de dilatation thermique linéaire | |
| Méthode d'essai | DIN 53752 - ASTM D696 |
| Unité de mesure | m/(m.°C) |
| Valeur | 20.10 ⁻⁵ |
| Indice limite d'oxygène | |
| Méthode d'essai | ISO 4589-1 - ASTM D2863 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 17 |

| Propriétés | | Avantages |
|---|---|---|
| Résistance aux UV et aux intempéries |  | Les tuyaux en PE-HD de couleur noire sont particulièrement adaptés pour une utilisation extérieure à long terme. L'utilisation d'additifs au noir de carbone évite les effets d'une exposition prolongée à une lumière UV intense. Cela garantit l'aptitude du PE à être utilisé dans un environnement à ciel ouvert. |
| Résistance chimique |  | Le PE-HD présente une résistance chimique complète. En raison de sa nature non polaire, le PE-HD a une bonne résistance à l'eau, aux solutions salines, aux acides, aux alcalis, aux alcools et à de nombreux solvants organiques, même à des températures de fonctionnement élevées. La résistance conditionnelle est présente avec les aromatiques ; le PE-HD ne peut pas être utilisé avec des agents oxydants forts. La résistance chimique dépend de nombreux facteurs : les influences les plus importantes sont la température de fonctionnement, la durée d'exposition, et la concentration et la composition des mélanges. Veuillez nous contacter au sujet de la résistance du matériau à des produits chimiques ou des mélanges chimiques spécifiques. |
| Propriétés thermiques et mécaniques optimales |  | Selon la littérature, le PE-HD peut être utilisé dans la plage de température de - 40 °C à +60 °C, assurant que le matériau a d'excellentes propriétés mécaniques dans un large éventail d'applications. La résistance à la pression interne des tuyaux, des raccords et des vannes sous l'influence simultanée de la température se trouve dans les diagrammes PN du matériau respectif. |
| Résistance au vieillissement |  | Les résines PE-100 ont une résistance à la rupture circonférentielle élevée (résistance minimale requise MRS $\geq 10,0$ MPa à 20 °C) et permettent des durées de vie longues sans présenter de signes de détérioration physico-mécanique significative. Les nouveaux tuyaux en PE-HD certifiés DIN 8075, DIN 16892 ont un temps de fonctionnement minimum de 100 ans. |
| Résistance à l'abrasion |  | Le PE présente une très bonne résistance à l'abrasion. Il a une grande résistance à l'abrasion aux contraintes mécaniques, en particulier au frottement. Le PE est moins susceptible de se corroder dans les tuyaux exposés et enfouis. Il garantit ainsi des coûts d'exploitation extrêmement faibles en raison de sa longue durée de vie. |
| Mode de rupture |  | Généralement, le PE est fragile en raison de la croissance lente des fissures (SCG) dans la paroi du tuyau. Ces fissures peuvent se former au niveau de défauts microscopiques générateurs de contraintes, inhérents aux produits de base de la tuyauterie ou, plus probablement, du à des défauts de fabrication. Cependant, au fil des ans, le PE a évolué et offre désormais une combinaison solide de résistance, de rigidité, de fiabilité et de longévité, en cohérence avec les besoins à long terme de pression du gaz et de l'eau, le chargement au sol et l'environnement de service. Si ce matériau est rapidement étiré, il se cassera de manière fragile. Cependant, lorsque le matériau est progressivement étiré, il se comporte de manière ductile et peut être étiré presque indéfiniment. Au cours des 50 dernières années, le développement du PE comme matériau est remarquable et le PE-RC en est une évidence. Ainsi, il présente une résistance significative contre la croissance lente des fissures, étant une très bonne option de matériau pour les besoins d'applications à long terme. |
| Comportement à la combustion |  | Le polyéthylène est un matériau plastique inflammable. Lorsqu'il est exposé à une flamme nue, le PE brûle et le matériau continue à brûler sans suie après avoir enlevé la flamme. L'indice d'oxygène se situe à 17%. (Les matériaux dont la valeur LOI est inférieure à 21 % sont classés combustibles). Le monoxyde de carbone et l'eau se forment lorsque le PE brûle, mais principalement du dioxyde de carbone. |
| Propriétés électriques |  | Le PE-HD est un polymère d'hydrocarbures non polaire aux excellentes propriétés d'isolation. Elle possède une valeur de résistance volumique spécifique de $3,5 \cdot 10^{14} \Omega \cdot m$. Cependant, comme les charges électriques ne peuvent pas être dissipées, le PE-HD a également tendance à se charger électrostatiquement. Pour cette raison, le PE-HD ne doit pas être utilisé dans des applications présentant un risque d'ignition et/ou d'explosion, ou uniquement dans certaines conditions. Pour plus de détails, reportez-vous aux directives DVS 2210-1. |

Les désignations du polyéthylène

Le développement et l'amélioration continus du plastique influencent également ses propriétés mécaniques et ses caractéristiques. Ceux-ci sont continuellement améliorés grâce à des années d'expérience pratique, ainsi que des efforts dans les départements de recherche des fabricants de tuyaux pour améliorer la capacité du plastique.

Les améliorations des propriétés mécaniques de la polyoléfine utilisée dans la construction de tuyaux en plastique impliquent principalement des composés PE.

Les changements de caractéristiques matérielles sont associés à des changements correspondants dans les désignations matérielles. Dans la construction de tuyaux en plastique, il n'est plus fait référence au PE-HD mais aux types de PE suivants: PE63, PE80 et PE100.

Il faut cependant noter que seul le PE100 est en fait largement utilisé dans ce domaine. Les chiffres indiquent la stabilité à long terme du matériau, une pratique conventionnelle dans l'étiquetage des matériaux métalliques. La stabilité à long terme pour PE100 est calculée comme suit : $ref = 100/10 = 10 \text{ MPa} = 10 \text{ N/mm}^2$ et s'applique aux situations où le fluide d'écoulement est de l'eau à 20 °C et la période de charge 50 ans. La valeur MRS est déterminée par l'analyse d'essais de tuyauterie à long terme conformément à la norme ISO 9080, puis classée conformément à la norme ISO 12162.

- PE63 \geq MRS 6.3,
- PE80 \geq MRS 8.0,
- PE100 \geq MRS 10.0.

Comme le PE63 a une résistance au fluage plus faible que le PE80 et le PE100, il n'a que des applications limitées dans les systèmes de conduites sous pression. En termes de résistance, la PE80 correspond en grande partie à la PE-HD avec des améliorations partielles des propriétés des matériaux.

Polyéthylène 100 (PE-100)

L'utilisation du PE100 est de plus en plus courante dans la construction de tuyaux en raison de sa plus grande résistance, en particulier dans les zones où la pression est élevée. Les préoccupations initiales concernant la soudabilité ont été éliminées, ce qui permet aux fabricants et aux entreprises de profiter pleinement des avantages du PE100.

Les normes et les directives d'application ont été mises à jour afin qu'il n'y ait plus d'obstacles.

Les nouveaux types « bimodals » de PE80 et PE100 démontrent, en plus des améliorations des propriétés de résistance, une plus grande résilience que le PE-HD, une amélioration de la qualité qui offre les avantages suivants :

- une résistance accrue au fluage à des températures plus élevées ;
- une plus grande résistance à la propagation rapide des fissures ;
- une diminution de la susceptibilité aux entailles.

En termes de durée de vie des types bimodals, les preuves à l'appui de l'hypothèse d'une durée de vie de 100 ans sont fournies par la méthode d'extrapolation standard spécifiée dans la norme ISO 9080.

Un autre facteur important impliqué dans l'utilisation accrue de PE100 est qu'il peut être soudé sans restriction. Le soudage de PE100 sur les composants PE80 peut également être effectué sans restriction. En cas d'application de raccords soudés, une charge de pression réduite sur le tuyau doit être prise en compte.

Polyéthylène résistant à la fissuration aléatoire (PE-RC)

PE 100-RC est une résine moderne et « RC » est l'acronyme anglais de « resistance to cracking ».

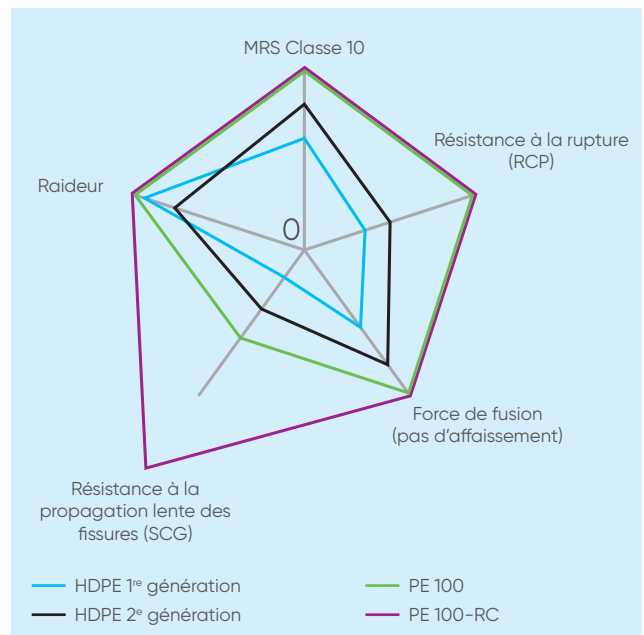
Cela signifie que le PE 100-RC résiste à la propagation lente des fissures et à la charge ponctuelle. La figure ci-dessous montre une grande disparité entre les PE 100-RC et les autres résines PE.

PE 100-RC a également les propriétés bien connues et avantageuses de PE 100 et les mêmes schémas d'installation peuvent être utilisés. Les caractéristiques essentielles des résines PE sont indiquées par la forme correspondante.

La résistance accrue du PE 100-RC est bénéfique à bien des égards. Voici quelques exemples où PE 100-RC est supérieur aux autres variétés PE :

- les domaines d'application impliquent des techniques d'installation exigeantes : Domaines d'application qui nécessitent des techniques d'installation sophistiquées : tranchée ouverte sans lit de sable pour réduire les coûts, forage directionnel horizontal (FDH), regarnissage, éclatement de tuyaux, etc. sont quelques-uns des domaines d'application où l'utilisation du PE 100-RC est une option idéale ;
- zones d'application créant certaines contraintes aux tuyaux : La rayure externe, l'impact de roche (charge ponctuelle), le tuyau sous contrainte, etc. sont quelques-uns des domaines d'application où l'utilisation de PE 100-RC serait une option idéale.

L'utilisation du PE 100-RC permet non seulement d'économiser des coûts, mais aussi d'obtenir des avantages sur le plan environnemental et de la durabilité.



1.3.3 Polyfluorure de vinylidène (PVDF)

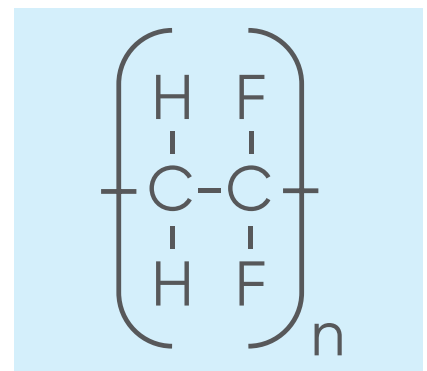
Le PVDF (polyfluorure de vinylidène) est un technopolymère fluoré et semi-cristallin contenant 59 % de son poids en fluor. Ce matériau est obtenu par polymérisation du fluorure de vinylidène et correspond à la formule chimique suivante : $(C_2H_2F_2)_n$.

Il présente une résistance mécanique, physique et chimique exceptionnelle, garantissant une excellente stabilité thermique jusqu'à 140 °C.

Grâce à sa grande pureté et à ses performances exceptionnelles, le PVDF est la meilleure alternative aux matériaux métalliques et est largement utilisé dans des applications industrielles (chimiques, pétrolières, pharmaceutiques, pâtes et papiers, électroniques, etc.).






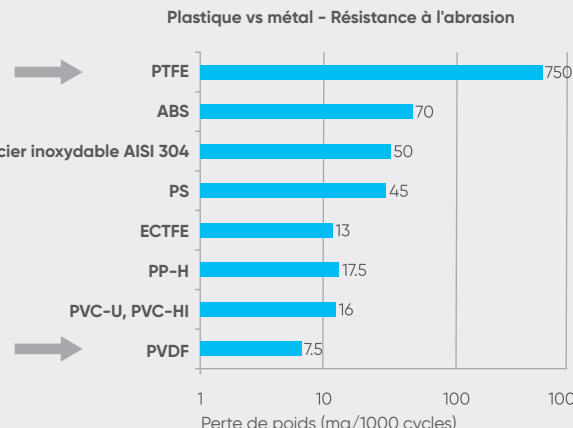



La résine PVDF est un polymère extrêmement pur qui ne contient pas de stabilisateurs, plastifiants, lubrifiants ou retardateurs de flamme. En conséquence, c'est le matériau idéal pour transporter l'eau ultra-pure et les produits chimiques, assurant la non-contamination du fluide véhiculé. Étant physiologiquement non toxique, il est adapté au transport des fluides et des produits alimentaires.

Parmi les propriétés et avantages les plus importants du PVDF, les éléments suivants méritent particulièrement d'être soulignés.



Propriétés du PVDF

| | |
|---|-------------------------|
| Densité | |
| Méthode d'essai | ISO 1183 - ASTM D792 |
| Unité de mesure | g/cm ³ |
| Valeur | 1,78 |
| Module d'élasticité | |
| Méthode d'essai | ISO 527, ASTM D 790 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 2100 |
| Résistance aux chocs Charpy à 23 °C | |
| Méthode d'essai | ASTM D256 |
| Unité de mesure | KJ/m ² |
| Valeur | 12 |
| Allongement ultime | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 80 |
| Dureté Shore | |
| Méthode d'essai | ISO 868 |
| Unité de mesure | Shore D |
| Valeur | 78 |
| Résistance à la traction | |
| Méthode d'essai | ISO 527 |
| Unité de mesure | MPa = N/mm ² |
| Valeur | 50 |
| Point de ramollissement Vicat (B/50) | |
| Méthode d'essai | ISO 306 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 138 |
| Température de fléchissement sous charge HDT (0,46 N/mm²) | |
| Méthode d'essai | ASTM D648 |
| Unité de mesure | °C |
| Valeur | 145 |
| Conductivité thermique à 23 °C | |
| Méthode d'essai | DIN 52612-1 - ASTM C177 |
| Unité de mesure | W/(m.°C) |
| Valeur | 0,19 |
| Coefficient de dilatation thermique linéaire | |
| Méthode d'essai | DIN 53752 - ASTM D696 |
| Unité de mesure | m/(m.°C) |
| Valeur | 12 x 10 ⁻⁵ |
| Indice limite d'oxygène | |
| Méthode d'essai | ISO 4859-1 - ASTM D2863 |
| Unité de mesure | % |
| Valeur | 44 |

| Propriétés | Avantages |
|--|--|
| Résistance aux UV et aux intempéries |  <p>Le polyfluorure de vinylidène (PVDF) présente des caractéristiques de résistance intrinsèque, en particulier contre les réactions d'oxydation à l'ozone et la dégradation par les UV. La stabilité chimique du carbone et du fluorure du PVDF ainsi que l'interaction polymère du PVDF lors de sa fabrication conduisent à cette résistance. En particulier, le matériau en PVDF que nous utilisons offre une excellente résistance intrinsèque au vieillissement naturel et ne nécessite pas d'additifs anti-UV.</p> |
| Résistance chimique |  <p>L'utilisation de la résine PVDF, un polymère de fluorure de vinylidène, assure une excellente résistance à la corrosion et à l'abrasion lors du transport de produits chimiques très agressifs. Le PVDF est essentiellement inerte à la plupart des acides inorganiques et organiques, des hydrocarbures aromatiques et aliphatiques, des alcools et des solvants halogénés. Toutefois, son utilisation n'est généralement pas recommandée avec les amines, les cétones, les alcalins forts (p. ex. soude caustique) et l'oléum (acide sulfurique avec trioxyde de soufre). Veuillez nous contacter au sujet de la résistance du matériau à des produits chimiques ou des mélanges chimiques spécifiques.</p> |
| Propriétés thermiques et mécaniques optimales |  <p>Le PVDF conserve ses caractéristiques inchangées dans une plage de température comprise entre -40 °C et +140 °C. Les tuyaux en PVDF sont particulièrement adaptés dans toutes les applications nécessitant des températures de fonctionnement élevées, des niveaux de contamination des fluides très faibles et une forte résistance au vieillissement due aux agents atmosphériques et aux rayonnements UV. Les excellentes propriétés mécaniques du matériau sont conservées même à des températures élevées.</p> |
| Résistance au vieillissement |  <p>Les résines en PVDF ont une résistance à la rupture circonférentielle élevée (résistance minimale requise MRS ≥ 25 MPa à 20 °C) et permettent des durées de vie longues sans présenter de signes de détérioration physico-mécanique importante. De plus, les fluoropolymères ont généralement une meilleure stabilité thermique que leurs homologues hydrocarbures. Cette stabilité est due à l'électronégativité élevée de l'atome de fluor et donc à l'énergie de dissociation élevée de la liaison C-F. Le PVDF présente une excellente résistance au vieillissement thermique à long terme jusqu'à une température de 150 °C.</p> |
| Résistance à l'abrasion |  <p>Selon le test d'abrasion de Taber (dans lequel la perte de poids d'un matériau est mesurée après avoir été exposé à une roue abrasive pendant 1000 cycles), le PVDF est le matériau thermoplastique le plus résistant (CS-10 Charge 1kg - Perte de poids / 1000 cycles = 5-10 mg). La graphique illustre clairement la capacité élevée de résistance à l'abrasion du PVDF par rapport à d'autres matériaux. Le PVDF ne montre que 7,5 mg de perte matière pour 1000 cycles, alors que tous les autres matériaux subissent d'énormes dégâts en perte de matière.</p> <div data-bbox="845 1008 1484 1523"> <p style="text-align: center;">Plastique vs métal - Résistance à l'abrasion</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">Test Taber sur l'appareil de mesure de l'abrasion CS-10 1kg</p> </div> |
| Mode de rupture |  <p>Deux modes de rupture distincts sont présentés par les tuyaux en PVDF soumis à une pression constante et à une température élevée. Du fait de la localisation de la déformation et du développement d'une boursouffure, les tuyaux s'affaissent de façon ductile sous une contrainte circonférentielle moyenne supérieure à une valeur critique (σ_c). Le PVDF présente un comportement de rupture différent sous une contrainte circonférentielle moyenne inférieure à une valeur critique (σ_c). La propagation progressive et localisée d'une toute petite fissure à travers la paroi du tuyau caractérise ce régime. Il est souvent qualifié de « fragile » puisqu'aucune déformation plastique macroscopique à proximité de la zone de fracture n'est détectée.</p> |
| Comportement à la combustion |  <p>Les résines en PVDF garantissent une excellente résistance au feu sans nécessiter de retardateurs de flamme. Sa valeur d'indice d'oxygène est de 44 % (Limiting Oxygen Index, LOI = 44 %). Étant donné que l'air ordinaire contient environ 21 % d'oxygène, un matériau dont l'indice d'oxygène est sensiblement supérieur à 21 % est considéré comme résistant aux flammes parce qu'il ne brûlera que dans une atmosphère enrichie en oxygène. En cas de combustion, les émissions de fumée sont modérées. Les résines PVDF sont classées UL-94, classe V-0.</p> |
| Propriétés électriques |  <p>Le PVDF est un matériau non conducteur, comme tous les autres thermoplastiques non modifiés. Dans les systèmes PVDF, cela suggère qu'aucune corrosion électrochimique n'a lieu. Toutefois, ce comportement non conducteur peut conduire à la formation de charges électrostatiques. Dans les environnements dans lesquels des gaz explosifs peuvent se produire, une attention particulière doit être accordée à cette réalité. De plus, elle possède une valeur de résistance volumique spécifique supérieure à $10^{12} \Omega \cdot m$. Veuillez nous contacter en cas d'aide pour choisir le bon matériau pour l'installation de la tuyauterie.</p> |

1.4 Caoutchouc

Le caoutchouc est un polymère organique d'isoprène (typiquement cis-1,4-polyisoprène). Il s'agit d'un polymère d'hydrocarbures qui apparaît dans la sève de différentes plantes et peut également être développé synthétiquement sous forme de latex laiteux.

Selon la méthode de production/d'élaboration, les caoutchoucs peuvent être classés en deux types, à savoir :

- Caoutchouc naturel.
- Caoutchouc synthétique.

Caoutchouc naturel

Le caoutchouc naturel est un élastomère et un thermoplastique. Une fois le caoutchouc vulcanisé, il s'agit d'un thermodurcissable. La plupart du caoutchouc utilisé quotidiennement est vulcanisé jusqu'à un point où il partage les propriétés des deux.

Le caoutchouc naturel est obtenu à partir de la sève de latex des arbres qui est un matériau élastique. Les molécules de caoutchouc dans ces tubes en latex sont constituées de 5 atomes de carbone et de 8 atomes d'hydrogène. Ces molécules de caoutchouc sont liées entre elles pour former une longue structure en forme de chaîne. Cette chaîne de molécules de caoutchouc (appelée polymère) donne au caoutchouc sa propriété d'élasticité.

Le caoutchouc naturel possède également une faible proportion (environ 5 %) d'autres composants, tels que les graisses, les acides gras, les résines et les produits inorganiques (sels).

Les propriétés finales d'un élément en caoutchouc dépendent non seulement du polymère, mais aussi des modificateurs et des charges, tels que le noir de carbone, la factice, le chaux et d'autres.

Caoutchouc synthétique

Le caoutchouc synthétique est un caoutchouc qui peut être produit artificiellement. Il est possible de décrire un élastomère comme une substance possédant la propriété de l'élasticité. Ainsi, le caoutchouc synthétique est le type de caoutchouc fabriqué à partir de produits chimiques servant à remplacer le caoutchouc naturel. Il existe différents types de polymères utilisés pour produire des formes de caoutchouc synthétique. Par conséquent, différents types de caoutchoucs synthétiques ont des propriétés variables qui sont adaptées aux besoins des secteurs des produits en caoutchouc.

Voici quelques-uns des types courants de caoutchoucs synthétiques utilisés dans différentes industries :

- Polychloroprène (CR),
- Styrène-butadiène (SBR),
- Éthylène-propylène-diène monomère (EPDM),
- Acrylonitrile Butadiène (NBR),
- Polysiloxane (SI),
- Fluoroélastomère (FKM),
- Perfluoroélastomère (FFKM),
- Polyéthylène chlorosulfoné (CSM).

Chez Aliaxis, nous utilisons principalement les deux types de caoutchouc suivants :

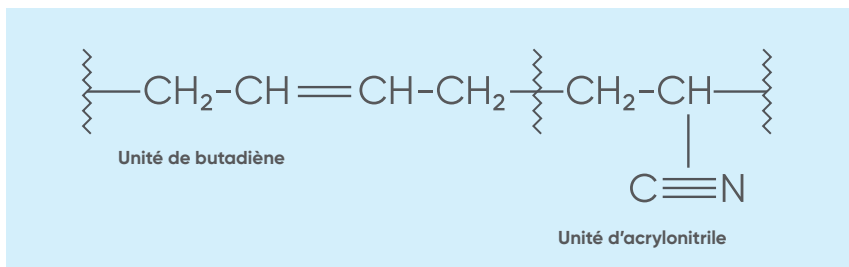
- Éthylène-propylène-diène monomère (EPDM),
- Fluoroélastomère (FKM).

En outre, nous proposons également le perfluoroélastomère (FFKM) qui peut être disponible sur nos vannes industrielles sur demande pour couvrir les besoins spécifiques des processus industriels. Certains des raccords STRAUB que nous proposons utilisent l'acrylonitrile butadiène (NBR) comme matériau de joint.

1.4.1 Acrylonitrile butadiène (NBR)

Le caoutchouc acrylonitrile butadiène est un caoutchouc synthétique dérivé de l'acrylonitrile (ACN) et du butadiène. Le NBR contient des groupes latéraux en nitrile polaires sur le squelette polymère. Ceux-ci n'interagissent pratiquement pas avec les liquides non polaires tels que l'essence, l'huile et les lubrifiants, de sorte que le matériau n'est pas susceptible de gonfler dans ces fluides. Par conséquent, le caoutchouc acrylonitrile-butadiène se distingue des autres caoutchoucs par sa résistance aux fluides. Plus le caoutchouc contient d'acrylonitrile, meilleure est sa résistance aux produits chimiques tels que les huiles minérales et les carburants et à l'eau chaude. Les autres avantages du NBR sont son bon profil de performance mécanique et sa faible perméabilité au gaz.

Le caoutchouc nitrile ne produit pas d'étincelles en raison de sa faible charge statique. Il est donc couramment utilisé pour les tuyaux hydrauliques, les conduites de carburant, les joints et les joints toriques des machines lubrifiées à l'huile. Un autre domaine d'utilisation important est l'exploration pétrolière et gazière. Le NBR est principalement utilisé comme matériau de joint dans des applications industrielles.



L'image montre la structure chimique du NBR.

Avantages du NBR

- Offre une bonne résistance chimique aux huiles minérales, aux carburants, aux lubrifiants, aux alcools et aux graisses et huiles végétales et animales.
- Gamme d'application thermique, selon la formulation du composé : -50 à +100 °C.
- Bonnes propriétés mécaniques.
- Bonne conductivité électrique en raison de sa polarité.

Applications du NBR

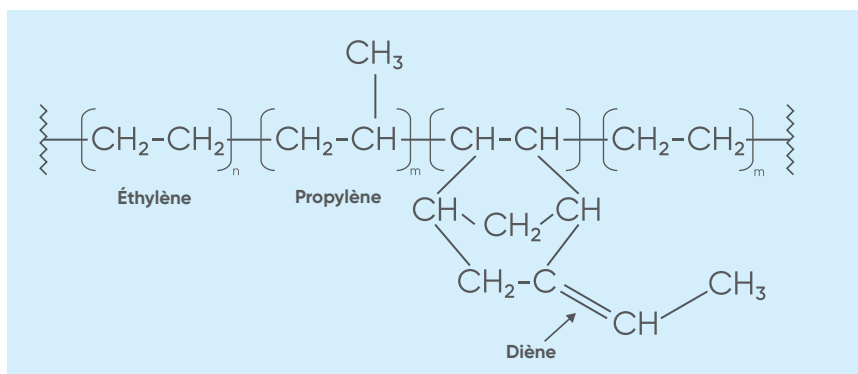
- Joints et joints toriques.
- Joints plats.
- Industries automobiles.
- Le NBR est utilisé comme matériau de base pour les gants de laboratoire et chirurgicaux et pour la protection chimique des textiles.

1.4.2 Éthylène-propylène-diène monomère (EPDM)

Le caoutchouc EPDM ou caoutchouc d'éthylène-propylène-diène-monomère est l'un des types les plus populaires de caoutchouc synthétique. Le caoutchouc EPDM est un élastomère, un caoutchouc haute densité qui a une grande variété d'utilisations et est très durable. Il se compose d'éthylène, de propylène et d'un comonomère diène qui permet la réticulation via vulcanisation au soufre.

Il s'agit d'un matériau semi-cristallin avec des structures cristallines de type éthylène à des teneurs plus élevées en éthylène, devenant essentiellement amorphe à des teneurs en éthylène qui approchent 50 % en poids.

Il y a certaines caractéristiques inhérentes de ce caoutchouc qui le rendent particulièrement adapté à l'isolation électrique, aux joints et au laminage. Les technologies actuelles de polymérisation et de catalyseur offrent la possibilité de développer le caoutchouc EPDM pour répondre à des critères précis et difficiles pour la production et le traitement.



Avantages du caoutchouc EPDM

- Le caoutchouc EPDM présente une excellente résistance à l'oxydation atmosphérique, ce qui garantit sa résistance au soleil, à l'ozone et à la température.
- Il a une forte résistance à la plupart des produits chimiques qui sont des fluides à base d'eau et alcalins.
- La tolérance du caoutchouc EPDM aux abrasifs et aux déchirures est également bonne.
- Il a une bonne résistivité électrique.
- Le caoutchouc EPDM est également résistant aux solvants polaires comme l'eau, les acides, les alcalis, et les esters de phosphate.
- À des températures élevées et basses, il offre une flexibilité exceptionnelle. L'EPDM a une plage de température de -50 °C à $+120/150\text{ °C}$ en fonction du système de durcissement.

Applications du EPDM

Comme le caoutchouc EPDM ne se fissure pas à l'extérieur, il est couramment utilisé dans les bâtiments et dans l'industrie automobile pour les joints. Les tuyaux de vapeur, les joints à haute température et les couvercles de rouleaux sont d'autres applications. Les technologies actuelles de polymérisation et de catalyseur offrent la possibilité de développer le caoutchouc EPDM pour répondre à des critères précis et difficiles pour la production et le traitement.

Cela a contribué à l'utilisation importante du caoutchouc EPDM dans les secteurs suivants:

- Joint torique et membrane des valves.
- Joints de bride et d'embout.
- Coupe-froid et joints d'étanchéité pour automobiles.
- Tuyaux.
- Isolation électrique.
- Imperméabilisation de la toiture.
- Éléments mécaniques en caoutchouc.

1.4.3 Fluoroélastomère (FKM)

FKM (fluorocarbone) est un caoutchouc synthétique appartenant à une famille de fluoroélastomères. Tous les FKM contiennent du fluorure de vinylidène en tant que monomère.

Les fluoroélastomères sont plus chers que les élastomères de caoutchouc en néoprène ou en nitrile, mais ils offrent une résistance supplémentaire à la chaleur et aux produits chimiques. En fonction de leur structure chimique, de leur teneur en fluor ou de leur mécanisme de réticulation, les FKM peuvent être classés en groupes distincts :

Les FKM de type 1 sont composés de fluorure de vinylidène (VDF) et d'hexafluoropropylène (HFP). Les copolymères sont la catégorie typique des FKM qui affichent une bonne efficacité globale. La teneur en fluor est d'environ 66 % en poids.

Les FKM de type 2 sont composés de VDF, de HFP et de tétrafluoroéthylène (TFE). Par rapport aux copolymères, les terpolymères ont une teneur en fluor plus élevée (généralement entre 68 et 69 % de fluor en poids), ce qui entraîne une plus grande tolérance chimique et thermique. La plage de compression et la polyvalence à basse température peuvent être affectées.

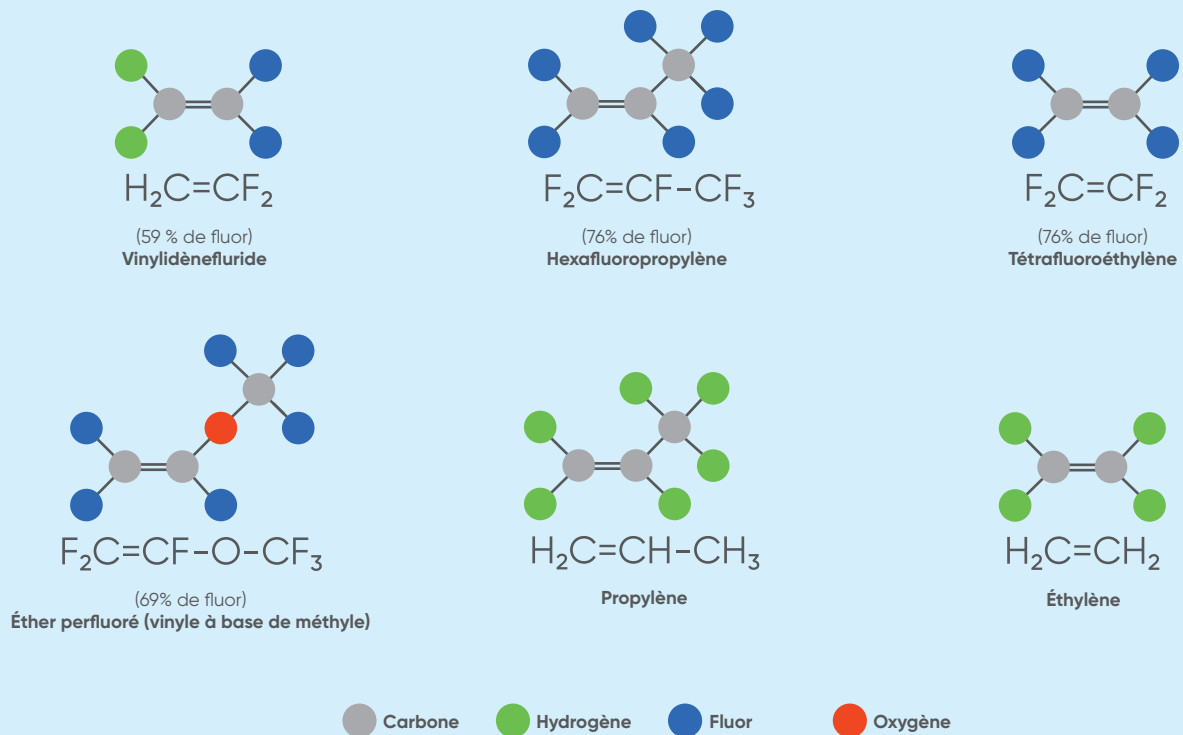
Les FKM de type 3 sont composés de VDF, de TFE et de perfluorométhylvinylester (PMVE). Par rapport aux copolymères et aux terpolymères, l'inclusion de PMVE offre une stabilité à basse température accrue. La teneur en fluor des FKM de type 3 varie généralement de 62 à 68 % en poids.

Les FKM de type 4 sont composés de propylène, de TFE et de VDF. Dans les FKM de type 4, bien que la résistance de base soit améliorée, leurs propriétés de gonflement sont exacerbées, en particulier dans les hydrocarbures. Ils ont généralement une teneur en fluor d'environ 67 % en poids.

Les FKM de type 5 sont composés de VDF, de HFP, de TFE, de PMVE et d'éthylène. Le FKM de type 5 est connu pour sa résistance de base et sa résistance au sulfure d'hydrogène à des températures élevées.

Le FKM que nous utilisons a une teneur en fluor d'environ 70 %.

Comme mentionné ci-dessus, la structure chimique de FKM est principalement définie par la quantité de fluor présente.



L'image montre des exemples de la structure chimique de différents types de FKM.

Avantages du FKM

- La résistance des fluoroélastomères aux attaques chimiques par oxydation, acides et carburants est excellente.
- Ils ont une résistance limitée à la vapeur, au méthanol et à d'autres fluides hautement polaires.
- Le rapport élevé du fluor à l'hydrogène, la force de la liaison carbone-fluor et le manque d'insaturation sont les raisons de l'exceptionnelle stabilité thermique et de l'excellente résistance à l'huile.
- En plus des hydrocarbures aromatiques, des carburants, des acides et de la vapeur, ils peuvent supporter des bases fortes et des cétones.
- Les fluoroélastomères traités par peroxyde ont intrinsèquement une plus grande résistance à l'eau, à la vapeur et à l'acide.

Applications du FKM

Même dans des conditions extrêmes, le FKM offre une qualité et une fiabilité à long terme. Ci-dessous, une liste de ses applications est fournie :

- joint torique et membrane des valves ;
- joints de bride et d'embout ;
- joints de collecteur ;
- poches souples pour réservoirs de carburant ;
- joints de cloison pare-feu ;
- tuyau de siphon de lubrifiant moteur et joints du système de carburant.

Chez Aliaxis, nous utilisons un fluoroélastomère curable au peroxyde, de viscosité moyenne et avec un taux de fluor élevé (70 %). Notre FKM présente une résistance supérieure à une grande variété de produits chimiques, associée à une excellente capacité de traitement et un moulage par compression optimale. Le FKM a une plage de température de -10 °C à +205/230 °C, selon le type.

1.4.4 Perfluoroélastomère (FFKM)

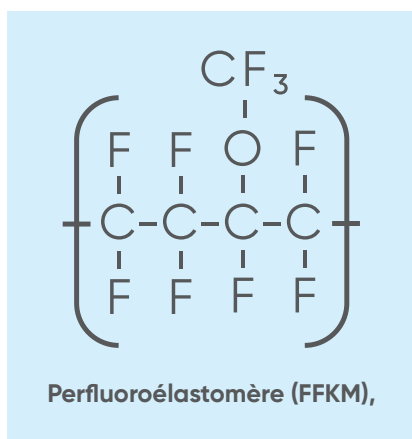
Les composants en perfluoroélastomère (FFKM/FFPM) résistent à plus de 1 800 produits chimiques différents, notamment l'acide nitrique concentré, l'hydroxyde de sodium, l'éthylènediamine et la vapeur, tout en offrant la résistance à haute température du PTFE (327 °C).

Les composants FFKM sont utilisés dans le traitement chimique hautement violent, la production de plaquettes de semi-conducteurs, la pharmacie, la production du pétrole et du gaz, et l'aérospatiale.

Les performances éprouvées à long terme des composants FFKM peuvent signifier des changements de joints, des réparations et des inspections moins fréquents, augmentant ainsi la disponibilité des processus et des équipements pour une productivité et un rendement accrus.

Chez Aliaxis, nous utilisons les produits FFKM en cas de demande de notre client pour un processus sévère spécifique.

Les performances de nos FFKM sont plus constantes, ce qui signifie que les changements de joints, les réparations et les inspections sont moins fréquents et que la disponibilité des processus et des équipements est accrue, maximisant ainsi la productivité et le rendement.



L'image montre la structure chimique du FFKM.

Avantages du FFKM

- Résistant à plus de 1 800 produits chimiques différents.
- Résistance à haute température jusqu'à 327 °C.
- Maintient l'intégrité du joint.
- Réduction des coûts d'exploitation et de maintenance.
- Longue durée de vie du joint.
- Conforme aux normes de sécurité des industries pharmaceutique et de la transformation alimentaire.
- Disponible en composés standard et spéciaux pour des applications personnalisées.

Applications du FFKM

- Joints et joints toriques dans vannes, pompes, réacteurs et joints à bride.
- Systèmes de garniture de tige de valve.
- Pièces hautes performances pour l'aérospatiale, le pétrole et le gaz, le transport et le traitement chimique.

1.5 Polytétrafluoroéthylène (PTFE)

Le polytétrafluoroéthylène (PTFE) est un polymère fluoré caractérisé par un poids moléculaire élevé, une résistance chimique presque totale aux réactifs et aux solvants.

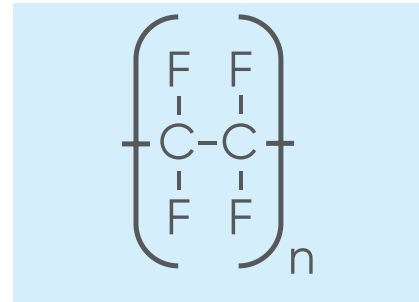
Le PTFE est un matériau ignifuge avec une stabilité thermique extrêmement élevée, qui présente une résistance et une flexibilité exceptionnelles, même à basse température.

Grâce aux caractéristiques d'auto-lubrifiant et de résistance aux chocs, les polymères polytétrafluoroéthylène, sous les noms commerciaux Teflon®, Fluon®, Argoflon® ou autres, sont utilisés avec succès depuis de nombreuses années dans des applications industrielles pour la fabrication de composants d'étanchéité, de roulements, d'anneaux de blocage et d'engrenages.

Parmi les résines thermoplastiques, le PTFE permet d'atteindre les températures de travail les plus élevées, puisqu'il peut être couramment utilisé à des températures de travail de 250 °C à 260 °C.

En raison de son extraordinaire inertie chimique, les polymères et les copolymères de PTFE sont également largement utilisés comme revêtements de canalisations, de réservoirs et d'équipements de processus dans l'industrie chimique.

Le PTFE est constitué d'une chaîne d'atomes de carbone avec deux atomes de fluor liés à chaque carbone. La chaîne du carbone est entourée de ces atomes de fluor, qui produisent une molécule épaisse avec des liaisons carbone-fluor très serrées et une structure polymère qui rend la plupart des produits chimiques inertes au PTFE.



Cette image montre la structure chimique du PTFE.

Propriétés du PTFE

- Il n'est pas réactif, en partie en raison de la force des liaisons carbone-fluor, il est donc également utilisé pour les produits chimiques réactifs et corrosifs dans les conteneurs et les tuyauteries.
- S'il est utilisé comme lubrifiant, le PTFE élimine les frottements, l'usure et la consommation d'énergie de l'équipement. Lors d'opérations chirurgicales, il est largement utilisé comme matériau de greffe.
- Le PTFE est également utilisé comme matériau de joint dans les industries qui ont besoin de résistance à des produits chimiques agressifs, comme les produits pharmaceutiques ou la fabrication de produits chimiques, en raison de ses propriétés chimiques et thermiques supérieures.
- PTFE possède une excellente propriété d'isolation électrique.
- Il est non adhésif et résistant à l'eau.
- Résistance à la température sur une large plage (-30 °C à +260 °C).
- Il a le coefficient de frottement le plus bas de tous les solides.

Applications du PTFE

Étant donné que le PTFE est un matériau chimiquement inerte, sa large tolérance de température de travail en fait une bonne alternative dans de nombreuses applications industrielles. Voici quelques domaines d'application du PTFE :

- membranes de vanne ou sièges de boisseau ;
- ruban industriel pour les raccords filetés ;
- revêtement des composants des équipements de traitement chimique (pompes, vannes, actionneur) ;
- revêtement intérieur des canalisations ;
- joints.

1.6 Résines, composés et additifs

1.6.1 Résines

Le terme résine désigne tout polymère qui est le matériau de base d'un plastique, c'est généralement un mélange de composés organiques.

Les résines sont créées par craquage : dans cette opération, la chaleur est utilisée pour craquer les hydrocarbures.

De toute évidence, la température utilisée pendant le processus de craquage est en grande partie responsable de la quantité finale et des types d'hydrocarbures.

Une fois le craquage terminé, les différents composés créés sont formés en une chaîne appelée polymère. Créer différentes chaînes et polymères est ce qui permet d'obtenir des plastiques avec des caractéristiques différentes qui peuvent être utilisés dans différentes applications.

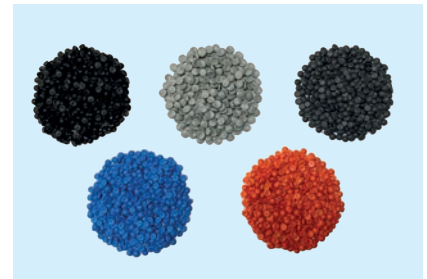


1.6.2 Composés

Un composé est un mélange d'un polymère thermoplastique avec d'autres additifs ou ingrédients.

Pour qu'un polymère soit utilisé pour créer ce que nous appelons le produit plastique final, il doit d'abord être composé. Le nom composé suggère qu'il est l'association d'additifs avec un polymère pour améliorer les propriétés du polymère.

Le polymère est généralement sous forme de poudre, de billes ou de pastilles au début de la phase de mélange, bien qu'il puisse également s'agir d'une solution, d'une fonte ou d'une suspension. La transformation de la fonte en granulés est la dernière étape du processus.



Le développement d'un composé se déroule en trois étapes :

- mélanger : réunir les différents ingrédients ;
- compoundage : le mélange grossier de matériaux est soigneusement mélangé et transformé en une pâte ou une masse fondue aussi homogène que possible ;
- Granulation : le matériau mélangé est façonné de manière à pouvoir être découpé en granulés.

1.6.3 Additifs

Sans mélange d'additifs dans le polymère, un composé ne peut pas être produit. Pour modifier les propriétés du matériau, un additif est nécessaire, le rendant plus résistant, plus durable, moins cher ou utilisé pour éviter la dégradation des polymères.

Il existe deux classes d'additifs que nous pouvons lister : les additifs modificatifs et les additifs défensifs.

Comme son nom l'indique, les additifs modificatifs modifient les propriétés physiques du polymère. Les additifs modificatifs comprennent :

- plastifiants,
- charges
- extensions,
- produits chimiques (agents de réticulation, modificateurs d'impact, agents gonflants),
- pigments.

Comme son nom l'indique, des additifs protecteurs sont utilisés pour protéger le polymère contre la dégradation. Les additifs protecteurs comprennent :

- antioxydants,
- stabilisateurs thermiques,
- stabilisateurs UV,
- lubrifiants (internes et externes),
- aides au traitement.

1.7 Test des matériaux

Dans le cycle de vie d'un polymère, de la matière première au composé en passant par le composant semi-fini et fini, les essais jouent un rôle essentiel. Le test permet d'évaluer si le matériau est suffisant au regard de ses caractéristiques générales de matériau et permet donc de passer à l'étape suivante vers le produit final. La qualité est le résultat à la fois du processus et du matériau. S'il y a un défaut dans le matériau qui entre dans le produit, le produit peut être défectueux. Pour garantir une excellente qualité dans chaque produit issu d'Aliaxis, nous effectuons différentes méthodes d'essai. Voici les méthodes de test typiques que nous réalisons sur les matières premières de nos gammes de produits industriels.

1.7.1 Essai d'impact

Les essais d'impact sont utilisés pour étudier la ténacité du matériau. La ténacité d'un matériau est un facteur de sa capacité à absorber l'énergie lors d'une déformation plastique. Les matériaux fragiles ont une faible ténacité en raison de la faible quantité de déformation plastique qu'ils peuvent supporter. La valeur d'impact d'un matériau peut également changer avec la température. Généralement, à des températures plus basses, l'énergie d'impact d'un matériau est réduite.

Types de test

Il existe essentiellement deux types de tests d'impact : le pendule et le poids en chute libre. La méthode d'essai du pendule est adaptée aux essais d'impact de matières plastiques, alors que le poids en chute libre est destiné aux aciers.

Les essais de choc Charpy et Izod et les essais de résistance à la traction sont les essais pendulaires les plus courants.

Ce sont des méthodes couramment utilisées pour évaluer la résistance aux chocs ou la ténacité d'un matériau. En d'autres termes, ces méthodes d'essai déterminent la quantité totale d'énergie qu'un matériau peut absorber. Cette absorption d'énergie est étroitement liée à la fragilité du matériau. Les matériaux fragiles ont tendance à avoir des valeurs d'absorption plus faibles que les matériaux ductiles.

Il est important de tenir compte des propriétés d'absorption d'énergie d'un matériau, car il prévoit la quantité de déformation plastique que le matériau peut endurer avant une rupture catastrophique. Les similitudes et les différences entre ces deux méthodes d'essai d'impact courantes doivent également être prises en compte.

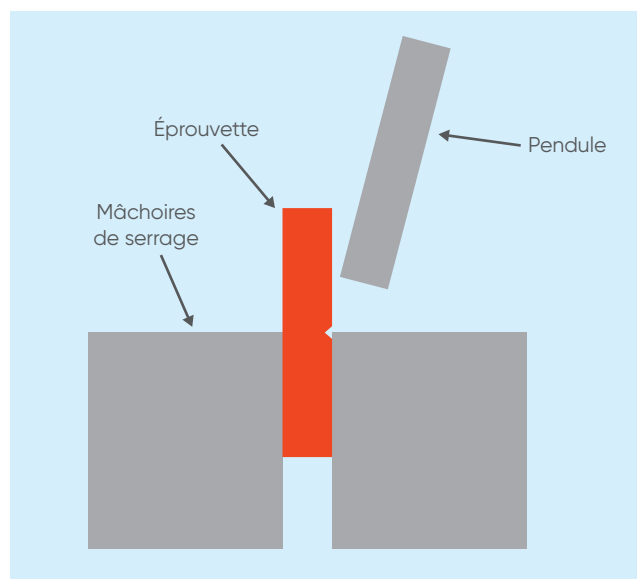
Méthodes d'essai de type pendule

L'essai d'impact Izod

Le test porte le nom d'Edwin Gilbert Izod (1876-1946), un ingénieur anglais, qui a décrit la méthode d'essai en 1903. L'essai de résistance au choc Izod est une méthode standard ASTM pour déterminer la résistance aux chocs des matériaux. Un bras pivotant est levé (énergie potentielle constante) à une certaine hauteur puis relâché. Le bras bascule vers le bas en percutant une éprouvette à encoches, brisant l'éprouvette. L'énergie absorbée par l'éprouvette est calculée à partir de la hauteur à laquelle le bras oscille après avoir heurté l'éprouvette. Pour évaluer l'énergie de l'impact et la sensibilité de l'encoche, une éprouvette à encoches est généralement utilisée.

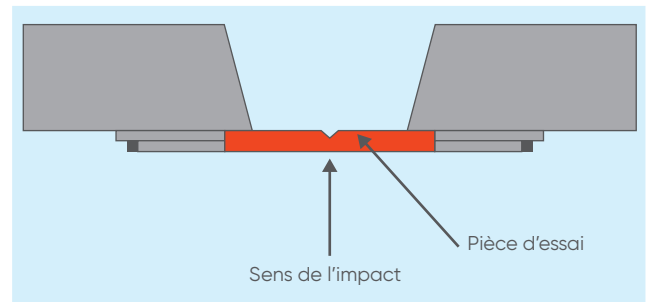
La configuration de l'équipement de test et de l'éprouvette est très similaire à l'essai de résistance au choc Charpy, avec quelques variations notables, y compris l'orientation de l'éprouvette, serrée verticalement dans l'équipement avec l'encoche orientée vers le pendule. À une zone spécifiée au-dessus de l'encoche, le pendule impacte alors l'éprouvette.

L'une des principales distinctions de l'essai d'impact Charpy est que l'essai d'impact Izod peut être effectué sur des éprouvettes de plastique ou de métal.



L'essai d'impact Charpy

L'essai d'impact Charpy a été développé par S.B. Russell et Georges Charpy au tournant du 20^e siècle. Grâce aux contributions technologiques et aux efforts de normalisation de Charpy, le test est devenu connu sous le nom d'essai de Charpy au début des années 1900. En raison de la simplicité relative de la production d'éprouvettes et de l'acquisition de résultats, il reste l'une des stratégies de test d'impact les plus populaires à ce jour. L'appareil de test est composé d'un pendule pondéré, qui est tombé d'une hauteur spécifiée pour entrer en contact avec l'éprouvette. En mesurant la différence de hauteur du pendule avant et après la rupture, l'énergie transmise à la substance peut être calculée.



Une éprouvette Charpy, qui est montée horizontalement dans la machine, a une encoche usinée dans l'une des faces. Cette encoche, qui peut être en forme de V ou en forme de U, est positionnée à l'opposé du pendule et permet de concentrer les contraintes et de faciliter la fracture. Des tests peuvent être effectués à des températures ambiantes et réduites.

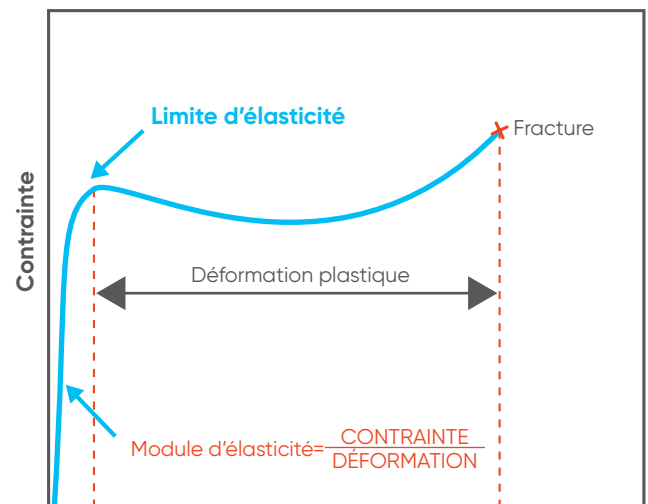
Les tests d'impact de Charpy sont le plus souvent effectués sur les métaux. Pour les plastiques et les polymères, une série de normes de test sont appliquées, dont l'ASTM D6110 et l'ISO 179.

Essai de résistance à la traction

L'un des types d'essais mécaniques les plus simples et les plus courants est l'essai de résistance à la traction. Lors d'un essai de traction, une force de traction est appliquée à un matériau et la réaction de l'éprouvette à la contrainte appliquée est mesurée. De cette façon, il est possible de déterminer la résistance d'un matériau et son degré d'étirement. En règle générale, les essais de traction sont effectués sur des machines d'essai électromécaniques ou universelles (UTM).

Si le matériau est inspecté pendant l'étirage, un profil complet des propriétés de traction est obtenu. Ces données se traduisent par une courbe contrainte/déformation, qui est tracée sur un graphique et montre comment le matériau réagit aux forces agissant sur lui. La phase de rupture ou de rupture est d'un grand intérêt, mais le module d'élasticité, la limite d'élasticité et la déformation sont également des caractéristiques importantes.

Voici les termes les plus importants liés aux essais de résistance à la traction.



Résistance à la traction ultime

L'une des propriétés les plus importantes que nous pouvons déterminer à propos d'un matériau est sa résistance à la traction ultime (UTS). Il s'agit de la contrainte maximale qu'une éprouvette subit pendant l'essai.

Loi de Hooke

La loi de Hooke démontre une relation linéaire entre la force ou la charge appliquée et l'allongement démontré par l'éprouvette. Autrement dit, la loi de Hooke est une loi selon laquelle le rapport entre la contrainte et la déformation est une constante, $E = \sigma/\epsilon$. Où E est le « Module d'élasticité » ou « Module d'Young », σ est la contrainte/charge appliquée, ϵ est la déformation observée sur le matériau de la charge appliquée.

Module d'élasticité

Le module d'élasticité est une mesure de la rigidité du matériau qui n'apparaît que dans la région linéaire initiale de la courbe. Cette région est dite « Région élastique », ce qui signifie qu'à l'intérieur de cette région le matériau reprendra sa forme d'origine après l'élimination de la charge appliquée.

Le tableau montre les valeurs du module d'élasticité de différents plastiques conformément à la norme ISO 527-1.

| Matériau | Valeur (MPa, 23 °C) |
|----------|---------------------|
| PVC-U | 2700 |
| PVC-C | 2700 |
| ABS | 2000 |
| PP-H | 1300 |
| PE100 | 1000 |
| PVDF | 1900 |

Limite d'élasticité

La « limite d'élasticité » d'un matériau se définit comme la contrainte appliquée au matériau auquel il commence à se déformer plastiquement (en permanence). Cette région dans laquelle ce comportement apparaît est appelée « région de déformation plastique », ce qui signifie qu'après avoir atteint cette région, le matériau perdra sa capacité à retrouver sa forme d'origine même après la suppression de la charge appliquée. Le tableau indique les valeurs de limite d'élasticité de différents plastiques conformément à la norme ISO 527-1.

| Matériau | Valeur (MPa, 23 °C) |
|----------|---------------------|
| PVC-U | 54 |
| PVC-C | 53 |
| ABS | 40 |
| PP-H | 33 |
| PE100 | 23 |
| PVDF | 50 |

1.7.2 Test du débit de fusion

Une mesure de débit de fusion teste le débit massique de fusion (MFR) et le débit volumétrique de fusion (MVR) d'un polymère fondu. À une certaine température et à une certaine masse ajoutée, les valeurs sont déterminées sur la base du matériau.

L'éprouvette de test de débit de fusion est composée de :

- un barillet chaud à une extrémité avec une filière amovible ;
- contrôle de la température du barillet ;
- un piston qui doit s'emboîter dans le barillet.

Débit massique de fusion (MFR)

Il décrit le débit d'extrusion d'un plastique fondu à travers une filière d'une certaine longueur et d'un certain diamètre dans des conditions prescrites (température, pression et position du piston) dans le cylindre d'un testeur d'écoulement de matière fondue (plastomètre d'extrusion), où le débit est déterminée comme la masse extrudé dans une durée spécifiée. Le MFR est exprimé en grammes par 10 minutes (g/10 min).

Débit volumique de fusion (MVR)

Il décrit le débit d'extrusion d'une résine fondue à travers une filière de longueur et de diamètre spécifiés dans des conditions prescrites de température, de pression et de position du piston dans le cylindre d'un testeur d'écoulement de matière fondue (plastomètre d'extrusion), où le débit est déterminé comme le volume extrudé sur une durée spécifiée. La MVR est exprimée en unités de centimètres cubes par 10 minutes (cm³/10 min).



1.7.3 Essai thermique

Les tests thermiques sont principalement effectués pour déterminer deux propriétés matérielles importantes des plastiques telles que la température de fléchissement sous charge (HDT) et la température du point de ramollissement Vicat.

Température de fléchissement sous charge (HDT)

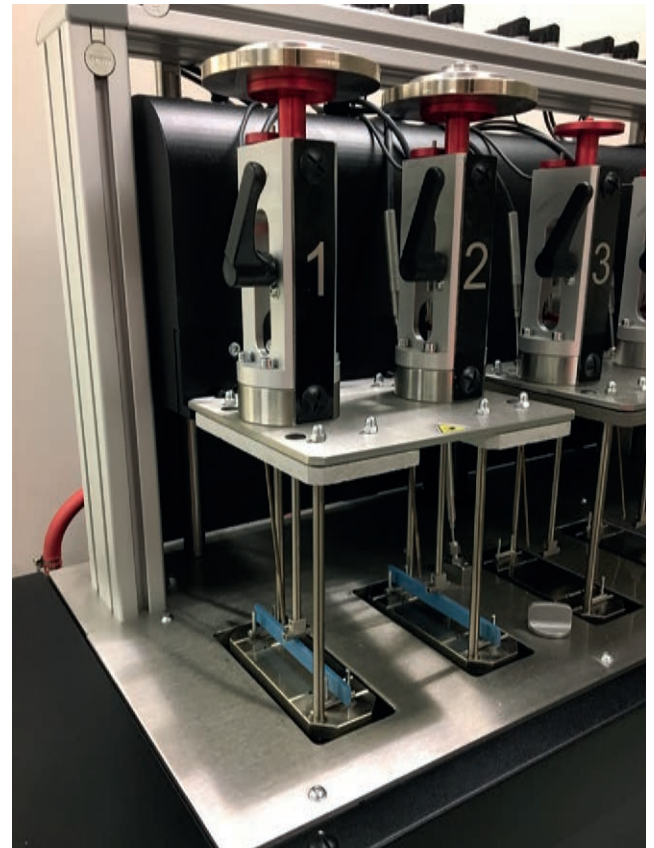
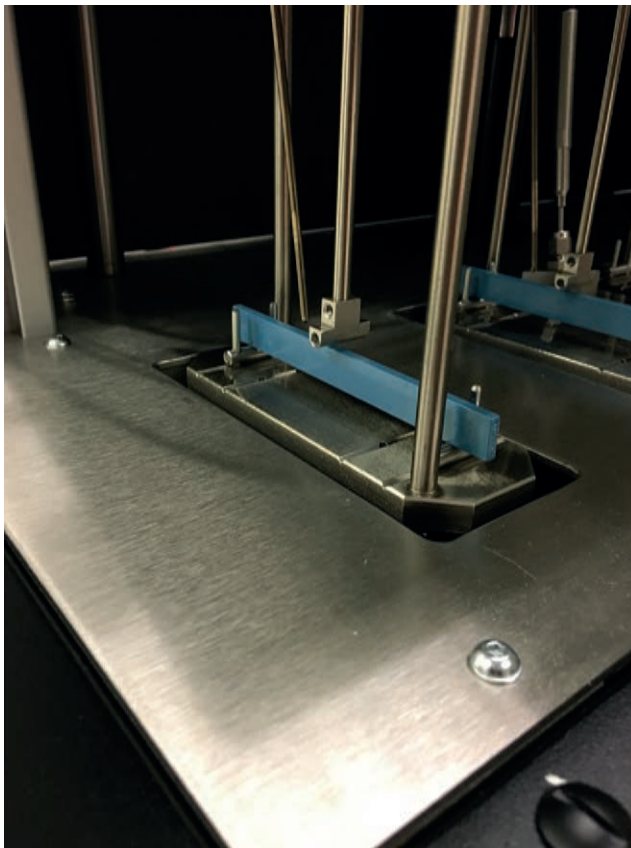
La température de fléchissement sous charge ou température de déformation sous charge (HDT) est la température à laquelle un éprouvette de polymère ou de plastique fléchisse sous charge de flexion. Cette propriété d'un matériau plastique donné est appliquée dans de nombreux aspects de la conception du produit, de l'ingénierie et de la fabrication de produits utilisant des composants thermoplastiques.

La température de fléchissement sous charge est déterminée par la procédure de test suivante décrite dans la norme ISO 75-2 (ASTM D648). L'éprouvette est chargée en flexion en trois points dans le sens des bords. La contrainte des fibres externes utilisée pour l'essai est de 0,45 MPa ou de 1,80 MPa, et la température est augmentée à 2 °C/min jusqu'à ce que l'éprouvette fléchisse de 0,25 mm.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de température de fléchissement sous charge (HDT) des différents plastiques conformément à la norme ISO 75-2 (ASTM D648).

Les valeurs suivies de la lettre B font référence à 0,45 MPa, alors que celles suivies de la lettre A à 1,8 MPa.

| Matériau | Valeur (°C) | Température de fonctionnement max. du système de tuyauterie (°C) |
|----------|------------------|--|
| PVC-U | 74 (A) | 60 |
| PVC-C | 103 (A) | 95 |
| ABS | 78 (A) | 60 |
| PP-H | 95-105 (B) | 95 |
| PE100 | 75 (B) | 60 |
| PVDF | 110 (A), 145 (B) | 140 |



Température de point de ramollissement Vicat

La température de ramollissement Vicat ou la dureté de Vicat est la détermination du point de ramollissement pour les matériaux qui n'ont pas de point de fusion net, comme les plastiques. Elle est prise comme la température à laquelle l'éprouvette est pénétré jusqu'à une profondeur de 1 mm par une aiguille plate de section circulaire ou carrée de 1 mm².

Les normes pour déterminer le point de ramollissement Vicat comprennent ISO 306 et ASTM D 1525.

1.8 Marquage des tuyauteries et raccords

Chaque composant fait l'objet d'un marquage avant d'être livré au client.

Le marquage est effectué pour une meilleure compréhension des détails importants de la pièce de manière plus simple. En général, en marquant les éléments importants d'information tels que le type de matériau, le nom du fabricant, la pression nominale, la taille, la norme et la date de fabrication sont imprimés.

Les éléments de marquage doivent être imprimés ou formulés directement sur le composant, ou imprimés sur une étiquette, de manière à ce que la lisibilité ne soit pas affectée par le stockage, l'altération, la manipulation ou l'installation.

REMARQUE : Le fabricant n'est pas responsable de l'illisibilité de l'étiquetage d'un composant due à des actions provoquées lors de l'installation et de l'utilisation telles que la peinture, le grattage ou le recouvrement, ou l'utilisation de détergents, etc., sauf accord ou spécification du fabricant.

Le marquage ne doit pas entraîner de fissures ou d'autres types de défauts qui affectent négativement les performances du composant.

Dans le cas d'une impression, la couleur de l'information imprimée est distincte de la couleur de base du composant. La taille du marquage doit être telle que le marquage soit lisible sans grossissement.

Différence entre marquage et étiquetage

D'une part le marquage est formé ou imprimé directement sur le composant, d'autre part l'étiquetage est réalisé par l'impression séparée de l'étiquette puis l'étiquette imprimée sera collée sur le composant.

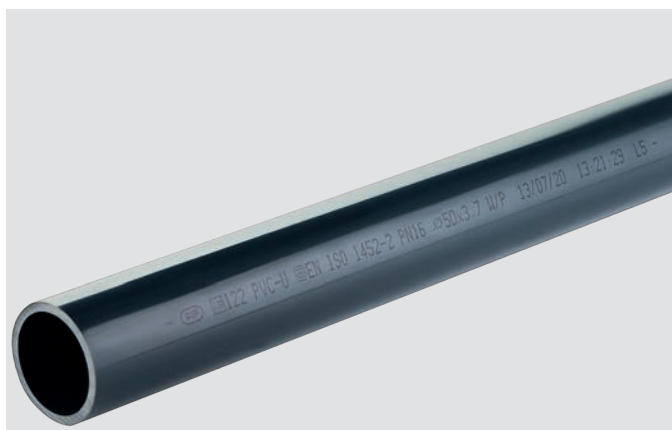
1.8.1 Exigences minimales pour le marquage des tuyaux

Les tuyaux doivent être repérés à des intervalles ne dépassant pas 1 m, au moins une fois par tuyau. A titre d'exemple, le tableau ci-dessous présente le marquage minimal requis des tuyauteries fabriquées selon la norme ISO 15493.

| Informations | Marquage ou symbole |
|---|-----------------------|
| Numéro de la présente Norme internationale | ISO 15493 |
| Nom et/ou marque du fabricant | Nom ou symbole |
| Diamètre extérieur nominal | p. ex. 110 |
| Épaisseur nominale des parois | p. ex. 5,3 |
| Tuyau série S ou rapport dimensionnel standardisé SDR | p. ex. S 10 ou SDR 21 |
| Pression nominale PN | par ex. PN 10 |
| Matériau | par ex. PVC-U |
| Informations du fabricant | ° |

° Pour assurer la traçabilité, les précisions suivantes seront données :

- la période de production (année et mois), en chiffres ou sous forme de code ;
- un nom ou un code pour le site de production si le fabricant produit sur différents sites.



Cette image montre à quoi ressemblera le marquage sur un matériau de tuyauterie PVC-U et quelles informations y seront présentes. De manière générale, le marquage sur un matériau de tuyauterie est conforme à la norme EN ISO 12201.

1.8.2 Exigences minimales pour le marquage des raccords

Le tableau ci-dessous présente les exigences minimales pour le marquage des raccords fabriqués selon la norme ISO 15493.

| Informations | Marquage ou symbole |
|---|-----------------------|
| Numéro de la présente Norme internationale ^a | ISO 15493 |
| Nom et/ou marque du fabricant | Nom ou symbole |
| Diamètre(s) extérieur(s) nominal(s) | p. ex. 63-32-63 |
| Épaisseur nominale des parois | p. ex. 5,8 |
| Tuyau série S ou rapport dimensionnel standardisé SDR | p. ex. S 10 ou SDR 21 |
| Pression nominale PN | par ex. PN 10 |
| Taille nominale DN ^b | par ex. DN 50 |
| Matériau | par ex. PVC-U |
| Informations constructeur | ^c |

^a Ces informations doivent être marquées au minimum sur l'emballage.

^b Applicable aux brides uniquement.

^c Pour les raccords de DN > 32 mm, les précisions suivantes seront données pour assurer la traçabilité :

- la période de production (année et mois), en chiffres ou sous forme de code ;
- un nom ou un code pour le site de production si le fabricant produit sur différents sites.



Cette image montre le marquage sur un raccord PVC-U.

1.8.3 Exigences minimales pour le marquage des vannes

Des vannes doivent être marquées conformément aux exigences des normes ISO 16135, ISO 16136, ISO 16137, ISO 16138, ISO 16139 ou ISO 21787, selon le cas, en fonction du type de vanne.

1.9 MRS et comportement à long terme

La durée de vie pratique d'un tuyau exposé à la pression interne est l'un des aspects les plus importants des tuyaux en plastique. Cet attribut est appelé comportement à long terme. La température et le fluide d'écoulement jouent un rôle important dans l'évaluation du comportement à long terme.

En Europe, la résistance hydrostatique à long terme des matériaux de tuyauterie en plastique, connue sous le nom de résistance minimale requise (MRS), est utilisée pour déterminer le niveau de pression des tuyaux en plastique.

La valeur de la MRS est déterminée en analysant les essais en tuyauterie à long terme selon les normes suivantes :

- EN ISO 15493 (PVC-U, PVC-C et ABS).
- EN ISO 15494 (PE, PP).
- EN ISO 10931 (PVDF).

Les valeurs MRS (résistance minimale requise) pour les matériaux thermoplastiques utilisés dans la construction des systèmes de tuyauterie industrielle sont indiquées dans le tableau suivant.

| Matériau | Valeur MRS (MPa) Eau 20 °C 50 ans |
|-----------------|--------------------------------------|
| PVC-U | 25 |
| PVC-C (tuyau) | 25 |
| PVC-C (raccord) | 20 |
| ABS | 14 |
| PP-H | 10 |
| PE100 | 10 |
| PE80 | 8 |
| PVDF | 25 |

1.9.1 Termes associés à un comportement à long terme

Fluage : Tous les matériaux thermoplastiques présentent la propriété connue sous le nom de fluage, c'est-à-dire que sur une période elle subit une déformation, même à température ambiante et sous une contrainte relativement faible. Une fois la contrainte éliminée, un matériau retrouve sa forme d'origine, en fonction du temps sous contrainte et de la sévérité de la contrainte.

La déformation dans laquelle le matériau pourrait retrouver sa forme d'origine est appelée déformation élastique et, en revanche, lorsque le matériau perd sa propriété de reprendre sa forme d'origine, on parle de déformation plastique.

Test de matériau à long terme : Les valeurs des propriétés mécaniques du matériau plastique, qui dépendent dans la plupart des cas des trois paramètres suivants.

- Temps.
- Température.
- Contrainte.

Les propriétés mécaniques d'un matériau, à une certaine température pendant une longue période, peuvent être déterminées par un test de matériau à long terme. L'essai de matériau à long terme est un essai dans lequel le comportement à la rupture du matériau peut être calculé en simulant la pression et la température pendant une durée d'essai plus longue spécifiée par la norme ISO 1167 pour différents matériaux.

97,5 % de limite prévisible inférieure (LPL) : Cela signifie qu'au moins 97,5 % des points de données doivent se trouver sur ou au-dessus des courbes de référence des matériaux respectifs.

1.9.2 Comportement à long terme du PVC-U

Le comportement à long terme du PVC-U peut être observé à partir du diagramme de contrainte circonférentielle suivant. Les lignes de rupture sont indiquées pour des températures allant de +20 °C à +60 °C. Elles sont appelées courbes de limite prévisible inférieure (LPL), ce qui signifie que 97,5 % de tous les points de rupture sont sur ou au-dessus de la courbe correspondante telle que décrite.

Le comportement à long terme a été calculé en utilisant la méthode d'extrapolation standard (SEM) selon la norme EN ISO 9080 La formule ci-dessous nous aide à déterminer divers paramètres comme la contrainte, la température ou le temps jusqu'à la rupture pour la plage de température de +20 °C à +60 °C.

Formule :

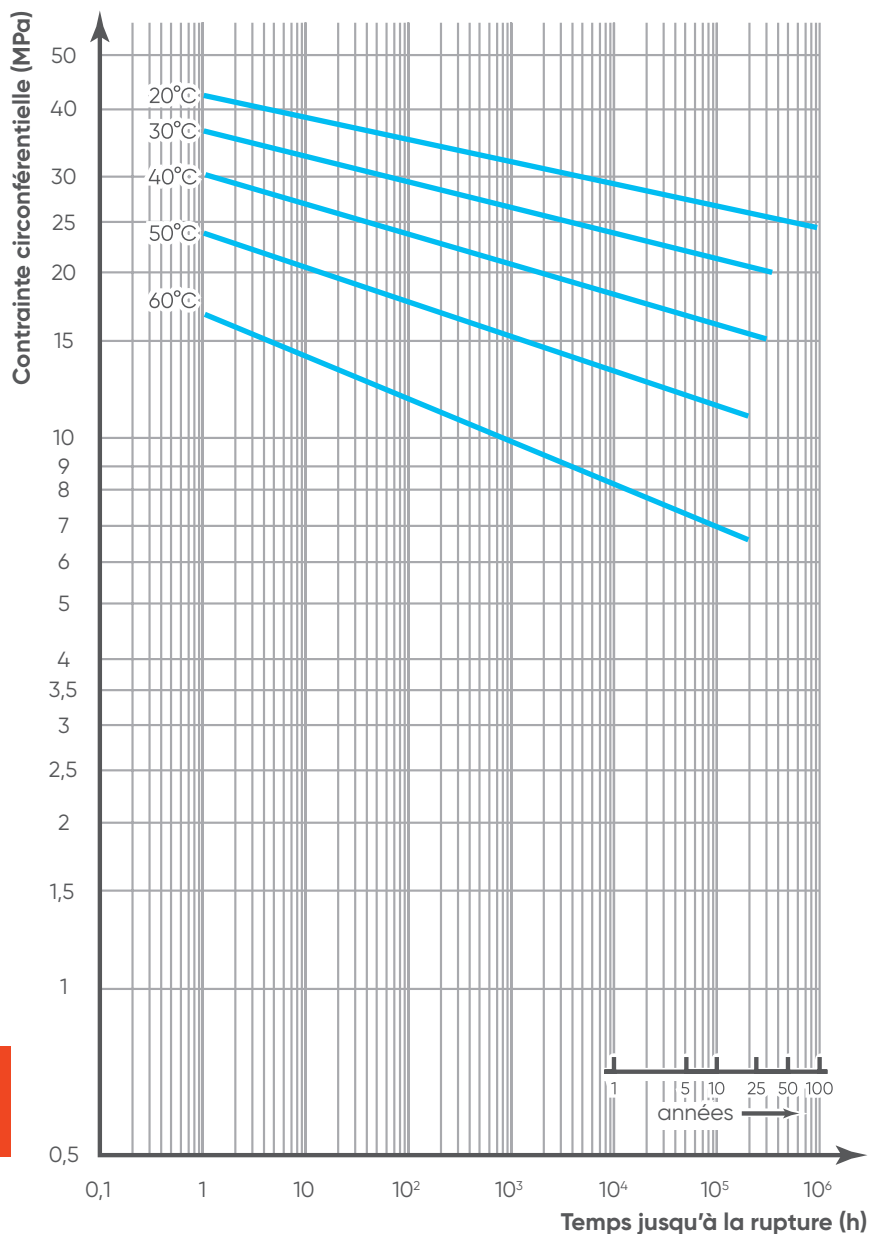
$$\log t = -164,461 - 29349,493 \times \frac{\log \sigma}{T} + 60126,534 \times \frac{1}{T} + 75,079 \times \log \sigma$$

avec :

t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

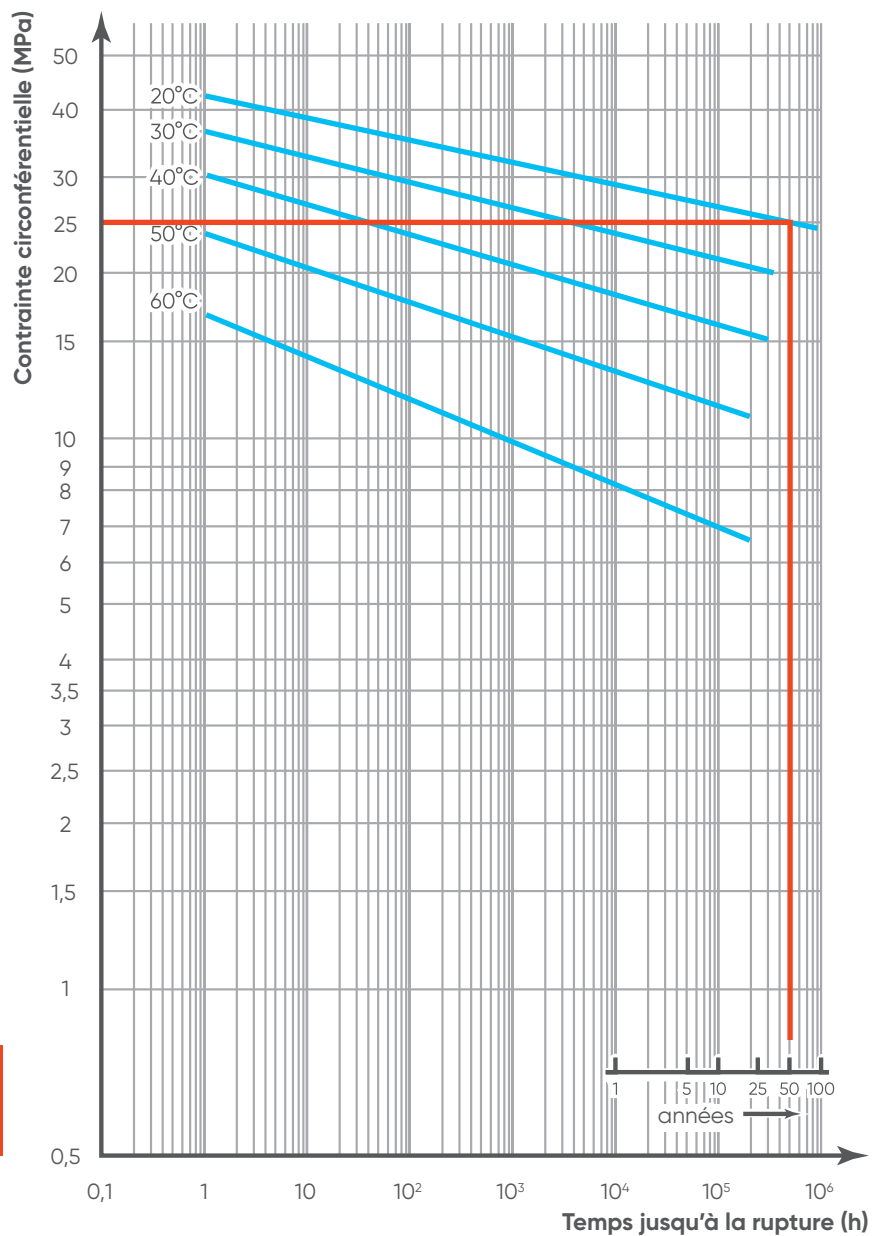


Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour le PVC-U.

Exemple pratique de lecture du graphique MRS :

1) Quelle est la valeur MRS d'un tuyau PVC-U transportant de l'eau à 20 °C pendant 50 ans de durée de vie ?

En regardant la courbe de résistance hydrostatique pour le PVC-U, à 20 °C et 50 ans de durée de vie, la valeur MRS est de 25 MPa, comme illustré graphiquement sur l'image suivante.



Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour le PVC-U.

1.9.3 Comportement à long terme du PVC-C

Le comportement à long terme du PVC-C peut être observé à partir du diagramme de contrainte circonférentielle suivant. Les lignes de rupture sont indiquées pour des températures allant respectivement de +10 °C à +95 °C et de +10 °C à +90 °C pour le matériau des tuyaux et raccords. Ces courbes sont appelées limites prévisibles inférieures (LPL), ce qui signifie que 97,5 % de tous les points de fracture sont sur ou au-dessus de la courbe correspondante telle que décrite.

Le comportement à long terme a été calculé en utilisant la méthode d'extrapolation standard (SEM) selon la norme EN ISO 9080. La formule ci-dessous nous aide à déterminer divers paramètres tels que la contrainte, la température ou le temps jusqu'à la rupture pour les matériaux de tuyau et de montage dans la plage de température respectivement de +10 °C à +95 °C et de +10 °C à +90 °C.

Formule applicable pour un tuyau en PVC-C (10 °C à 95 °C)

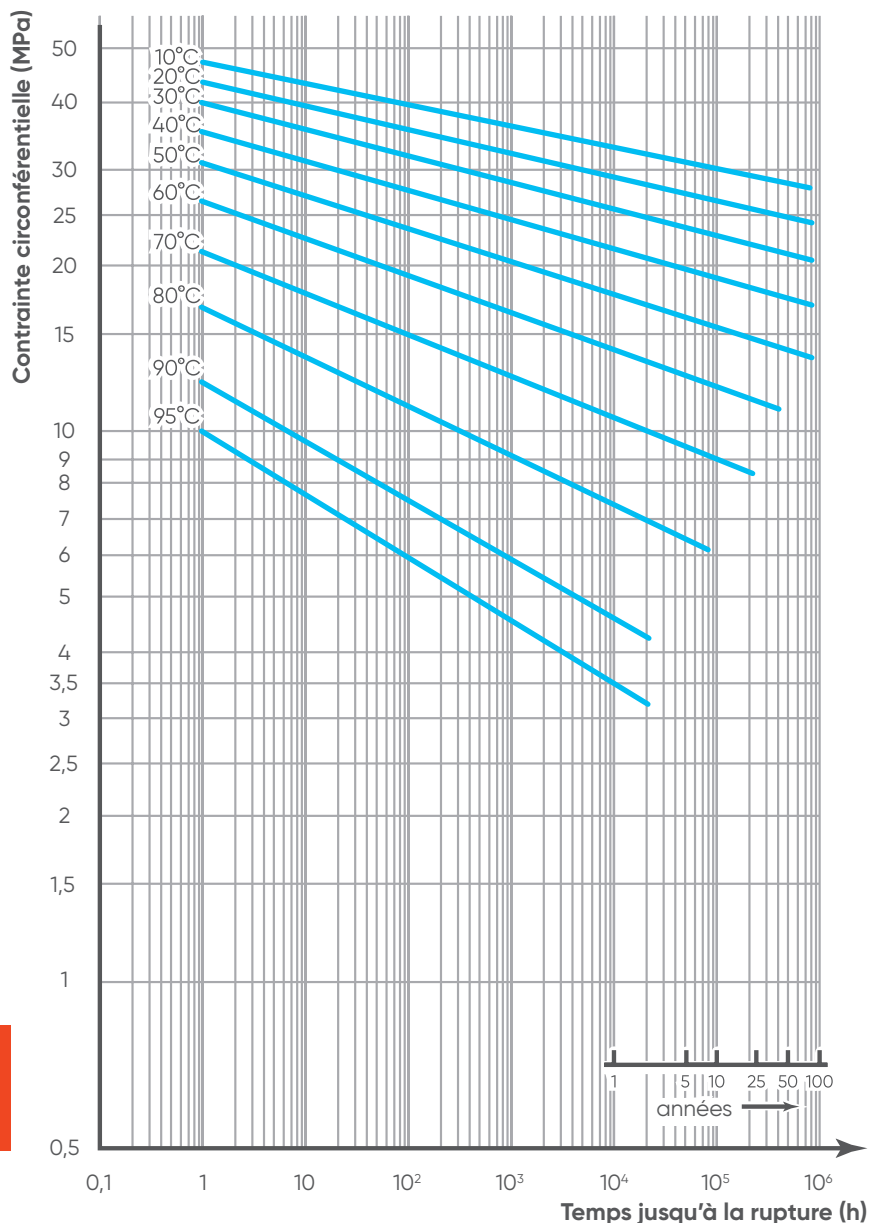
$$\log t = -109,95 - 21897,4 \times \frac{\log \sigma}{T} + 43702,87 \times \frac{1}{T} + 50,74202 \times \log \sigma$$

avec :

t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour le matériau de tuyauterie PVC-C.

Formule applicable pour un raccord en PVC-C (10 °C à 95 °C)

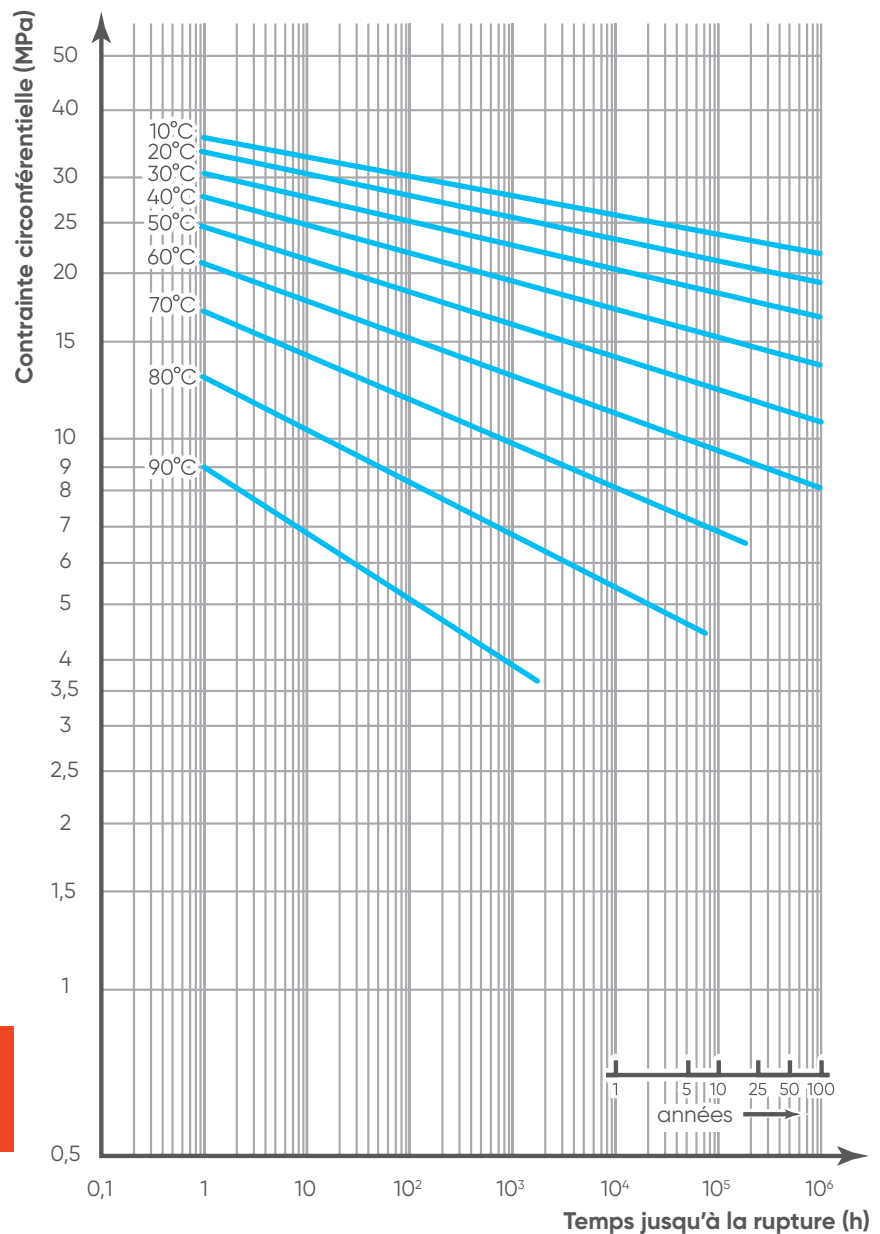
$$\log t = -121,699 - 25985 \times \frac{\log \sigma}{T} + 47143,18 \times \frac{1}{T} + 63,03511 \times \log \sigma$$

avec :

t_f = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



1.9.4 Comportement à long terme de l'ABS

Le comportement à long terme du ABS peut être observé à partir du diagramme de contrainte circonférentielle suivant. Les lignes de rupture sont indiquées pour des températures allant de +10 °C à +60 °C. Elles sont appelées courbes de limite prévisible inférieure (LPL), ce qui signifie que 97,5 % de tous les points de rupture sont sur ou au-dessus de la courbe correspondante telle que décrite.

Le comportement à long terme a été calculé en utilisant la méthode d'extrapolation standard (SEM) selon la norme EN ISO 9080 La formule ci-dessous nous aide à déterminer divers paramètres comme la contrainte, la température ou le temps jusqu'à la rupture pour la plage de température de +10 °C à +60 °C.

Formule :

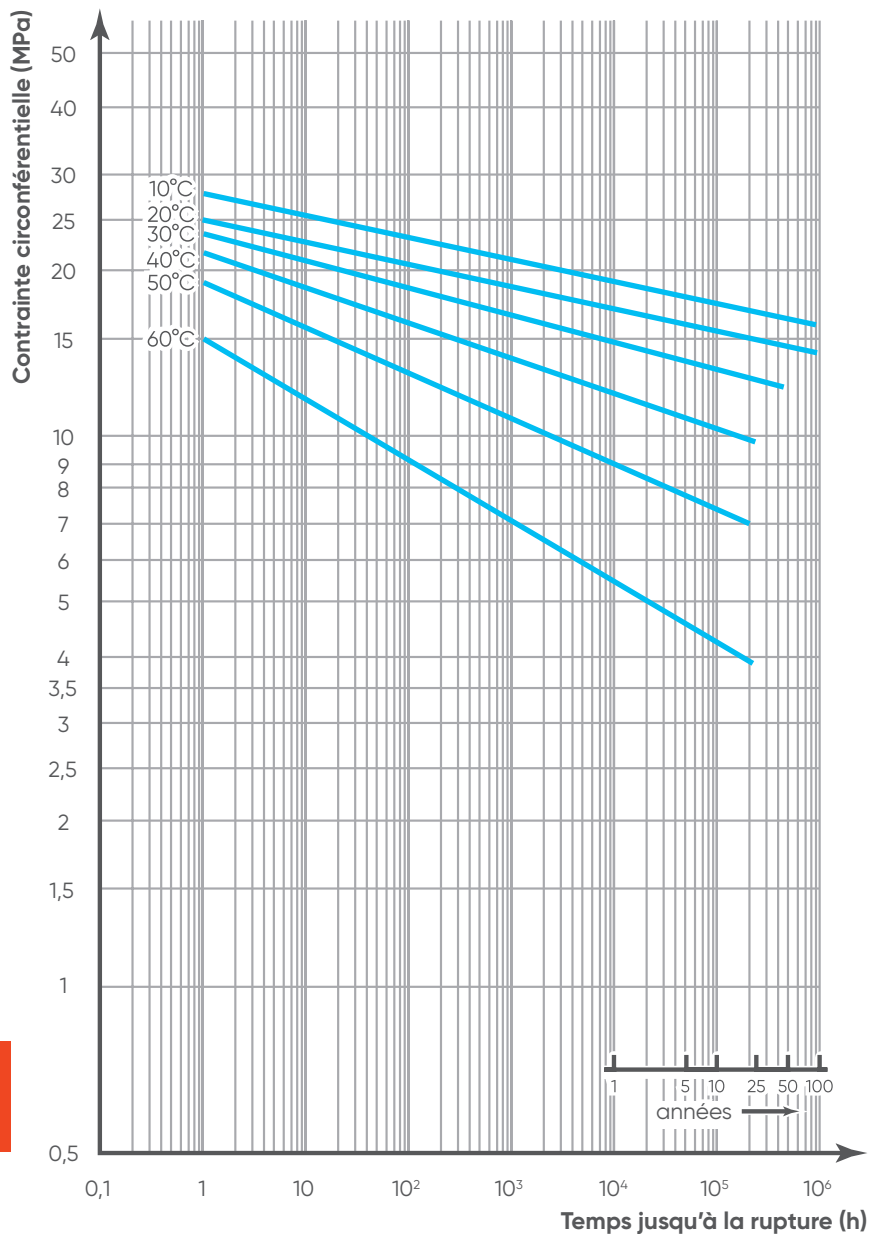
$$\log t = - 154,8961 - 35935,57 \times \frac{\log \sigma}{T} + 55180,34 \times \frac{1}{T} + 98,73749 \times \log \sigma$$

avec :

t_f = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour l'ABS.

1.9.5 Comportement à long terme du PP-H, PP-B et PP-R

Le comportement à long terme de PP-H, PP-B et PP-R peut être observé à partir du diagramme de contrainte circonférentielle suivant. Les lignes de rupture sont indiquées pour des températures allant de +10 °C à +110 °C. Elles sont appelées courbes de limite prévisible inférieure (LPL), ce qui signifie que 97,5 % de tous les points de rupture sont sur ou au-dessus de la courbe correspondante telle que décrite. Le comportement à long terme a été calculé en utilisant la méthode d'extrapolation standard (SEM) selon la norme EN ISO 9080. La formule ci-dessous nous aide à déterminer divers paramètres comme la contrainte, la température ou le temps jusqu'à la rupture pour la plage de température de +10 °C à +80 °C. Si des mesures avec des périodes de mesure plus longues sont effectuées à 85 °C, 90 °C, 95 °C et 110 °C, le cas échéant, les pointillés des courbes de référence s'appliquent. La période de test la plus longue sera déduite des délais d'extrapolation spécifiés dans la norme ISO 9080.

Remarque : En utilisant de l'eau à l'intérieur et de l'air à l'extérieur, la courbe de 110 °C étant mesurée séparément ; elle ne peut pas être déterminée à l'aide des formules ci-dessous.

Formule PP-H :

Première branche : (applicable pour la plage de température de +10 °C à +80 °C)

$$\log t = -46,364 - 9601,1 \times \frac{\log \sigma}{T} + 20381,5 \times \frac{1}{T} + 15,24 \times \log \sigma$$

Deuxième branche : (applicable pour la plage de température de +80 °C à +110 °C)

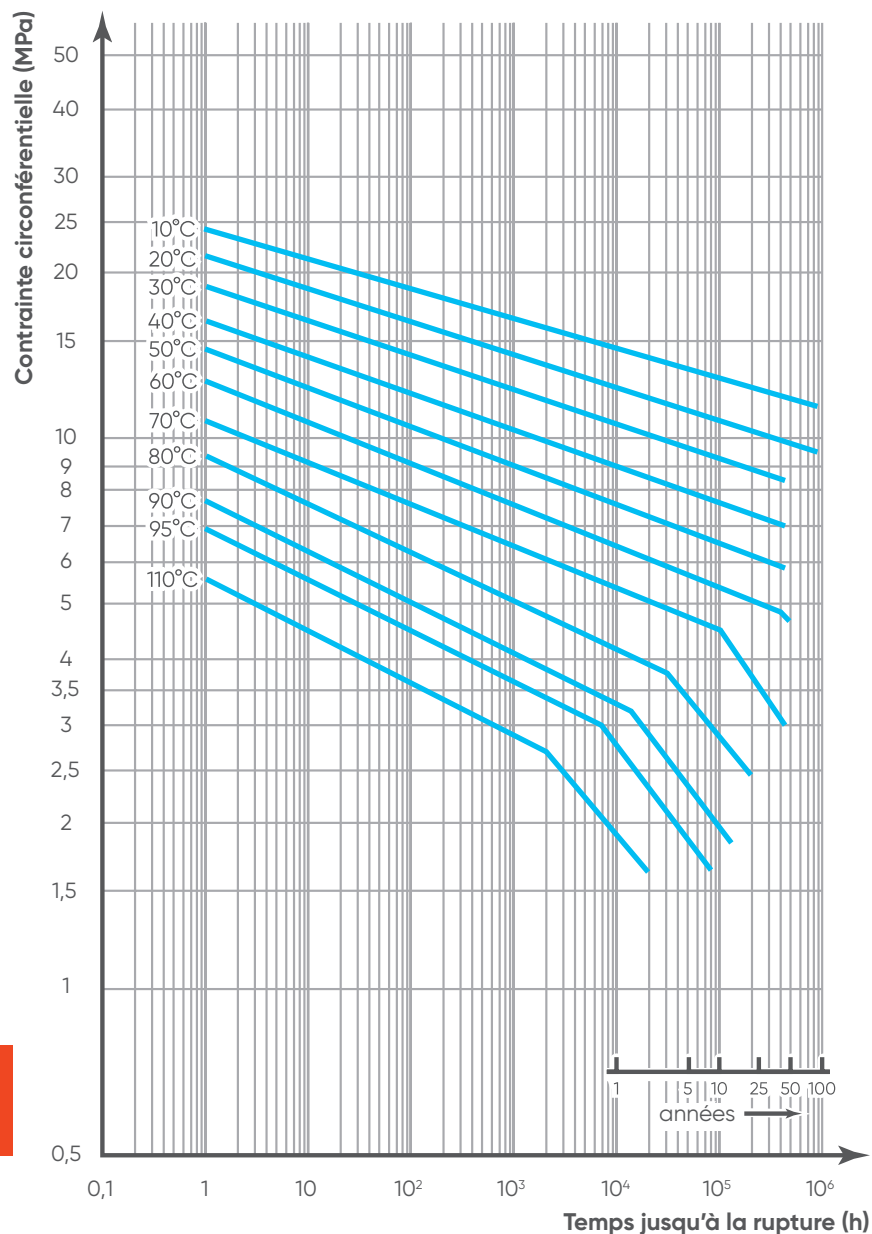
$$\log t = -18,387 - 8918,5 \times \frac{1}{T} - 4,1 \times \log \sigma$$

avec :

t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour PP-H.

Formule PP-B :

Première branche : (applicable pour la plage de température de +10 °C à +80 °C)

$$\log t = - 56,086 - 10157,8 \times \frac{\log \sigma}{T} + 23971,7 \times \frac{1}{T} + 13,32 \times \log \sigma$$

Deuxième branche : (applicable pour la plage de température de +80 °C à +110 °C)

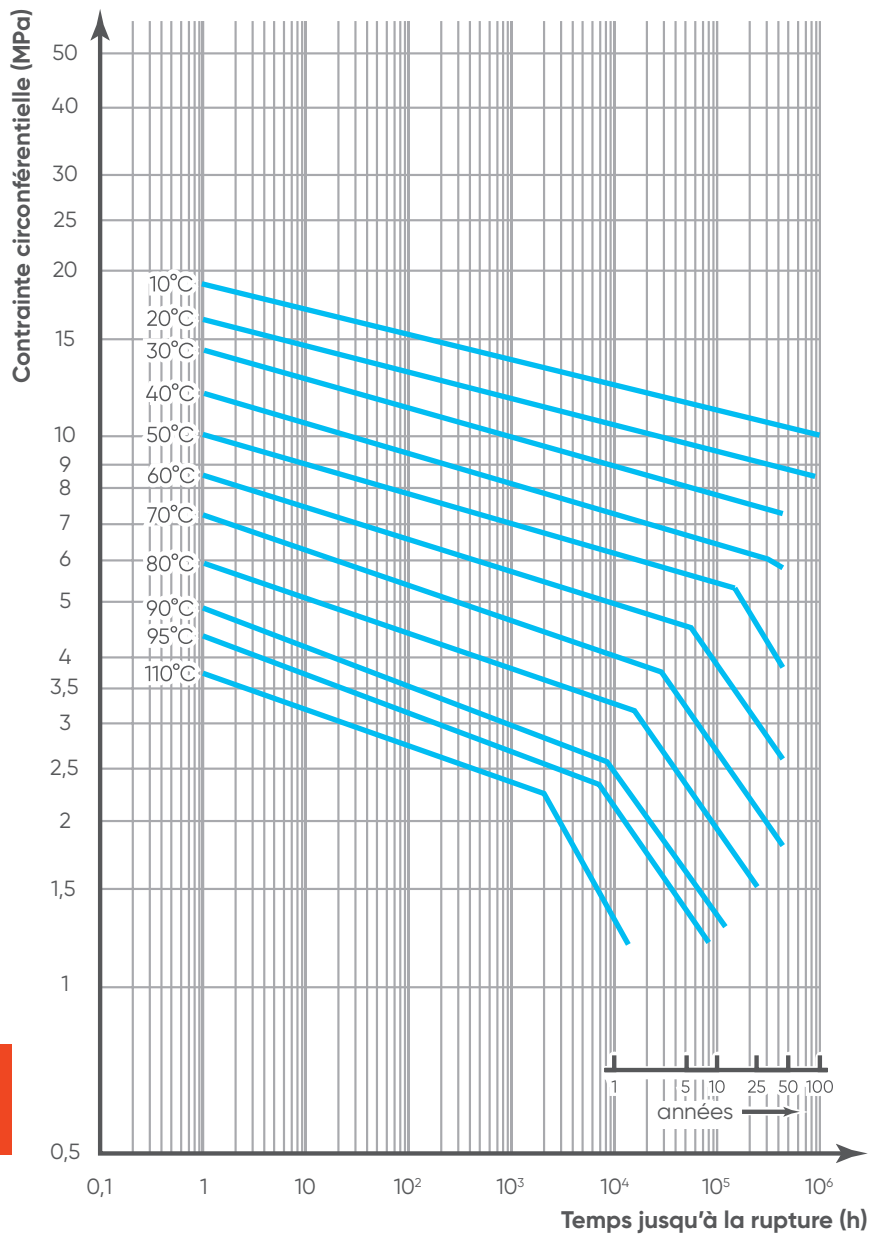
$$\log t = - 13,699 - 6970,3 \times \frac{1}{T} - 3,82 \times \log \sigma$$

avec :

t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour PP-B.

Formule PP-R :**Première branche : (applicable pour la plage de température de +10 °C à +80 °C)**

$$\log t = - 55,725 - 9484,1 \times \frac{\log \sigma}{T} + 22502,2 \times \frac{1}{T} + 6,39 \times \log \sigma$$

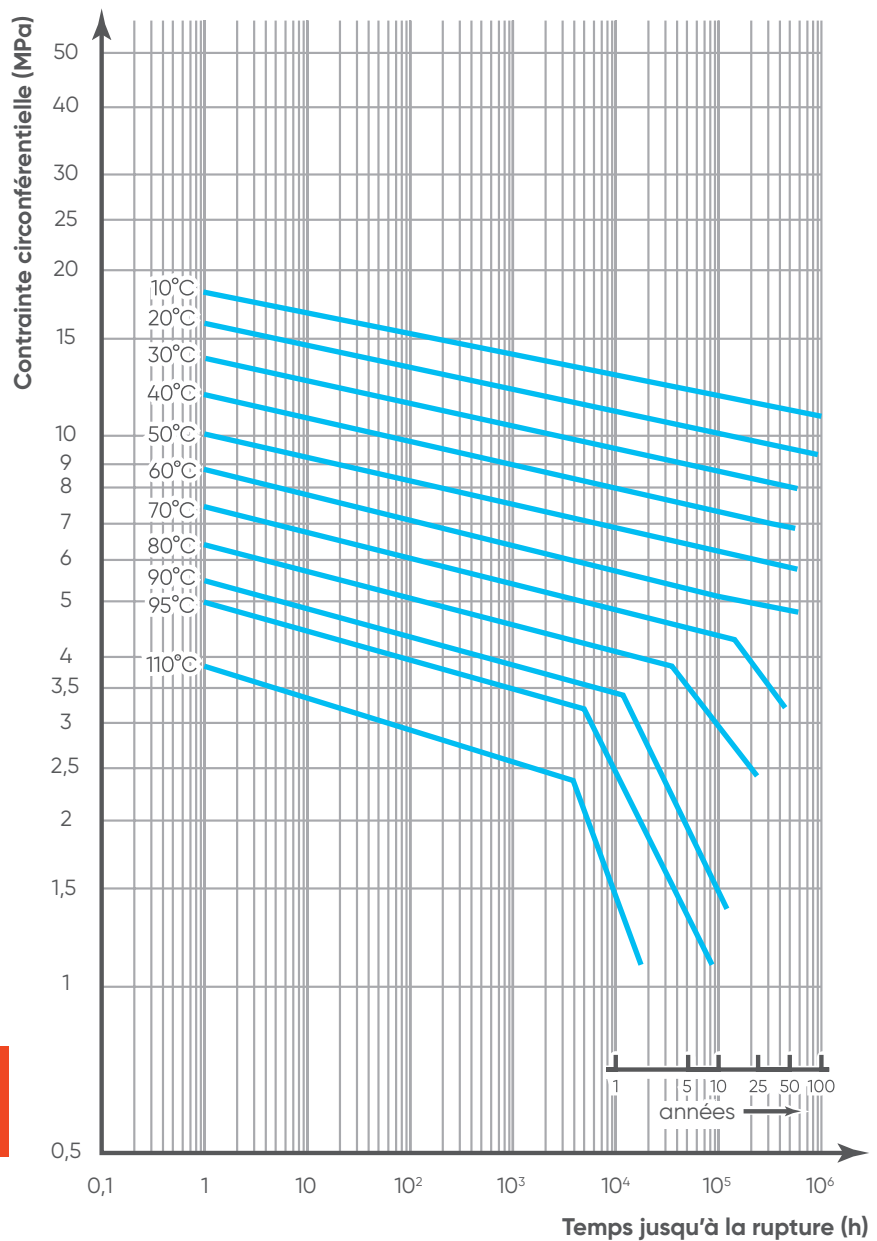
Deuxième branche : (applicable pour la plage de température de +80 °C à +110 °C)

$$\log t = - 19,98 + 9507 \times \frac{1}{T} - 4,11 \times \log \sigma$$

avec :

 t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

 σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour PP-R.

1.9.6 Comportement à long terme du PE

Le comportement à long terme de PE-100 et PE-80 peut être observé à partir du diagramme de contrainte circonférentielle suivant. Les lignes de rupture sont indiquées pour des températures allant de +10 °C à +80 °C. Elles sont appelées courbes de limite prévisible inférieure (LPL), ce qui signifie que 97,5 % de tous les points de rupture sont sur ou au-dessus de la courbe correspondante telle que décrite.

Le comportement à long terme a été calculé en utilisant la méthode d'extrapolation standard (SEM) selon la norme EN ISO 9080. La formule ci-dessous nous aide à déterminer divers paramètres comme la contrainte, la température ou le temps jusqu'à la rupture et à tracer le graphique pour démontrer le comportement à long terme de PE-100 et PE-80 pour la plage de température de +10 °C à +80 °C. Toutefois, 80 °C ne s'applique qu'en cas d'application à court terme.

Formule PE-80

$$\log t = - 42,5488 + 24074,8254 \times \frac{1}{T} - 37,5758 \times \log \sigma$$

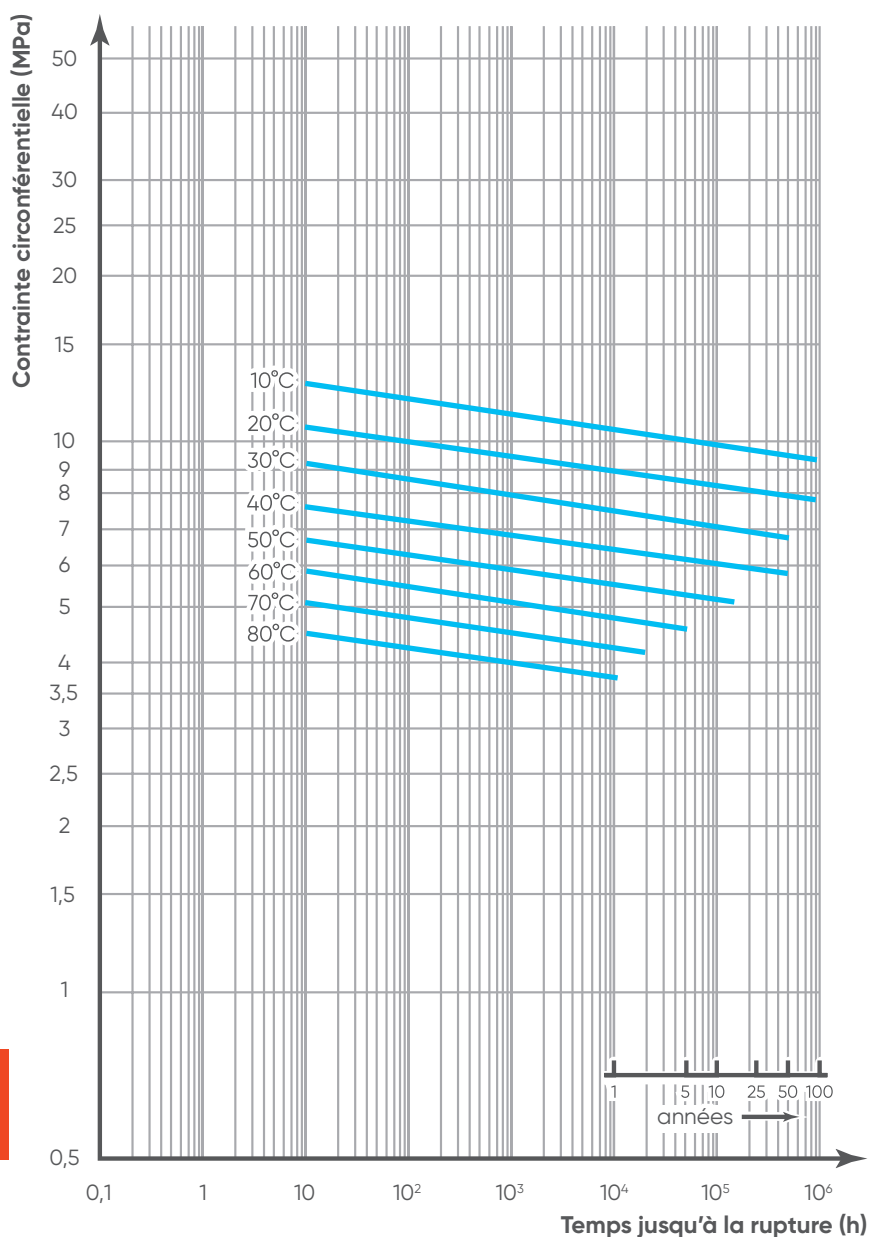
avec :

t_f = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Courbes de résistance hydrostatatique minimale requise pour PE-80.



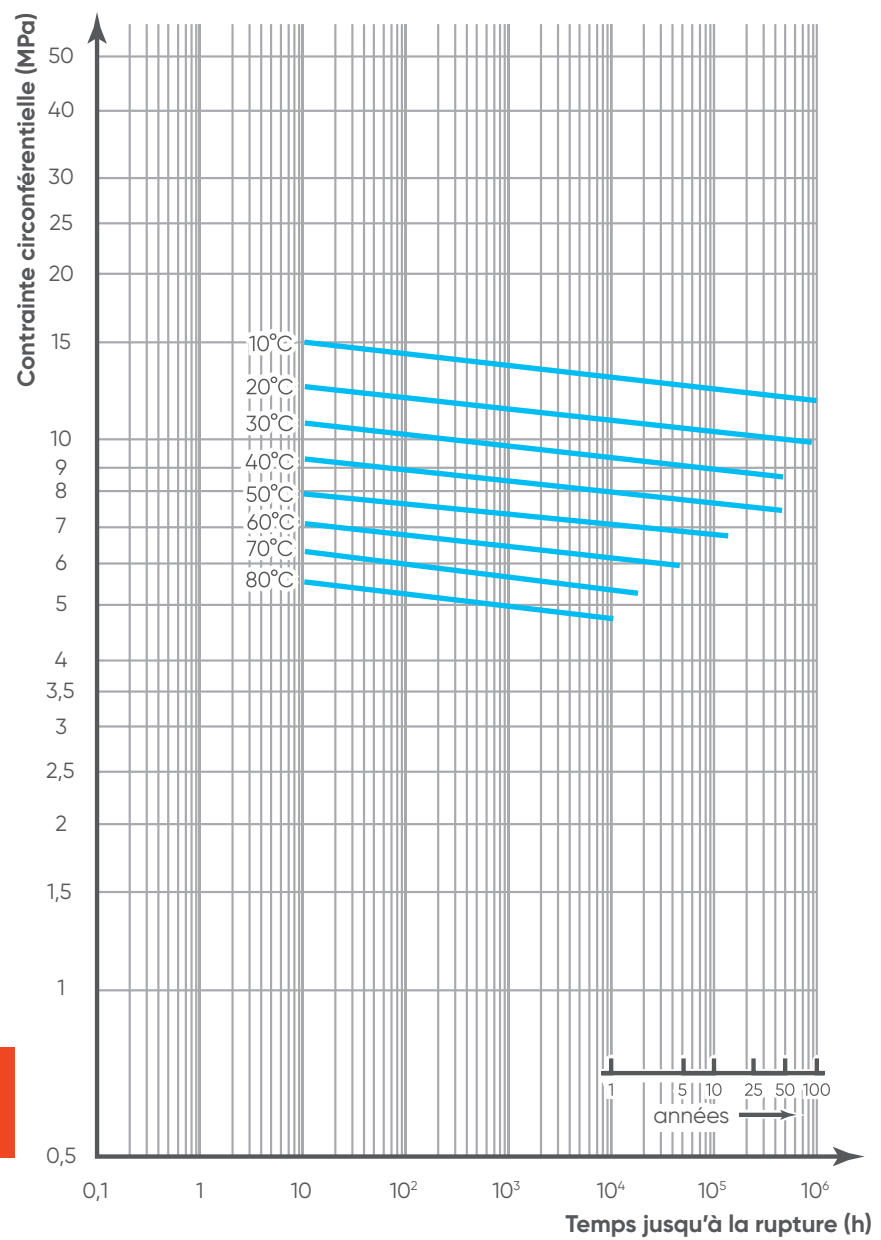
Formule PE-100

$$\log t = -45,4008 + \frac{28444,7345}{T} - 45,9891 \times \log \sigma$$

avec :

 t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

 σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).

Courbes de résistance hydrostatique minimale requise pour PE-100.

1.9.7 Comportement à long terme du PVDF

Le comportement à long terme du PVDF peut être observé à partir du diagramme de contrainte circonférentielle suivant. Les lignes de rupture sont indiquées pour des températures allant de +20 °C à +140 °C. Elles sont appelées courbes de limite prévisible inférieure (LPL), ce qui signifie que 97,5 % de tous les points de rupture sont sur ou au-dessus de la courbe correspondante telle que décrite.

Le comportement à long terme a été calculé en utilisant la méthode d'extrapolation standard (SEM) selon la norme EN ISO 9080.

La formule ci-dessous nous aide à déterminer divers paramètres comme le stress, la température ou le temps jusqu'à la rupture et à tracer le graphique pour démontrer le comportement à long terme du PVDF pour la plage de température de +20 °C à +140 °C.

Formule :

Première branche : (applicable pour la plage de température de +20 °C à +90 °C)

$$\log t = - 165,4958 - 36518,7 \times \frac{\log \sigma}{T} + 78465,65 \times \frac{1}{T} + 57,0467 \times \log \sigma$$

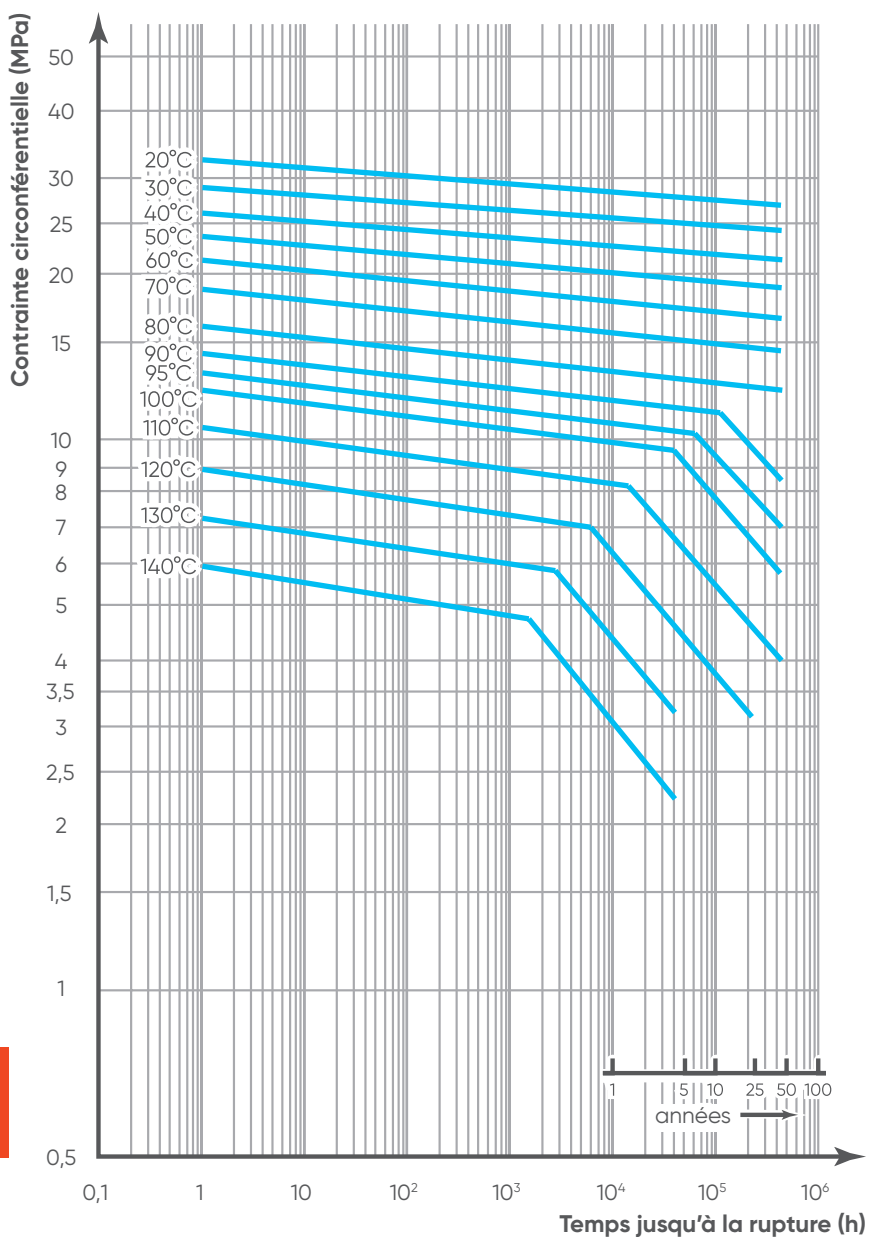
Deuxième branche : (applicable pour la plage de température de +95 °C à +140 °C)

$$\log t = - 23,19426 - 1611,69 \times \frac{\log \sigma}{T} + 12100 \times \frac{1}{T} - 0,40473 \times \log \sigma$$

avec, t_r = temps jusqu'à la rupture (en heures),

T = température du fluide en circulation (en °C),

σ = Contrainte circonférentielle (en MPa) (1 MPa = 1 N/mm²).



Courbes de résistance hydrostatatique minimale requise pour le PVDF.

1.9.8 Durée de vie en cas de charge intermittente

Dans le cas d'applications où des charges alternées se produisent régulièrement, la théorie de l'accumulation linéaire des dommages, également appelée règle de Miner, peut être utilisée pour déterminer les temps de fonctionnement approximatifs pour applications présentant des conditions variables pendant leur durée de vie prévue.

Selon la norme DVS 2205, la durée de vie prévue (t_m) est déterminée en additionnant les taux d'endommagement pour les conditions de fonctionnement intermittentes.

Selon cette règle, ce qui suit s'applique à la charge mécanique :

$$\sum \frac{(a_i * t_m)}{(100 * t_i)} = 1$$

Pour deux charges, ce qui suit s'applique donc :

$$t_m = \frac{(100 * t_{m1} * t_{m2})}{(a_1 * t_{m2} + 2 * t_{m1})}$$

Étant donné que la durée de vie admissible des composants dépend non seulement de la charge mécanique mais aussi du vieillissement thermique, l'influence du vieillissement (t_a) doit être déterminée par cette équation :

$$\sum \frac{(a_i * t_a)}{(100 * t_i)} = 1$$

avec :

i = nombre de charges partielles

a_1, a_2, \dots, a_n = proportion de temps de charge partielle constituant le temps de charge totale en pourcentage

$t_{m1}, t_{m2}, \dots, t_{mn}$ = durée de vie utile dans les conditions de fonctionnement individuelles

$t_{a1}, t_{a2}, \dots, t_{an}$ = temps de vieillissement aux températures appropriées

t_m = durée de vie calculée sous charge mécanique

t_a = durée de vie calculée sous l'influence du vieillissement

EXEMPLE PRATIQUE

Dans le tableau suivant sont décrits les conditions de fonctionnement et les proportions des dommages pour le PP-H :

| Contraintes partielles | Contraintes | Température | Proportion de temps (a) | Durée de vie calculée avec contraintes partielles (t_m) | Proportion d'endommagement (%) |
|------------------------|---------------------|-------------|-------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 6 N/mm ² | 50 °C | 75 % | 33,3 ans | 82 |
| 2 | 2 N/mm ² | 80 °C | 25 % | 50,25 ans | 18 |

Selon l'équation précédente la durée de vie à attendre sur la base des contraintes mécaniques est de :

$$t_m = \frac{(100 * 33,3 * 50,25)}{(75 * 50,25 + 25 * 33,3)} = 36,4 \text{ ans}$$

Ensuite, il est possible de tenir compte également des proportions de vieillissement et de dommages :

| Contraintes partielles | Température | Proportion de temps (a) | Début du vieillissement thermique t_a | Proportion d'endommagement (%) |
|------------------------|-------------|-------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 50 °C | 75% | 91,23 ans | 35,7 |
| 2 | 80 °C | 25% | 16,9 ans | 64,3 |

La durée de vie à attendre en fonction du vieillissement est calculée par l'équation :

$$t_a = \frac{(100 * 91,23 * 16,9)}{(75 * 16,9 + 25 * 91,23)} = 43,45 \text{ years}$$

1.10 Module de fluage

Les matériaux polymères soumis à une charge peuvent subir des phénomènes de fluage, c'est-à-dire une déformation dépendante du temps d'un matériau exposé à une contrainte constante.

Par conséquent, sous une charge constante appliquée à une température constante, cette déformation continue d'augmenter au fil du temps.

Le module de fluage dépend du temps, de la contrainte, de la température et peut également dépendre du fluide, en particulier dans le cas de substances jaillissantes.

Pour les matériaux utilisés, le module de fluage peut être obtenu en fonction des paramètres indiqués à partir de les courbes du module de fluage.

Il est utilisé :

- dans les calculs de stabilité, avec l'équation suivante :

$$E_{c(Al)st} = \frac{E_c}{A_{2E} * S}$$

avec :

$E_{c(Al)st}$ = module de fluage admissible à la condition de conception pour la stabilité (température, contrainte, temps, fluide, facteur de sécurité) (N/mm²)

E_c = Module de fluage à la condition de conception (température, contrainte, temps) (N/mm²)

A_{2E} = Facteur de réduction tenant compte de l'effet du milieu environnant sur le module d'élasticité

S = Facteur de sécurité

- pour déterminer les déformations avec l'équation suivante :

$$E_{c(Al)D} = \frac{E_c}{A_{2E}}$$

avec :

$E_{c(Al)D}$ = module de fluage admissible à la condition de conception pour la déformation (température, contrainte, temps, fluide, facteur de sécurité) (N/mm²)

E_c = module de fluage à la condition de conception (température, contrainte, temps) (N/mm²)

A_{2E} = Facteur de réduction tenant compte de l'effet du milieu environnant sur le module d'élasticité

Le facteur de réduction A_{2E} à l'exception des fluides provoquant un gonflement est $A_{2E} = 1$.

Pour les fluides provoquant un gonflement A_{2E} doit être déterminé par des tests appropriés.

En ce qui concerne le facteur de sécurité S , il indique que, lorsque le composant est utilisé conformément aux spécifications, à tout moment de sa durée de vie nominale, cette marge de sécurité est assurée par rapport à la résistance au fluage du matériau.

Le facteur de sûreté prend donc également en compte les simplifications effectuées dans les hypothèses de charge et lors de l'évaluation de la conception ou de la vérification expérimentale de la résistance.

Les facteurs de sécurité indiqués dans le tableau suivant sont indiqués pour deux cas de chargement en fonction du danger potentiel. Dans chaque cas particulier, il est nécessaire de décider de la classification appropriée pour le composant à concevoir.

Le cas échéant, des valeurs intermédiaires peuvent être appropriées.

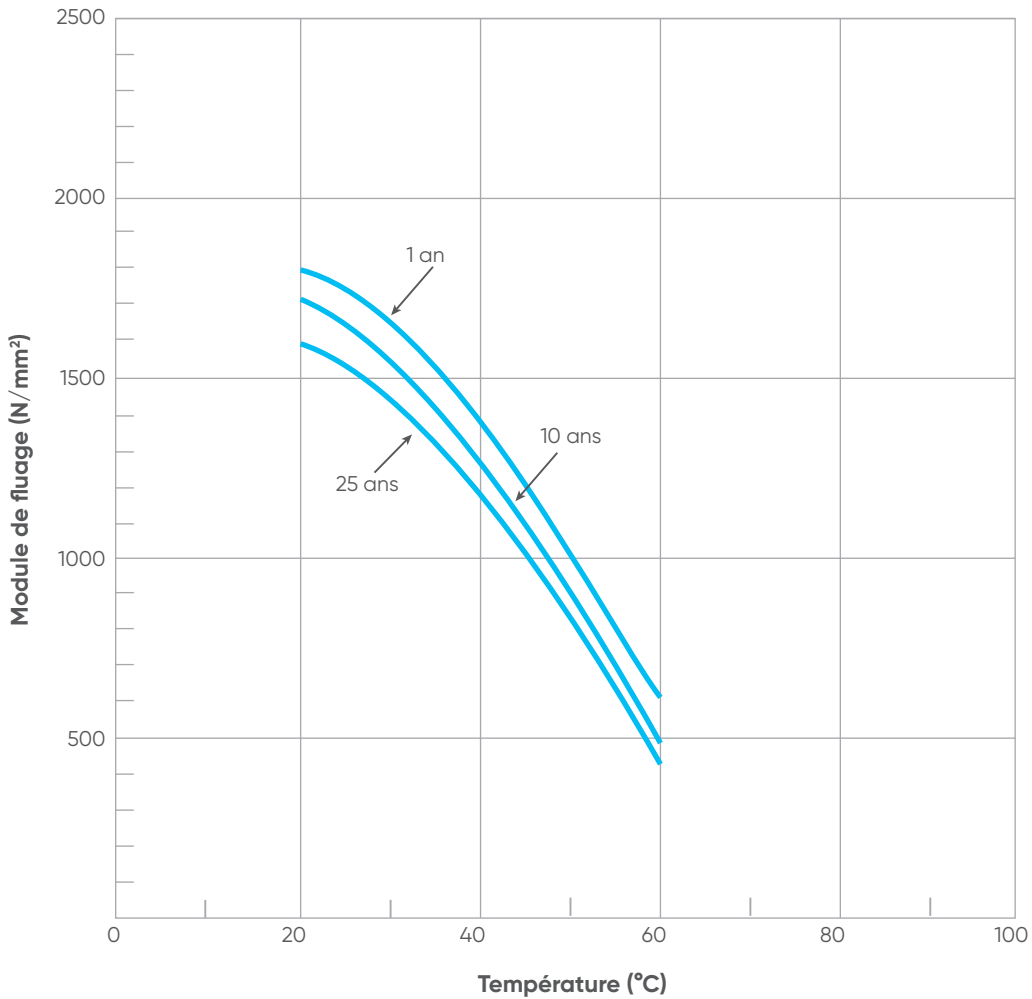
| Type de chargement | S |
|---|-----|
| Cas de chargement 1 Charge statique à température ambiante et conditions constantes. Aucun danger possible pour les personnes, les objets et l'environnement en cas de défaillance | 1,3 |
| Cas de chargement 2 Chargement en conditions alternées (ex : température, niveau de remplissage). Danger possible pour les personnes, les objets et l'environnement en cas de défaillance | 2,0 |

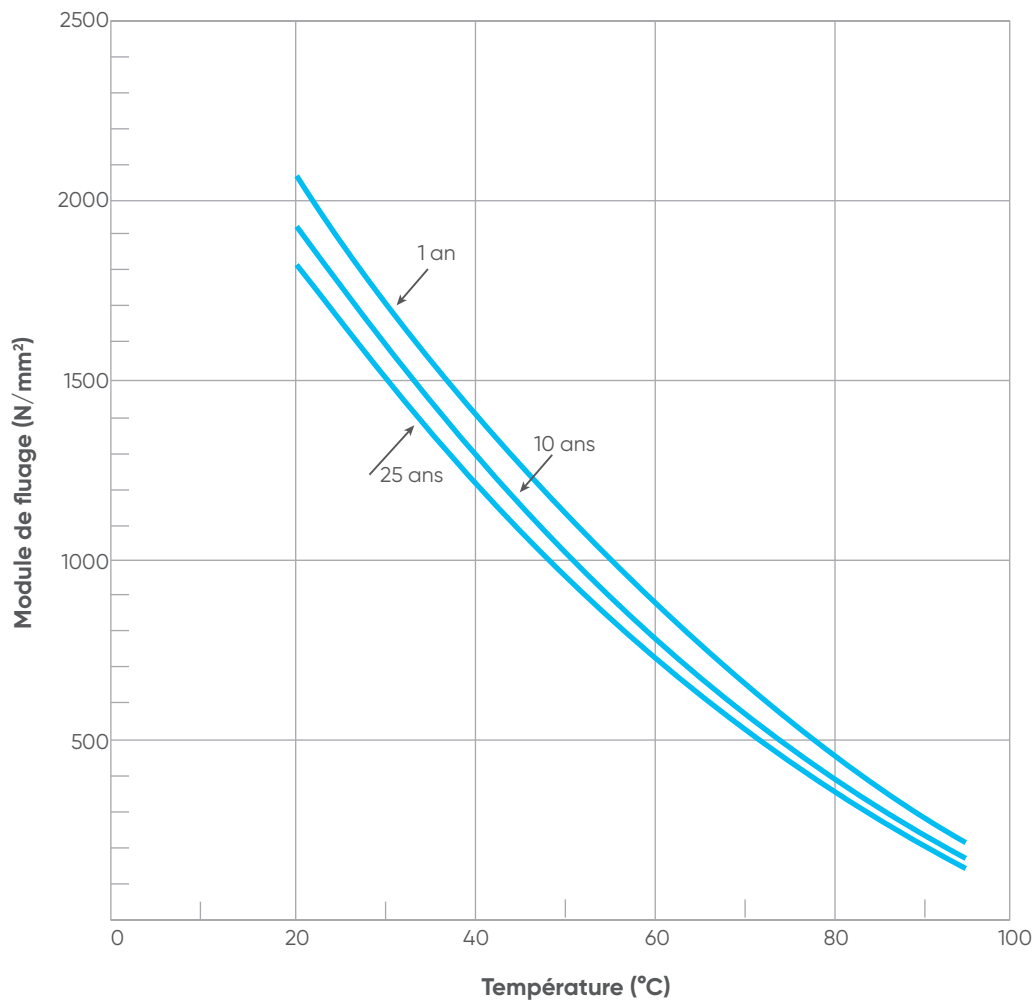
Pour les calculs de stabilité, utiliser un facteur de sécurité minimum de 2.

Les effets de l'excentricité et de l'ovalisation doivent être pris en compte séparément.

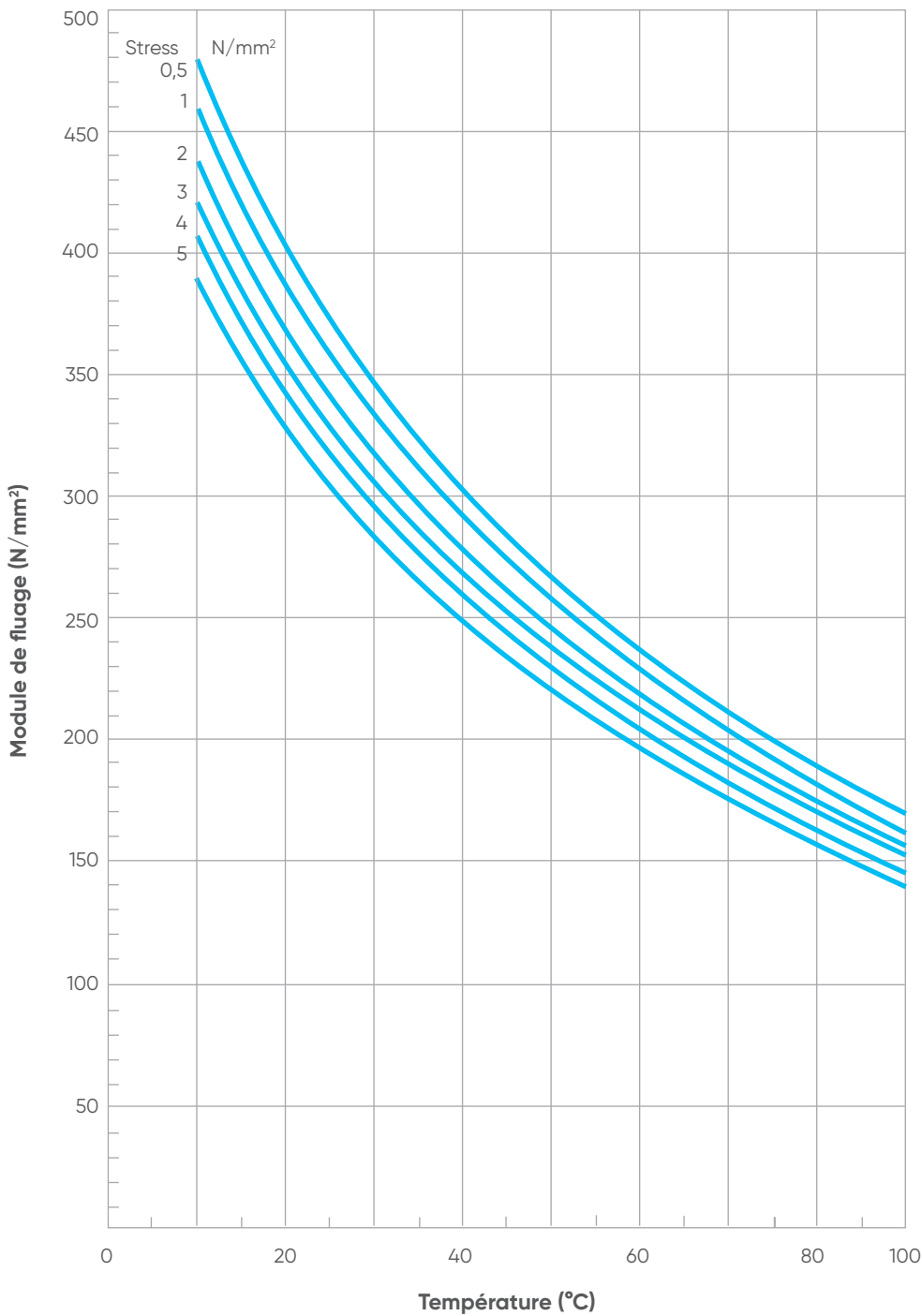
Les graphiques ci-dessous sont les courbes du module de fluage des thermoplastiques en fonction des différents niveaux de contrainte, années et températures. Ils sont conformes aux normes EN 1778 et DVS 2205-1.

Module de fluage de l'PVC-U pour la plage de contraintes $\sigma = 2,5$ à 10 N/mm^2

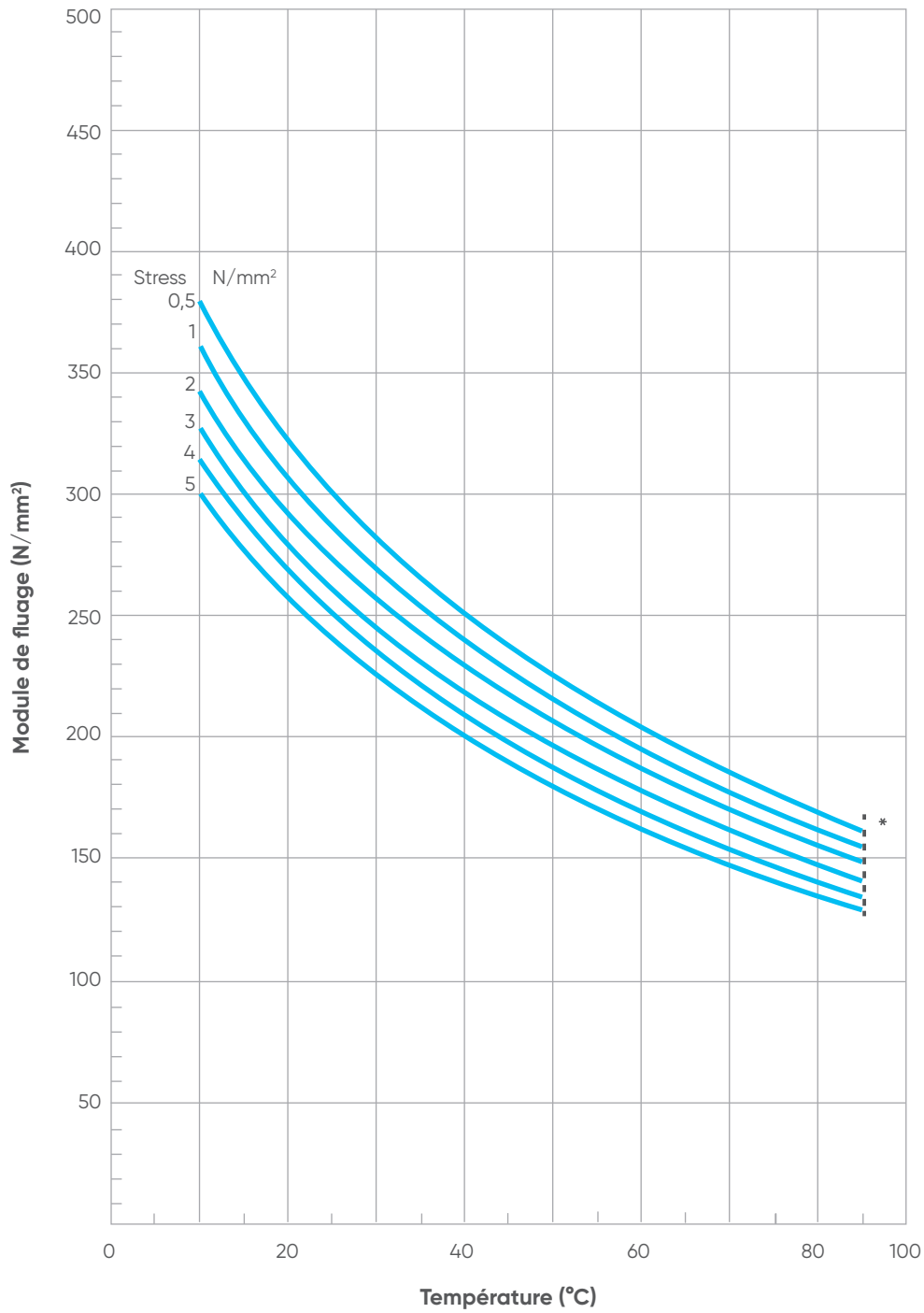


Module de fluage du PVC-C pour la plage de contraintes $\sigma = 5$ à 20 N/mm^2 

Module de fluage du PP-H pendant 1 an

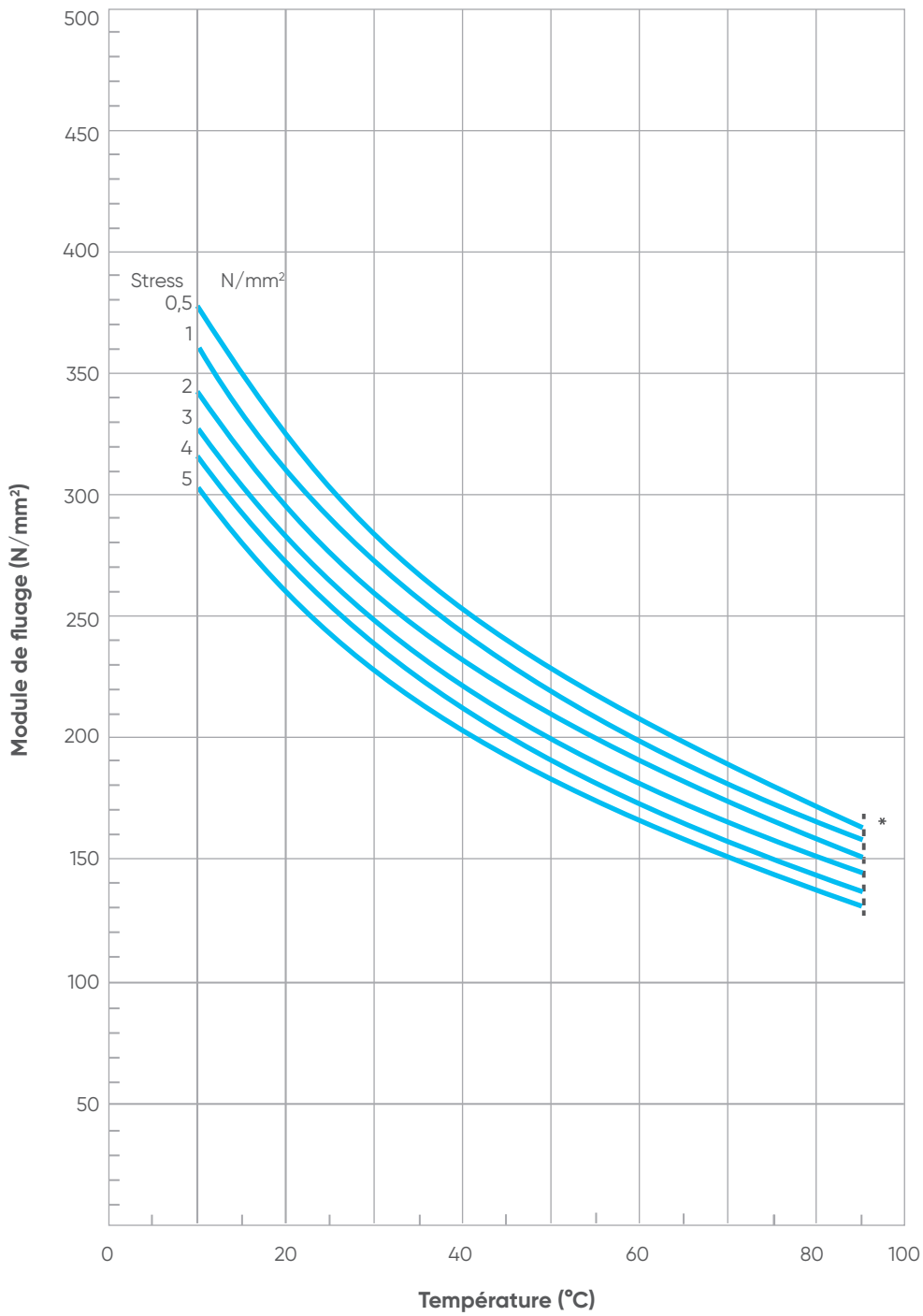


Module de fluage du PP-H pendant 10 ans



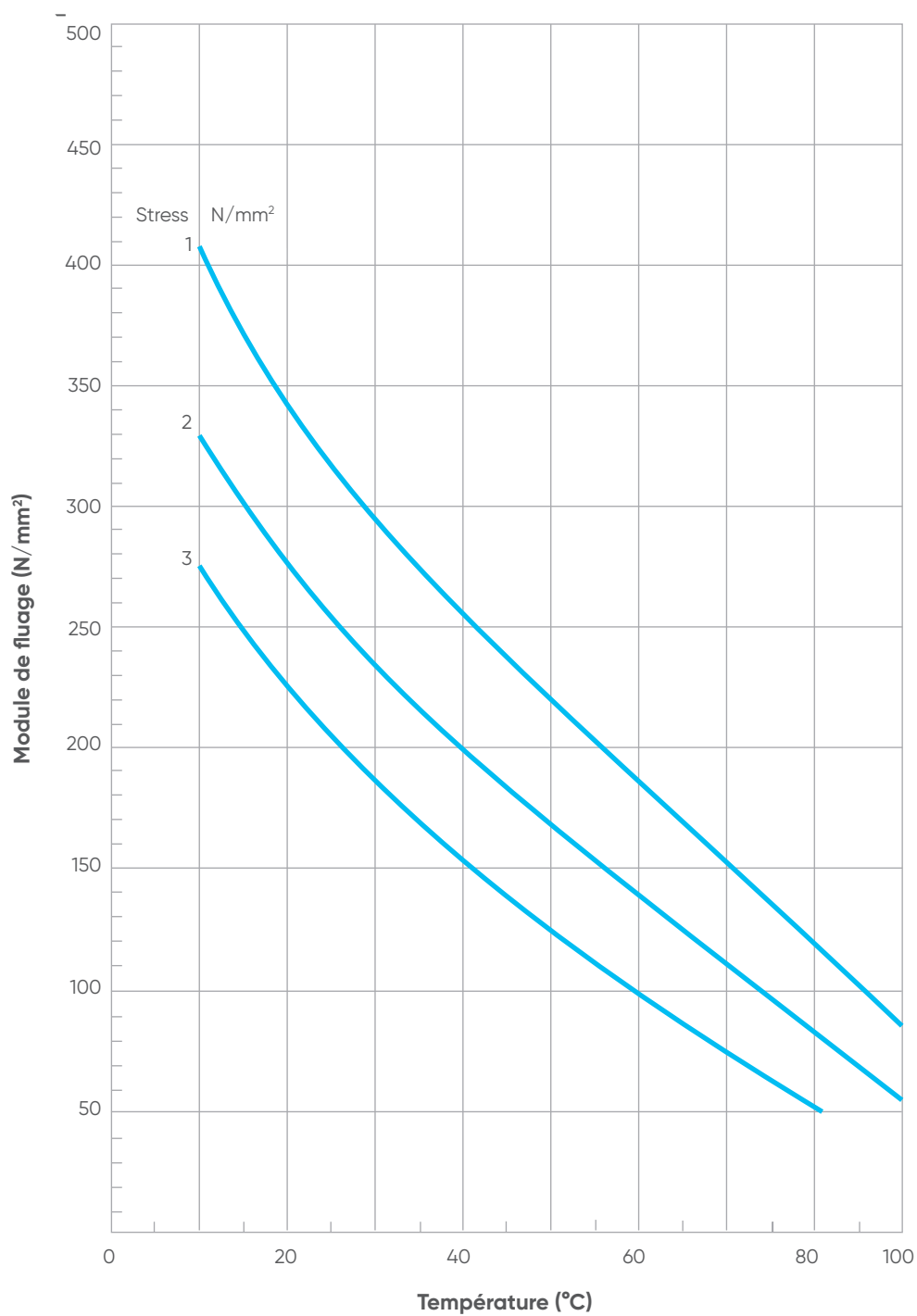
* Début de vieillissement

Module de fluage du PP-H pendant 25 ans

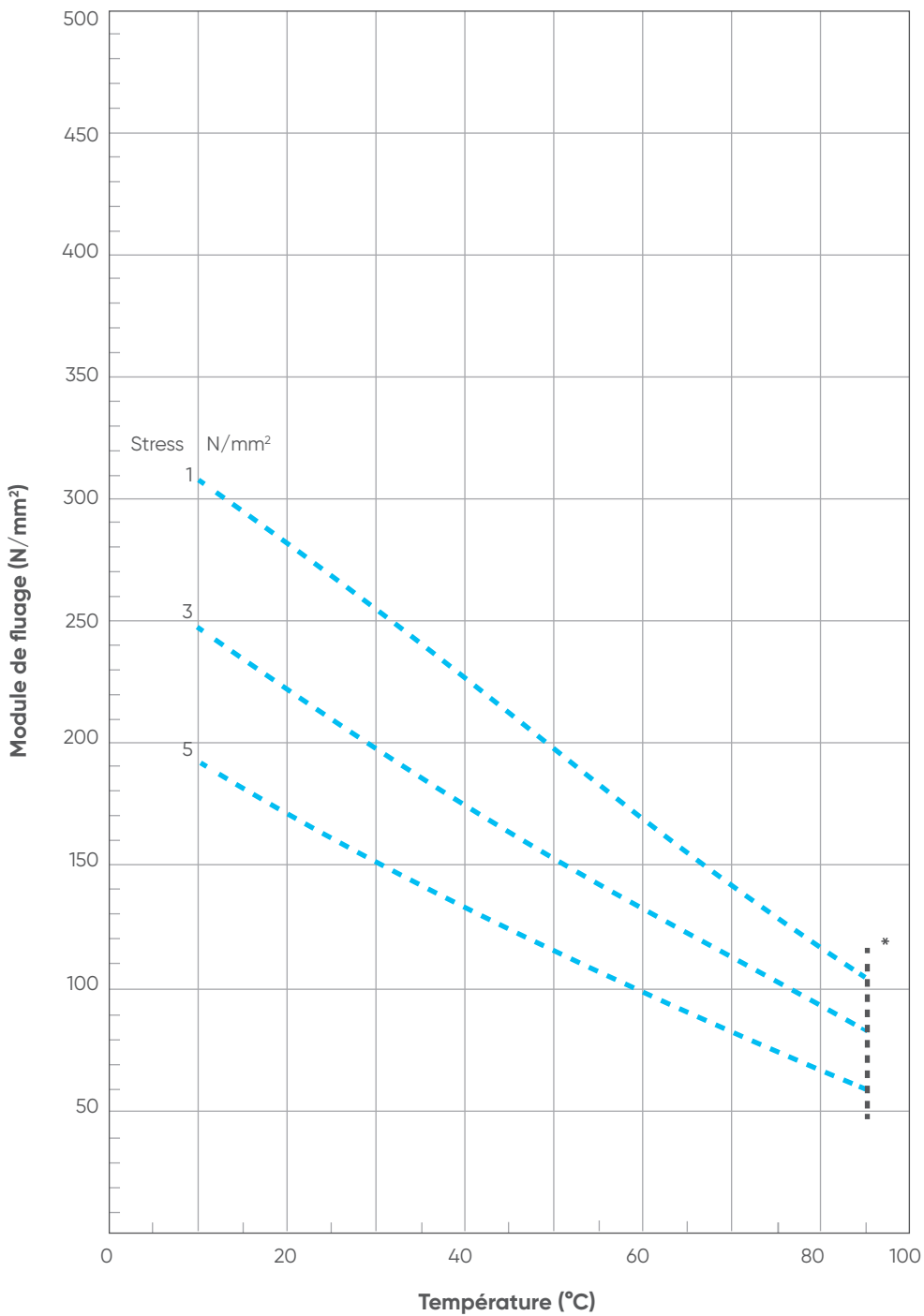


* Début de vieillissement

Module de fluage de PP-B pendant 1 an

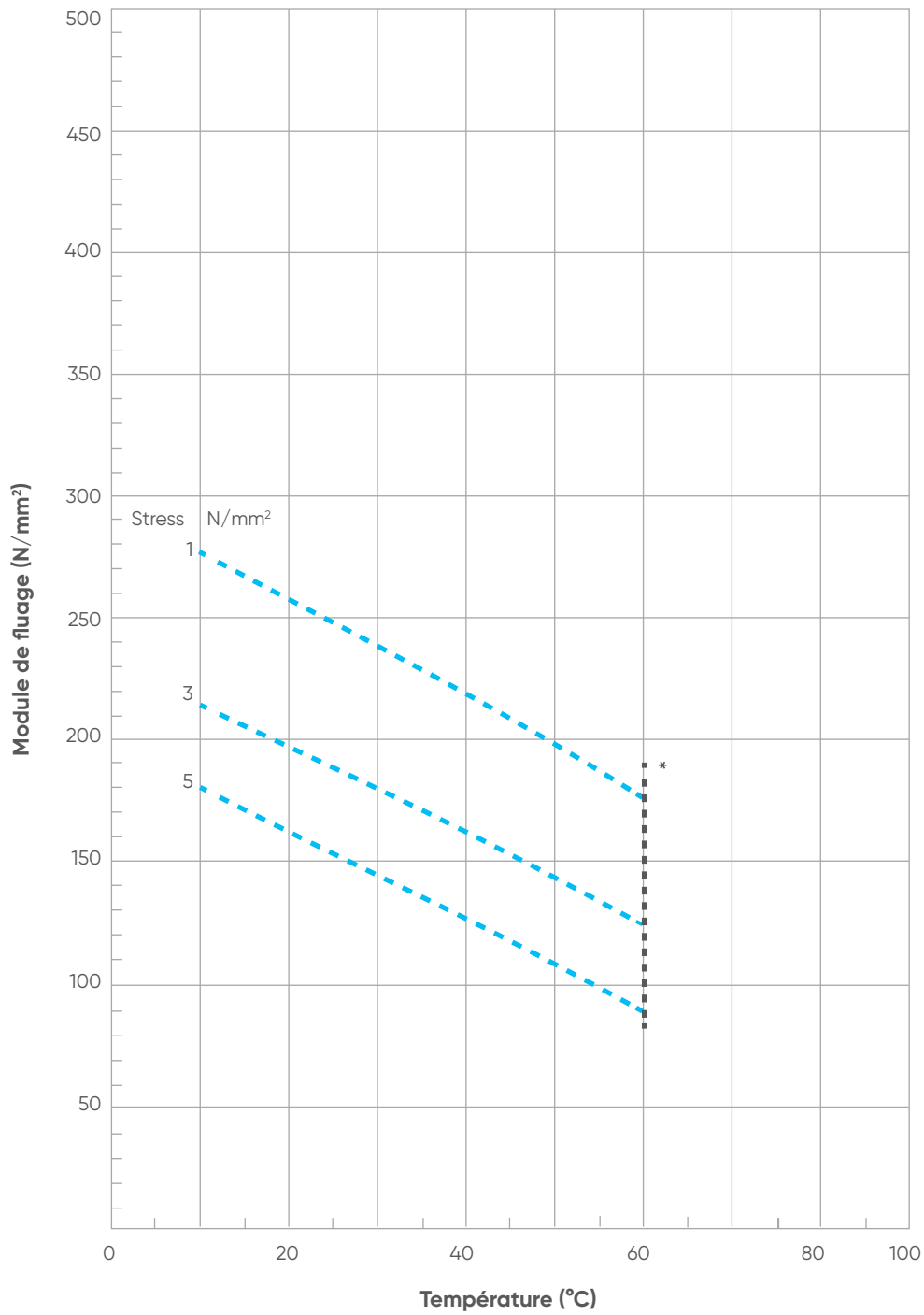


Module de fluage du PP-B pendant 10 ans



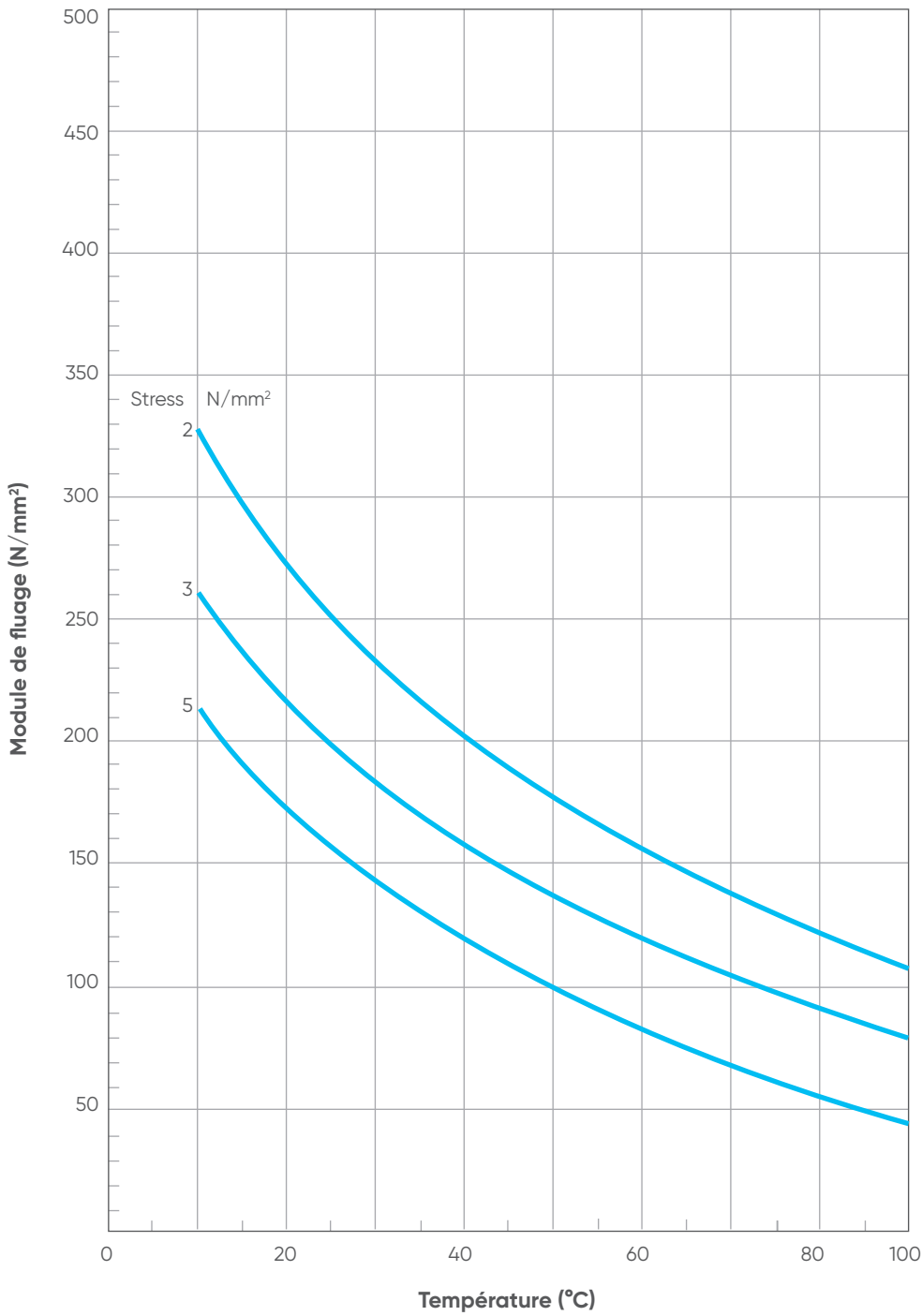
* Début de vieillissement

Module de fluage du PP-B pendant 25 ans

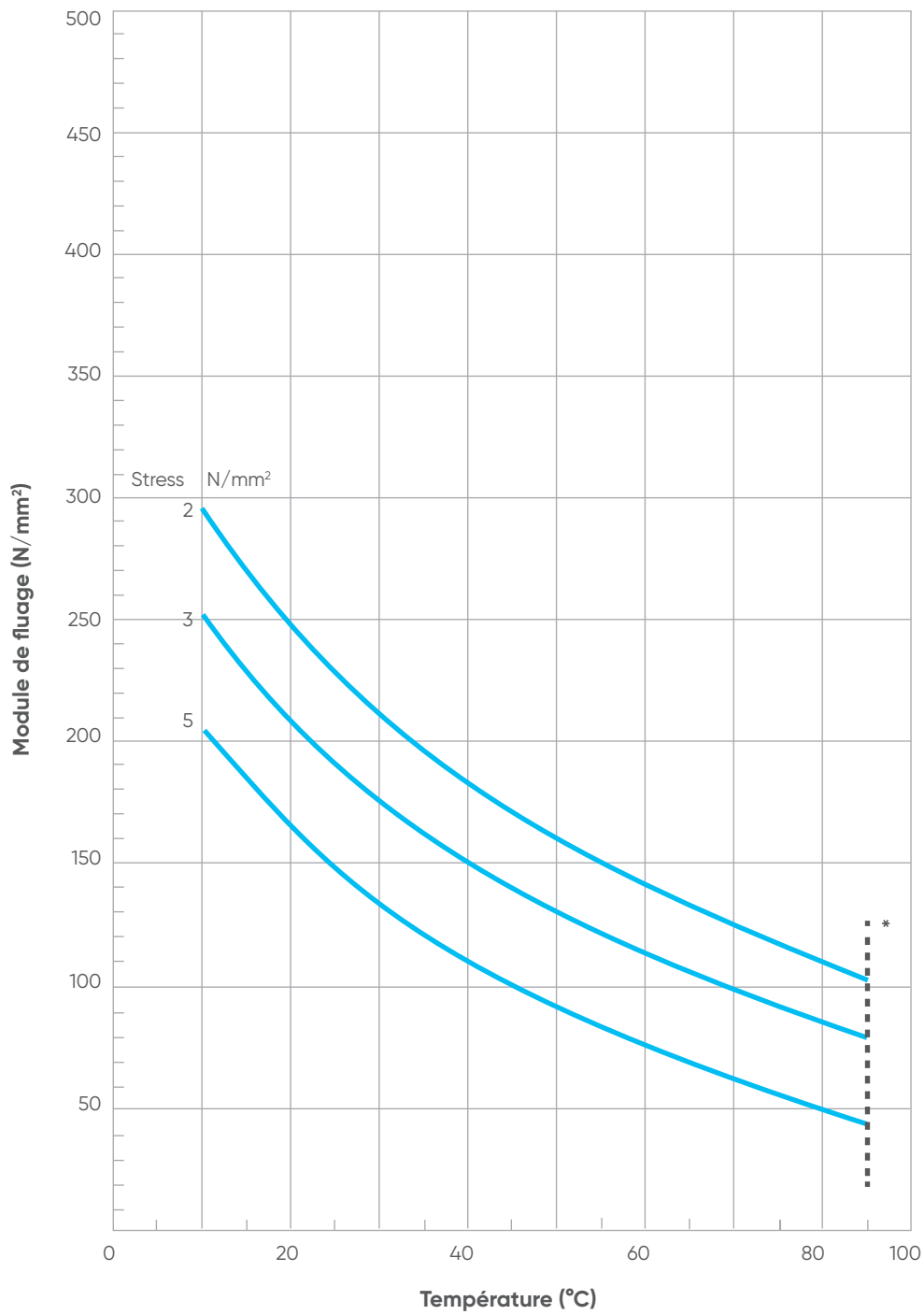


* Début de vieillissement

Module de fluage du PP-R pendant 1 an

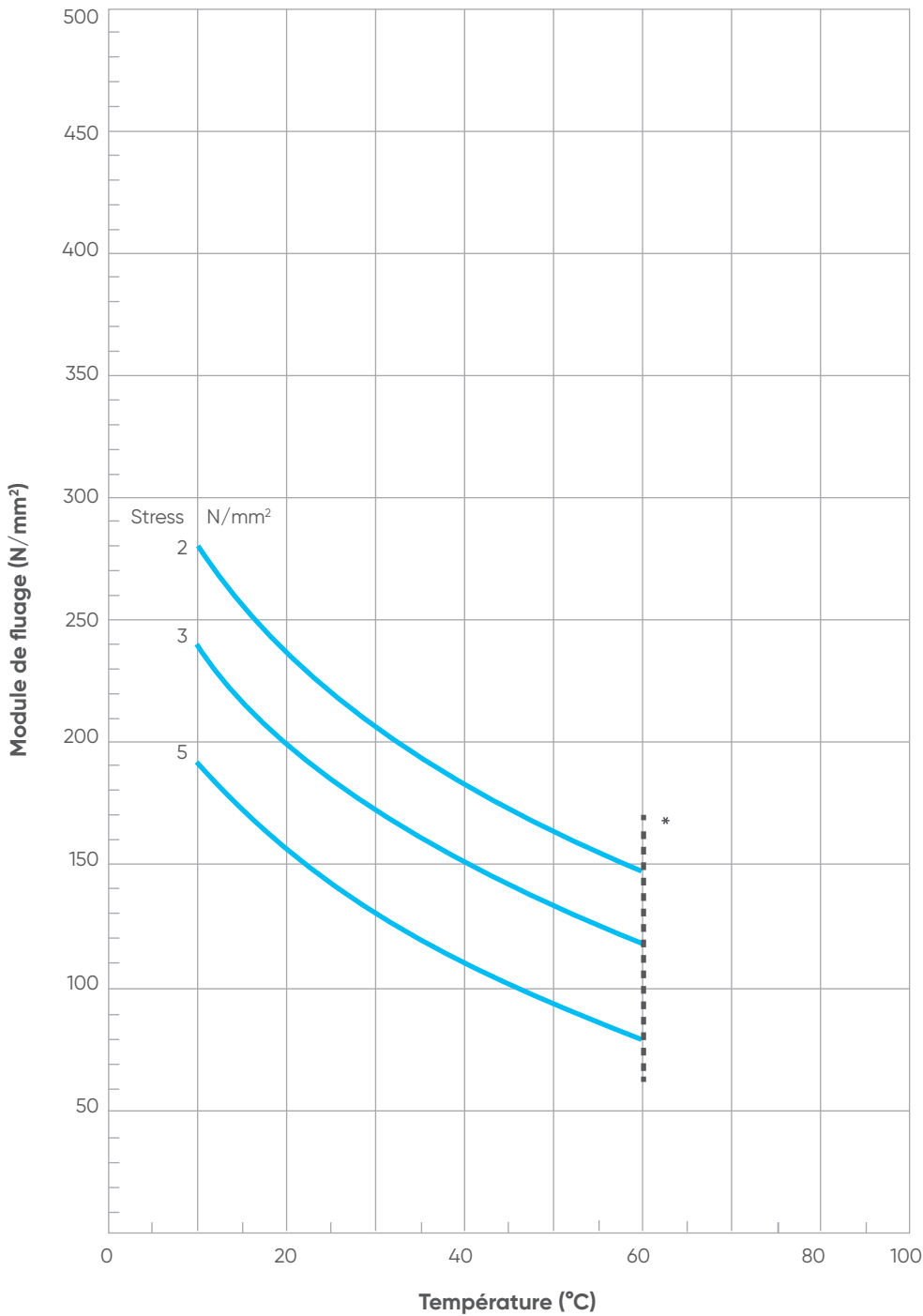


Module de fluage du PP-R pendant 10 ans



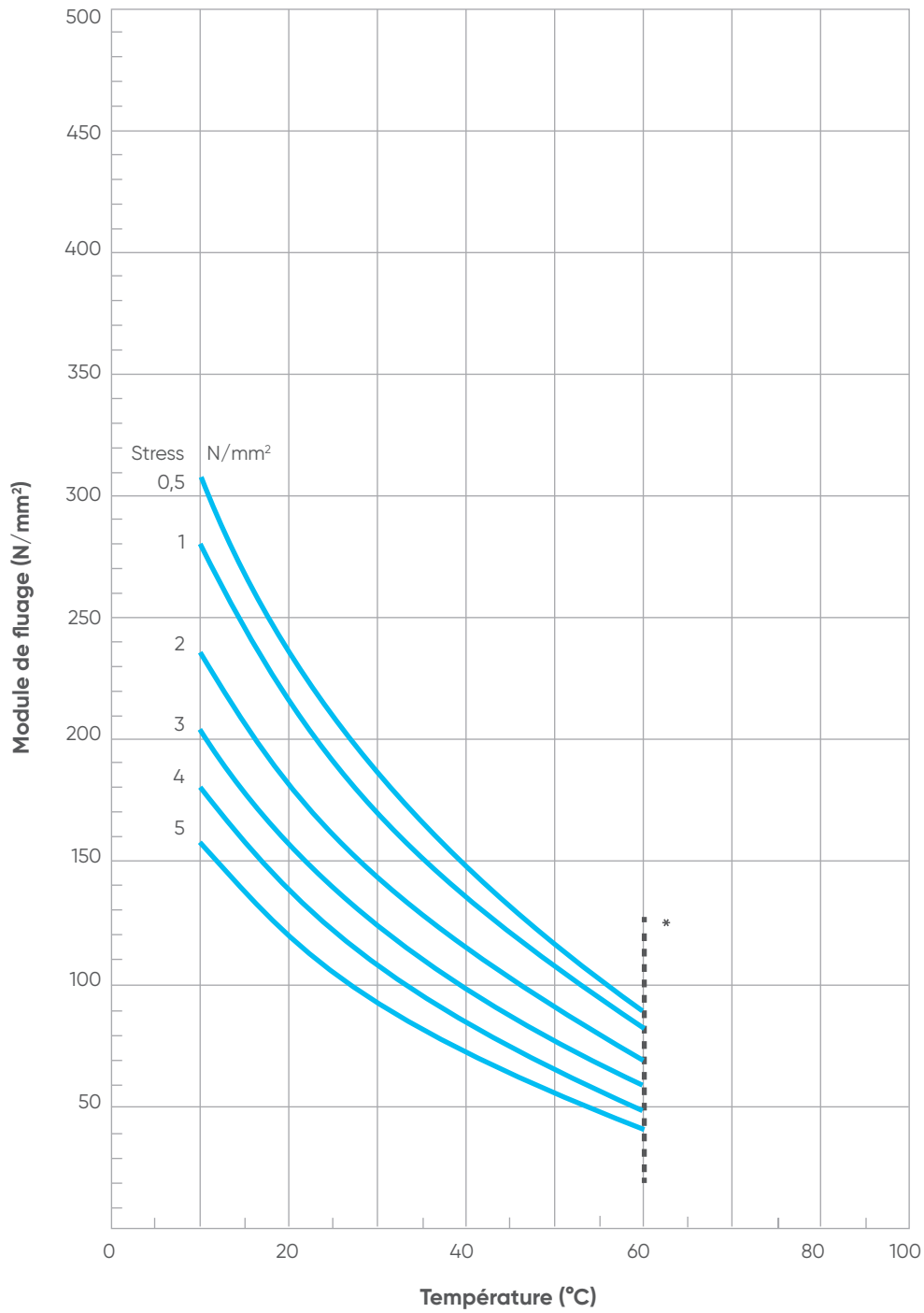
* Début de vieillissement

Module de fluage du PP-R pendant 25 ans



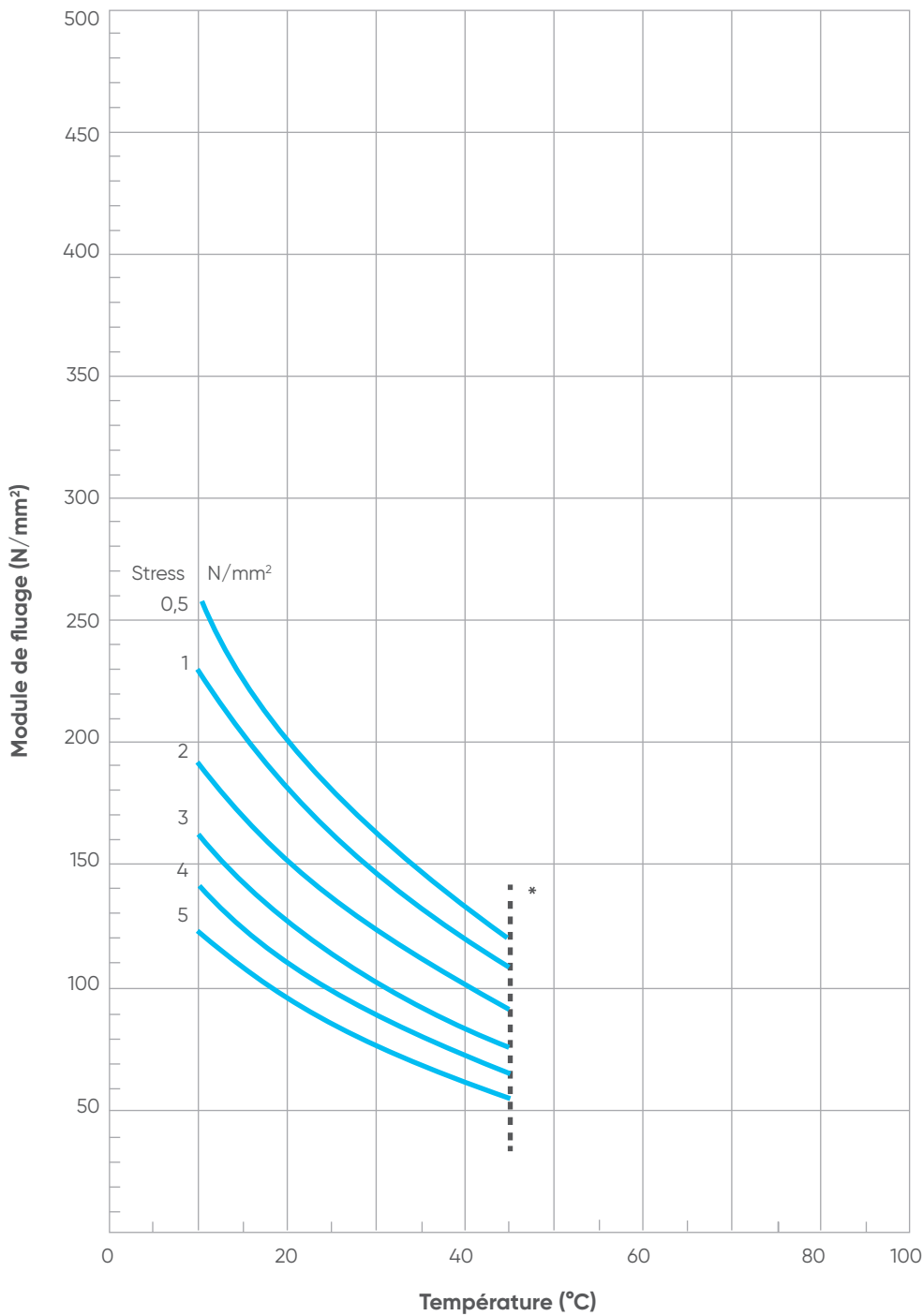
* Début de vieillissement

Module de fluage du PE-HD pendant 1 an



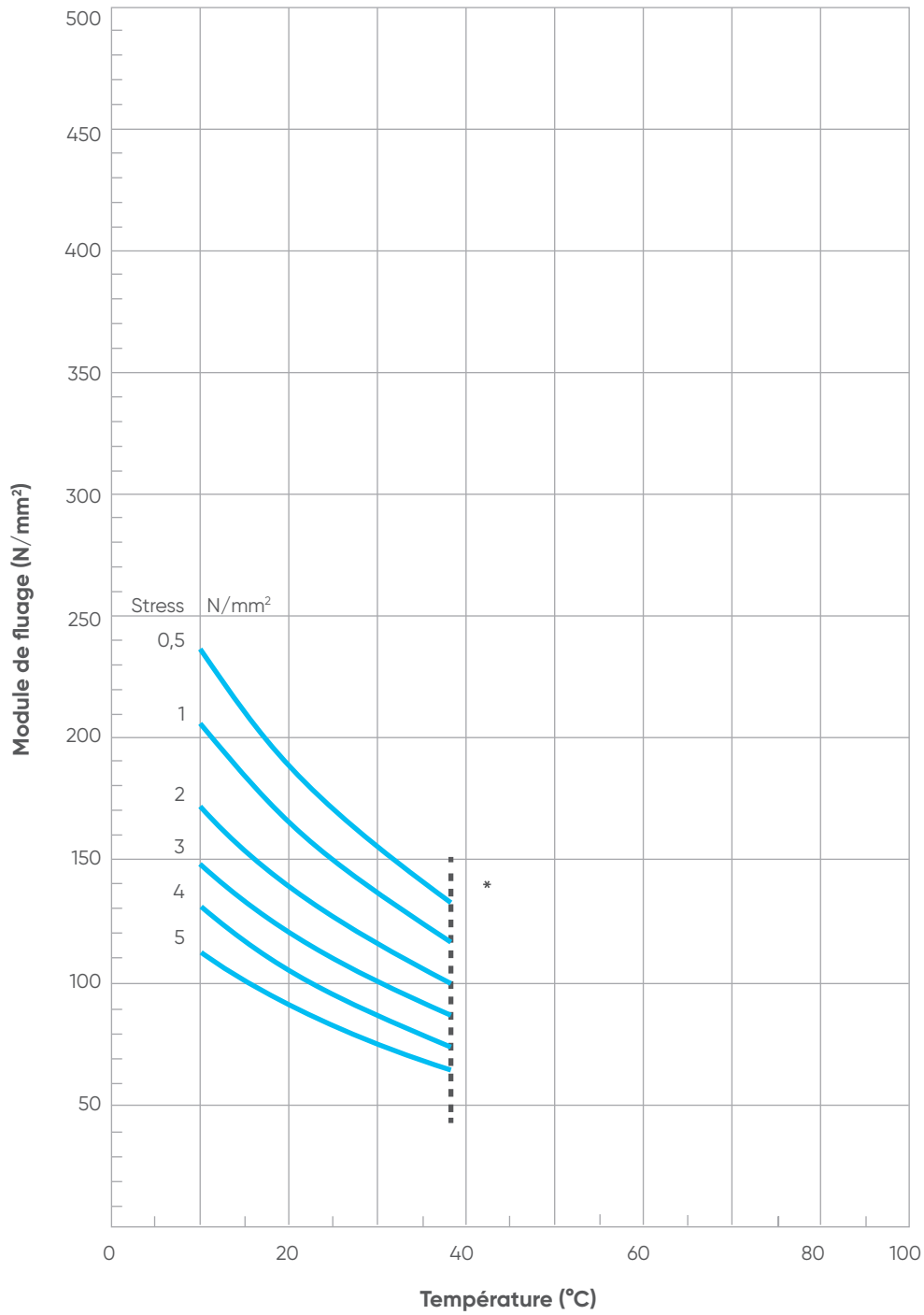
* Début de vieillissement

Module de fluage du PE-HD pendant 10 ans



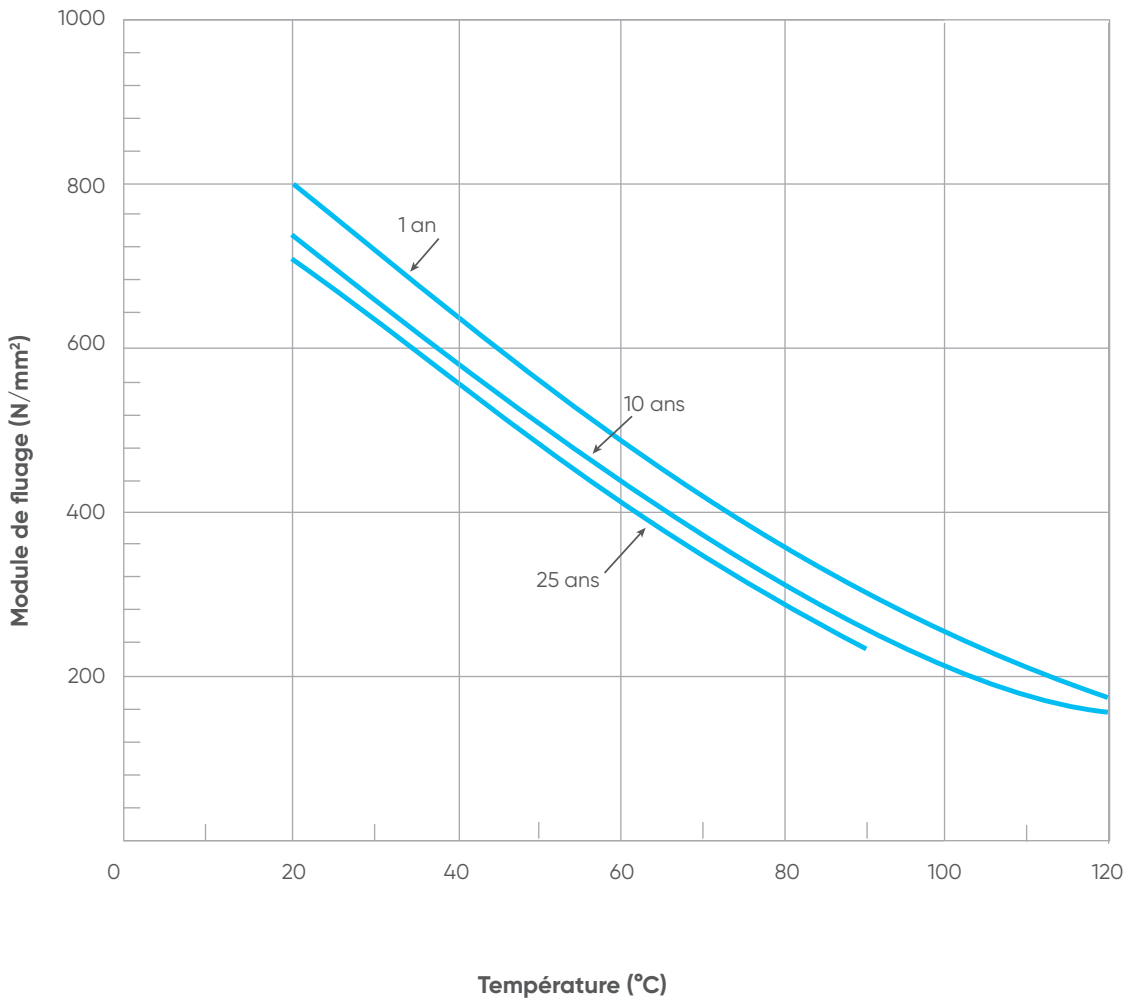
* Début de vieillissement

Module de fluage du PE-HD pendant 25 ans



* Début de vieillissement

Module de fluage du PVDF





20% MORE
TRIPLE
OFFICE

SALES

MARKETING




















| | |
|---|------------|
| 2. Conception de systèmes de tuyauterie en plastique | 106 |
| 2.1 Symboles, abréviations, unités, tables de conversion | 106 |
| 2.1.1 Symboles | 106 |
| 2.1.2 Abréviations | 107 |
| 2.1.3 Unités | 109 |
| 2.2 Sélection des matériaux | 113 |
| 2.3 Résistance chimique | 114 |
| 2.4 Dimensionnement et ingénierie hydraulique | 117 |
| 2.4.1 Conception des tuyaux | 117 |
| 2.4.1.1 Calcul des contraintes de conception sur la base de la classification MRS | 117 |
| 2.4.1.2 Calcul de la pression nominale | 118 |
| 2.4.1.3 Calcul du rapport dimensionnel standardisé | 119 |
| 2.4.1.4 Calcul des séries | 119 |
| 2.4.1.5 Calcul de l'épaisseur de paroi | 119 |
| 2.4.2 Diagramme pression-température | 125 |
| 2.4.2.1 Diagramme pression admissible - température | 126 |
| 2.4.2.2 Diagramme pression nominale - température | 132 |
| 2.4.3 Calcul hydraulique | 137 |
| 2.4.3.1 Calcul des pertes de charge distribuées | 139 |
| 2.4.3.2 Calcul de la perte de charge localisée | 142 |
| 2.4.4 Régulation et dimensionnement du débit des vannes | 147 |
| 2.4.5 Écarts de pression | 151 |
| 2.4.5.1 Coup de bélier | 151 |
| 2.4.5.2 Cavitation | 154 |
| 2.5 Sélection et caractéristiques de vannes | 156 |
| 2.5.1 Caractéristiques des fluides | 156 |
| 2.5.2 Contraintes mécaniques et vibrations | 157 |
| 2.5.3 Sécurité | 160 |
| 2.5.4 Sécurité | 161 |
| 2.5.5 Installation facile | 161 |
| 2.5.6 Régulation précise | 162 |
| 2.6 Dégagement d'air des canalisations | 163 |
| 2.6.1 Air piégé : sources et causes | 163 |
| 2.6.2 Traitement de l'air piégé | 164 |
| 2.7 Conception du système de tuyauterie pour la condition de vide | 165 |
| 2.8 Conception de systèmes de tuyauterie pour l'air comprimé | 166 |
| 2.9 Sélection de débitmètre | 169 |
| 2.9.1 Conception des débitmètres | 169 |
| 2.9.1.1 Capteurs de débit à insertion | 169 |
| 2.9.1.2 Capteurs de débit en ligne | 171 |
| 2.9.1.3 Débitmètres à section variable | 172 |
| 2.9.2 Installation de débitmètres | 174 |
| 2.9.2.1 Capteurs de débit à insertion | 174 |
| 2.9.2.2 Capteurs de débit en ligne | 176 |
| 2.9.2.3 Débitmètres à section variable | 176 |
| 2.10 Sélection des capteurs de pH et d'ORP | 178 |
| 2.10.1 Conception des capteurs pH et ORP | 178 |
| 2.10.1.1 Mesure du pH | 178 |
| 2.10.1.2 Mesure d'ORP | 181 |
| 2.10.1.3 Électrodes pH/ORP | 182 |
| 2.10.2 Installation des capteurs pH et ORP | 184 |
| 2.10.2.1 Directives d'installation | 184 |
| 2.10.2.2 Directives d'utilisation | 185 |
| 2.11 Sélection des capteurs de conductivité | 186 |
| 2.11.1 Conception des capteurs de conductivité | 186 |
| 2.11.1.1 Mesure de la conductivité | 186 |
| 2.11.2.1 Électrodes de conductivité | 188 |
| 2.11.2 Installation des capteurs de conductivité | 189 |
| 2.11.2.1 Directives d'installation | 189 |
| 2.11.2.2 Directives opérationnelles | 190 |

2. Conception de systèmes de tuyauterie en plastique

2.1 Symboles, abréviations, unités, tables de conversion

2.1.1 Symboles

Le tableau suivant présente les principaux symboles utilisés pour représenter les raccords et les vannes dans la documentation de conception courante, telle que P&ID ou les dessins généraux.

| Symboles | Raccordement | Symboles | Vannes |
|---|----------------------------------|---|------------------------------|
|  | Tuyau |  | Vanne générale |
|  | Tuyau isolé |  | Vanne à boisseau sphérique |
|  | Franchissement sans raccordement |  | Vanne à membrane |
|  | Té |  | Clapet anti-retour à battant |
|  | Raccord à bride |  | Pompe |
|  | Tuyau souple |  | Vanne bridée |
|  | Pente |  | Vanne papillon |
|  | Raccordement |  | Clapet anti-retour à ressort |
|  | Réduction |  | Actionneur |
|  | Conteneur à bride | | |

2.1.2 Abréviations

| Abréviation du matériau | Nom du matériau |
|-------------------------|--|
| PVC-U | Polychlorure de vinyle non plastifié |
| PVC-C | Polychlorure de vinyle chloré |
| ABS | Acrylonitrile-Butadiène-Styrène |
| PP | Polypropylène |
| PP-H | Polypropylène Homopolymère |
| PPB | Copolymère à bloc de polypropylène |
| PPR | Copolymère aléatoire de polypropylène |
| PP-EL | Polypropylène conducteur d'électricité |
| PE | Polyéthylène |
| PE-RC | Polyéthylène résistant aux fissures |
| PVDF | Polyfluorure de vinylidène |
| PA | Polyamide |
| PB | Polybutadiène |
| PE-X | Polyéthylène réticulé |
| EPDM | Caoutchouc d'éthylène-propylène-diène-monomère |
| FKM | Fluoroélastomère |
| FFKM | Perfluoroélastomère |
| PTFE | Polytétrafluoréthylène |
| NBR | Caoutchouc nitrile |

| Abréviation | Nom |
|--------------------|---|
| MRS | Résistance minimale requise |
| σ | Contrainte de conception |
| C | Coefficient de conception |
| C _{min} | Coefficient de conception minimum |
| F _j | Facteur de soudure à long terme |
| F _c | Facteur chimique |
| F _t | Facteur de ténacité |
| PN | Pression nominale |
| DN | Diamètre nominal |
| D _i | Diamètre intérieur |
| D _e | Diamètre extérieur |
| SDR | Rapport dimensionnel standardisé |
| T | Température |
| t | Épaisseur des parois |
| r | Rayon de tuyau |
| t _m | Durée de vie sous charge mécanique |
| t _a | Durée de vie sous l'influence du vieillissement |
| Q | Débit |
| V | Vitesse d'écoulement |
| V _a | Vitesse moyenne |
| V _m | Vitesse maximale |
| Re | Nombre de Reynolds |
| μ | Viscosité dynamique |
| ν | Viscosité cinématique |
| h | Chute de pression |
| g | Accélération gravitationnelle |
| λ | Coefficient de frottement |
| A | Section du tuyau |
| Chw | Coefficient de débit de Hazen-Williams |
| Δp_{RF} | Perte de pression dans les raccords |
| Δp_{RV} | Perte de pression au niveau des joints de tuyaux |
| Δp_{geod} | Différence de pression due à l'élévation |
| Δp_{valv} | Perte de pression à l'intérieur d'une vanne |
| ε_{RF} | Coefficient de résistance des raccords |
| ε_{RV} | Coefficient de résistance des joints |
| Δh_{geod} | Différence d'élévation de la canalisation |
| K _v | Coefficient de débit standard |
| t _c | Temps de propagation de la perturbation du coup de bélier |
| V _{pw} | Vitesse de l'onde de pression |
| p _k | Pression de flambage |
| σ_k | Contrainte de flambage |
| E _c | Module de fluage |
| f | fréquence |
| E _p | Potentiel entre deux électrodes |
| E ₀ | Potentiel standard |

| Abréviation | Nom |
|----------------|--|
| n | Charge d'ion |
| F | Constante de Faraday |
| R | Résistance |
| K | Constante de cellule |
| d | Distance entre électrodes |
| S | Surface de l'électrode |
| S _m | Longueur du chanfrein |
| κ | Conductivité |
| E | Module d'élasticité ou module de Young |
| ε | Contrainte |
| t _f | Temps jusqu'à la rupture |
| α | Déviations angulaire |
| f _m | Affaissement de déviation maximale |
| L | Distance entre supports |
| L _p | Longueur de pelage |
| L _i | Longueur d'insertion |
| M | Profondeur de tranchée |
| m | Largeur minimale de tranchée |
| I | Moment d'inertie |
| k | Coefficient de déformation élastique |
| W | Charges statiques |
| P _p | Poids du tuyau |
| P _f | Masse du fluide véhiculé |
| s | Gravité spécifique du fluide aux conditions de service |
| L _A | Largeur de portée du support de tuyau |
| T _B | Température de fonctionnement |
| T _R | Température ambiante |
| R _p | Distance entre les extrémités du tuyau |
| X | Valeur d'ovalisation du tuyau |

2.1.3 Unités

Dans le tableau suivant, le système international d'unités est répertorié.

| Nom de la grandeur de base | Symbole | Nom des unités de base SI | Symbole |
|-----------------------------|---------|---------------------------|---------|
| Longueur | l | Mètre | m |
| Masse | m | Kilogramme | kg |
| Heure | t | Second | s |
| Courant électrique | I | Ampère | A |
| Température thermodynamique | T | Kelvin | K |
| Quantité de substance | n | Mole | mol |
| Intensité lumineuse | ln | Candela | cd |

Le tableau suivant montre le préfixe défini internationalement.

| Signification | Nom du préfixe | Symbole | Facteur comme puissance décimale | Nombre décimal |
|-----------------|----------------|---------|----------------------------------|-----------------------------|
| Quintillion | exa | E | 10^{18} | = 1 000 000 000 000 000 000 |
| Quadrillion | péta | P | 10^{15} | = 1 000 000 000 000 000 |
| Trillion | tera | T | 10^{12} | = 1 000 000 000 000 |
| Milliard | giga | G | 10^9 | = 1 000 000 000 |
| Million | méga | M | 10^6 | = 1 000 000 |
| Mille | kilo | k | 10^3 | = 1 000 |
| Cent | hecto | h | 10^2 | = 100 |
| Dix | déca | da | 10^1 | = 10 |
| Dixième | déci | d | 10^{-1} | = 0,1 |
| Centième | centi | c | 10^{-2} | = 0,01 |
| Millième | milli | m | 10^{-3} | = 0,001 |
| Millionième | micro | μ | 10^{-6} | = 0,000 001 |
| Milliardième | nano | n | 10^{-9} | = 0,000 000 001 |
| Trillionième | pico | p | 10^{-12} | = 0,000 000 000 001 |
| Quadrillionième | femto | f | 10^{-15} | = 0,000 000 000 000 001 |
| Quintillionième | atto | a | 10^{-18} | = 0,000 000 000 000 000 001 |

Le tableau suivant montre plusieurs tailles avec leurs unités SI et leurs conversions.

| Grandeur | Unité SI | Unités autorisées en dehors de SI | Conversion en unité SI et relations correspondantes | Autres unités et conversions hors SI |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|---|
| Longueur | m | | | 1" = 0,0254 m 1 NM = 1852 m |
| Aire | m ² | | | 1 b = 10^{-28} m ² 1 NM = 1852 m 1 a = 10^2 m ² 1 ha = 10^4 m ² |
| Volume | m ³ | l | 1 l = 10^{-3} m ³ | |
| Angle solide | sr | | 1 sr = 1 m ² /m ² | 1° = $3,046.10^{-4}$ sr 1 g = $2,467.10^{-4}$ sr |
| Heure | s | min h j | 1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 j = 86 400 s | |
| Fréquence | Hz | | 1 Hz = 1/s | |
| Vitesse de rotation fréquence | s ⁻¹ | min ⁻¹ tr/min | 1 min ⁻¹ (1/60) s ⁻¹ 1 tr/min = 1 (1/min) | |
| Vélocité | m/s | km/h | 1 km/h = (1/3,6) m/s | |
| Accélération | m/s ² | | | 1 Gal = 10^{-2} m/s ² |
| Masse | kg | t | 1 t = 10^3 kg | 1 q = 50 kg |
| Densité | kg/m ³ | t/m ³ kg/l | 1 t/m ³ = 1000 kg/m ³ 1 kg/l = 1000 kg/m ³ | |
| Moment d'inertie | kg.m ² | | | 1 kp.ms ² = 9,81 kg.m ² |
| Force | N | | 1 N = 1 kg.m/s ² | 1 dyn = 10^{-5} N 1 p = $9,80665.10^{-3}$ N 1 kp = 9,80665 N |

| Grandeur | Unité SI | Unités autorisées en dehors de SI | Conversion en unité SI et relations correspondantes | Autres unités et conversions hors SI |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Couple de serrage | N.m | | | 1 kpm = 9,80665 N.m 1 N.m = 0.7375 lb-ft |
| Pression | Pa | bar | 1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 105 Pa | 1 atm = 1,01325 bar 1 at = 0,980665 bar 1 Torr = 1,333224.10 ⁻³ bar 1 m WS = 98,0665.10 ⁻³ bar 1 mm Hg = 1,333224.10 ⁻³ bar |
| Stress | N/m ² Pa | | 1 N/m ² = 1 Pa | 1 kp/m ² = 9,80665 N/m ² 1 kp/cm ² = 98,0665.10 ⁻³ N/m ² 1 kp/mm ² = 9,80665.10 ⁻⁶ N/m ² |
| Viscosité dynamique | Pa.s | | 1 Pa.s = 1 N.s/m ² | 1 P (Poise) = 10 ⁻¹ Pa.s |
| Viscosité cinématique | m ² /s | | 1 m ² /s = 1 Pa.s.m ³ /kg | 1 St (Stokes) = 10 ⁻⁴ m ² /s |
| Travail, énergie | J | eV W.h | 1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 W.h = 3,6 kJ | 1 cal = 4,1868 J 1 kpm = 9,80665 J 1 erg = 10 ⁻⁷ J |
| Charge électrique | C | | 1 C = 1 A.s | |
| Tension électrique | V | | 1 V = 1 W/A | |
| Courant électrique | A | | | |
| Résistance électrique | Ω | | 1 Ω = 1 V/A | 1 Ω abs = 1 Ω |
| Puissance | W | | 1 W = 1 J/s = 1 Nm/s 1 W = 1 V.A | 1 Ch = 735,498 W 1 kcal/h = 1,163 W 1 kpm/s = 10 W |
| Capacité électrique | F | | 1 F = 1 C/V | |
| Intensité du champ magnétique | A/m | | | 1 Oe = 79,5775 A/m |
| Flux magnétique | Wb | | 1 Wb = 1 V.s | 1 Mx = 10 ⁻⁸ Wb |
| Densité du flux magnétique | T | | 1 T = 1 Wb/m ² | 1 G = 10 ⁻⁴ T |
| Inductance | H | | 1 H = 1 Wb/A | |
| Conductance électrique | S | | 1 S = 1/Ω | |
| Température thermodynamique | K | | Δ1 °C = Δ1 K | 0 °C = 273,15 K |
| Celsius ; température | °C | | Δ1 °C = Δ1 K 0 K = -273,15 °C | |
| Capacité thermique | J/K | | | 1 Kcl/grad = 4,1868.10 ⁻³ J/K |

Le tableau suivant montre les conversions au sujet du débit.

| m ³ /h | l/min | l/s | m ³ /s | Imp. gal/min | US gal/min | cu. ft./h | cu. ft./s |
|-------------------|--------|-------|-----------------------|--------------|------------|-----------|-----------------------|
| 1,0 | 16,67 | 0,278 | 2,78.10 ⁻⁴ | 3,667 | 4,404 | 35,311 | 9,81.10 ⁻³ |
| 0,06 | 1,0 | 0,017 | 1,67.10 ⁻⁵ | 0,220 | 0,264 | 2,119 | 5,89.10 ⁻⁴ |
| 3,6 | 60 | 1,0 | 1,00.10 ⁻³ | 13,20 | 15,853 | 127,12 | 3,53.10 ⁻² |
| 3 600 | 60 000 | 1000 | 1,0 | 13 200 | 15 838 | 127 118 | 35,311 |
| 0,2727 | 4,55 | 0,076 | 7,58.10 ⁻⁵ | 1,0 | 1,201 | 9,629 | 2,67.10 ⁻³ |
| 0,2272 | 3,79 | 0,063 | 6,31.10 ⁻⁵ | 0,833 | 1,0 | 8,0238 | 2,23.10 ⁻³ |
| 0,0283 | 0,47 | 0,008 | 7,86.10 ⁻⁶ | 0,104 | 0,125 | 1,0 | 2,78.10 ⁻⁴ |
| 101,94 | 1 699 | 28,32 | 2,83.10 ⁻² | 373,77 | 448,8 | 3 600 | 1,0 |

Le tableau suivant montre les conversions concernant la pression.

| bar | kg/cm ² | lbf/in ² | atm | ft H ₂ O | m H ₂ O | mm Hg | in. Hg | kPa |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| 1,0 | 1,0197 | 14,504 | 0,9869 | 33,455 | 10,197 | 750,06 | 29,530 | 100 |
| 0,9807 | 1,0 | 14,223 | 0,9878 | 32,808 | 10 | 735,56 | 28,959 | 98,07 |
| 0,0689 | 0,0703 | 1,0 | 0,0609 | 2,3067 | 0,7031 | 51,715 | 2,036 | 6,89 |
| 1,0133 | 1,0332 | 14,696 | 1,0 | 33,889 | 10,332 | 760,0 | 29,921 | 101,3 |
| 0,0299 | 0,0305 | 0,4335 | 0,0295 | 1,0 | 0,3048 | 22,420 | 0,8827 | 2,99 |
| 0,0981 | 0,10 | 1,422 | 0,0968 | 3,2808 | 1,0 | 73,356 | 2,896 | 9,81 |
| 13,3.10 ⁻⁴ | 0,0014 | 0,0193 | 13,2.10 ⁻⁴ | 0,0446 | 0,0136 | 1,0 | 0,0394 | 0,133 |
| 0,0339 | 0,0345 | 0,4912 | 0,0334 | 1,1329 | 0,3453 | 25,40 | 1,0 | 3,39 |
| 1,0.10 ⁻⁵ | 10,2.10 ⁻⁶ | 14,5.10 ⁻⁵ | 9,87.10 ⁻⁶ | 3,34.10 ⁻⁴ | 10,2.10 ⁻⁵ | 75,0.10 ⁻⁴ | 29,5.10 ⁻⁵ | 1,0 |

2.2 Sélection des matériaux

Le choix du matériau plastique est un choix crucial pour obtenir une conception efficace et réussie, car il permet d'atteindre la fonctionnalité désirée, la sécurité et la durée de vie minimale spécifiée du système.

Un matériau de tuyauterie est sélectionné par des pratiques de tuyauterie communes et des facteurs d'influence qui pourraient être résumés avec le mot « STAMP », acronyme anglais pour Size (taille), Temperature (température), Application (application), Media (fluide) et Pressure (pression).



De cette manière, afin de choisir le bon matériau et d'en faire un usage correct, il est important de résoudre certaines problématiques, telles que :

- Quelle est l'application du matériel ?
- Quels sont les fluides que je veux transporter ? Et quelle est sa concentration ?
- Quelle taille ou débit est nécessaire ?
- Quelle est la pression de service ?
- Quelle est la température de fonctionnement ?
- S'agit-il d'une application hors sol ou enterrée ?
- Existe-t-il des codes et des normes qui permettent ou limitent l'utilisation des plastiques ?

Pour obtenir les bonnes réponses, certains facteurs peuvent être pris en compte, en premier lieu la composition du fluide traversant le tuyau ; il est notamment nécessaire d'étudier ses caractéristiques chimiques et de penser à des variations indésirables de composition afin de choisir la bonne solution.

Il peut être utile de commencer par examiner la résistance chimique du matériau de tuyauterie souhaité : généralement les résines thermoplastiques sont caractérisées par une résistance élevée à une grande variété de fluides, mais cela peut changer en fonction de l'agent chimique, de la variation de température ou de la contrainte ; il est donc important de faire attention à considérer chaque facteur qui peut influencer le choix final.

Ensuite, il est suggéré de vérifier les paramètres liés au flux de processus : de cette manière, le débit requis peut être réglé en fonction de la vitesse désirée et de la pression de fonctionnement minimale et maximale.

Pour ce faire, il est également nécessaire de prendre en compte les changements de pression qui pourraient se développer car ceux-ci peuvent affecter le dimensionnement de l'ensemble du système.

En ce qui concerne les chutes de pression, elles peuvent être distribuées dans les tuyaux ou situées à l'intérieur des raccords, des joints ou des vannes.

En revanche, une augmentation de pression appelée « coup de bélier » peut se produire en cas d'arrêt brutal du débit. Même dans ce cas, ses effets doivent être évalués à l'avance pour obtenir la taille correcte du système.

Un autre facteur important qui peut influencer le processus est son emplacement et l'environnement qui l'entoure : différents matériaux doivent être utilisés selon si le système est enterré ou s'il est situé au-dessus du sol ou en hauteur.

Même la température extérieure doit être envisagée en raison des fluctuations possibles : passer d'un climat extrêmement chaud à un climat froid peut générer plusieurs effets sur les matériaux plastiques tels que la dilatation ou la contraction qui doivent être gérés et pris en compte pendant le projet de conception.

En ce qui concerne l'installation, une place suffisante doit être prévue : les tuyaux ne doivent pas provoquer d'obstruction qui interdirait l'accès du personnel ou de circulation et ne générerait pas l'accessibilité des autres équipements pour la maintenance. De toute évidence, le stockage doit éviter les zones à risque d'incendie.

Dernier point mais non des moindres : chaque facteur évoqué précédemment doit prendre en compte le coût du matériel, de l'installation et de la maintenance.

En prenant en compte chacun de ces paramètres, si un bon choix et une bonne utilisation du matériel est fait, une espérance de vie extrêmement élevée est assurée.

2.3 Résistance chimique

Selon la résistance chimique, il est possible de classer chaque matière plastique et de comprendre son comportement par rapport aux différents types de réactifs chimiques.

Les résines thermoplastiques, en fonction de leur structure moléculaire, se caractérisent par une résistance élevée à une large gamme de fluides. De toute façon, cette inertie est fortement influencée par les conditions de fonctionnement auxquelles le matériau thermoplastique est soumis, comme les variations dans la composition de l'agent chimique, la température, les contraintes statiques et dynamiques qui peuvent provoquer des phénomènes de décomposition qui réduisent la durée de vie du matériau.

Comme nous l'avons déjà dit, étant donné que la résistance chimique d'un matériau peut être facilement influencée par la température, il peut être utile de discuter de la relation entre le taux de réaction d'une réaction chimique et sa température.

Ce sujet peut être résumé dans une seule formule, l'équation d'Arrhenius, qui décrit comment la constante de vitesse ou la constante cinétique augmente exponentiellement à mesure que la température augmente.

L'équation d'Arrhenius peut s'écrire comme suit :

$$k = k_0 * e^{\left(-\frac{E_a}{R*T}\right)}$$

avec :

k = constante de vitesse (fréquence des collisions entraînant une réaction), utilisée pour calculer le vitesse de réaction

k_0 = facteur pré-exponentiel, une constante pour chaque réaction chimique

E_a = énergie d'activation de la réaction (J/mol)

R = constante universelle des gaz (J/mol*K)

T = température (K)

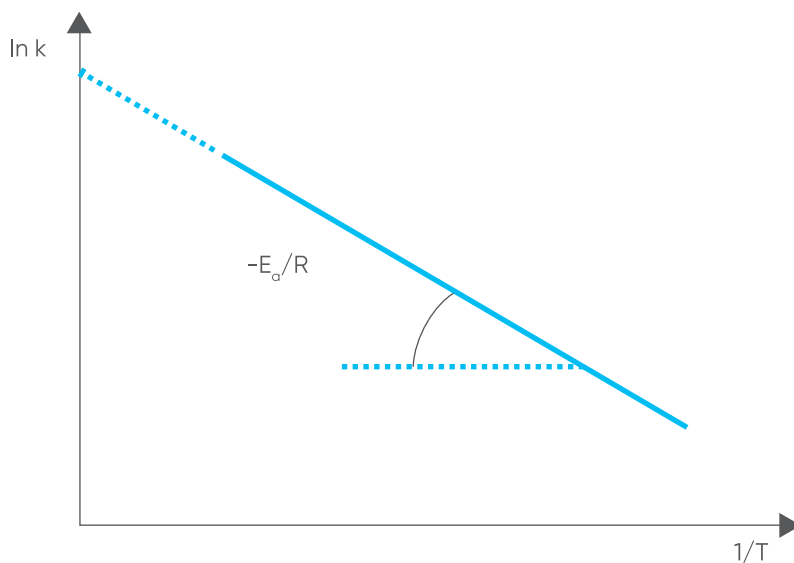
Pour mieux expliquer, il faut se rappeler que pour avoir une réaction chimique, les molécules des réactifs doivent entrer en collision avec une énergie suffisamment violente pour surmonter l'énergie dite d'activation, c'est-à-dire l'énergie minimale nécessaire à un système pour déclencher une réaction.

À une certaine température, toutes les molécules n'ont pas suffisamment d'énergie cinétique pour dépasser la valeur de l'énergie d'activation, mais à mesure que la température augmente, la fraction des molécules qui ont une énergie cinétique supérieure à l'énergie d'activation augmente.

D'autre part, en écrivant l'équation d'Arrhenius comme :

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R*T}$$

On peut voir que $\ln k$ diminue à mesure que la température augmente, comme on peut le voir dans le graphique ci-dessous.



Par conséquent, il est nécessaire de connaître le comportement des matériaux thermoplastiques à l'action des composés chimiques afin de faire une sélection précise qui conduit au choix du matériau le plus approprié.

En résumant les informations sur chaque matériau plastique, il est possible de remarquer que, par exemple, le PVC convient avec la plupart des acides forts, des alcalis, des solutions aqueuses, des hydrocarbures aliphatiques et des fluorures, mais il est généralement pas recommandé avec les esters, les cétones, les éthers et les hydrocarbures aromatiques ou chlorés.

Le PVC-C est celui qui se situe entre les matières plastiques ayant les caractéristiques les plus intéressantes, en raison de sa résistance aux produits chimiques corrosifs, ces mêmes produits chimiques qui peuvent dégrader et raccourcir la durée de vie de plusieurs métaux, tels que l'acide sulfurique et chlorhydrique, le sulfate et les hydroxydes.

De plus, le PVC-C n'est pas limité par le pH, mais peut s'adapter à de grandes variations du pH des fluides qu'il transporte.

Par conséquent, il est utilisé dans un large éventail d'opérations industrielles, comme le placage des métaux, l'industrie du chlore-alcali ou le traitement des eaux usées.

Les polyoléfines sont résistantes aux solutions aqueuses de sels, d'acides dilués, d'alcalis et aux processus électrochimiques qui peuvent entraîner la corrosion dans les métaux.

Seuls des agents oxydants puissants tels que des peroxydes et des acides hautement concentrés ou des halogènes attaquent le matériau sur une période prolongée.

Le PVDF tolère la plupart des acides et sels inorganiques, acides organiques, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, pétrole brut et carburants, alcools et éthers, halogènes, à l'exception du fluor.

L'ABS est résistant aux acides aqueux, aux alcalis, aux acides chlorhydrique et phosphorique concentrés, mais il peut être attaqué par des acides sulfuriques et nitriques concentrés. Il est soluble dans les esters, les cétones et le dichlorure d'éthylène.

FKM et FFKM sont des élastomères fluorés, référence absolue des joints en caoutchouc en termes de résistance chimique. Ils sont utilisés dans des applications de haute technologie, par exemple dans le domaine aérospace, dans des applications militaires, pour la fabrication de fibres optiques polymériques, ou dans des systèmes de tuyauterie destinés à des environnements particulièrement agressifs, comme les atmosphères d'oxygène, de fluor, d'hydrogène, de sulfure d'hydrogène et d'acides.

Par rapport aux caoutchoucs ordinaires, ils présentent une forte résistance à l'attaque par les agents chimiques, les rayons ultraviolets et les oxydants.

Un autre élastomère qui est l'un des types les plus populaires de caoutchouc synthétique est l'EPDM, qui a une très bonne résistance à l'oxydation atmosphérique, donc à l'ozone, aux produits chimiques à base d'eau et aussi aux acides et aux alcalis.

Même si à première vue choisir le matériau en fonction de la résistance chimique du fluide transporté peut sembler trivial, en fait c'est une procédure très compliquée et sélective, puisque, comme on peut le voir dans le tableau, il est difficile de trouver un matériau qui peut s'adapter à plus de fluides.

La température affectant fortement la résistance chimique d'un matériau, ce tableau ne doit être considéré que comme un exemple générique non spécifique.

Pour obtenir une analyse détaillée et sûre, il est conseillé de consulter la base de données de résistance chimique sur le site Aliaxis.

| Agent chimique | PVC-U | PVC-C | ABS | PE | PP | PVDF | EPDM | FKM |
|---------------------------------|--------------|--------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Gaz chloré pur (sec) | Conditionnel | Conditionnel | X | X | X | Conditionnel | X | √ |
| Gaz chloré (humide) | Conditionnel | Conditionnel | X | X | X | Conditionnel | X | Conditionnel |
| Eau chlorée, saturée | √ | √ | X | Conditionnel | X | Conditionnel | √ | √ |
| Chlore liquide (gaz) | √ | √ | √ | X | X | Conditionnel | X | √ |
| Hypochlorite de sodium (12,5 %) | √ | √ | X | Conditionnel | Conditionnel | Conditionnel | Conditionnel | √ |
| Eau chloraminée | √ | √ | X | Conditionnel | √ | √ | √ | √ |
| Dioxyde de chlore saturé | √ | √ | X | X | Conditionnel | Conditionnel | X | √ |
| Ozone (aqueux) | √ | √ | X | Conditionnel | Conditionnel | √ | √ | √ |
| Ozone (gaz) | Conditionnel | Conditionnel | X | X | X | Conditionnel | √ | √ |

Par conséquent, pour obtenir une vue générale du sujet et une liste plus précise des produits chimiques avec lesquels les matériaux plastiques peuvent interagir, il est suggéré d'examiner les guides de résistance chimique industrielle disponibles sur le site Web d'Aliaxis ou à portée de main sur l'application d'Aliaxis. Ceux-ci regroupent les classes de résistance chimique des matériaux thermoplastiques et élastomères les plus couramment utilisés pour la production de vannes et raccords utilisés pour le transport des fluides industriels.

Les données listées sont basées sur l'expérience industrielle et les résultats d'essais d'immersion en laboratoire.

D'autres sources faisant autorité sur la résistance aux produits chimiques sont deux normes largement acceptées :

- ISO 10358.
- DIBt Media List 40.

Comme indiqué précédemment, des variations dans la composition des composés chimiques ou dans les conditions de fonctionnement, telles que la pression et la température ainsi que les contraintes mécaniques, peuvent modifier de manière significative la résistance chimique réelle des matériaux : dans le test de laboratoire, un fluide pur a été adopté, mais il est nécessaire de se rappeler que la résistance chimique est affectée et fréquemment réduite lors de la manipulation d'un certain nombre de produits chimiques ou de composés contenant des impuretés.

Par conséquent, lorsque des applications spécifiques sont envisagées, il est souvent utile d'effectuer des tests en utilisant le fluide de mélange réel qui sera utilisé en service.

Selon le guide de résistance chimique, trois classes différentes de degré de résistance chimique sont habituellement utilisées :

- classe 1 : matériau haute résistance. Les matériaux appartenant à cette classe sont totalement résistants au fluide véhiculé selon les conditions de fonctionnement spécifiées ;
- classe 2 : matériaux à résistance limitée. Les matériaux appartenant à cette classe sont partiellement attaqués par le composé chimique véhiculé. La durée de vie moyenne du matériau est donc plus courte, et il convient d'utiliser un facteur de sécurité plus élevé que celui adopté pour les matériaux de classe 1 ;
- classe 3 : matériaux non résistants. Tous les matériaux appartenant à cette classe sont sujets à la corrosion par le fluide véhiculé et ne doivent donc pas être utilisés.

De cette manière, en recherchant simplement le matériau plastique et le fluide industriel souhaités, il est possible de comprendre si la résistance est bonne ou non.

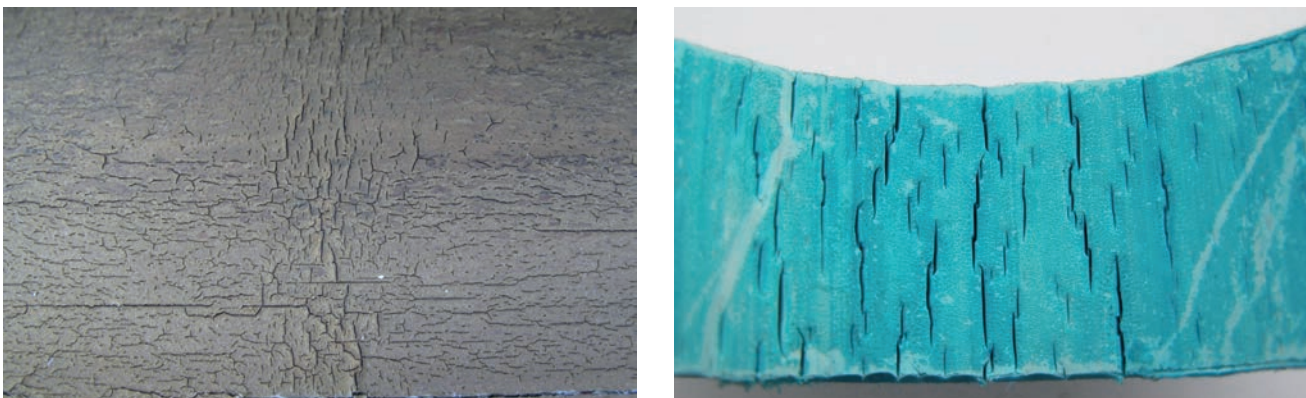
Pour conclure le sujet sur la résistance chimique, il faut considérer, outre les propriétés chimiques et mécaniques des tuyaux et raccords, également l'intégrité du joint, qui est souvent le point le plus vulnérable d'un système industriel.

En fait, les joints de tuyaux se sont montrés très résistants lors de l'utilisation d'applications telles que la soudure bout à bout et par solvant ou l'électrosoudage qui créent des joints homogènes.

En particulier, la soudure au solvant est un procédé d'installation qui utilise des solvants et des résines plastiques pour fusionner chimiquement le tuyau et le raccord.

Lorsqu'il est appliqué, le solvant adoucit et dissout la couche supérieure du matériau du tuyau et du raccord en desserrant leur structure moléculaire, créant ainsi un morceau continu de matériau thermoplastique.

Dans ce cas, les joints avec la colle au solvant conservent la même résistance chimique que le plastique, car il s'agit précisément du même matériau et non d'une colle ou d'un composant étranger ajouté à la pièce. En outre, étant donné que la résine dans la colle au solvant comble tous les espaces qui pourraient autrement exister dans le joint, la résistance chimique est souvent élevée.



Des signes d'agression chimique se sont produits puisqu'un matériau thermoplastique non adapté au fluide transporté a été choisi.

2.4 Dimensionnement et ingénierie hydraulique

Cette section définit certaines exigences techniques pour la conception sûre de tuyaux composés de plusieurs matériaux, tels que PVC-U, PVC-C, PVDF, ABS, PP-H, PE100, transportant de l'eau ou des fluides non dangereux.

2.4.1 Conception des tuyaux

La première étape de la conception d'un système de tuyauterie consiste à décider quelles tailles de diamètre utiliser. Pour ce faire, il est indispensable de comprendre et d'étudier plusieurs facteurs dont certains sont directement liés à la pression :

- contrainte de conception ;
- pression nominale ;
- rapport dimensionnel standardisé (SDR) ;
- série ;
- épaisseur de paroi.

2.4.1.1 Calcul des contraintes de conception sur la base de la classification MRS

La contrainte la plus importante dans un système de tuyauterie sous pression est la contrainte circonférentielle, définie comme la force exercée sur chaque particule dans la paroi du cylindre dans les deux directions circonférentielles, perpendiculaires à l'axe et au rayon de l'objet.

C'est le facteur déterminant pour déterminer la pression qu'une section de tuyau peut supporter et elle est généralement appelée contrainte de conception, indiquée par σ .

Elle peut être calculée par l'équation suivante :

$$\sigma = \frac{MRS}{C}$$

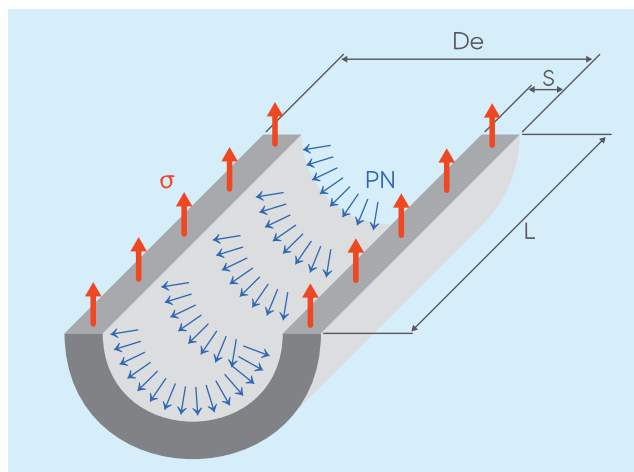
avec :

σ = contrainte de conception (MPa)

MRS=Contrainte minimale requise (MPa), donc la valeur minimale garantie de la charge de rupture du matériau à une température de 20 °C et pendant 50 ans de service continu.

C=coefficient de conception (-)

Dans certains cas, des facteurs supplémentaires peuvent être nécessaires, généralement en fonction du produit chimique, du matériau et de la température ou de la méthode d'assemblage, comme décrit dans le tableau suivant de DVS 2205.



| Matériau | Facteur chimique | Facteur de ténacité | Facteur de soudure à long terme |
|-----------------|---------------------------------|--|--|
| PVC-U | En fonction du produit chimique | En fonction du matériau et de la température | En fonction de la méthode d'assemblage |
| PVC-C (tuyau) | | | |
| PVC-C (raccord) | | | |
| ABS | | | |
| PP-H | | | |
| PE 100 | | | |
| PVDF | | | |

Ainsi, l'équation précédente de contrainte de conception se transforme en nouvelle :

$$\sigma = \frac{MRS * F_j}{(C * F_c * F_t)}$$

avec :

σ = contrainte de conception (MPa)

MRS= contrainte minimale requise (MPa)

C= coefficient de conception (-)

Fj= facteur de soudure à long terme (-)

Fc= facteur chimique (-)

Ft= facteur de ténacité (-)

Selon les courbes de résistance décrites dans les normes ISO 15494, ISO 15493 et ISO 10931, la valeur de la contrainte circonférentielle peut être trouvée pour chaque matériau à des pressions et des années de vie différentes.

En ce qui concerne le coefficient de conception, différentes valeurs sont utilisées en fonction du matériau du tuyau et de la norme à laquelle vous faites référence : le tableau suivant indique différentes valeurs minimales du coefficient de conception (Cmin) indiquées sur la norme DIN, l'approbation DIBt et la norme EN ISO 12162.

En particulier, alors que DIN est une norme nationale et EN une norme européenne, l'approbation DIBt est donnée par DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik).

Il s'agit d'une agence gouvernementale allemande qui publie des déclarations affirmant que les produits à l'étude respectent les exigences de sécurité et réglementaires allemandes.

| Matériau | Normes DIN | Approbation DIBt | ISO 12162 |
|----------|---|------------------|-----------|
| PVC-U | 2 à 2,5 | 2 | 1,6 |
| PVC-C | - | 2 | 1,6 |
| ABS | - | 2 | 1,6 |
| PP-H | 1,6 (10-40 °C) 1,4 (40-60 °C) 1,25 (<60 °C) | 2 | 1,6 |
| PE100 | 1,25 à 1,6 à 2 | 2 | 1,25 |
| PVDF | - | 2 | 1,6 |

En particulier, la norme EN ISO 12162 est basée sur des essais réalisés sur des formes tubulaires et donne des valeurs de Cmin utiles pour calculer la pression admissible qui peut être appliquée dans le système.

D'autre part, la pression nominale, donc de service, doit être calculée en utilisant les coefficients industriels et constructeurs (C) proposés par chaque entreprise manufacturière.

Ces coefficients industriels C pour des raisons de sécurité étant supérieurs à la Cmin listée dans la norme EN ISO 12162, la pression opératoire est toujours légèrement inférieure à la pression admissible.

2.4.1.2 Calcul de la pression nominale

Pour les systèmes de tuyauterie en plastique destinés au transport d'eau, la pression nominale décrit la pression maximale de service en bar à une température de 20 °C et pour 50 ans de durée de vie.

Pour les tuyaux transportant d'autres fluides industriels, la pression nominale est pour 25 ans de durée de vie.

Elle peut s'exprimer sous la forme :

$$PN = 20 * \frac{\sigma}{(SDR - 1)}$$

avec :

PN = pression nominale (bar)

σ = contrainte de conception (MPa)

SDR = rapport dimensionnel standardisé (-) décrit ci-dessous

Comme indiqué précédemment, il est important de rappeler que la contrainte de conception σ pour la pression nominale est calculée par le coefficient de conception industriel C donné par notre société, communément adopté en application industrielle.

2.4.1.3 Calcul du rapport dimensionnel standardisé

La capacité de charge en pression des tuyaux et raccords est exprimée en niveau SDR, rapport dimensionnel standardisé. Il peut être exprimé comme la relation entre le diamètre extérieur du tuyau et l'épaisseur de la paroi du tuyau.

$$SDR = \frac{De}{t}$$

avec :

SDR= rapport dimensionnel standardisé (-)

Diamètre extérieur (mm)

t = épaisseur de la paroi (mm)

En fonction de la pression nominale, le SDR peut également être calculé par :

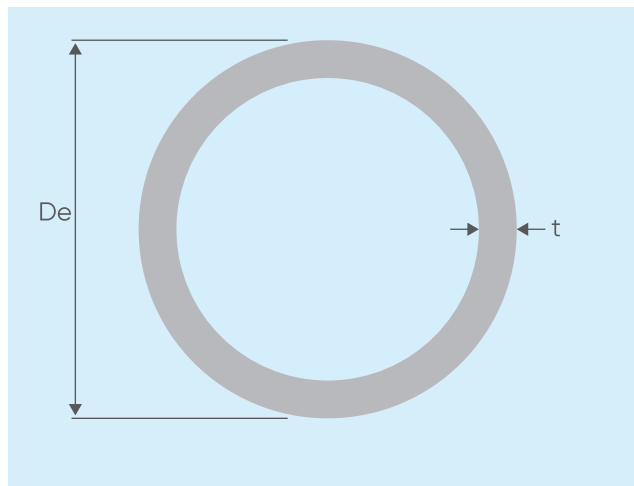
$$SDR = \frac{(20 * \sigma)}{PN + 1}$$

avec :

SDR= rapport dimensionnel standardisé (-)

σ = contrainte de conception (MPa)

PN = pression nominale (bar)



EXEMPLE PRATIQUE

Calculer la valeur SDR si $De=110$ mm et $t=10$ mm

$$SDR = \frac{De}{t} = \frac{110}{10} = 11$$

2.4.1.4 Calcul des séries

La norme ISO 4065 classe les tuyaux par série en fonction de la pression nominale, de sorte que les tuyaux portant le même numéro de série ont la même pression nominale.

La série de tuyaux est indiquée par la lettre S et peut être calculée par l'équation suivante :

$$S = \frac{(SDR-1)}{2}$$

avec :

SDR = rapport dimensionnel standardisé (-)

S = série de tuyaux (-)

EXEMPLE PRATIQUE

Calculer la série pour SDR 11

$$S = \frac{(11-1)}{2} = 5$$

2.4.1.5 Calcul de l'épaisseur des parois

Le dimensionnement du tuyau thermoplastique soumis à pression interne est lié aux exigences de résistance.

Toutes les tailles de tubes trouvées dans les normes sont basées sur cette formule :

$$t = \frac{(De * PN)}{(20 * \sigma + PN)}$$

avec :

t = épaisseur de la paroi (mm)

De = diamètre extérieur du tuyau (mm)

σ = contrainte de conception (MPa)

PN = pression nominale (bar)

Dans les tableaux suivants, l'épaisseur de paroi de chaque matériau est indiquée en fonction des diamètres externes et des valeurs SDR.

| PVC-U | | | | | | | |
|---------|--------|------|------|------|------|------|------|
| S | 20 | 16 | 12,5 | 10 | 8 | 6,3 | 5 |
| SDR | 41 | 33 | 26 | 21 | 17 | 13,6 | 11 |
| De (mm) | t (mm) | | | | | | |
| 12 | - | - | - | - | - | - | 1,5 |
| 16 | - | - | - | - | - | - | 1,5 |
| 20 | - | - | - | - | - | 1,5 | 1,9 |
| 25 | - | - | - | - | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| 32 | - | - | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 2,4 | 2,9 |
| 40 | - | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 2,4 | 3 | 3,7 |
| 50 | - | 1,6 | 2 | 2,4 | 3 | 3,7 | 4,6 |
| 63 | - | 2 | 2,5 | 3 | 3,8 | 4,7 | 5,8 |
| 75 | - | 2,3 | 2,9 | 3,6 | 4,5 | 5,6 | 6,8 |
| 90 | - | 2,8 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 6,7 | 8,2 |
| 110 | 2,7 | 3,4 | 4,2 | 5,3 | 6,6 | 8,1 | 10 |
| 125 | 3,1 | 3,9 | 4,8 | 6 | 7,4 | 9,2 | 11,4 |
| 140 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 6,7 | 8,3 | 10,3 | 12,7 |
| 160 | 4 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 9,5 | 11,8 | 14,6 |
| 180 | 4,4 | 5,5 | 6,9 | 8,6 | 10,7 | 13,3 | 16,4 |
| 200 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 9,6 | 11,9 | 14,7 | 18,2 |
| 225 | 5,5 | 6,9 | 8,6 | 10,8 | 13,4 | 16,6 | - |
| 250 | 6,2 | 7,7 | 9,6 | 11,9 | 14,8 | 18,4 | - |
| 280 | 6,9 | 8,6 | 10,7 | 13,4 | 16,6 | 20,6 | - |
| 315 | 7,7 | 9,7 | 12,1 | 15 | 18,7 | 23,2 | - |
| 355 | 8,7 | 10,9 | 13,6 | 16,9 | 21,1 | 26,1 | - |
| 400 | 9,8 | 12,3 | 15,3 | 19,1 | 23,7 | 29,4 | - |

| PVC-C | | | | |
|---------|--------|------|------|------|
| S | 10 | 6,3 | 5 | 4 |
| SDR | 21 | 13,6 | 11 | 9 |
| De (mm) | t (mm) | | | |
| 12 | - | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| 16 | - | 1,4 | 1,5 | 1,8 |
| 20 | - | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| 25 | - | 1,9 | 2,3 | 2,8 |
| 32 | 1,6 | 2,4 | 2,9 | 3,6 |
| 40 | 1,9 | 3 | 3,7 | 4,5 |
| 50 | 2,4 | 3,7 | 4,6 | 5,6 |
| 63 | 3 | 4,7 | 5,8 | 7,1 |
| 75 | 3,6 | 5,6 | 6,8 | 8,4 |
| 90 | 4,3 | 6,7 | 8,2 | 10,1 |
| 110 | 5,3 | 8,1 | 10 | 12,3 |
| 125 | 6 | 9,2 | 11,4 | 14 |
| 140 | 6,7 | 10,3 | 12,7 | 15,7 |
| 160 | 7,7 | 11,8 | 14,6 | 17,9 |
| 180 | 8,6 | 13,3 | - | - |
| 200 | 9,6 | 14,7 | - | - |
| 225 | 10,8 | 16,6 | - | - |

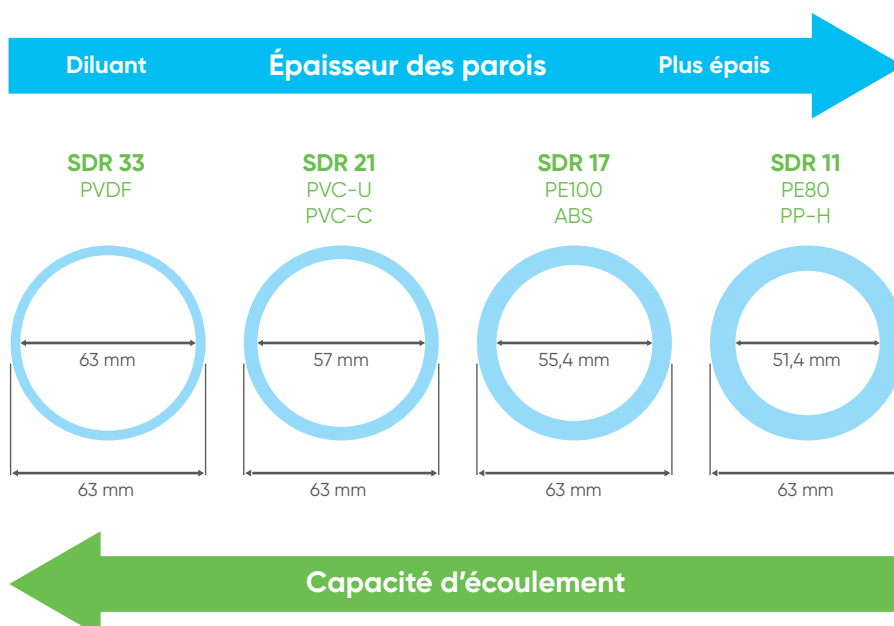
| ABS | | | | | | | | |
|---------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| S | 20 | 16 | 12,5 | 10 | 8 | 6,3 | 5 | 4 |
| SDR | 41 | 33 | 26 | 21 | 17 | 13,6 | 11 | 9 |
| De (mm) | t (mm) | | | | | | | |
| 12 | - | - | - | - | - | - | 1,5 | 1,5 |
| 16 | - | - | - | - | - | 1,5 | 1,5 | 1,8 |
| 20 | - | - | - | - | - | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| 25 | - | - | - | - | 1,5 | 1,9 | 2,3 | 2,8 |
| 32 | - | - | - | 1,6 | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,6 |
| 40 | - | - | 1,6 | 1,9 | 2,4 | 3 | 3,7 | 4,5 |
| 50 | - | 1,6 | 2 | 2,4 | 3 | 3,7 | 4,6 | 5,6 |
| 63 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 3,8 | 4,7 | 5,8 | 7,1 |
| 75 | 1,9 | 2,3 | 2,9 | 3,6 | 4,5 | 5,6 | 6,8 | 8,4 |
| 90 | 2,2 | 2,8 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 6,7 | 8,2 | 10,1 |
| 110 | 2,7 | 3,4 | 4,2 | 5,3 | 6,6 | 8,1 | 10 | 12,3 |
| 125 | 3,1 | 3,9 | 4,8 | 6 | 7,4 | 9,2 | 11,4 | 14 |
| 140 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 6,7 | 8,3 | 10,3 | 12,7 | 15,7 |
| 160 | 4 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 9,5 | 11,8 | 14,6 | 17,9 |
| 180 | 4,4 | 5,5 | 6,9 | 8,6 | 10,7 | 13,3 | 16,4 | 20,1 |
| 200 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 9,6 | 11,9 | 14,7 | 18,2 | 22,4 |
| 225 | 5,5 | 6,9 | 8,6 | 10,8 | 13,4 | 16,6 | 20,5 | 25,2 |
| 250 | 6,2 | 7,7 | 9,6 | 11,9 | 14,8 | 18,4 | 22,7 | 27,9 |
| 280 | 6,9 | 8,6 | 10,7 | 13,4 | 16,6 | 20,6 | 25,4 | 31,3 |
| 315 | 7,7 | 9,7 | 12,1 | 15 | 18,7 | 23,2 | 28,6 | 35,2 |
| 355 | 8,7 | 10,9 | 13,6 | 16,9 | 21,1 | 26,1 | 32,2 | 39,7 |
| 400 | 9,8 | 12,3 | 15,3 | 19,1 | 23,7 | 29,4 | 36,3 | 44,7 |

| PP | | | | | | | |
|---------|--------|------|------|------|------|------|------|
| S | 20 | 16 | 12,5 | 8,3 | 5 | 3,2 | 2,5 |
| SDR | 41 | 33 | 26 | 17,6 | 11 | 7,4 | 6 |
| De (mm) | t (mm) | | | | | | |
| 12 | - | - | - | - | 1,8 | 1,8 | 2 |
| 16 | - | - | - | - | 1,8 | 2,2 | 2,7 |
| 20 | - | - | - | 1,8 | 1,9 | 2,8 | 3,4 |
| 25 | - | - | - | 1,8 | 2,3 | 3,5 | 4,2 |
| 32 | - | - | - | 1,9 | 2,9 | 4,4 | 5,4 |
| 40 | - | - | 1,8 | 2,3 | 3,7 | 5,5 | 6,7 |
| 50 | 1,8 | 1,8 | 2 | 2,9 | 4,6 | 6,9 | 8,3 |
| 63 | 1,8 | 2 | 2,5 | 3,6 | 5,8 | 8,6 | 10,5 |
| 75 | 1,9 | 2,3 | 2,9 | 4,3 | 6,8 | 10,3 | 12,5 |
| 90 | 2,2 | 2,8 | 3,5 | 5,1 | 8,2 | 12,3 | 15 |
| 110 | 2,7 | 3,4 | 4,2 | 6,3 | 10 | 15,1 | 18,3 |
| 125 | 3,1 | 3,9 | 4,8 | 7,1 | 11,4 | 17,1 | 20,8 |
| 140 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 8 | 12,7 | 19,2 | 23,3 |
| 160 | 4 | 4,9 | 6,2 | 9,1 | 14,6 | 21,9 | 26,6 |
| 180 | 4,4 | 5,5 | 6,9 | 10,2 | 16,4 | 24,6 | 29,9 |
| 200 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 11,4 | 18,2 | 27,4 | 33,2 |
| 225 | 5,5 | 6,9 | 8,6 | 12,8 | 20,5 | 30,8 | 37,4 |
| 250 | 6,2 | 7,7 | 9,6 | 14,2 | 22,7 | 34,2 | - |
| 280 | 6,9 | 8,6 | 10,7 | 15,9 | 25,4 | 38,3 | - |
| 315 | 7,7 | 9,7 | 12,1 | 17,9 | 28,6 | 43,1 | - |
| 355 | 8,7 | 10,9 | 13,6 | 20,1 | 32,2 | 48,5 | - |
| 400 | 9,8 | 12,3 | 15,3 | 22,7 | 36,3 | 54,7 | - |
| 450 | 11 | 13,8 | 17,2 | 25,5 | 40,9 | - | - |
| 500 | 12,3 | 15,3 | 19,1 | 28,3 | 45,4 | - | - |
| 560 | 13,7 | 17,2 | 21,4 | 31,7 | 50,8 | - | - |
| 630 | 15,4 | 19,3 | 24,1 | 35,7 | - | - | - |
| 710 | 17,4 | 21,8 | 27,2 | 40,2 | - | - | - |
| 800 | 19,6 | 24,5 | 30,6 | 45,3 | - | - | - |
| 900 | 22 | 27,6 | 34,4 | 51 | - | - | - |
| 1000 | 24,5 | 30,6 | 38,2 | - | - | - | - |
| 1200 | 29,4 | 36,7 | 45,9 | - | - | - | - |
| 1400 | 34,3 | 42,9 | 53,5 | - | - | - | - |
| 1600 | 39,2 | 49 | 61,2 | - | - | - | - |

| PE | | | | | | | |
|---------|--------|------|------|-------|------|------|------|
| S | 20 | 16 | 12,5 | 8 | 5 | 3,2 | 2,5 |
| SDR | 41 | 33 | 26 | 17 | 11 | 7,4 | 6 |
| De (mm) | t (mm) | | | | | | |
| 16 | - | - | - | - | 1,8 | 2,2 | 2,7 |
| 20 | - | - | - | 1,8 | 1,9 | 2,8 | 3,4 |
| 25 | - | - | - | 1,8 | 2,3 | 3,5 | 4,2 |
| 32 | - | - | - | 1,9 | 2,9 | 4,4 | 5,4 |
| 40 | - | - | 1,8 | 2,4 | 3,7 | 5,5 | 6,7 |
| 50 | 1,8 | 1,8 | 2 | 3 | 4,6 | 6,9 | 8,3 |
| 63 | 1,8 | 2 | 2,5 | 3,8 | 5,8 | 8,6 | 10,5 |
| 75 | 1,9 | 2,3 | 2,9 | 4,5 | 6,8 | 10,3 | 12,5 |
| 90 | 2,2 | 2,8 | 3,5 | 5,4 | 8,2 | 12,3 | 15 |
| 110 | 2,7 | 3,4 | 4,2 | 6,6 | 10 | 15,1 | 18,3 |
| 125 | 3,1 | 3,9 | 4,8 | 7,4 | 11,4 | 17,1 | 20,8 |
| 140 | 3,5 | 4,3 | 5,4 | 8,3 | 12,7 | 19,2 | 23,3 |
| 160 | 4 | 4,9 | 6,2 | 9,5 | 14,6 | 21,9 | 26,6 |
| 180 | 4,4 | 5,5 | 6,9 | 10,7 | 16,4 | 24,6 | 29,9 |
| 200 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 11,9 | 18,2 | 27,4 | 33,2 |
| 225 | 5,5 | 6,9 | 8,6 | 13,4 | 20,5 | 30,8 | 37,4 |
| 250 | 6,2 | 7,7 | 9,6 | 14,8 | 22,7 | 34,2 | 41,5 |
| 280 | 6,9 | 8,6 | 10,7 | 16,6 | 25,4 | 38,3 | 46,5 |
| 315 | 7,7 | 9,7 | 12,1 | 18,7 | 28,6 | 43,1 | 52,3 |
| 355 | 8,7 | 10,9 | 13,6 | 21,1 | 32,2 | 48,5 | 59 |
| 400 | 9,8 | 12,3 | 15,3 | 23,7 | 36,3 | 54,7 | - |
| 450 | 11 | 13,8 | 17,2 | 26,7 | 40,9 | 61,5 | - |
| 500 | 12,3 | 15,3 | 19,1 | 29,7 | 45,4 | - | - |
| 560 | 13,7 | 17,2 | 21,4 | 33,2 | 50,8 | - | - |
| 630 | 15,4 | 19,3 | 24,1 | 37,4 | 57,2 | - | - |
| 710 | 17,4 | 21,8 | 27,2 | 42,1 | 64,5 | - | - |
| 800 | 19,6 | 24,5 | 30,6 | 47,4 | 72,6 | - | - |
| 900 | 22 | 27,6 | 34,4 | 53,3 | 81,7 | - | - |
| 1000 | 24,5 | 30,6 | 38,2 | 59,3 | 90,8 | - | - |
| 1200 | 29,4 | 36,7 | 45,9 | 71,1 | - | - | - |
| 1400 | 34,3 | 42,9 | 53,5 | 83 | - | - | - |
| 1600 | 39,2 | 49 | 61,2 | 94,8 | - | - | - |
| 1800 | 44 | 55,1 | 68,8 | 106,6 | - | - | - |
| 2000 | 48,9 | 61,2 | 76,4 | 118,5 | - | - | - |
| 2250 | 55 | 68,9 | 86 | - | - | - | - |
| 2500 | 61,2 | 76,5 | 95,5 | - | - | - | - |

| PVDF | | |
|---------|--------|------|
| S | 16 | 10 |
| SDR | 33 | 21 |
| De (mm) | t (mm) | |
| 8 | - | - |
| 10 | - | - |
| 12 | - | - |
| 16 | - | - |
| 20 | - | - |
| 25 | - | - |
| 32 | - | - |
| 40 | - | - |
| 50 | - | - |
| 63 | 2 | 3 |
| 75 | 2,3 | 3,6 |
| 90 | 2,8 | 4,3 |
| 110 | 3,4 | 5,3 |
| 125 | 3,9 | 6 |
| 140 | 4,3 | 6,7 |
| 160 | 4,9 | 7,7 |
| 180 | 5,5 | 8,6 |
| 200 | 6,2 | 9,6 |
| 225 | 6,9 | 10,8 |
| 250 | 7,7 | 11,9 |
| 280 | 8,6 | 13,4 |
| 315 | 9,7 | - |
| 355 | 10,9 | - |
| 400 | 12,3 | - |

Il convient de garder à l'esprit qu'en tenant compte de la même pression nominale à 20 °C et d'une durée de vie de 50 ans, une paroi plus épaisse peut être utilisée avec un SDR plus faible et une paroi plus mince avec un SDR plus élevé.



EXEMPLE PRATIQUE

Quelle est la pression admissible du tuyau SDR 17 PE100 transportant de l'eau à 20 °C ?

En regardant la courbe de résistance pour le PE100, à 20 °C et 50 ans de durée de vie, la valeur MRS est de 10 MPa, comme illustré graphiquement sur l'image suivante.

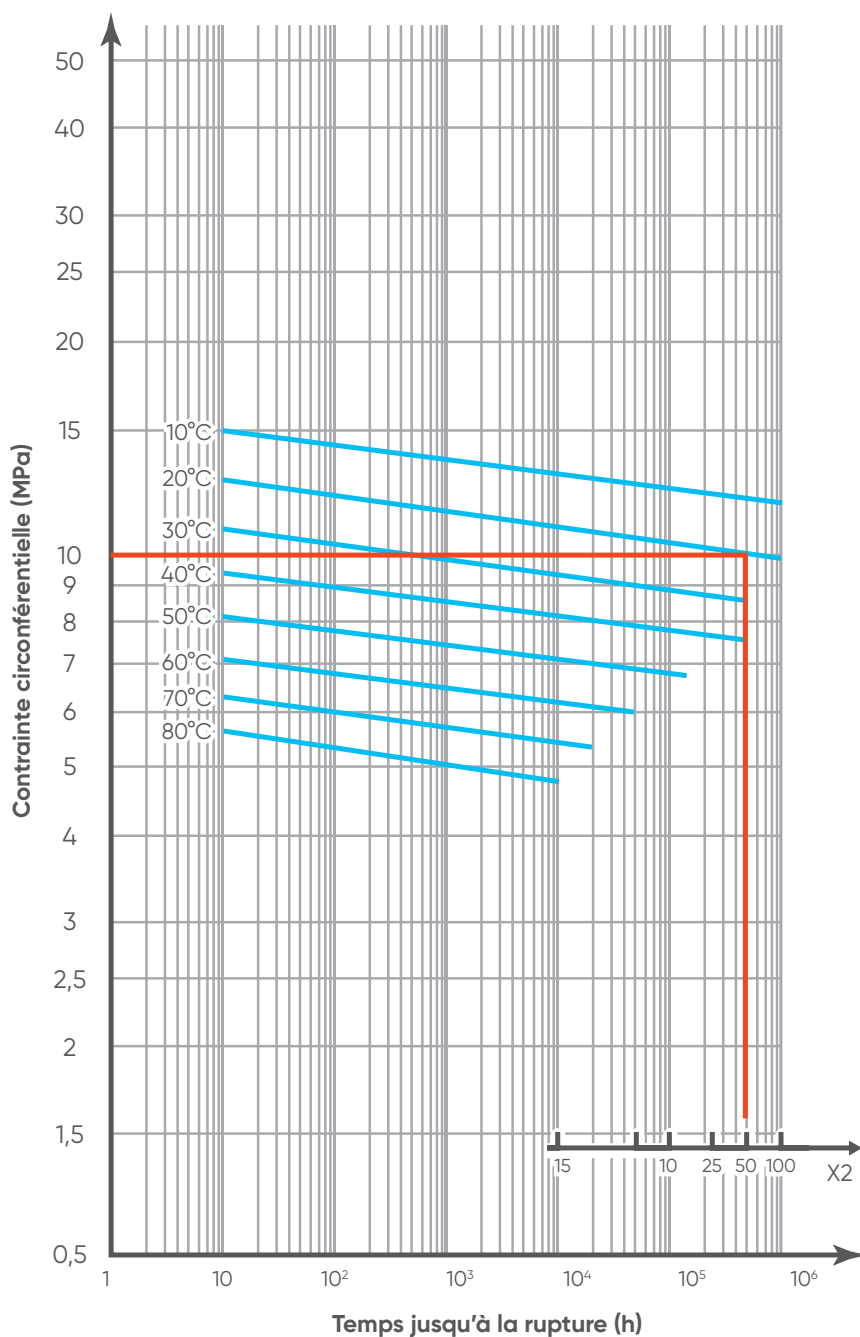
Selon la norme ISO 12162 C_{min} pour le PE100 est de 1,25.

Pour déterminer la pression admissible,

$$\sigma = \frac{MRS}{C_{min}} = 8 \text{ MPa}$$

il est nécessaire de calculer comme suit :

$$20 * \frac{\sigma}{(SDR-1)} = 10 \text{ bars}$$

**2.4.2 Diagramme pression-température**

Comme le montre la courbe de résistance, la résistance du matériau thermoplastique est sensible à la température.

Étant donné que les pressions nominales standard sont déterminées à la température ambiante de 20 °C, pour des valeurs supérieures ou inférieures, les changements de pression : la relation entre la pression nominale et la température et la pression et la température admissibles est indiquée dans les diagrammes suivants, un pour chaque matériau.

Il est à noter qu'ils sont destinés à l'eau ou aux liquides non dangereux auxquels le matériau est considéré comme chimiquement résistant. Dans d'autres cas, une réduction correspondante de la pression est nécessaire.

Aliaxis recommande de rester en dessous des courbes suivantes, et non sur ou au-dessus d'elles.

2.4.2.1 Diagrammes pression-température admissibles

Dans le chapitre précédent, la différence entre la pression nominale et la pression admissible, donc la pression maximale autorisée, a été expliquée.

En raison du fait que selon la norme ISO 12162, les coefficients de conception minimaux (Cmin) peuvent être utilisés, une pression théorique supérieure à la pression nominale peut être appliquée pour des conditions spécifiques.

Les schémas suivants montrent la valeur de pression admissible corrélée à la température selon le SDR, le coefficient de conception minimal (Cmin) et la durée de vie.

Pour les applications industrielles, il est toujours recommandé d'utiliser la pression nominale (PN) au lieu de la pression admissible.

Diagramme pression-température admissible pour UPVC (25 ans)

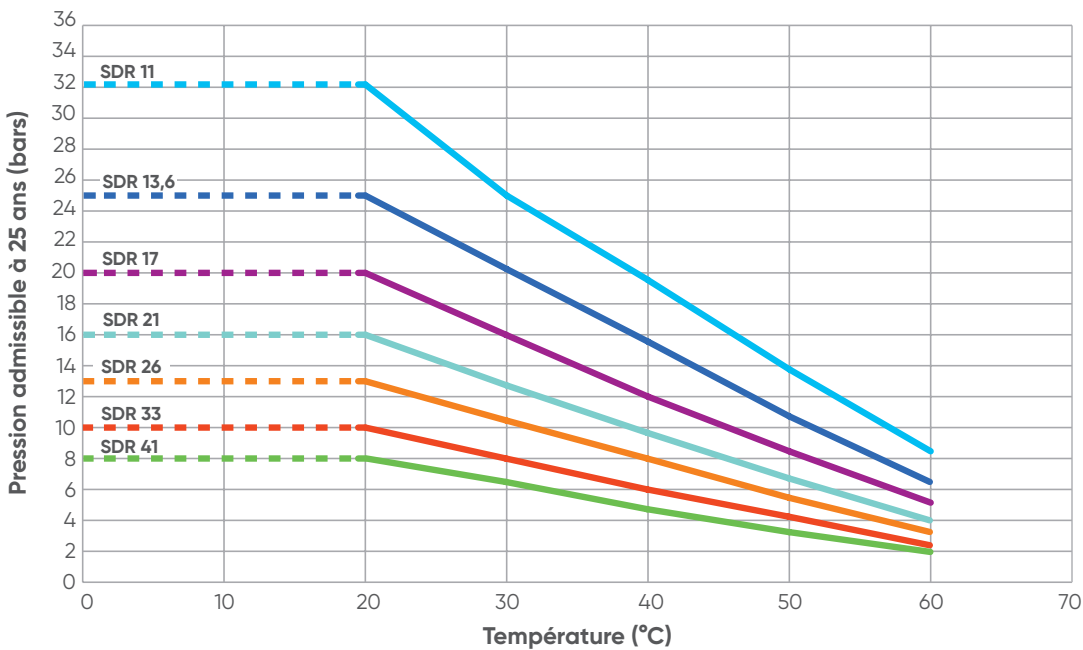


Diagramme pression-température admissible pour UPVC (50 ans)

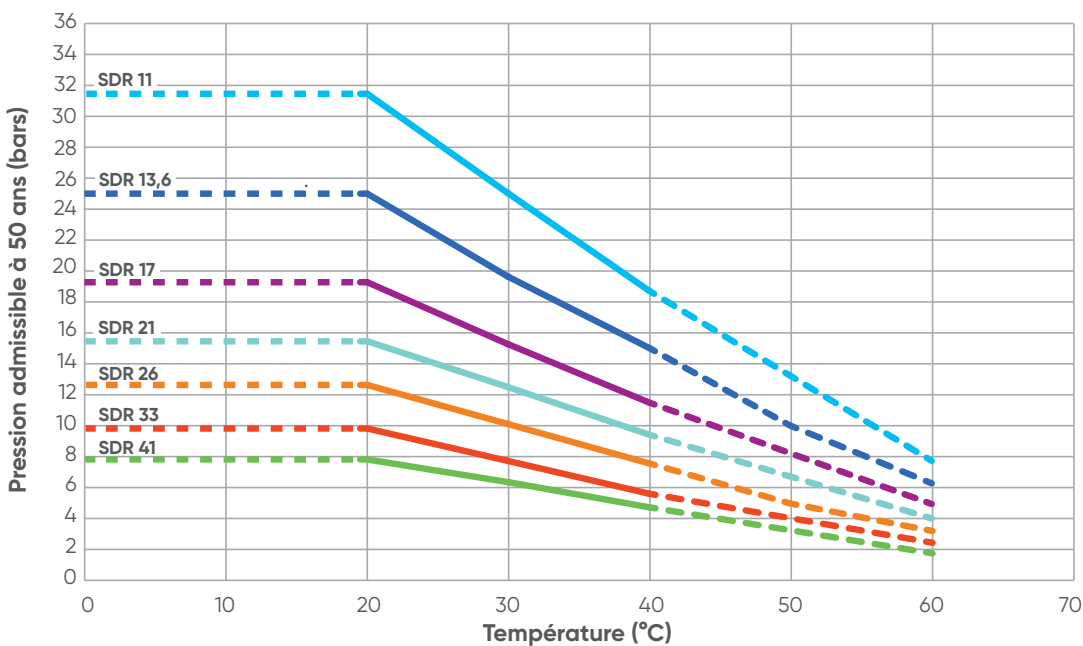


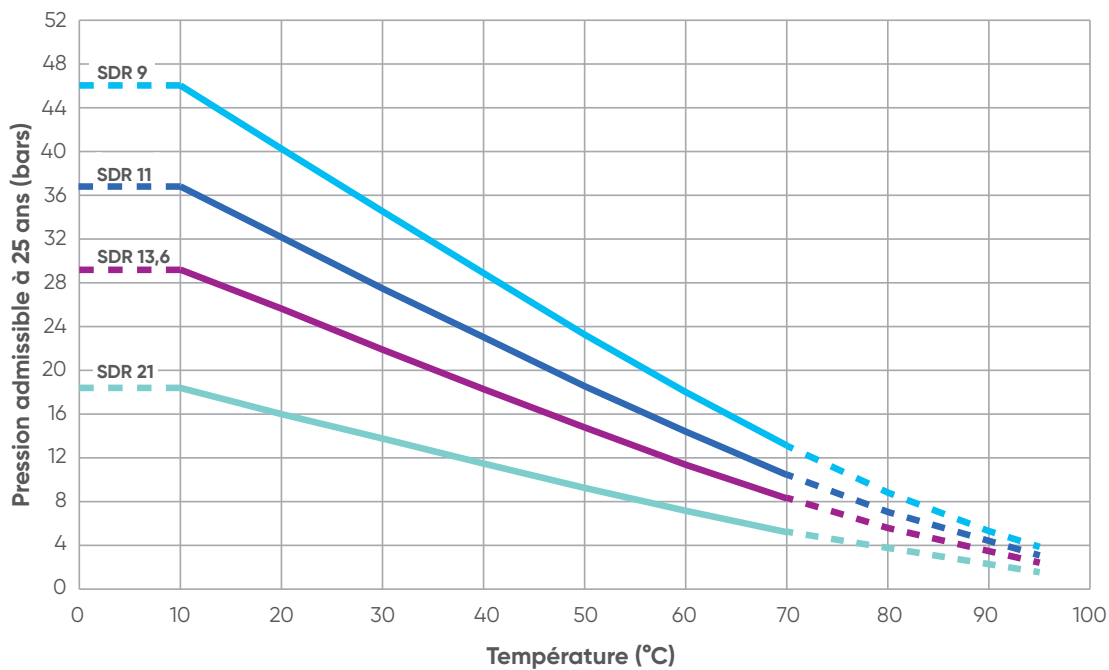
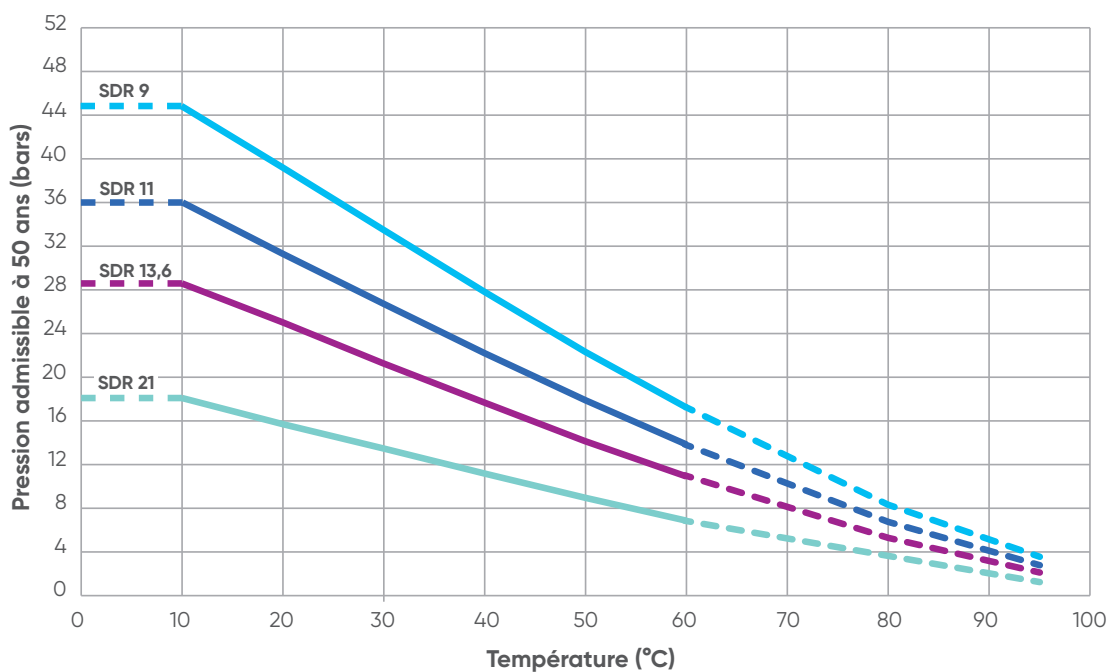
Diagramme pression-température admissible pour PVC-C (25 ans)**Diagramme pression-température admissible pour PVC-C (50 ans)**

Diagramme pression-température admissible pour ABS (25 ans)

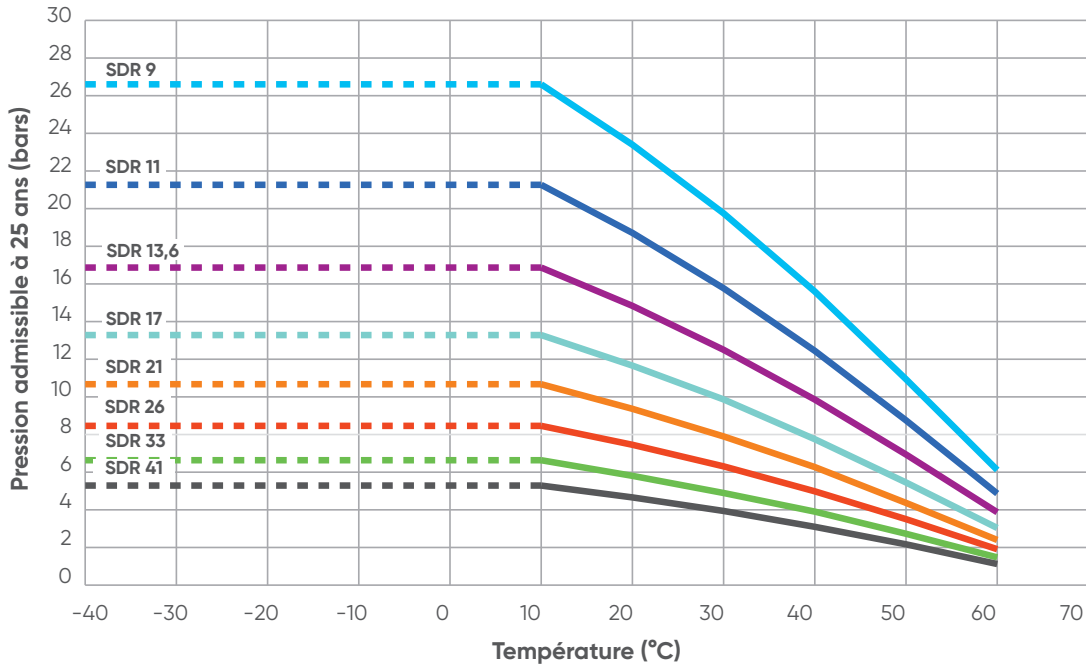


Diagramme pression-température admissible pour ABS (50 ans)

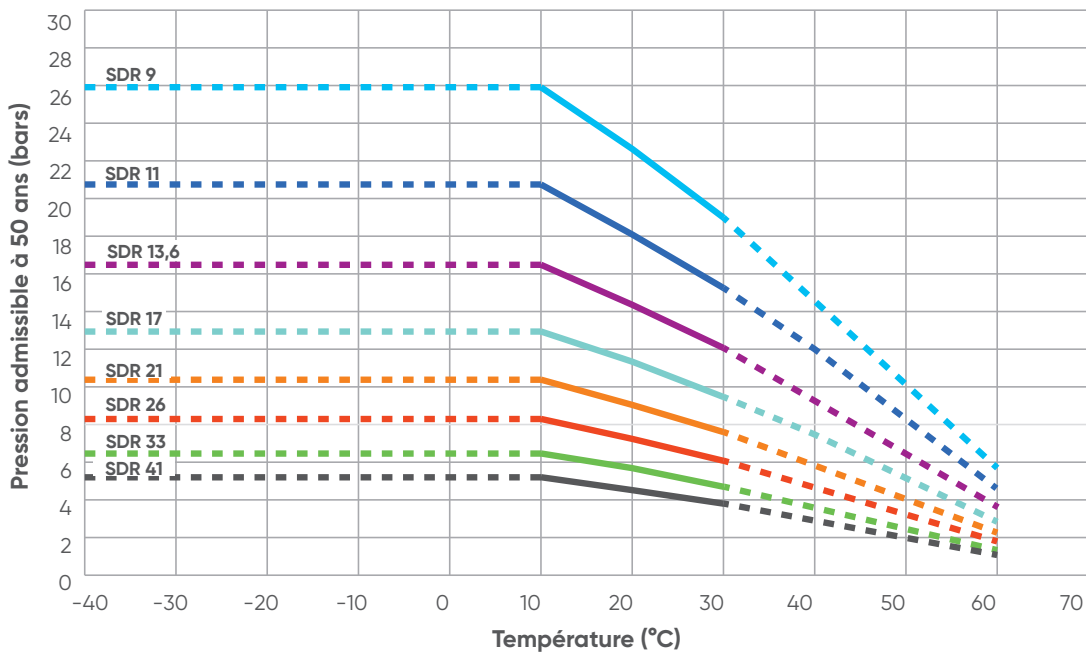


Schéma pression-température admissible pour PP-H (25 ans)

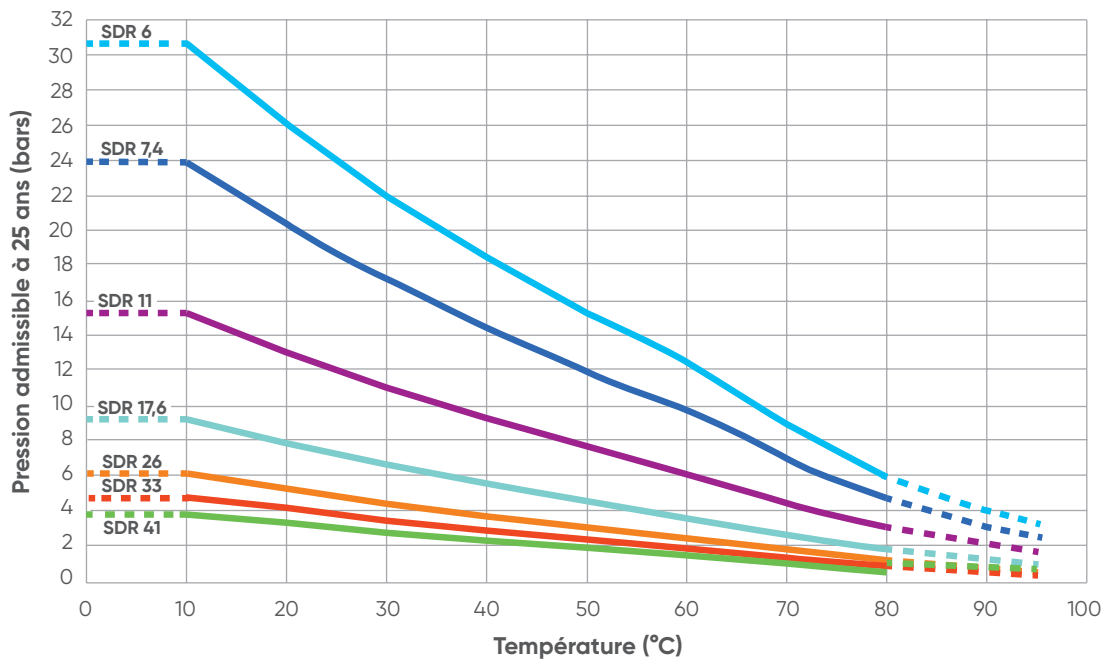


Schéma pression-température admissible pour PP-H (50 ans)

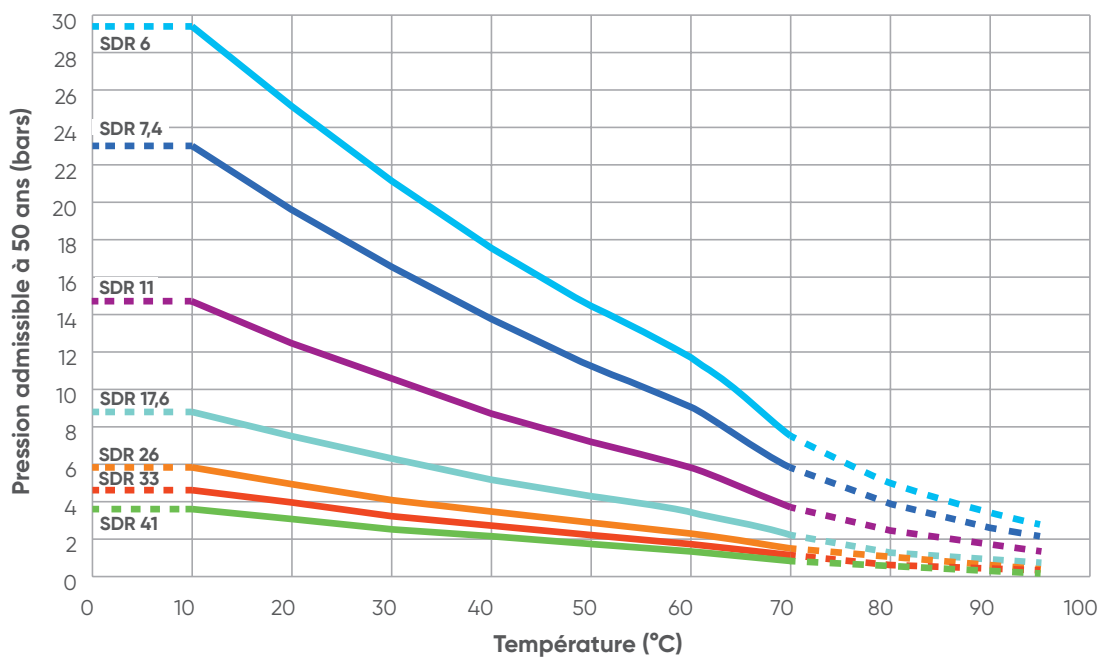


Schéma pression-température admissible pour PE100 (25 ans)

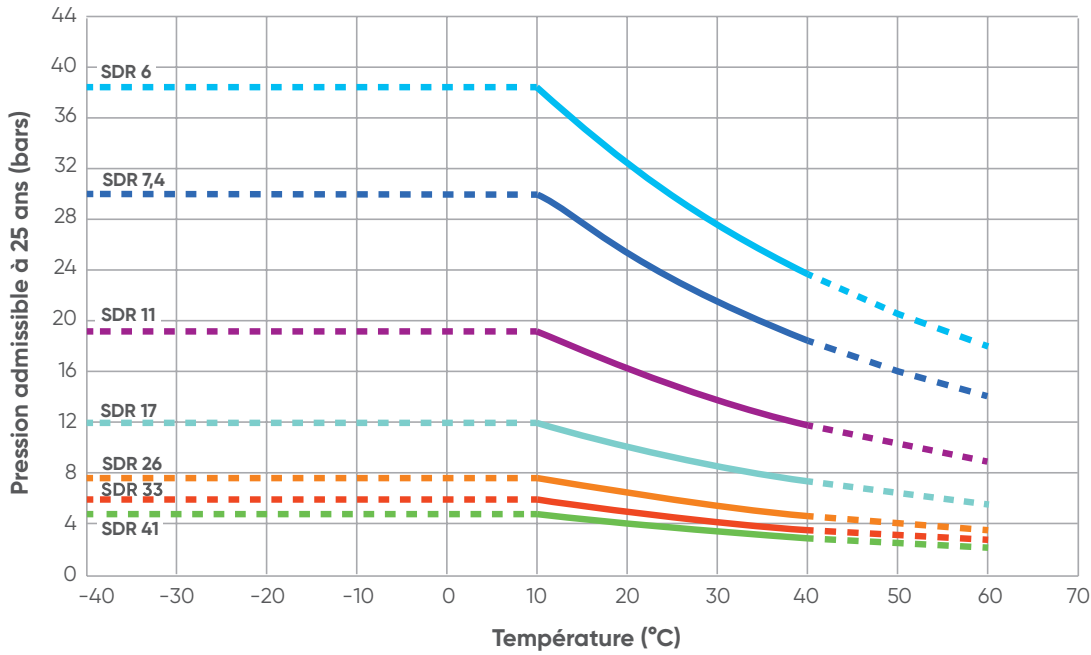


Schéma pression-température admissible pour PE100 (50 ans)

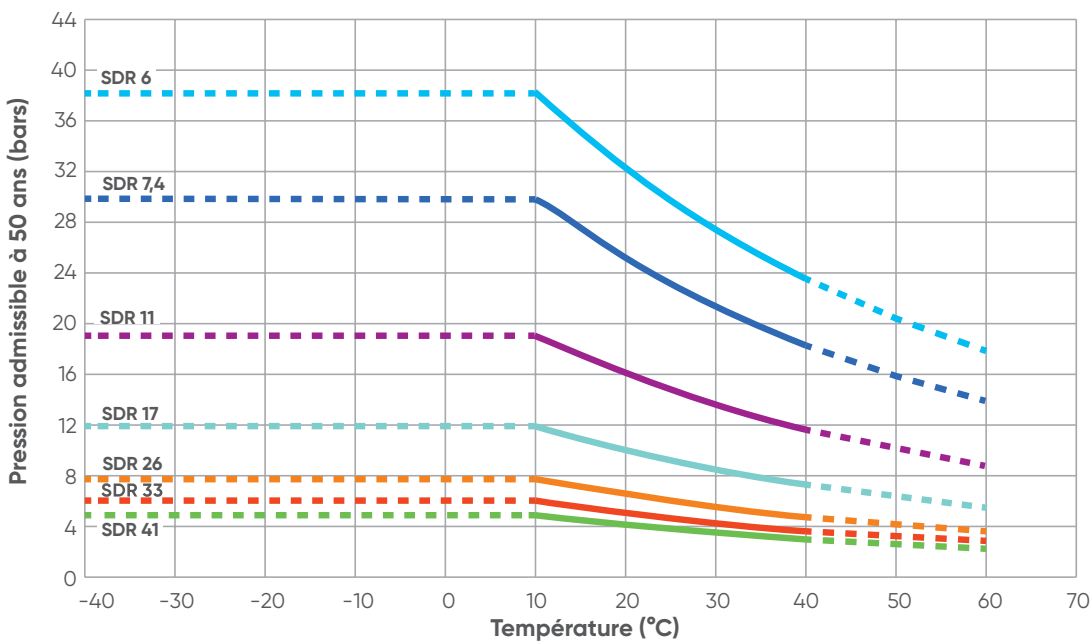
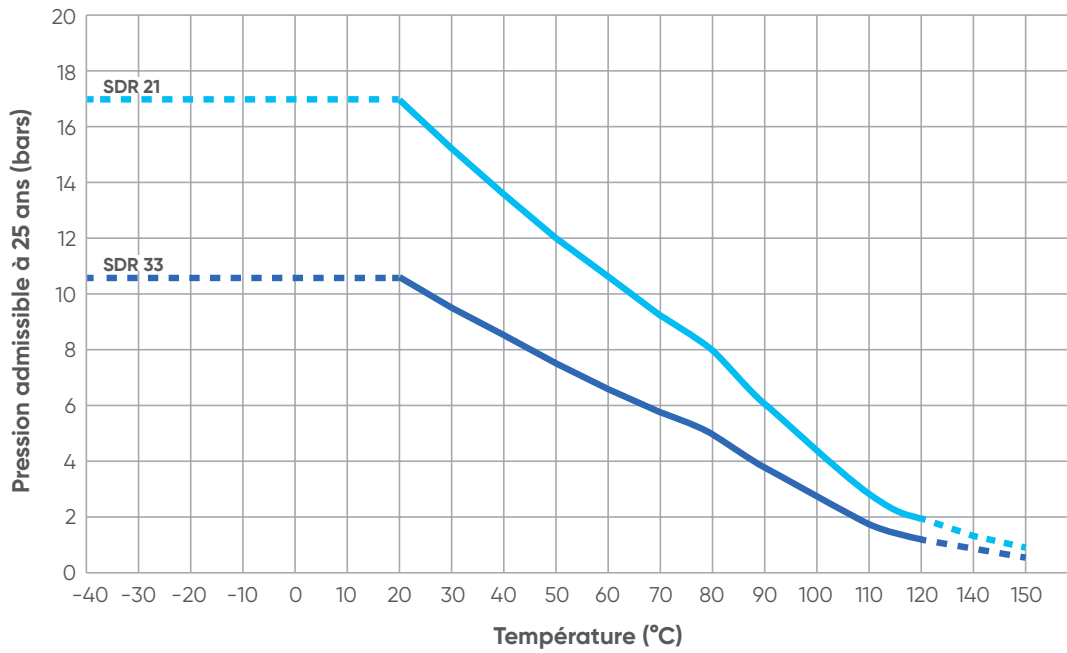
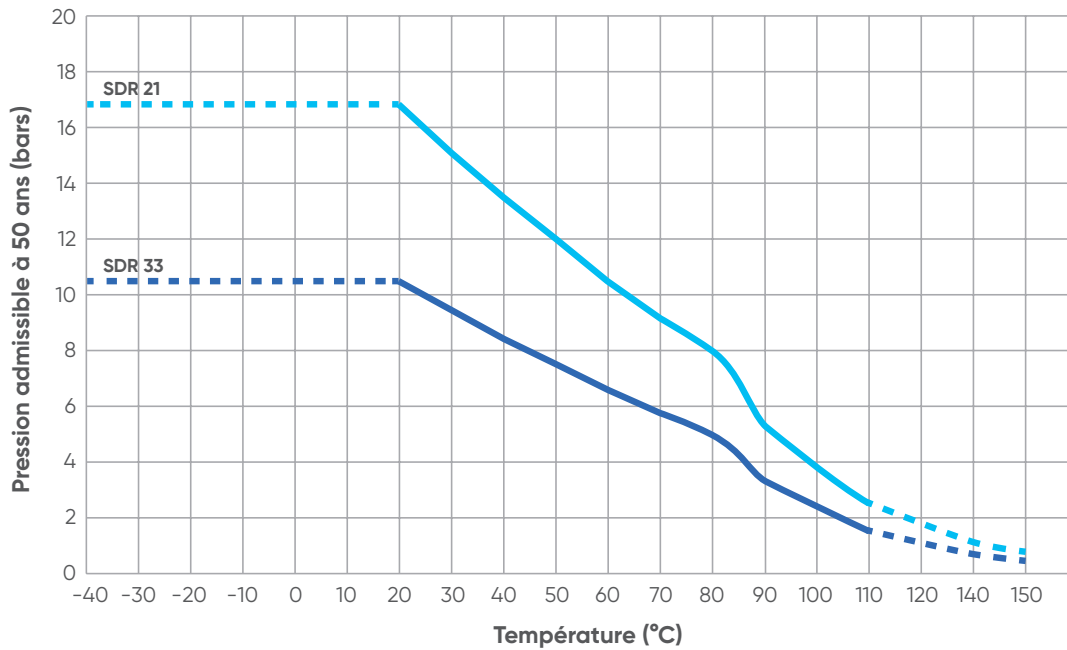


Diagramme pression-température admissible pour PVDF (25 ans)**Diagramme pression-température admissible pour PVDF (50 ans)**

2.4.2.2 Diagrammes pression nominale - température

Il s'avère que lorsque la température dépasse 20 °C, la résistance circonférentielle et la pression diminuent car les valeurs MRS dans les courbes de résistance changent en fonction de la température.

En revanche, dans le cas où la température de fonctionnement descend en dessous de 20 °C, la pression nominale maintient sa valeur constante.

Comme déjà décrit, la pression nominale est calculée à l'aide des coefficients industriels C proposés par notre société industrielle.

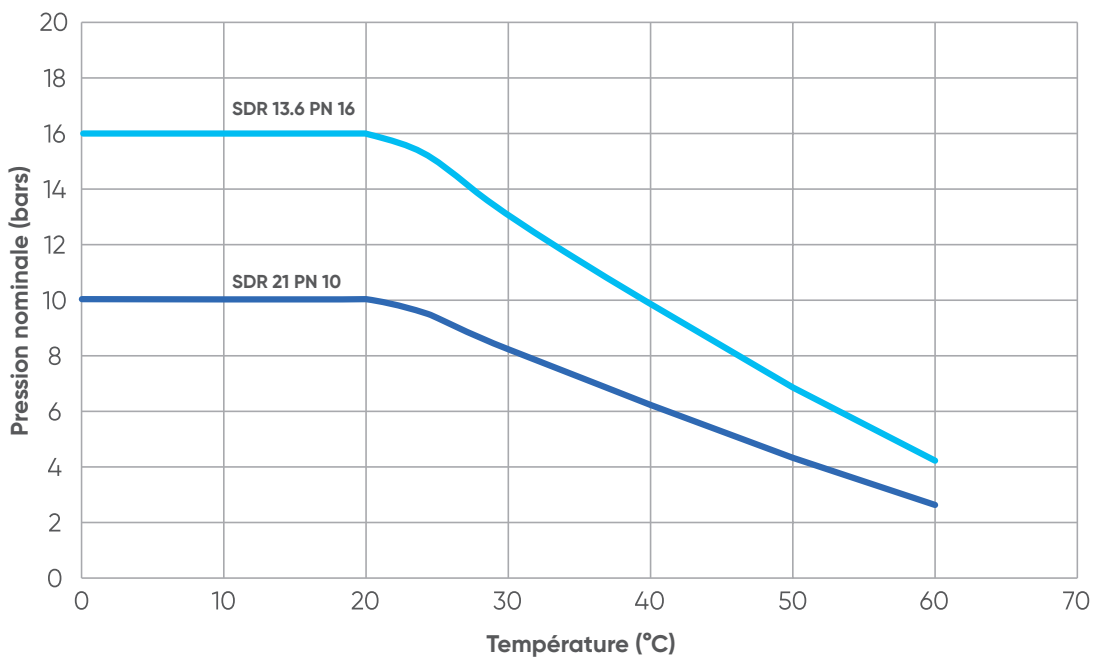
Étant donné que ces coefficients sont supérieurs à la valeur Cmin spécifiée dans la norme EN ISO 12162 pour des raisons de sécurité, la pression nominale de service est toujours légèrement inférieure à la valeur admissible

Les graphiques suivants concernant la pression nominale – température doivent être utilisés pour l'eau et les fluides non dangereux pour lesquels le matériau est classé comme résistant aux produits chimiques (durée de vie de 25 ans). Dans les autres cas, une réduction de la pression nominale est nécessaire.

Pour les applications industrielles, les graphiques auxquels il faut se référer sont relatifs à la pression nominale, illustrée ci-dessous.

Diagramme pression nominale-température pour PVC-U 25 ans

Le graphique ci-dessous montre la relation entre la pression nominale et la température basée sur le système métrique, selon la norme EN ISO 15493.



Le graphique suivant montre la relation entre la pression et la température basée sur le système britannique, selon la norme BS EN ISO 1452-2.

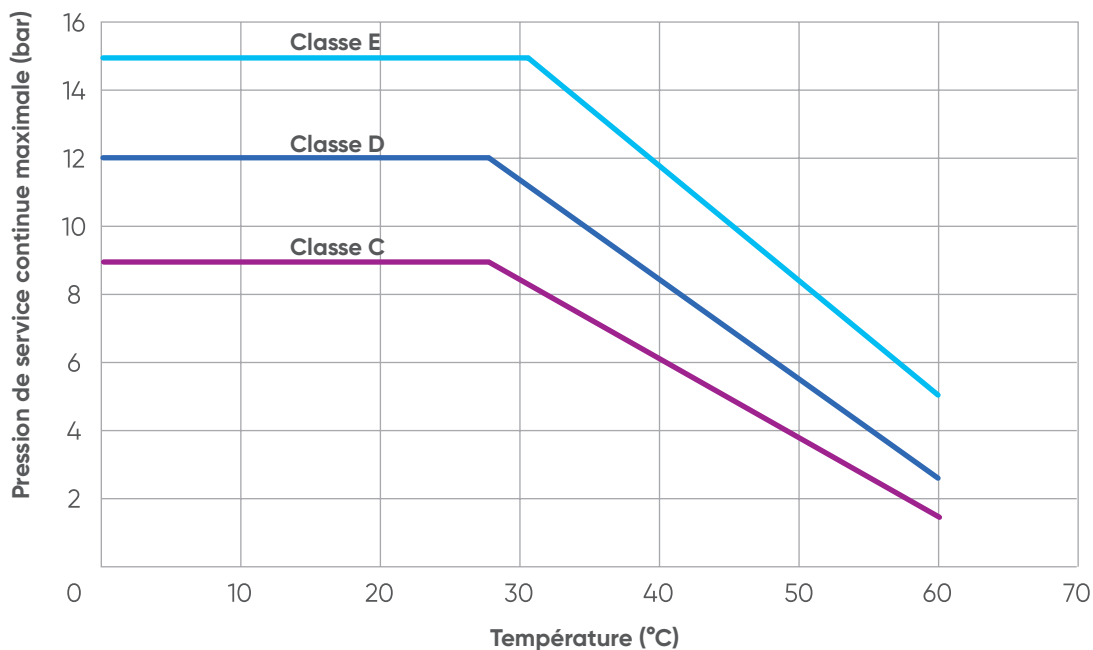


Diagramme pression-température nominale pour PVC-C 25 ans

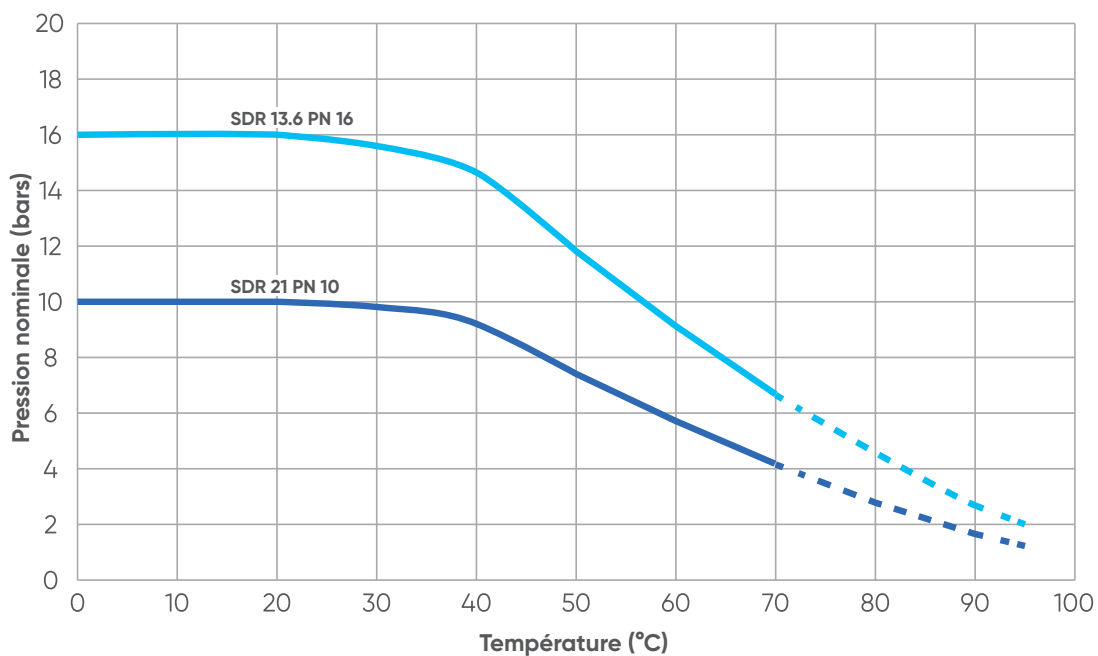
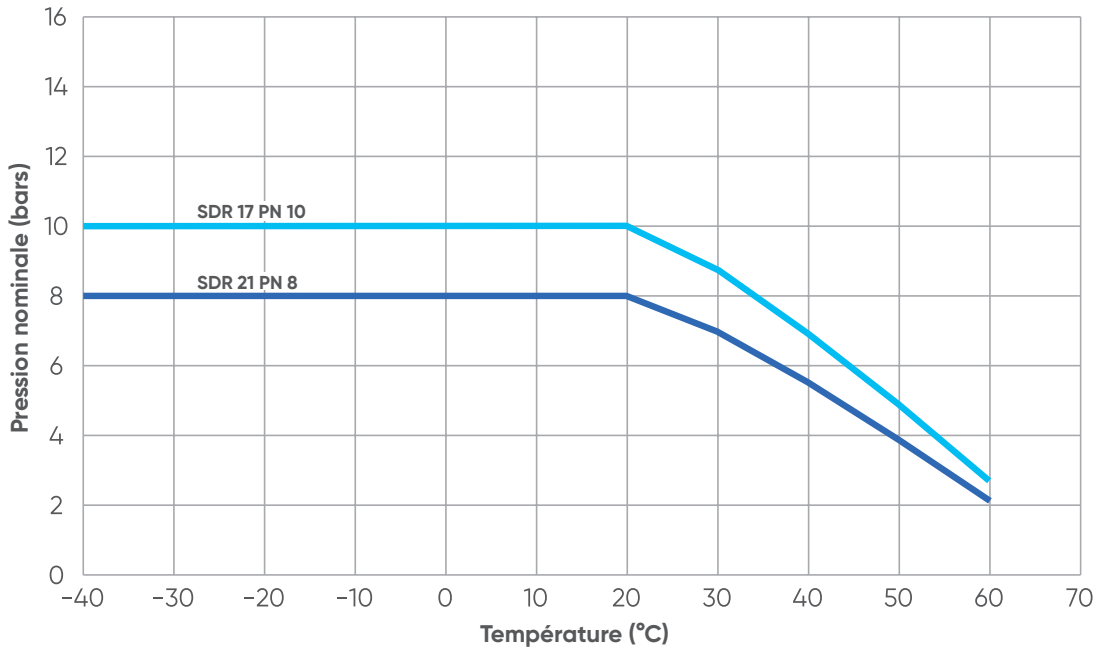


Diagramme pression-température nominale pour ABS 25 ans

Le graphique ci-dessous montre la relation entre la pression nominale et la température basée sur le système métrique, selon la norme EN ISO 15493.



Le graphique suivant montre la relation entre la pression et la température basée sur le système britannique, selon la norme BS 5391-1.

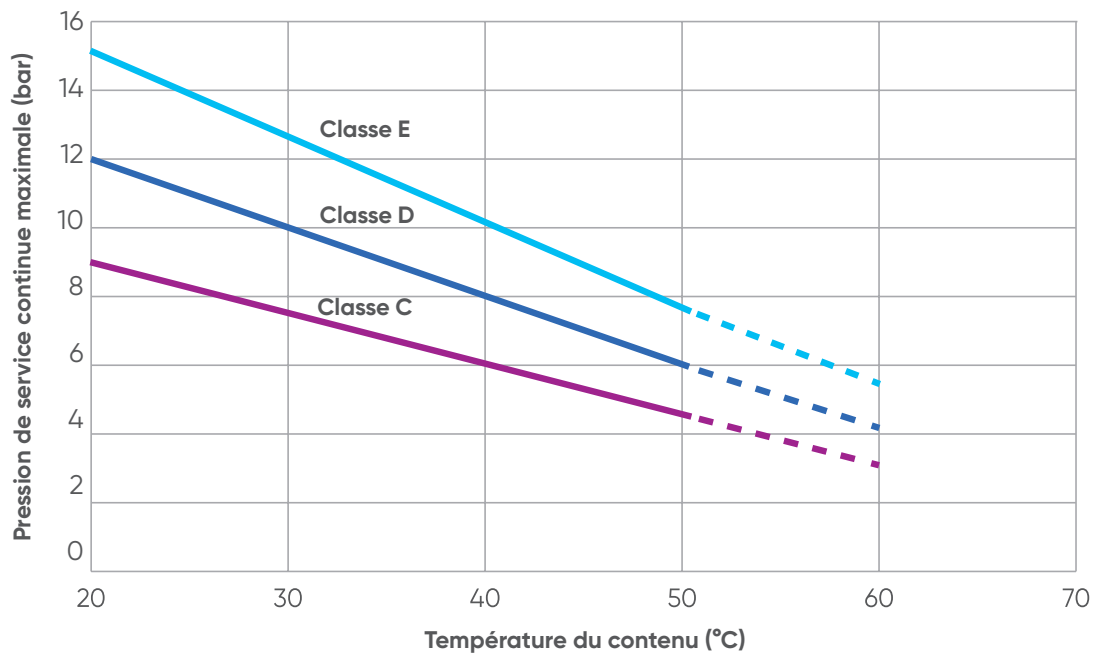


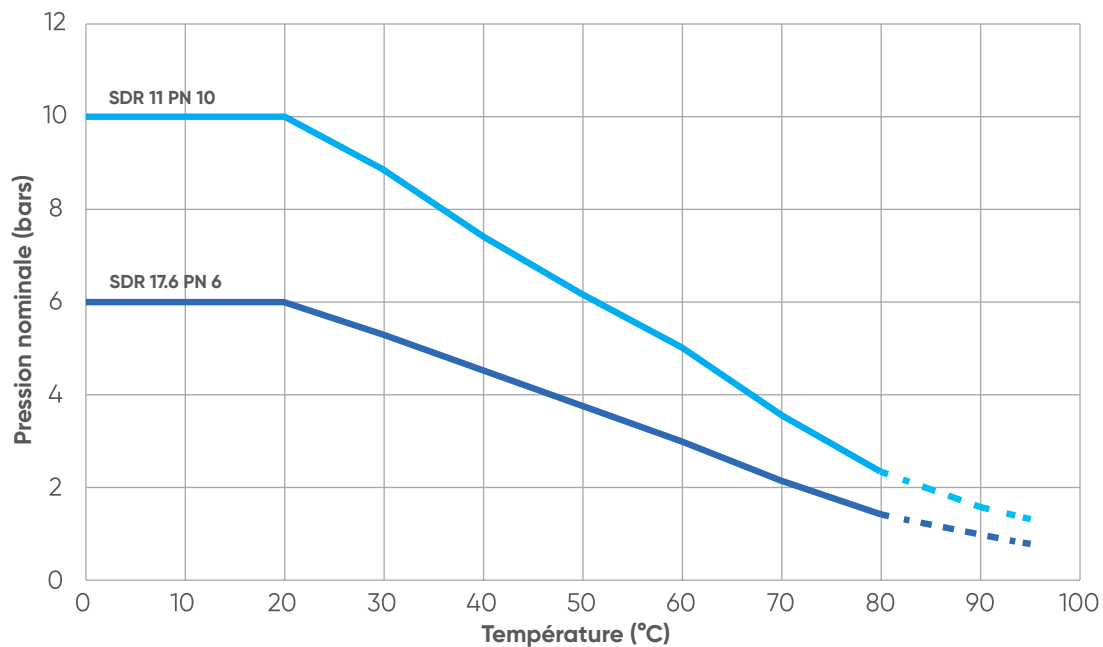
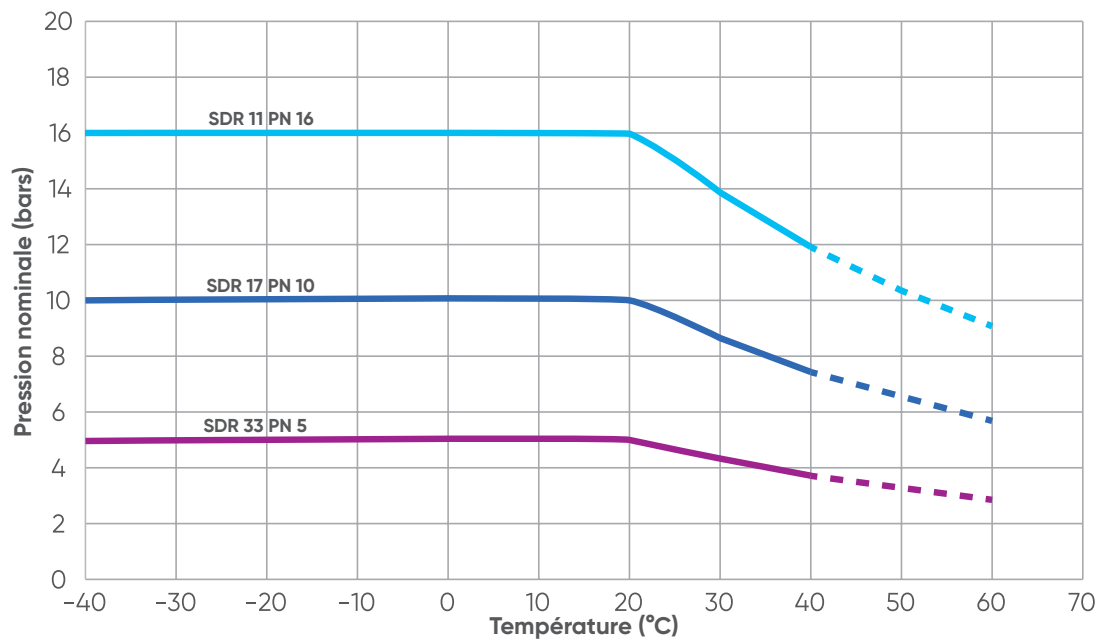
Diagramme pression nominale-température pour PP-H 25 ans**Diagramme pression nominale-température pour PE100 25 ans**

Diagramme pression nominale-température pour PVDF 25 ans

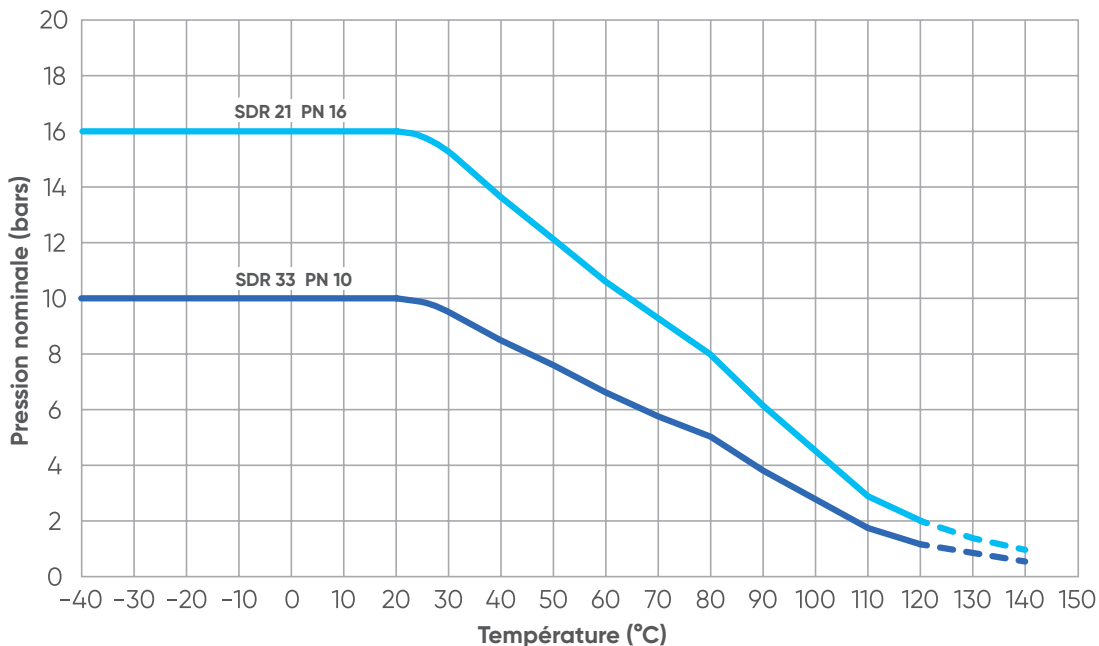


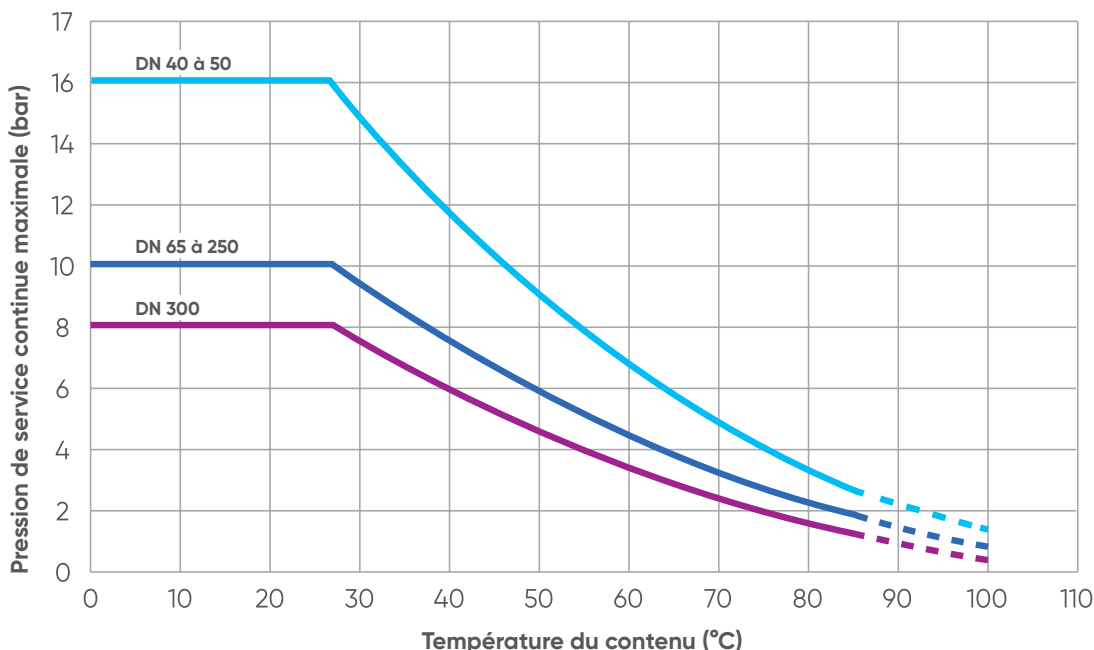
Diagramme pression nominale-température pour vannes et raccords

Pour des produits spécifiques, tels que les vannes et les raccords moulés par injection, il est recommandé de prendre en compte les diagrammes pression-température pour chaque produit individuel, car la pression nominale est affectée par les caractéristiques de conception typiques.

Par exemple, la vanne papillon FK fabriquée en C-PVC a des diamètres nominaux différents selon la pression nominale. Pour la version avec clapet à bride intermédiaire

- DN 40 à 50 : PN 16 avec de l'eau à 20 °C,
- DN 65 à 250 : PN 10 avec de l'eau à 20 °C,
- DN 300 : PN 8 avec de l'eau à 20 °C.

De cette manière, il est possible d'avoir trois lignes différentes sur le diagramme T-P en fonction des diamètres et de la conception de la vanne comme mentionné ci-dessus.



2.4.3 Calcul hydraulique

Les procédés utilisés pour la production de tuyaux et raccords en résines thermoplastiques permettent d'obtenir des surfaces internes extrêmement lisses caractérisées par de faibles coefficients de rugosité en surface.

Par conséquent, le comportement hydraulique du fluide transporté dans les tuyaux thermoplastiques est comparable au mouvement des fluides dans les tubes lisses et reste pratiquement inchangé dans le temps, car la grande douceur des parois internes ne permet pas le développement de corrosion et d'incrustations. En ce qui concerne la résistance biologique, en fait, les systèmes de tuyauterie PVC et PVC-C sont résistants aux champignons et à la croissance bactérienne, en particulier ceux qui provoquent normalement de la corrosion dans les systèmes de tuyauterie métalliques.

De plus, un tuyau est généralement soumis à l'action d'une force qui, contrairement à la direction du mouvement, provoque une perte d'énergie du fluide lui-même.

Cette dissipation, qui peut être évaluée par une chute de pression, est généralement appelée perte par frottement ou perte de charge.

En général, dans les tuyaux industriels, il existe deux types de pertes de charge :

- les pertes de charges distribuées : elles se produisent lorsque la perte d'énergie est générée par le frottement de surface développé entre le liquide et les parois des tuyaux, de sorte qu'elles sont présentes et distribuées partout dans les tuyaux. Le frottement est fonction de la rugosité du tuyau, de sa taille, des propriétés physiques du fluide transporté, de sa densité et de sa viscosité et de la vitesse du fluide transporté ;
- pertes de charges localisées : dans ce cas la perte d'énergie est générée par le frottement de la forme car il y a un changement de direction du fluide en présence de vannes et raccords tels que coudes, angles, tés et autres formes.

De toute évidence, les pertes de charge totales à l'intérieur d'un système peuvent être additionnées de toutes les pertes de charge distribuées et localisées.

En général, les pertes distribuées peuvent être supérieures ou inférieures aux pertes localisées en fonction de l'application : par exemple, si vous avez affaire à un long tuyau droit avec juste quelques autres obstacles qui peuvent créer une perte d'énergie, la plupart des chutes de pression seront dues à des chutes de pression distribuées.

Sinon, dans le cas, par exemple, d'un patin compact où les vannes et les coudes sont prédominants et où juste quelques portions de tuyau droites sont nécessaires, les pertes de charge localisées prévaudront.

Si les caractéristiques physiques du fluide, les dimensions du tuyau et le débit hydraulique sont connus, il existe différentes corrélations mathématiques qui permettent d'évaluer les chutes de pression développées par un liquide qui traverse les tuyaux en plastique.

Ces trois paramètres sont interconnectés. Leur relation est exprimée par les équations suivantes.

Le débit peut être calculé comme suit :

$$Q = A * V$$

avec :

Q = débit (m³/s)

A = section du tuyau (m²)

V = vitesse (m/s)

La vitesse peut être calculée comme suit :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2}$$

avec :

Di = diamètre intérieur

Généralement, un fluide en mouvement dans une canalisation peut avoir un mouvement laminaire si les éléments de masse du fluide ont des vitesses parallèles au sens du mouvement et n'ont pas de composants radiaux.

D'autre part, si les éléments du fluide, en plus d'avoir des vitesses parallèles à la direction du mouvement, ont une composante radiale, il s'agit d'un mouvement turbulent.

Pour déterminer si l'écoulement à travers les tuyaux est laminaire ou turbulent, le nombre de Reynolds, indiqué par Re, est utilisé.

Il s'agit d'un nombre sans dimension appliqué en thermodynamique ; sa valeur sépare les deux conditions en fonction de la forme du corps dans lequel le fluide est transporté ainsi que des caractéristiques du fluide.

Par exemple, dans le cas d'un fluide à l'intérieur d'un tube :

- pour les valeurs $Re < 2500$, le système a un écoulement laminaire ;
- pour les valeurs $2500 < Re < 4000$ le régime de transition est franchi ;
- pour les valeurs $Re > 4000$, il y a un écoulement turbulent.

Le nombre de Reynolds peut être calculé selon les équations suivantes :

$$Re = \frac{V * Di}{\nu} \quad Re = \frac{\rho * V * Di}{\mu}$$

avec :

Re= Nombre de Reynolds (-)

V = vitesse d'écoulement (m/s)

Di = diamètre intérieur (m)

ν = viscosité cinématique (m^2/s)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)

μ = viscosité dynamique ($kg/(m * s)$)

Pour conclure le sujet sur la vitesse, en plus de la formule décrite ci-dessus, il est important de se rappeler comment la vitesse du fluide peut être mesurée à l'intérieur de la canalisation : cela se fait à travers des capteurs de flux, décrits dans les chapitres suivants, qui mesurent la vitesse locale du flux (V_m) afin de pouvoir ensuite calculer la vitesse moyenne (V_a) et le débit volumétrique.

En ce qui concerne le point de mesure de la vitesse d'écoulement à l'intérieur d'un tuyau, deux positions différentes conviennent :

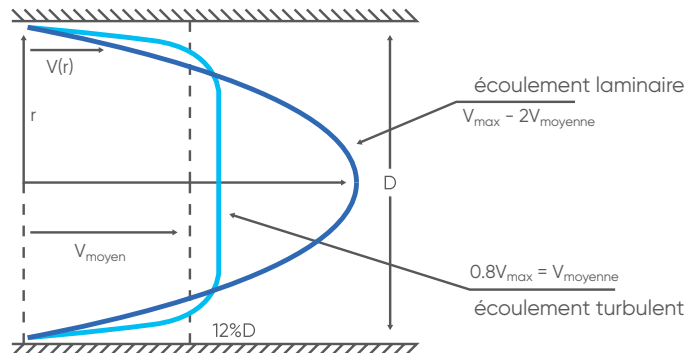
- position critique : le capteur de vitesse est situé à l'endroit où la vitesse locale correspond à la vitesse moyenne, et cela se produit généralement à 12 % du diamètre interne. Dans ce cas, la vitesse moyenne correspond à la vitesse locale mesurée, donc $V_a = V_m$;
- position centrale : le capteur de vitesse est placé au centre de la section du tube. La vitesse locale correspond à la vitesse maximale : $V_m = V_{max}$

De cette façon, il est possible de comprendre comment la vitesse influence le fait que le mouvement est laminaire ou turbulent, puisque la vitesse est présente dans la formule de calcul du nombre de Reynolds.

Le profil de vitesse d'un mouvement laminaire est parabolique, avec la valeur maximale sur l'axe du tuyau, où $V_{max} = 2 * V_{moyenne}$, et une vitesse qui décroît progressivement près du mur, en fait à côté du tuyau la vitesse est nulle.

D'autre part, le profil de vitesse du mouvement turbulent est plus plat que le profil parabolique. La vitesse est proche de la valeur maximale même près du tuyau, mais près de la paroi, la vitesse est nulle.

Les profils de vitesse du mouvement laminaire et du mouvement turbulent sont représentés dans l'image.



2.4.3.1 Calcul des pertes de charge distribuées

Lorsqu'un fluide s'écoule dans un système de tuyauterie, il subit une perte de charge en fonction, entre autres, de la vitesse du fluide, de la rugosité de la paroi du tuyau et de la surface interne du tuyau.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la perte de pression dans un système de tuyauterie, mais les deux plus courantes sont la méthode Darcy-Weisbach et la méthode Hazen-Williams.

La méthode Hazen-Williams est la méthode la plus couramment utilisée pour calculer la perte de charge dans les tuyaux en plastique, tandis que la méthode Darcy-Weisbach est la méthode la plus utilisée car elle s'applique aux tuyaux fabriqués dans tous les matériaux.

Méthode Darcy-Weisbach

La formule de Darcy-Weisbach est utilisée pour calculer les pertes de charge dans un tuyau et constitue l'un des piliers de la dynamique des fluides d'aujourd'hui.

Il est valable pour un écoulement laminaire et turbulent selon la valeur donnée au coefficient de frottement λ .

Elle est décrite dans l'équation suivante :

$$h = \frac{\lambda * V^2}{2 * g * Di}$$

avec :

h = perte de charge (m/m)

V = vitesse (m/s)

g = accélération gravitationnelle (m/s^2) = 9,81 m/s^2

Di = diamètre intérieur (m)

λ = coefficient de frottement tuyau (-)

λ , le coefficient de frottement, varie généralement entre 0 et 0,02 pour les polymères.

D'ailleurs, sa valeur peut également être obtenue à partir du diagramme de Moody.

Il s'agit d'un diagramme bilogarithmique utilisé pour calculer le coefficient de frottement du tube lorsque la rugosité relative et le nombre de Reynolds du fluide qui le traverse sont connus. Une fois le coefficient calculé, il suffit d'utiliser les lois connues de la mécanique des fluides pour déterminer facilement la chute de pression.

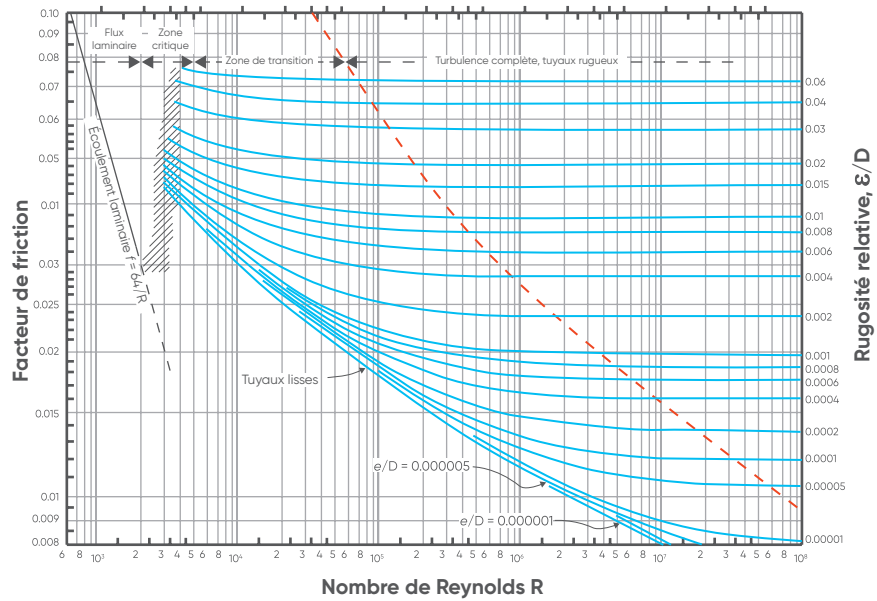
Aujourd'hui son importance est surtout didactique puisque la solution numérique est facilement implémentable sur un ordinateur, mais en son absence c'est le seul moyen viable puisqu'il n'y a pas de solution analytique générale de la corrélation.

Dans la partie gauche, le diagramme est composé d'une seule ligne droite, qui représente le facteur de friction dans le mouvement laminaire, décrit par de faibles valeurs du nombre de Reynolds.

Dans la partie droite du diagramme de Moody, il y a un faisceau de courbes : elles représentent les différentes valeurs de rugosité relative. En fonction de cette valeur, une fois que le nombre de Reynolds relatif au mouvement est connu, il est possible de connaître la valeur de λ .

Cette zone qui représente les conditions turbulentes est à son tour divisée en deux autres parties :

- La première zone, plus à gauche, dans laquelle l'écoulement a un mouvement de transition turbulent.
- la deuxième zone, plus à droite, dans laquelle les courbes ont tendance à s'organiser parallèlement à l'axe des abscisses, qui correspond à une situation de mouvement turbulent.



Si l'écoulement est laminaire ($Re < 2500$), le facteur de frottement peut être considéré comme $\lambda = \alpha (Re)$ et plus précisément :

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Si l'écoulement est turbulent ($Re > 4000$), comme c'est généralement le cas dans les tuyaux en plastique, le frottement ne dépend pas seulement du nombre de Reynolds, mais aussi du coefficient de rugosité relatif à la surface (ϵ/D_i), donc :

$$\lambda = \alpha \left(Re * \frac{\epsilon}{D_i} \right)$$

Par conséquent, pour un écoulement turbulent, le coefficient de frottement λ peut être calculé par l'équation de Colebrook et White :

$$\frac{1}{\left(\lambda^{\frac{1}{2}}\right)} = -2 \log \left(\frac{(\epsilon / D_i)}{3.71} + \frac{2.51}{\left(Re * \lambda^{\frac{1}{2}}\right)} \right)$$

avec :

λ = coefficient de frottement

ϵ = coefficient de rugosité absolu (mm)

ϵ/D_i = coefficient de rugosité relative de la surface (-)

Re = Nombre de Reynolds

De plus, d'un point de vue pratique, il peut être utile de considérer cette formule simplifiée qui ne tient pas compte de la rugosité :

$$\lambda = 0.079 * Re^{-0.25}$$

Méthode Hazen-Williams

La formule de Hazen-Williams s'applique aux écoulements turbulents et est décrite comme suit :

$$h = 10.666 * C_{hw}^{(-1.85)} * D_i^{(-4,87)} * Q^{(1.85)}$$

avec :

h = perte de charge (m/m)

Q = débit volumétrique (m^3/s)

C_{hw} = coefficient de débit (-)

D_i = diamètre intérieur (m)

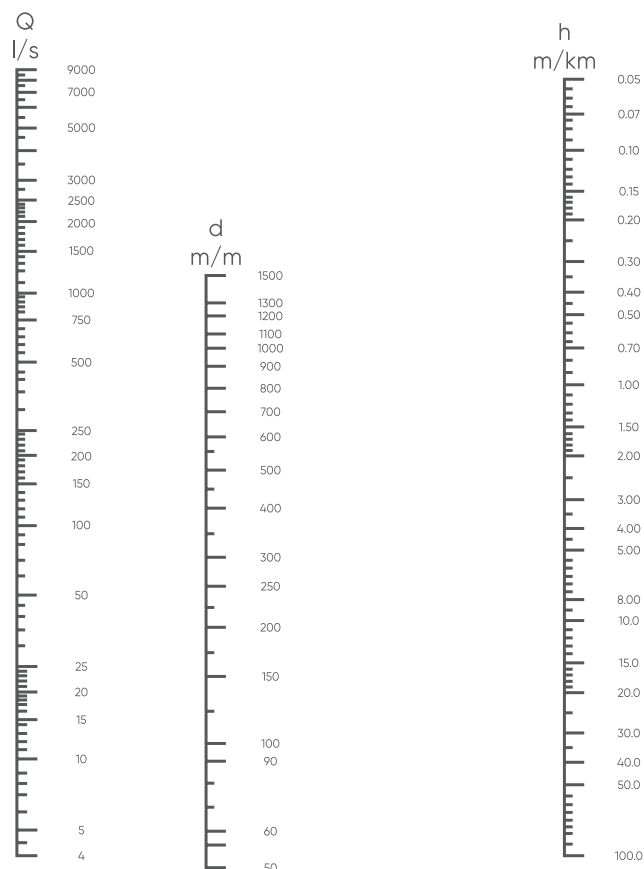
Cette corrélation n'est valable que pour le calcul des conduites d'eau et il est recommandé de l'utiliser pour des diamètres supérieurs à 50 mm.

Le coefficient de débit est fonction du matériau de construction et est obtenu à partir d'essais expérimentaux. Le tableau suivant présente les valeurs du coefficient de débit pour différents matériaux de construction.

| Type de tuyau | Valeur de C_{hw} | |
|--|--------------------|----------|
| Tuyau en fonte ou en acier avec surface intérieure lisse | 120 | Neuf |
| | 110 | à 10 ans |
| | 90 | à 20 ans |
| | 70 | à 50 ans |
| PVC-U | 145 à 160 | |
| Tuyaux PP et PE | 140 à 150 | |

Pour éviter les calculs, le nomogramme de Hazen-William est représenté avec le coefficient de débit $C_{hw} = 100$. Par conséquent, il suffit de tracer une ligne entre les deux coefficients connus pour obtenir l'inconnu.

Par exemple, en connaissant le débit et le diamètre de la conduite, il est possible d'obtenir la chute de pression.



Si C_{hw} a une valeur différente, les valeurs de débit volumétrique (Q) et de perte de charge (h) obtenues à partir du nomogramme doivent être multipliées par les coefficients constructifs relatifs M_q et M_h décrits dans le tableau.

Facteur de conversion pour C_{hw} différent de 100

| C_{hw} | M_q | M_h |
|----------|-------|-------|
| 70 | 0,70 | 1,93 |
| 90 | 0,90 | 1,22 |
| 100 | 1,00 | 1,00 |
| 110 | 1,10 | 0,84 |
| 120 | 1,20 | 0,71 |
| 130 | 1,30 | 0,62 |
| 140 | 1,40 | 0,54 |
| 150 | 1,50 | 0,47 |
| 160 | 1,60 | 0,42 |

Après tous ces calculs, on peut affirmer qu'il existe une méthode de conception rapide : comme on peut le voir dans l'équation de Hazen-William, la perte de charge est inversement proportionnelle à la cinquième puissance du diamètre intérieur.

Par conséquent, après avoir calculé la perte de charge pour un diamètre, il est possible de calculer les autres diamètres par le rapport des cinquièmes puissances. La relation suivante est utilisée :

$$h_2 = \frac{h_1 * D_1^5}{D_2^5}$$

avec

h_1 = perte de charge du diamètre connu

h_2 = perte de charge pour le nouveau diamètre

D_1 = diamètre intérieur connu (m)

D_2 = nouveau diamètre intérieur (m)

EXEMPLE PRATIQUE

Calculer la perte de charge d'un tuyau de section circulaire transportant de l'eau, de diamètre $D_i = 50$ mm et d'un débit $Q=1$ l/s. Considérer $\lambda=0.02$.

Pour calculer la perte de tête par équation Darcy-Weisbach il faut trouver la valeur de la vitesse.

$$V = \frac{Q}{A} = \left(\pi * \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \right) = 5 \text{ m/s}$$

Maintenant, en appliquant l'équation de Darcy-Weisbach, il est possible d'obtenir la perte de charge :

$$h = \frac{(\lambda * V^2)}{(2 * g * D_i)} = 0.51 \text{ m/m}$$

2.4.3.2 Calcul de la perte de charge localisée

Les pertes de charge distribuées ne sont pas les seules causes de pertes de charge dans les conduites hydrauliques, en fait, il existe également les pertes de charge dites concentrées ou localisées. Ils sont dus à des obstacles tels que des angles, des coudes, des vannes, tout ce qui peut provoquer un changement soudain de pression à l'intérieur du système.

Pour calculer toutes les pertes de charge localisées dans le système, il est possible d'additionner chacune d'entre elles :

$$\Sigma \Delta p_{localisé} = \Delta p_{RF} + \Delta p_{RV} + \Delta p_{geod} + \Delta p_{valv}$$

avec :

Δp_{RF} = perte de pression dans les raccords

Δp_{RV} = perte de pression au niveau des joints de tuyaux

Δp_{geod} = différence de pression due à l'élévation

Δp_{valv} = Perte de pression à l'intérieur d'une vanne

Perte de pression dans les raccords

Un grand nombre d'essais expérimentaux ont montré que les pertes de charge causées par les raccords sont proportionnelles à la vitesse d'écoulement élevée à un exposant constant variant entre 1,8 et 2,1.

Pour les calculs hydrauliques habituels, on peut supposer que la perte de pression due au passage d'un fluide dans un raccord est proportionnelle au carré de la vitesse moyenne, comme décrit dans le DVS 2210 :

$$\Delta p_{RF} = \frac{\xi_{RF} * \rho}{(2 * 10^5) * V^2}$$

avec :


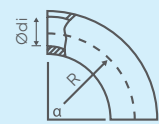
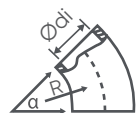
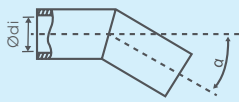
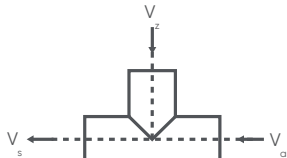
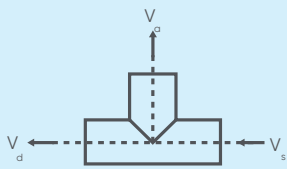
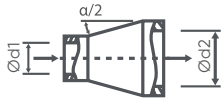
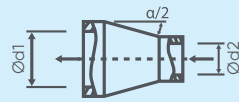
Δp_{RF} = chute de pression (bar)

ξ_{RF} = coefficient de résistance du raccord (-)

ρ = masse volumique de la substance transportée (kg/m³)

V = vitesse (m/s)

En ce qui concerne le coefficient ξ , il est caractéristique du type et de la taille des raccords les plus courants et se trouve facilement sur le DVS 2210.

| Type de raccords | Paramètre | Coefficient de résistance ξ | | | Dessin  = Sens d'écoulement |
|--|----------------------|---------------------------------|-------------------|-------|---|
| Coudes $\alpha = 90^\circ$ | $R = 1,0 \times d_a$ | 0,51 | | |  |
| | $1,5 \times d_a$ | 0,41 | | | |
| | $2,0 \times d_a$ | 0,34 | | | |
| | $4,0 \times d_a$ | 0,23 | | | |
| Angles $\alpha = 45^\circ$ | $R = 1,0 \times d_a$ | 0,34 | | |  |
| | $1,5 \times d_a$ | 0,27 | | | |
| | $2,0 \times d_a$ | 0,20 | | | |
| | $4,0 \times d_a$ | 0,15 | | | |
| Angles (coudes)* | $\alpha = 45^\circ$ | 0,30 | | |  |
| | 30° | 0,14 | | | |
| | 20° | 0,05 | | | |
| | 15° | 0,05 | | | |
| | 10° | 0,04 | | | |
| Tés (Ramification de tuyau à 90° fusion de flux) $V_s = V_a + V_z$ | $V_z/V_s = 0,0$ | $\xi_z = -1,20$ | $\xi_{cd} = 0,06$ | |  |
| | 0,2 | -0,40 | 0,20 | | |
| | 0,4 | 0,10 | 0,30 | | |
| | 0,6 | 0,50 | 0,40 | | |
| | 0,8 | 0,70 | 0,50 | | |
| Tés (Ramification de tuyau à 90° séparation de flux) $V_s = V_a + V_d$ | $V_a/V_s = 0,0$ | $\xi_z = 0,97$ | $\xi_{cd} = 0,10$ | |  |
| | 0,2 | 0,90 | -0,10 | | |
| | 0,4 | 0,90 | -0,05 | | |
| | 0,6 | 0,97 | 0,10 | | |
| | 0,8 | 1,10 | 0,20 | | |
| Réducteurs concentriques (Expansion du tuyau) ξ - valeurs pour $\lambda_R = 0,025$ | Angle α | 4...8° | 16° | 24° |  |
| | | $d_2/d_1 = 1,2$ | 0,10 | 0,15 | |
| | $1,4$ | 0,20 | 0,30 | 0,50 | |
| | $1,6$ | 0,50 | 0,80 | 1,50 | |
| | $1,8$ | 1,20 | 1,80 | 3,00 | |
| | $2,0$ | 1,90 | 3,10 | 5,30 | |
| Réducteurs concentriques (constriction du tuyau) ξ - valeurs pour $\lambda_R = 0,025$ | Angle α | 4° | 8° | 20° |  |
| | | $d_2/d_1 = 1,2$ | 0,046 | 0,023 | |
| | $1,4$ | 0,067 | 0,033 | 0,013 | |
| | $1,6$ | 0,076 | 0,038 | 0,015 | |
| | $1,8$ | 0,031 | 0,041 | 0,016 | |
| | $2,0$ | 0,034 | 0,042 | 0,017 | |

* Pour les coudes avec $\alpha=90^\circ$, il est suggéré d'envisager un coefficient de résistance $\xi=0,60$

En plus des expressions suivantes, une méthode courante d'expression des pertes de charge des raccords consiste à les relier au tuyau en termes de longueur de tuyau équivalente (L/D_i). Ce rapport L/D_i est la longueur équivalente dans les diamètres de tuyau droit qui provoque la même chute de pression que le raccord dans les mêmes conditions de débit.

Perte de pression au niveau des joints de tuyaux

Aucune donnée exacte ne peut être donnée sur les pertes de pression au niveau des joints de tuyaux car les dimensions géométriques (par exemple les cordons de soudure) ne sont pas constantes.

Il est recommandé que le calcul de la perte de charge soit basé sur un coefficient de résistance $\xi_{RV}=0,1$ pour chaque joint du système de tuyauterie plastique, tels que les soudures bout à bout et les assemblages de joints par emboîtement par fusion ainsi que pour les brides.

Sur cette base, sur DVS 2210, l'équation suivante est suggérée :

$$\Delta p_{RV} = \frac{\xi_{RV} * \rho}{(2 * 10^5) * V^2}$$

avec :

Δp_{RV} = chute de pression (bar)

ξ_{RV} = coefficient de résistance des joints (-)

ρ = masse volumique de la substance transportée (kg/m³)

V = vitesse (m/s)

De plus, afin de déterminer la perte de pression approximative au niveau des joints d'une canalisation, il suffit d'assumer une augmentation d'environ 15 % par rapport à la perte de pression des raccords Δp_{RF} .

Différence de pression due à l'élévation

Cette contribution doit être prise en compte s'il y a une différence de hauteur entre le bas et le haut de la canalisation.

$$\Delta p_{geod} = \Delta h_{geod} * \rho * 10^{(-4)}$$

avec :

Δp_{geod} = Différence de pression géodésique (bar)

Δh_{geod} = Différence d'élévation de la canalisation (m)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m³)

Perte de pression dans les vannes

Pour l'évaluation des pertes de charge causées par l'écoulement d'un liquide à travers une vanne, il est courant de se référer à un coefficient de capacité spécifique, communément appelé coefficient de débit K_v

Il est notamment possible de calculer la perte de charge à l'intérieur d'une vanne par cette équation :

$$\Delta p_{valv} = \rho \left(\frac{Q}{K_v} \right)^2$$

avec :

Δp_{valv} = chute de pression à l'intérieur d'une soupape (bar)

Q = débit (m³/h)

ρ = masse spécifique du fluide comparée à la masse spécifique d'eau à 15 °C (-)

K_v = coefficient de débit (m³/h)

K_v est le paramètre le plus important utilisé pour calculer la chute de pression dans une vanne.

C'est le débit qui s'écoule à travers une vanne à une chute de pression donnée et il peut être déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$K_v = Q * \left(\frac{\rho}{\Delta P} \right)^{\left(\frac{1}{2} \right)}$$

avec :

K_v = coefficient de débit (m³/h)

Q = débit (m³/h)

ΔP = chute de pression (bar)

ρ = masse spécifique du fluide comparée à la masse spécifique d'eau à 15 °C (-)

Par le coefficient de débit K_v , il est possible :

- de dimensionner une vanne : si la perte de charge et le coefficient d'écoulement sont connus, le diamètre de vanne le plus approprié peut être déterminé ;
- de calculer le débit à travers la vanne, en fonction de la différence de pression et du coefficient de débit ;
- de calculer la perte de charge concentrée de la vanne : une fois le débit et le coefficient de débit connus, Δp est déterminé.

Coefficient de débit nominal K_{v100}

Il est important de noter que le terme coefficient de débit nominal, indiqué par K_{v100} (l/min), fait référence au coefficient de débit maximal possible, c'est-à-dire avec la vanne complètement ouverte à une température de 20 °C avec une perte de charge $\Delta p = 1$ bar.

Elle dépend essentiellement :

- du diamètre nominal de la vanne, car des vannes plus grandes donnent des coefficients de débit plus élevés ;
- du type de vanne.

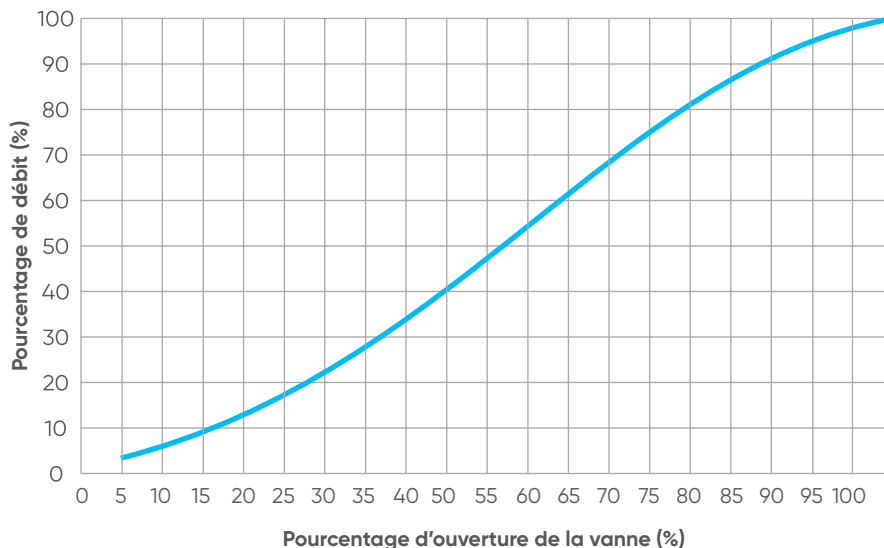
Le tableau suivant peut être utile pour comparer les valeurs K_{v100} (l/min) des vannes principales utilisées dans l'industrie (modèles VKR, VKD, DK, FK) avec des diamètres nominaux compris entre 10 et 100 mm.

| Vanne | DN | | | | | | | | | |
|-------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 |
| VKR | 83 | 88 | 135 | 256 | 478 | 592 | 1068 | - | - | - |
| VKD | 80 | 200 | 385 | 770 | 1100 | 1750 | 3400 | 5250 | 7100 | 9500 |
| DK | - | 112 | 261 | 445 | 550 | 1648 | 1087 | 1600 | - | - |
| FK | - | - | - | - | - | 1000 | 1285 | 1700 | 3550 | 5900 |

Souvent, au lieu du coefficient de débit nominal, le coefficient de débit relatif est utilisé, ce qui a évidemment une valeur inférieure.

En particulier, il est fait référence au K_v relatif lorsque l'ouverture de l'obturateur n'est pas complète, ou lorsqu'un fluide de travail autre que l'eau est utilisé (par exemple un fluide chimique, il donne des coefficients d'écoulement différents des coefficients nominaux, qui se réfèrent à l'eau).

La valeur nominale est indiquée par le fabricant qui fournit dans la fiche produit la caractéristique de réglage ou la tendance du facteur avec le diamètre nominal et l'ouverture, généralement sous forme graphique (en abscisse la course d'un piston ou la rotation de la boisseau, en ordonnée le coefficient de débit), comme on peut le voir dans l'image pour la vanne à membrane DK.



Relation entre K_v et C_v

Comme déjà décrit, la législation européenne mesure le débit volumétrique en m^3/h , la pression en bar et se réfère au coefficient de débit K_v .

En revanche, dans les pays anglo-saxons, il est fait référence à un coefficient de débit avec l'abréviation C_v , qui correspond à un débit d'eau, exprimé en GPM, à une température de $60^\circ F$ avec une chute de pression de 1 psi.

Les deux coefficients sont corrélés par la relation suivante :

$$K_v = 0,865 C_v$$

Configuration en série ou en parallèle

D'un point de vue pratique, si vous souhaitez évaluer la capacité spécifique d'un groupe de plusieurs vannes en série, chacune avec son propre K_v , la capacité totale résultante sera déductible de la relation suivante :

$$\frac{1}{(K_{vtot})} = \frac{1}{K_{v1}} + \frac{1}{K_{v2}} + \dots + \frac{1}{K_{vn}}$$

La corrélation mathématique précédente indique que la capacité spécifique totale de plusieurs éléments en série est inférieure à la plus petite caractéristique de capacité spécifique d'un élément de la série.

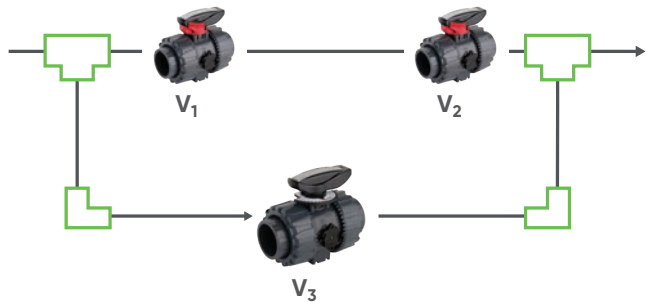
Si les vannes sont positionnées en parallèle, la capacité totale résultante sera alors déductible de la relation suivante :

$$K_{vtot} = K_{v1} + K_{v2} + \dots + K_{vn}$$

Par conséquent, la capacité spécifique totale de plusieurs éléments en parallèle est la somme arithmétique des capacités spécifiques des éléments individuels.

EXEMPLES PRATIQUES

- Calculer les capacités spécifiques totales du groupe de vannes appartenant au circuit en PVC-U, en supposant une perte de pression distribuée négligeable.
 - pour les vannes (V_1 , V_2) en série placées sur un tuyau de 32 mm ;
 - pour l'ensemble du groupe de trois vannes, où V_3 est placé sur un tuyau de 50 mm.



La perte d'énergie est liée à la présence des vannes, car elles sont nombreuses. Pour cette raison, il est suggéré de se concentrer sur les pertes de charge locales causées par les vannes.

Pour ce faire, il est nécessaire de se référer au K_{v100} de chaque vanne en fonction du diamètre nominal du tuyau, comme indiqué dans le tableau suivant.

| Nom de la vanne | Type de vanne | DN | K_{v100} (l/min) |
|-----------------|---------------|----|--------------------|
| V_1 | VKD | 32 | 1100 |
| V_2 | VKD | 32 | 1100 |
| V_3 | VKR | 50 | 1068 |

À ce stade, il est possible de calculer les chutes de pression en série ou en parallèle pour l'ensemble du circuit :

- Série :

$$\frac{1}{K_{vtot}} = \frac{1}{K_{v1}} + \frac{1}{K_{v2}} = 0,0018 \text{ min/l} \quad K_{vseries} = \frac{1}{0,0018} = 555,5 \text{ l/min}$$

- Parallèle :

$$K_{vtot} = K_{vseries} + K_{v3} = 1623,5 \text{ l/min}$$

- Compte tenu d'un débit de 13,2 m³/h et de la prévision d'une chute de pression de 0,4 bar, le K_v sera :

$$K_v = \frac{13.2}{(0.4)^{0.5}} = 20.87 \text{ m}^3/h$$

Il sera nécessaire d'identifier une vanne avec un K_v de 20,87, donc en partant de ces données de projet, il est possible d'identifier la vanne la plus appropriée sur le catalogue.

- Compte tenu d'un débit de Q = 2,2 m³ / h et d'un K_v = 2,5, quelle sera la chute de pression ?

$$\Delta P = \left(\frac{2.2}{2.5}\right)^2 = 0.77 \text{ bar}$$

2.4.4 Régulation et dimensionnement du débit des vannes

Le choix de la bonne vanne est une étape fondamentale pendant la partie conception, car chaque opération du système effectuée par les vannes installées sur la tuyauterie dépend essentiellement de leurs performances.

En général, les principaux composants d'une vanne à commande manuelle peuvent être résumés en :

- mécanisme de manœuvre : c'est le dispositif qui génère le mouvement de la tige et de l'obturateur, tel qu'une poignée, une roue ou un levier selon le type de vanne.
- obturateur : c'est le composant mobile qui modifie la section de passage du fluide jusqu'à ce qu'il la ferme ou l'ouvre complètement. Selon les différentes vannes, il peut s'agir d'une boisseau, d'un disque ou d'une membrane.
- corps de la vanne : c'est la structure principale de la vanne, dans laquelle se trouvent les passages destinés à l'écoulement du fluide.
- Joint d'étanchéité : Il peut être fabriqué à partir de différents matériaux tels que l'EPDM, le FKM, le PTFE pour résister à différents fluides.

Le choix d'une vanne est basé sur sa fonction et la manière dont elle sera actionnée dans le système. En général, les vannes sont utilisées pour effectuer au moins une des trois fonctions suivantes :

- arrêt : les vanne à boisseau sphérique et les vannes papillon sont généralement utilisées pour un fonctionnement ouvert-fermé
- régulation : les vannes à membrane, les vannes papillon ou notre vanne à boisseau sphérique de commande FIP VKR sont généralement utilisées pour réguler le débit ;
- empêcher le reflux : pour empêcher l'inversion ou le reflux, les clapets anti-retour les plus courantes sont des versions à piston, à bille, à ressort ou à disque.

Étant donné qu'il peut y avoir plus d'un choix pour une fonction particulière, le processus de sélection peut être affiné en tenant compte des exigences spécifiques du processus.

Il s'agit notamment :

- fluide d'écoulement : il est nécessaire de savoir si le fluide peut causer des problèmes aux matériaux en contact avec le fluide de la vanne en fonction de ses principales caractéristiques, telles que la corrosivité, l'abrasivité, la densité, la température, la pression et s'il s'agit d'un fluide propre ou sale ;
- la compatibilité des éléments de contrôle du fluide de la vanne avec le fluide circulant ;
- exigences en matière d'espace physique : il est nécessaire d'analyser les limites de poids et les exigences opérationnelles. Les vannes à commande manuelle offrent un choix de leviers, de pignons et d'autres poignées, selon la taille, tandis que les vannes à commande à distance peuvent être actionnées électriquement ou pneumatiquement.

Après cette introduction sur les caractéristiques de la vanne, il est possible de parler du dimensionnement.

Le dimensionnement d'une vanne dépend essentiellement de deux facteurs :

- les paramètres du processus ;
- la choix du type de vanne.

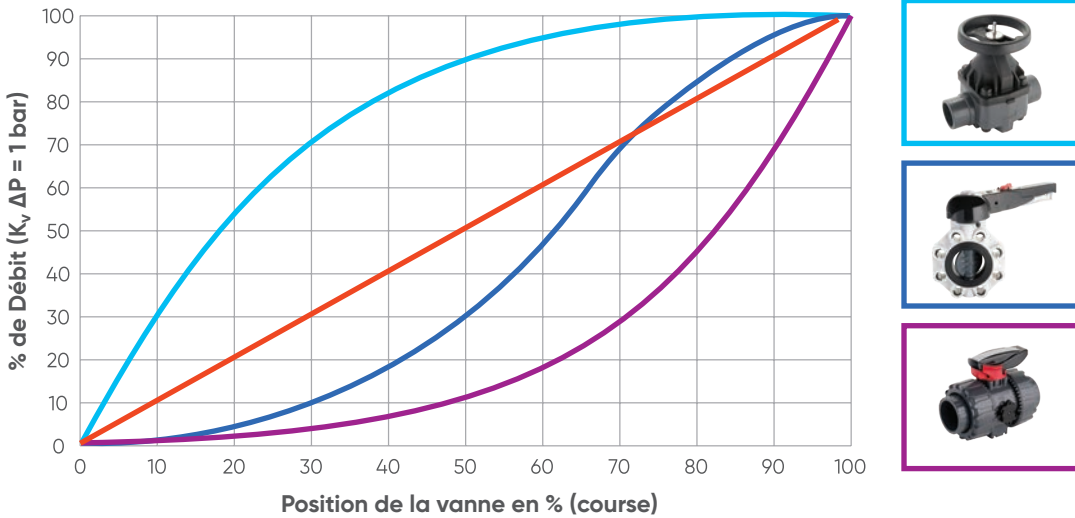
Pour les paramètres du processus, il faut prendre en compte le débit et la pression d'entrée/sortie comme décrit précédemment.

Le choix de la vanne est directement lié aux courbes caractéristiques.

Ces courbes sont différentes pour chaque type de vanne et décrivent la variation du débit en fonction de la course de l'obturateur. Ils sont obtenus en façonnant la géométrie de l'obturateur, qui peut être choisie parmi différents types : il existe des obturateurs à ouverture rapide, linéaire ou à pourcentage égal.

En particulier, comme le montre la figure ci-dessous, les vannes à membrane sont généralement caractérisées par une ouverture rapide de l'obturateur : l'augmentation du débit se produit presque exclusivement dans la première partie de l'ouverture de l'obturateur, après quoi de nouvelles augmentations de la course entraînent de faibles augmentations du débit.

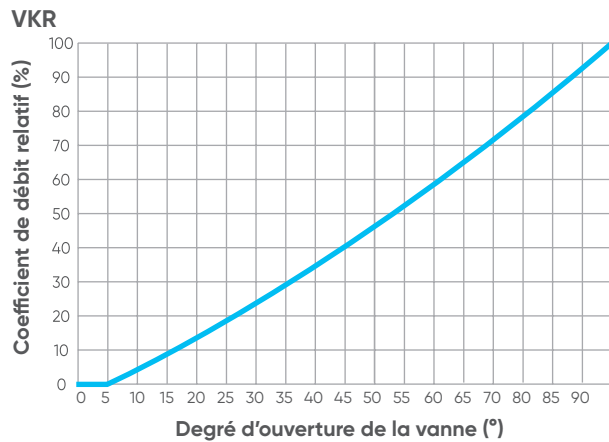
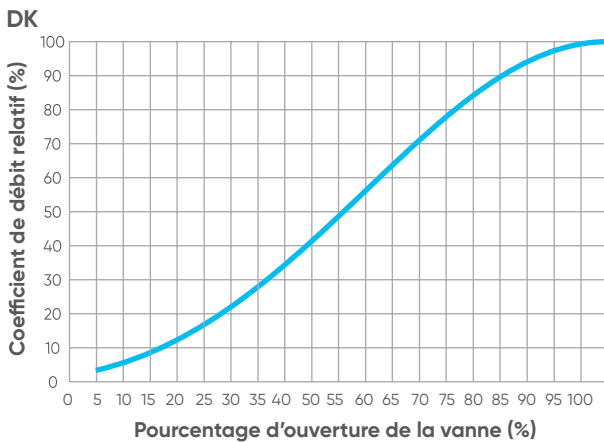
La vanne à boisseau sphérique a au contraire un pourcentage d'ouverture égal, donc avec cet obturateur, des augmentations égales de la course d'ouverture correspondent à un pourcentage constant d'augmentation du débit à la même pression différentielle : la vanne délivre la majeure partie du débit dans la dernière fraction d'ouverture.



Avec la vanne à membrane FIP DK et la vanne à boisseau sphérique de régulation FIP VKR, il est possible d'obtenir une régulation presque linéaire entre l'ouverture de la vanne et le débit.

Les vannes régulées linéaires sont essentielles lorsqu'il est nécessaire de réguler précisément le processus en maintenant des variations limitées du débit.

Les deux figures suivantes montrent les caractéristiques de la vanne à membrane FIP DK et de la vanne à boisseau sphérique VKR afin d'illustrer leur progression linéaire.



Pour connaître les courbes caractéristiques de chaque vanne, il est conseillé de consulter les catalogues de produits Aliaxis.

En plus des vannes manuelles, de nos jours, les vannes actionnées sont très courantes pour la régulation et le contrôle du débit, car elles augmentent le profit et la productivité, fournissent un contrôle plus étroit des processus critiques et aident à éliminer l'erreur humaine.

La demande de vannes électriques et pneumatiques augmente régulièrement en raison de l'augmentation des coûts de main-d'œuvre pour les vannes à commande manuelle, en particulier dans les endroits éloignés.

Les avantages opérationnels de l'utilisation d'une vanne actionnée sont que ça :

- s'adapte facilement et économiquement au contrôle modulant complet.
- permet un contrôle séquentiel automatique du fonctionnement de la vanne dans les systèmes à plusieurs étages ou mixtes qui sont difficiles ou impossibles à coordonner manuellement
- offre une variété d'options d'économie de coûts et de main-d'œuvre qui répondent plus précisément aux exigences des processus et aux environnements industriels.
- Il fournit des modes de fonctionnement à sécurité intégrée et élimine la nécessité pour les travailleurs d'actionner manuellement une vanne contenant des fluides dangereux.

Le choix des actionneurs ne doit pas être uniquement influencé par les caractéristiques ou le prix. Il convient également de tenir compte du coût de la fourniture de la force motrice, de l'installation et de l'entretien, de la durée de vie et de l'éventuel remplacement futur.

Il existe deux types de base d'actionneurs ; électrique et pneumatique. Si l'électricité et l'air sont disponibles, la première considération est le type de puissance désirée. D'autre part, les actionneurs pneumatiques sont normalement moins chers, mais, dans les plus petites tailles, le poids plus léger de l'actionneur électrique et une installation plus simple le rendent idéal pour de nombreuses applications.

Le contrôle de la vitesse des actionneurs électriques et pneumatiques doit également être pris en compte. La fermeture trop rapide d'une vanne sur un fluide en cours d'écoulement peut provoquer des coups de bélier et endommager ultérieurement la vanne et la tuyauterie associée.

La vitesse des actionneurs électriques et pneumatiques est différente, en outre certains actionneurs pneumatiques peuvent être réglés en ligne, en agissant sur la pression d'air et le débit d'air, pour obtenir le temps de cycle correct pour une application spécifique.



Cette image montre la vanne à boisseau sphérique FIP VKD avec actionneur électrique.



Cette image montre la vanne à membrane FIP DK avec actionneur pneumatique linéaire.

EXEMPLES PRATIQUES

- En connaissant les conditions de fonctionnement du processus, l'objectif est de comprendre la plage de débits qui peut être gérée par la vanne choisie.

Considérons une vanne VKR DN 50, dans laquelle l'eau s'écoule, ayant une pression d'entrée de 6 bars et une pression de sortie de 3 bars.

En se référant au tableau des catalogues, il est possible pour chaque DN d'obtenir la valeur de K_{V100} , c'est-à-dire le débit en l/min qui génère une chute de pression de 1 bar avec la vanne complètement ouverte.

| DN | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
|--------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| K_{V100} (l/min) | 83 | 88 | 135 | 256 | 478 | 592 | 1068 |

Dans ce cas, pour un DN 50, on obtient un $K_{V100}=1068$ l/min.

Sachant que $P_{inlet} = 6$ bars et $P_{outlet} = 3$ bars, il est possible de calculer $\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet} = 3$ bars.

À partir de la valeur de K_{V100} et de la perte de charge, il est possible de calculer le débit à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{fullyopen} = K_{V100} * \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

Sinon, pour éviter ce calcul, vous pouvez utiliser l'outil de calcul sur le site Web d'Aliaxis.

En effectuant les calculs, il en résulte : $Q_{fullyopen} = 1849,8$ l / min, correspondant à $110,9$ m³/ h.

Il est essentiel de rappeler que ce débit peut être obtenu avec une vanne VKR DN50 complètement ouverte.

Afin d'analyser la variation du débit en fonction du degré d'ouverture de la vanne, il est conseillé de considérer le graphique suivant, où l'axe horizontal représente les degrés d'ouverture de la vanne, tandis que l'axe vertical le coefficient de débit relatif ($K_{V\%}$).

Par exemple, en supposant d'ouvrir la vanne de 60 degrés, nous avons un K_v % de 60 %, obtenant le débit suivant :

$$Q_{final} = K_{v\%} * Q_{fullyopen} = 0,60 * 110,9 = 66,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

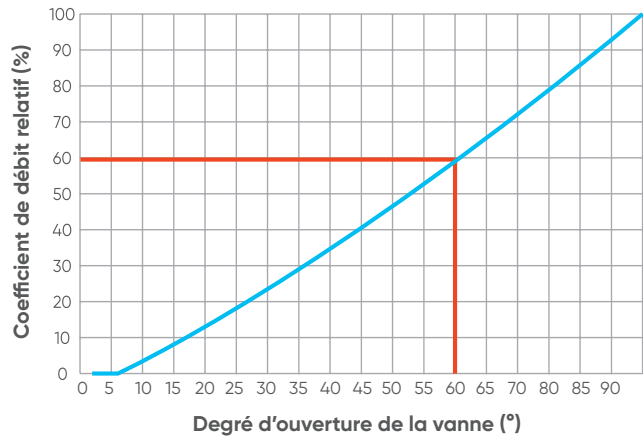
Cette vanne peut donc être recommandée pour gérer un débit entre 20° et 80° d'ouverture, car il est important de se rappeler que pour obtenir une régulation optimale, il est conseillé de dimensionner les vannes afin de maintenir le débit désiré dans la zone centrale des courbes de régulation.

Par exemple, pour 20 degrés, nous avons un $K_{v\%}$ de 13% :

$$Q_{final} = K_{v\%} * Q_{fullyopen} = 0,13 * 110,9 = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Pour 80 degrés, nous avons un $K_{v\%}$ de 87% :

$$Q_{final} = K_{v\%} * Q_{fullyopen} = 0,87 * 110,9 = 96,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$



- En connaissant le débit et la perte de charge, l'objectif est de comprendre quelle taille et quel degré d'ouverture la vanne doit avoir pour gérer cette quantité de volume.

Considérons un débit d'entrée $Q=300$ l/min et une vanne VKR avec une pression d'entrée de 6 bar et une pression de sortie de 3 bar.

Sachant que $P_{inlet} = 6$ bars et $P_{outlet} = 3$ bars, il est possible de calculer $\Delta P = P_{inlet} - P_{outlet} = 3$ bars.

A ce stade, le fluide transporté étant de l'eau, il est possible de calculer le K_{v100} , le débit en l/min qui génère une chute de pression de 1 bar avec vanne totalement ouverte, selon la formule suivante :

$$K_{v100} = Q * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}}$$

$K_{v100} = 173.20$ l/min est obtenue.

Sinon, pour éviter ce calcul, vous pouvez utiliser l'outil de calcul sur le site Web d'Aliaxis.

En se référant au tableau dans les catalogues, il est possible d'identifier le DN en fonction du K_{v100} calculé.

Il est évidemment toujours nécessaire de choisir un DN ayant le K_{v100} supérieur à celui calculé afin d'être situé au centre de la courbe de régulation.

Par exemple, dans ce cas, ayant un $K_{v100} = 173,20$ l/min, il est recommandé d'utiliser au moins un DN25.

Comme le montre le tableau, DN25 correspond à un $K_{v100} = 256$ l/min.

| DN | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
|---------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|------|
| K_{v100} en l/min | 83 | 88 | 135 | 256 | 478 | 592 | 1068 |

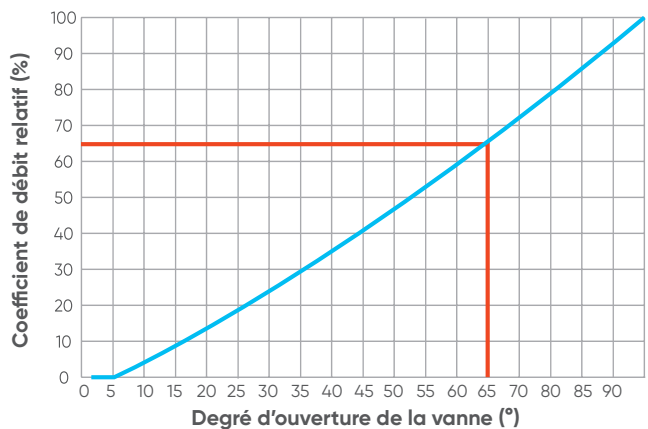
L'étape suivante consiste à trouver la valeur $K_{v\%}$ en faisant simplement le rapport entre le K_{v100} calculé et celui correspondant à DN 25.

$$K_{v\%} = 173,20/256 = 0,676 = 67,6 \%$$

À ce stade, il est possible de trouver le degré d'ouverture de la vanne correspondant au pourcentage de $K_v = 67,6 \%$ via le graphique suivant, qui montre le degré d'ouverture de la vanne sur l'axe horizontal et le coefficient de débit relatif ($K_{v\%}$) sur l'axe vertical.

En croisant la courbe pour un $K_{v\%} = 67,6\%$, on obtient un degré d'ouverture de la vanne à environ 65°.

Il est important de noter que ces valeurs sont situées dans la zone centrale de la courbe de régulation, ce qui vous permet d'avoir une marge pour augmenter ou diminuer le débit.



2.4.5 Écarts de pression

2.4.5.1 Coup de bélier

Le coup de bélier est le terme hydraulique utilisé pour décrire l'augmentation momentanée de la pression dans une canalisation lorsque le débit est arrêté ou démarré rapidement. En effet, lorsqu'une manipulation rapide est effectuée pour diminuer ou augmenter le débit d'un liquide, une perturbation est générée sous la forme d'une onde de pression qui, se propageant le long de la canalisation, sollicite dynamiquement les parois de celui-ci jusqu'à son amortissement progressif.

Il faut également dire que les coups de bélier ne sont pas seulement un problème de système, mais aussi un problème de sécurité, car en plus des cas courants de rupture et d'interruption des canalisations, ils ont également provoqué des événements catastrophiques.

Les causes les plus fréquentes du phénomène, qui peuvent causer des dommages importants aux joints, aux vannes, aux équipements de mesure et aux pompes, sont généralement dues à :

- fermeture rapide des vannes d'interception ;
- interruption brutale de l'alimentation électrique des lignes ;
- début de pompage.

1 Vanne fermée – eau calme



2 Vanne ouverte – eau en mouvement



3 Vanne fermée brutalement –
COUP DE BELIER



La figure montre une représentation graphique du coup de bélier causé par la fermeture soudaine d'une vanne et la formation subséquente d'une onde de pression qui se propage dans la canalisation.

Par conséquent, pour minimiser la possibilité de dommages dus aux chocs hydrauliques, une conception appropriée doit être bien pensée. Les suggestions suivantes peuvent vous aider à éviter les problèmes :

- dans tout système de tuyauterie, y compris thermoplastique, une vitesse de liquide ne dépassant pas 1,5 m/s atténuera les effets de choc hydraulique, même avec des vannes à fermeture rapide ;
- l'utilisation de vannes actionnées avec un temps de fermeture spécifique réduira la possibilité d'ouverture ou de fermeture accidentelle d'une vanne trop rapidement ;
- Évaluez le débit pendant le démarrage et la décélération de la pompe et déterminez la quantité d'air éventuellement introduit pendant le démarrage de la pompe ;
- si possible, lors du démarrage d'une pompe, fermez partiellement la vanne dans la conduite de décharge pour minimiser le volume de liquide qui est rapidement accéléré dans le système. Une fois que la pompe est à la vitesse et que la conduite est complètement pleine, la vanne peut être ouverte ;
- utilisez judicieusement des dispositifs de compensation de surpression et des chandeliers pour stocker le débit en cas de coup de bélier et minimiser la déchirure de la colonne d'eau. Les clapets anti-retour peuvent être utilisés près des pompes pour maintenir les conduites remplies ;
- utilisez des soupapes de surpression correctement dimensionnées pour contrôler la quantité d'air entrant ou sortant du système.

Pour évaluer les effets des coups de bélier, un modèle mathématique basé sur la théorie de la propagation de l'onde sonore dans un milieu liquide est utilisé, en tenant compte à la fois des propriétés mécaniques du tuyau et des propriétés physiques du liquide en mouvement.

En effet, comme le montre la formule suivante, la vitesse de l'onde de pression provoquée par un arrêt instantané du débit est fonction du module d'élasticité à la fois du fluide et du matériau de la canalisation et du rapport entre épaisseur et diamètre intérieur.

$$V_{pw} = \left(\frac{K}{\left(\rho * \left(1 + \frac{K + Di}{t * E} \right) \right)} \right)^{\left(\frac{1}{2} \right)}$$

avec :

V_{pw} = vitesse de l'onde de pression (m/s)

K = module d'élasticité du fluide (Pa)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m³)

E = module d'élasticité du paroi du tuyau (Pa)

Di = diamètre intérieur (mm)

T = épaisseur de paroi (mm)

Maintenant que la vitesse de l'onde de pression est connue, il est nécessaire de comprendre si le système est capable de résister à un éventuel coup de bélier.

La variation de pression maximale qui pourrait frapper le système avec un V_{pw} précis est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta p = V_{pw} * (V_1 - V_2) * \frac{\rho}{1000}$$

avec :

Δp = variation de pression maximal (bar)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m³)

V_{pw} = vitesse de l'onde de pression (m/s)

V_1 = vitesse du fluide avant le changement (m/s)

V_2 = vitesse du fluide après le changement (m/s)

Par conséquent, les pressions maximale et minimale à l'intérieur du système sont calculées :

$$p_{max} = p + \Delta p$$

$$p_{min} = p - \Delta p$$

avec :

p_{max} = pression maximal (bar)

p_{min} = pression minimale (bar)

p = pression de service attendue (bar)

Δp = variation de pression après le coup de bélier (bar)

Il est important de souligner que pour un fluide donné, différents matériaux de construction entraînent des augmentations de pression différentes : en maintenant la valeur SDR constante, les matériaux thermoplastiques, caractérisés par un faible module d'élasticité, provoquent des augmentations de pression plus faibles par rapport aux matériaux de construction traditionnels, comme on peut le voir dans le tableau.

| | PVC-U | PP | Fonte | Acier au carbone |
|------------------------------|-------|-----|-------|------------------|
| DN (mm) | 100 | 100 | 60 | 100 |
| Di (mm) | 93,6 | 90 | 48 | 94,3 |
| D_p (m.c.a) | 73 | 57 | 201 | 207 |

En connaissant la pression maximale que le système peut atteindre, il est suggéré de calculer le facteur de sécurité maximal (C_{max}) et de le comparer avec le facteur de sécurité minimum (C_{min}) de chaque matériau décrit dans les chapitres précédents.

La formule suivante est l'inverse de celle utilisée pour calculer la pression à l'intérieur d'un système, par conséquent :

$$C_{max} = \frac{(20 * \sigma)}{(p_{max} * (SDR - 1))}$$

avec :

C_{max} = facteur de sécurité maximal

σ = contrainte circonférentielle (N/mm²)

p_{max} = pression maximale (bar)

SDR = rapport dimensionnel standardisé (-)

En particulier, en ce qui concerne le facteur C , dans le cas d'un coup de bélier peu fréquent, les facteurs minimaux de sécurité de chaque matériau peuvent être appliqués comme mentionné ci-dessus, mais si le phénomène se produit périodiquement C_{max} doit être comparé à $C_{min} = 3$.

La canalisation est adaptée aux coups de bélier peu fréquents si la C_{max} calculée est supérieure à C_{min} .

De plus, si la C_{max} est également supérieure à $C_{min} = 3$, elle peut également convenir à des coups de bélier périodiques.

Si le facteur de sécurité C ne correspond à aucun de ces critères de sécurité, il est nécessaire d'agir sur le dimensionnement du système.

Le temps de perturbation est fondamental dans le calcul du coup de bélier, en effet la surpression maximale se développe lorsque le temps d'arrêt du mouvement, par exemple la fermeture d'une vanne, est inférieur ou égal au temps de propagation de la perturbation (t_c), qui peut être évalué selon la relation suivante :

$$t_c = \frac{(2 * L)}{V_{pw}}$$

avec :

t_c = temps de propagation de la perturbation (s)

L = longueur du tuyau (m)

V_{pw} = vitesse de l'onde de pression (m/s)

Les temps de fermeture des dispositifs mécaniques où t est $\leq t_c$ sont appelés « manœuvres brusques » et entraînent des coups de bélier dans la canalisation avec surpression à intensité maximale.

Au contraire, un temps de fermeture $t > t_c$ est défini comme une « manœuvre lente » et provoque un phénomène de coup de bélier avec une surpression mineure, voire négligeable.

Pour conclure, si toutes les variables présentes dans les formules précédentes ne sont pas disponibles, de manière pratique la formule suivante peut être utilisée pour calculer immédiatement la surpression due aux coups de bélier :

$$\Delta p = \frac{2 * V * L}{g * t_c} * 0.1$$

avec :

Δp = variation de pression maximal (bar)

V = vitesse de l'eau au début de la fermeture (m/s)

L = longueur du tuyau (m)

g = accélération gravitationnelle (= 9,81 m/s²)

t_c = temps de propagation de la perturbation (s)

La pression maximale peut donc être calculée comme suit :

$$p_{max} = p_i + \Delta p = p_i + \frac{2 * V * L}{g * t_c} * 0.1$$

avec :

p_{max} = pression maximale (bar)

p_i = pression d'entrée (bar)

Δp = variation de pression maximal (bar)

V = vitesse de l'eau au début de la fermeture (m/s)

L = longueur du tuyau (m)

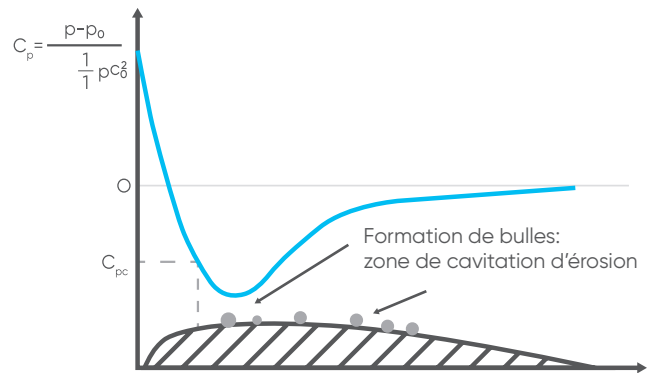
g = accélération gravitationnelle (= 9,81 m/s²)

t_c = temps de propagation de la perturbation (s)

2.4.5.2 Cavitation

La cavitation tire son nom de la présence de cavités macroscopiques dans un liquide incompressible en mouvement.

Le phénomène de cavitation se produit dans le liquide lorsque, pour des raisons dynamiques, la pression locale tombe en dessous de la valeur correspondante de la pression de vapeur du liquide et des gaz qui y sont dissous, par conséquent le liquide s'évapore et des bulles de vapeur et de gaz se forment.



Tout ceci est aggravé par le fait que l'air dissous dans l'eau est particulièrement riche en oxygène et donc avec une forte puissance oxydante et une virulence exceptionnelle à attaquer les surfaces exposées à son action.

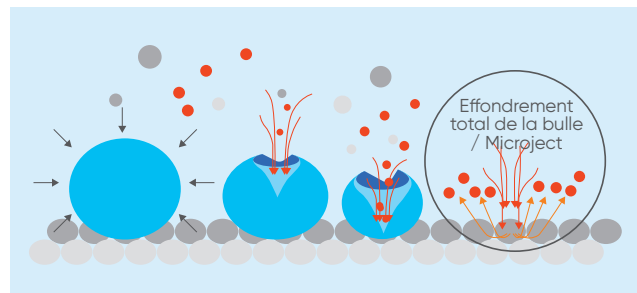
La formation de cavités devient plus intense au fur et à mesure que la pression est abaissée, laissant ainsi une section de plus en plus réduite utile pour le passage du liquide. En outre, la vitesse du liquide augmente et cela entraîne une diminution supplémentaire de la pression, favorisant ainsi l'intensification du phénomène qui en est l'origine, on peut donc dire que la cavitation est auto-élevatrice.

En général, la cavitation peut se développer pour deux raisons différentes :

- le profil d'un solide immergé dans le courant produit une baisse de pression ;
- une baisse de pression due à une interruption soudaine et à la formation violente de bulles qui en résulte.

Les noyaux gazeux qui traversent la zone basse pression prennent des dimensions plus importantes et les bulles, entraînées par le courant, atteignent les zones de pression supérieure où elles se contractent : l'effet de la pression externe supérieure se traduit par une convergence des parois des bulles vers le centre et donc la bulle implose.

Ce mouvement de contraction rapide peut libérer une énergie élevée sous la forme d'une onde de choc ou d'une énergie cinétique du liquide, donc dans le cas où le phénomène se développe près d'un mur, un effet d'érosion s'ensuit qui peut atteindre des niveaux impressionnants.



La cavitation peut donc se produire, par exemple, aux extrémités des aubes des turbines hydrauliques ou des pompes, ou dans un tuyau à constriction, dans lequel, selon le théorème de Bernoulli, une augmentation de la vitesse s'accompagne d'une diminution de la pression.

Dans ce cas, le phénomène de cavitation peut provoquer de nombreuses vibrations et chocs, qui soumettent les parois à des contraintes de fatigue intenses et provoquent la corrosion ou la déformation du matériau.

De toute façon, en général il faut noter que la corrosion présente sur un matériau plastique est très différente de celle qui apparaît sur un matériau métallique.

La principale différence est due à la surface des produits : les métaux, ayant une surface irrégulière et rugueuse, retiennent plus facilement la contamination externe et augmentent par conséquent le risque de corrosion du produit.

La corrosion par piqûres est un exemple de corrosion localisée qui se produit facilement dans le métal. Elle consiste en la formation de zones anodiques locales qui conduisent à des cavités très profondes qui pénètrent dans le matériau de forme conique ou forment de très grandes cavernes.

D'autre part, la surface des matériaux thermoplastiques, qui est très lisse et ne présente pas de cavités dans lesquelles une corrosion localisée peut se produire, ne favorise pas des phénomènes similaires. Les polymères qui sont soumis à des contraintes dans un environnement chimique forment des espaces de fluage à la surface et les fissures se propagent par conséquent à l'intérieur du matériau.

Le processus de dégradation du plastique consiste donc principalement en un changement des propriétés, telles que la résistance à la traction ou la couleur et la forme, suite à l'influence d'un ou plusieurs facteurs environnementaux tels que la chaleur, la lumière, le sel, les acides ou les produits chimiques alcalins.

En effet, la cavitation est également un phénomène répandu dans les vannes du fait que celles-ci introduisent des goulots d'étranglement plus ou moins marqués à l'intérieur des systèmes en fonction de la position de l'obturateur. Au fur et à mesure que le fluide traverse la constriction, la vitesse augmente, tandis que la pression diminue.

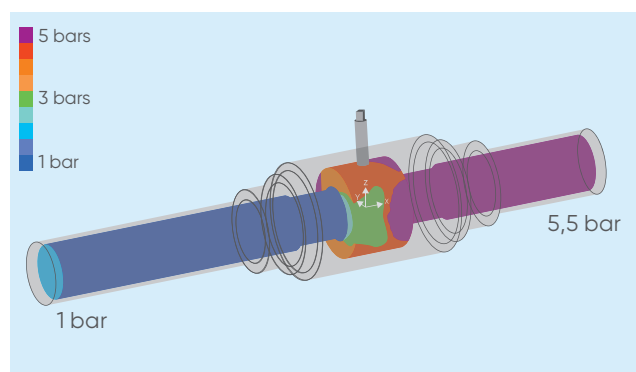
Si, au point de section minimum, la pression devient inférieure à la pression de vapeur, il y a formation de bulles et donc une éventuelle érosion à la fois de l'obturateur et du siège. De plus, comme il y a une grande quantité de bulles, le débit n'augmente pas et une sorte de colmatage se crée.

Après ce point, la vitesse diminue tandis que la section et la pression augmentent.

Comme décrit ci-dessus, si la pression augmente suffisamment pour dépasser la pression de vapeur, les bulles implosent. Si, en revanche, la pression de sortie reste inférieure à la pression de vapeur, le mélange liquide/vapeur reste présent même en aval de la vanne.

En règle générale, les vannes soumises à la cavitation sont caractérisées par une surface très irrégulière, rugueuse et piquée.

Sur l'image, il est possible de voir la différence de pression à l'intérieur d'une vanne dans des conditions simulées spécifiques qui peuvent générer des phénomènes de cavitation (vitesse de débit élevée et ouverture limitée de la vanne).



Pour éviter que ce phénomène ne se produise, il est nécessaire de procéder à une planification minutieuse du système, en tenant compte de plusieurs facteurs :

- la pression de vapeur du fluide du processus : de cette façon, on choisit une vanne dans laquelle la pression, même dans la section minimale, est supérieure à la pression de vapeur ;
- la position de la vanne : plus la vanne est en amont, plus le risque que la pression chute en dessous de la pression de vapeur est faible ;
- fuites lorsque la vanne est fermée : il est nécessaire d'éviter les fuites lorsque la vanne est fermée, car dans ce cas, le liquide passe rapidement d'une plage haute pression à une plage basse pression, ce qui peut provoquer une cavitation ;
- débit et matière : les problèmes de cavitation augmentent avec la quantité de débit et les dommages sur la vanne dépendent de la résistance de la matière.

Si vous avez besoin d'aide ou d'une évaluation, veuillez contacter vos représentants commerciaux Aliaxis.

2.5 Sélection et caractéristiques de vannes

Les vannes ont pour fonction d'intercepter ou de réguler le débit des fluides dans les tuyaux, comme décrit dans le chapitre précédent.

Ces dispositifs sont faits de différents matériaux plastiques et sont réalisés dans plusieurs modèles en fonction du type d'applications dans lesquelles ils sont utilisés, il est donc extrêmement important de choisir celui qui convient le mieux en fonction des caractéristiques de fonctionnement.

Dans ce chapitre, nous essayons de vous aider à choisir la bonne vanne en fonction du type de fluide, des contraintes mécaniques qui peuvent se produire dans le système (telles que les vibrations et la dilatation thermique), des exigences de sécurité, ou selon que vous avez besoin d'une installation simple ou d'un contrôle très précis.

2.5.1 Caractéristiques des fluides

Les caractéristiques et l'état du fluide de processus doivent être soigneusement définis pour sélectionner le bon type de vannes, en effet les fluides propres permettent généralement un large choix de types de vannes, tandis que pour les fluides sales, le choix est limité.

En particulier, les fluides propres sont des fluides exempts de solides ou de contaminants, tels que l'air, l'azote et d'autres gaz produits industriellement, l'eau potable et déminéralisée, la vapeur, l'huile de lubrification, le gazole, le méthanol et la plupart des produits chimiques de dosage et d'injection. Ces fluides endommagent généralement moins les vannes, ce qui se traduit par des performances et une fiabilité à long terme.

Les fluides sales sont appelés solides en suspension, ce qui peut sérieusement affecter les performances des vannes si le bon type n'est pas choisi. Ils peuvent également être classés comme généralement abrasifs ou sablonneux.

Le terme abrasif fait référence à la présence de particules abrasives dans les systèmes de tuyauterie, telles que la rouille des tuyaux, le tartre, les scories de soudage, le sable, les particules de catalyseur et les gravillons.

Les conditions abrasives sont généralement rencontrées lors des opérations de construction, de rinçage et de dégagement de la ligne.

L'exploitation sablonneuse fait référence à des conditions abrasives et érosives sévères qui se produisent dans la production de pétrole et de gaz lorsque le sable de formation est emporté loin du puits.

Une forte érosion des garnitures et des corps des vannes peut se produire si la chute de pression et la vitesse sont élevées.

À ce stade, il convient de rappeler que les robinets à boisseau sphérique ne sont recommandés que pour les fluides propres, alors qu'ils ne conviennent pas pour les fluides sales.

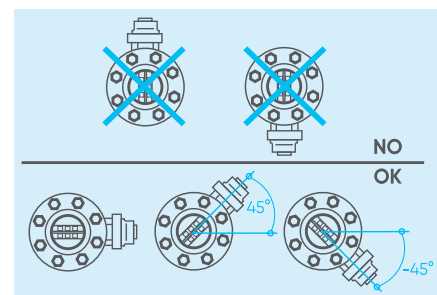
D'autre part, pour gérer des fluides corrosifs, érosifs et sales, les vannes à membrane sont idéales.

Différents types de membranes en EPDM, FKM ou PTFE peuvent être équipés en fonction des applications finales, telles que le traitement des boues par les usines chimiques, les fluides visqueux ou chimiquement agressifs.

De toute évidence, ces vannes ont des composants consommables soumis à l'usure et à la fatigue, de sorte qu'une maintenance peut être nécessaire si une utilisation régulière est nécessaire.

Les vannes papillon peuvent être utilisées pour transporter à la fois des fluides propres et sales en fonction de différentes positions de la vanne, par exemple :

- pour acheminer des fluides propres, la soupape peut être positionnée avec la tige perpendiculaire au plan de support de la canalisation sans aucun risque ;
- pour transporter des fluides sales ou contenant des sédiments, il est suggéré de positionner la vanne avec la tige parallèle au plan de support du tuyau pour éviter l'accumulation de sédiments à la base de la position du disque ou avec la tige inclinée à un angle de 45°, comme indiqué sur l'image suivante.



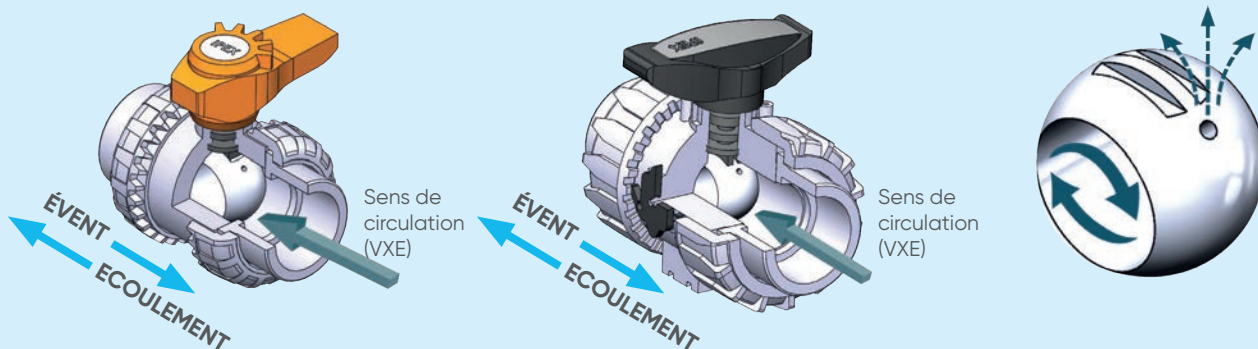
De plus, pour limiter le passage des particules solides présentes dans le fluide, il est conseillé d'utiliser un collecteur d'impureté FIP RV : à l'intérieur il y a un filtre facilement démontable afin de faciliter le nettoyage ou le remplacement.



Pour certaines applications de fluides volatils, telles que l'hypochlorite de sodium ou le peroxyde d'hydrogène, les robinets à boisseau sphérique peuvent être équipés d'un trou d'aération qui est simplement conçu comme un évidement sur le côté du boisseau.

Quand une vanne à boisseau sphérique est fermée, le fluide est piégé dans la cavité de la sphère, mais si la vanne n'est pas souvent utilisée, ce fluide piégé commence à vieillir et il peut commencer à se décomposer. Ce phénomène est accéléré dans le cas où la vanne est exposée à des sources de chaleur.

Par exemple, lorsque l'hypochlorite de sodium se décompose, il commence à émettre du gaz avec l'expansion de volume connectée : cela peut créer une pression dans la cavité du boisseau qui peut entraîner une défaillance de la valve ou une explosion.



Dans cette situation dangereuse, lorsque la vanne est en position fermée, le fluide qui aurait été piégé peut s'écouler librement à l'intérieur et à l'extérieur par le trou d'aération, comme on peut le voir sur l'image.

Pour obtenir ce type de fonctionnalité dans votre vanne, veuillez contacter vos représentants commerciaux Aliaxis.

2.5.2 Contraintes mécaniques et vibrations

Lors du choix d'une vanne, il est toujours nécessaire de prendre en compte les problèmes mécaniques courants qui peuvent survenir dans les systèmes, tels que la contrainte, l'expansion thermique, les vibrations, qui affectent le bon fonctionnement des vannes elles-mêmes.

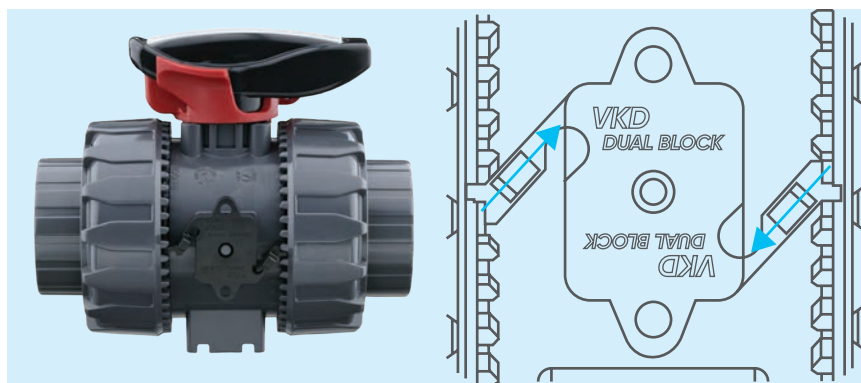
Afin de minimiser et de résoudre ces problèmes, FIP a conçu plusieurs systèmes et caractéristiques spéciales dont nos vannes sont équipées.

Les principales sont décrites ci-dessous.

Système DUAL BLOCK®



DUAL BLOCK® est un système breveté développé par FIP qui vous permet de verrouiller les écrous-raccords des vannes à boisseau sphérique « union » dans une position prédéfinie.



Le dispositif de blocage permet uniquement la rotation de l'écrou dans le sens des aiguilles d'une montre lors de l'installation et empêche la rotation dans le sens inverse.

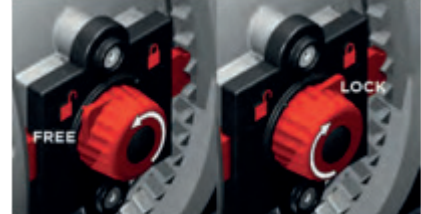
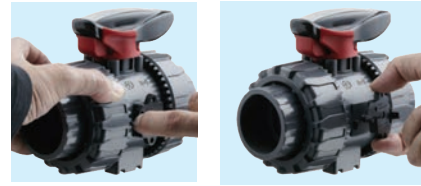
Une fois la vanne installée et les écrous serrés, le système DUAL BLOCK® empêche le desserrage involontaire de ces écrous : la vanne FIP VKD est particulièrement adaptée aux conditions de travail difficiles où les vibrations, les fluctuations de pression ou la dilatation thermique peuvent affecter les performances des véritables vannes « union » ordinaires.

Le système DUAL BLOCK® permet l'installation de véritables vannes « union » en plastique dans les usines chimiques et les conduites de transport de fluides dangereux, combinant la flexibilité et le montage simple d'une vanne « union » avec la sécurité intrinsèque d'une vanne à bride robuste d'une seule pièce.

Pour les tuyaux de diamètre nominal inférieur à 63 mm, le démontage de la vanne de la canalisation est simple, il suffit de désengager le système DUAL BLOCK®, de le retirer et de desserrer les écrous en les tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Lorsque le diamètre nominal est compris entre 65 et 100 mm, comme le montre l'image suivante, en tournant le bouton vers la gauche et en orientant la flèche sur le cadenas ouvert, le DUAL BLOCK® est mis en position de déverrouillage : les écrous de la vanne sont libres de tourner dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse.

En tournant le bouton vers la droite et en orientant la flèche sur le cadenas fermé, le DUAL BLOCK® est placé en position verrouillée : les écrous de la vanne sont verrouillés en position fixe.



Système DIALOCK®

Le système DIALOCK® se compose d'un volant de commande innovant équipé d'un mécanisme de verrouillage breveté, immédiat et ergonomique, qui vous permet de verrouiller toute position de réglage atteinte.

Le volant et le couvercle sont fabriqués en PP-GR à haute résistance mécanique et chimique : cela garantit une protection totale et l'isolation de toutes les pièces métalliques internes du contact avec des agents externes.



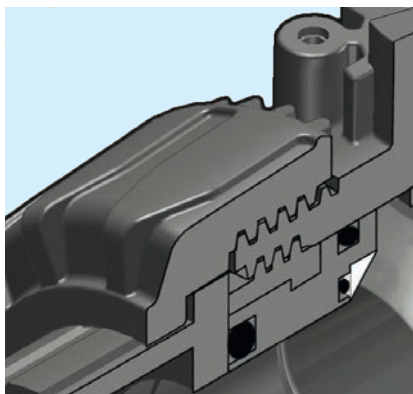
En levant simplement le volant une fois que la position désirée est atteinte, la poignée est bloquée, comme illustré sur l'image de la vanne à membrane FIP DK.



Pour déverrouiller, il suffit d'appuyer sur le volant.

Système SEAT STOP®

Les vannes FIP VKD et TKD utilisent le système breveté SEAT STOP®.



Le support de siège du boisseau est fabriqué en deux pièces, une pièce fileté externe pour l'assemblage et une pièce interne où se trouvent les joints.

Ce porte-siège permet d'effectuer de petits micro-ajustements sur le support de la vanne.



Étant donné qu'il n'est pas possible de desserrer accidentellement le support du boisseau, le retrait radial du corps de la vanne peut être effectué en toute sécurité.



Le support du boisseau ne peut être retiré que par l'outil spécial situé dans la poignée.

Tige en acier inoxydable 316

Les vannes papillon FIP FK, comme le montre l'image suivante, sont caractérisées par la tige en acier inoxydable AISI 316.

Dans cette vanne, la tige est complètement isolée du fluide, de sorte que l'acier inoxydable n'entre pas en contact avec le fluide.

Les principaux avantages de l'utilisation de l'acier inoxydable dans la tige par rapport aux autres matériaux consistent en une meilleure performance mécanique.



2.5.3 Sécurité

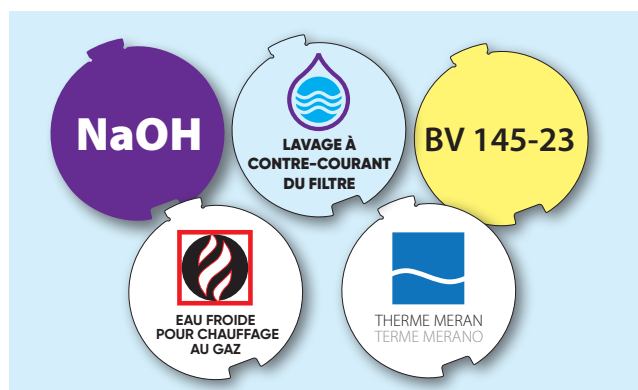
Pour éviter les problèmes de sécurité au sein d'une installation, en particulier lors de l'utilisation de fluides dangereux, il est conseillé d'utiliser des systèmes d'étiquetage ou des vannes qui ont la possibilité d'identifier le fluide de processus ou les conditions de fonctionnement.

Les principales caractéristiques pour lesquelles une vanne peut être choisie pour contrer les problèmes de sécurité sont les suivantes.

Système d'étiquetage

Il est souvent nécessaire de personnaliser une vanne en l'étiquetant ou en la taguant : ce système permet de créer des étiquettes spéciales à insérer dans la poignée.

Cela permet d'identifier facilement la vanne sur le système en fonction des besoins spécifiques, par exemple la fonction de la vanne dans l'installation ou le fluide véhiculé pour des raisons de sécurité, mais aussi des informations spécifiques pour le service à la clientèle, telles que le nom du client ou la date et le lieu d'installation.



Le module LCE spécifique est composé d'un capuchon transparent rigide en PVC-U résistant à l'eau, représenté sur l'image par la lettre **A**, et d'un porte-étiquette blanc du même matériau, représenté par la lettre **B**.

Le porte-étiquette peut être facilement retiré pour être utilisé pour l'auto-étiquetage sur son côté vierge.

Le module LCE EASY FIT® est disponible pour les modèles de vannes à boisseau sphérique FIP VEE, VXE, SXE, pour les modèles de vannes papillon FIP FE, FK et pour les vannes à boisseau sphérique FIP VKD DUAL BLOCK® à grand diamètre.



La vanne à membrane FIP DK est équipée d'une plaque de personnalisation qui peut être personnalisée en fonction des besoins spécifiques.



Le corps de la vanne est configuré pour l'installation d'une étiquette d'identification.

Double joint torique sur la tige

Nos vannes à boisseau sphérique industriels, par exemple VKD, VXE et VKR, se caractérisent par une tige à haut état de surface avec double joint torique et double clé de connexion au boisseau (uniquement pour VKD et VKR). Le double joint torique est fabriqué en EPDM ou FKM.

Le joint FKM est réputé pour sa résistance aux hautes températures, tandis que le joint EPDM pour ses hautes performances en matière d'étanchéité hydraulique.

Système DUAL BLOCK®

Étant donné que ce système ne permet que la rotation de l'écrou dans le sens des aiguilles d'une montre lors de l'installation et empêche la rotation dans le sens inverse, il pourrait être utile lorsque des fluides dangereux sont traités pour éviter d'éventuelles pertes.

Pour plus d'informations, reportez-vous à la sélection de la vanne en fonction de la contrainte mécanique.

2.5.4 Sûreté

Pour éviter l'apparition de problèmes de sûreté tels que des altérations ou des interférences indésirables avec le système, il est recommandé de choisir un robinet doté des caractéristiques suivantes.

Système DIALOCK®

Ce système peut être très utile, car une fois que la position désirée de la poignée est atteinte, il suffit de soulever le volant et la poignée est verrouillée.

Pour obtenir plus d'informations, il est recommandé de rechercher la sélection d'une vanne en fonction des contraintes mécaniques.



Verrouillage

Le mouvement des vannes à boisseau sphérique FIP VKD, papillon FK, membrane DK peut être évité par un verrou à côté de la poignée.

2.5.5 Installation facile

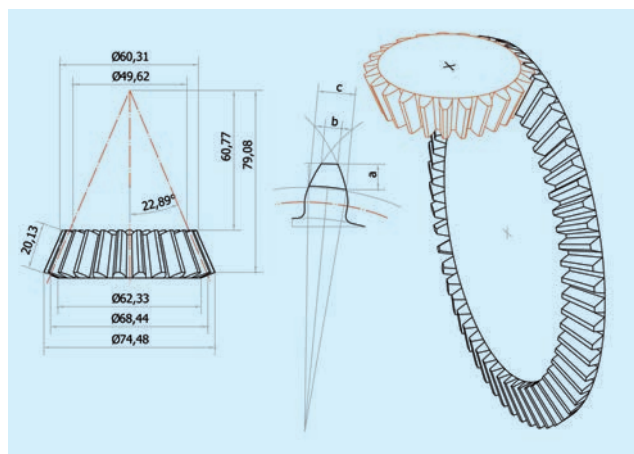
Système EASY FIT®



FIP et Giugiaro Design ont conçu et développé le système EASY FIT® pour les vannes VEE et VXE.

Il s'agit d'une véritable vanne à boisseau sphérique « union » à engrenages innovante introduisant une méthode avancée d'installation pour un long service sans problème.

Le principe de l'engrenage conique a été appliqué pour concevoir ce mécanisme qui contrôle la rotation des écrous raccords lors de l'installation de la vanne.



Grâce au rapport de réduction du couple, les écrous des raccords de soupape sont serrés ou desserrés facilement et en toute sécurité sans surcontrainte sur les composants filetés des vannes et les raccords de la canalisation.

Le mécanisme EASY FIT® peut être très utile dans une large gamme de configurations de canalisations, en particulier dans les espaces étroits, car la tige de la vanne est le pivot de l'engrenage conique.

La poignée multifonction est l'outil d'entraînement qui est placé sur l'axe de l'arbre et qui est utilisé pour tourner les écrous-raccords afin de les serrer ou de les desserrer.

C'est la meilleure solution pour effectuer des opérations de maintenance dans des espaces étroits avec un accès limité à l'emplacement de la vanne. Il est toujours recommandé d'accorder une compression progressive des joints toriques et d'éviter que des outils non spécifiques ne provoquent des dommages aux écrous de raccord ou des fuites de liquide.

La poignée peut également être utilisée pour ajuster le support de siège du boisseau comme indiqué sur ces images.



FIP a également étendu cette ligne de vannes en réalisant la fin de la gamme avec des vannes à boisseau sphérique de DN 65-100.

Dans ce cas, la poignée est composée d'un moyeu central qui s'accouple fixement à la tige de soupape, d'une poignée à double branche qui peut être libérée du moyeu avec une opération simple et d'un insert à crochet logé dans la poignée qui le transforme en clé pour le serrage des écrous de raccord.

Encore une fois, l'utilisation de la poignée garantit une étanchéité hydraulique parfaite et évite les dommages accidentels des écrous-raccords qui peuvent être causés par l'utilisation d'outils non spécifiques.

En particulier, la poignée, après avoir été libérée du moyeu comme le montre la figure, peut être transformée en clé pour serrer ou dévisser les écrous à bague.

Pour ce faire, il est nécessaire de retirer, de retourner et d'engager l'insert logé à l'intérieur dans le siège approprié.



L'outil ainsi composé est extrêmement robuste et léger à la fois grâce à la conception de la méthode par éléments finis (FEM) offrant une excellente prise ergonomique.

Cette conception d'insert s'engage parfaitement sur le profil externe des écrous-raccords avec une prise sûre permettant d'exercer un couple élevé sans endommager les écrous de quelque manière que ce soit.



2.5.6 Régulation précise

Vanne VKR DUAL BLOCK®

Les vannes FIP VKR DUAL BLOCK® combinent la fiabilité et la sécurité d'une vanne à boisseau sphérique VKD à alésage complet typique ainsi qu'une fonction de régulation de débit précise et reproductible qui répond aux exigences les plus extrêmes des applications industrielles.

La conception brevetée du boisseau permet une régulation linéaire du débit sur toute sa plage de fonctionnement, même lorsque la vanne n'est ouverte que de quelques degrés, et garantit des pertes de charge minimales.

L'une de ses principales caractéristiques est la poignée équipée d'un disque indiquant la position de la soupape sur une échelle graduée de 5° pour une lecture précise et facile, comme on peut le voir sur l'image.



2.6 Dégagement d'air des canalisations

L'air piégé à l'intérieur d'une canalisation peut parfois créer un problème. Dans ce chapitre, nous discuterons de tout ce dont vous avez besoin pour connaître les causes de l'air piégé et comment l'éviter.

2.6.1 Air piégé : sources et causes

L'air piégé dans les conduites sous pression est un sujet largement étudié et discuté. Pour les concepteurs, c'est un vrai problème. Pour cette raison, ils doivent comprendre les effets et les méthodes d'atténuation des dangers associés à l'air piégé.

Le comportement de l'air dans un système de tuyauterie n'est pas facile à analyser, mais les conséquences peuvent être catastrophiques.

Il existe de nombreuses sources potentielles d'air dans les canalisations et les sources sont généralement multiples dans un système donné.

La source la plus probable se produit pendant le remplissage, soit initialement, soit lorsqu'il est rempli après un vidange. Dans certains systèmes, l'air rentre chaque fois que les pompes sont coupées à mesure que les canalisations se vide par des gicleurs bas ou des vannes ouvertes.

L'air est souvent introduit à l'endroit où l'eau entre dans le système ; Il s'agit d'un problème particulièrement courant avec les canalisations alimentées par gravité, mais peut également se produire avec les systèmes pompés.

Même l'eau pompée à partir de puits profonds peut être sujette à l'entrée d'air provenant de l'eau en cascade dans le puits.

Une source d'air moins évidente provient de la libération d'air dissous dans l'eau, due à des changements de température et/ou de pression. Les quantités peuvent être faibles dans ce cas, mais les accumulations au fil du temps peuvent créer des problèmes.

Il est également fréquent que l'air entre par des soupapes de purge mécaniques ou des clapets anti-retour à vide lorsque la pression descend en dessous de la pression atmosphérique. Cela peut être le cas lorsque la pompe est arrêtée ou lorsque des surtensions négatives.

L'air d'un système de tuyauterie a tendance à s'accumuler aux points hauts en cas de faible débit ou de conditions statiques. Au fur et à mesure que le débit augmente, l'air peut être forcé le long de la canalisation par l'eau en mouvement et peut se loger aux points les plus élevés où il réduit la surface disponible pour l'écoulement. Ainsi, ces poches d'air provoquent des restrictions de débit qui réduisent l'efficacité et les performances du système.

Au fur et à mesure qu'une poche d'air se développe, la vitesse à ce point augmente jusqu'à ce que l'air soit finalement balayé vers une sortie. Bien que les restrictions de ligne soient des problèmes, une situation plus grave peut se produire lorsque l'air est rapidement évacué du système sous pression.

À titre indicatif, l'eau est environ cinq fois plus dense que l'air à 7 bars, de sorte que lorsqu'une poche d'air comprimé atteint une sortie, telle qu'une tête d'arrosage ou une soupape de purge d'air, elle s'échappe très rapidement. Lorsqu'elle s'échappe, l'eau se précipite pour remplacer le vide.

Lorsque l'eau atteint l'ouverture, la vitesse diminue soudainement, dans la condition mentionnée ci-dessus de 7 bars, l'air s'échappe environ cinq fois plus vite que l'eau.

Le résultat est similaire à la fermeture instantanée de la vanne, sauf que le changement de vitesse peut dépasser de loin la vitesse d'écoulement normale dans la canalisation. Ce comportement a été testé à l'Université d'État du Colorado, aux États-Unis, où il a été constaté que la pression augmente jusqu'à 15 fois la pression de fonctionnement lorsque l'air piégé s'échappe rapidement du système sous pression. De telles surpressions peuvent facilement dépasser la résistance des composants du système et, même à des grandeurs inférieures, des surtensions répétées affaibliront le système au fil du temps.

2.6.2 Traitement de l'air piégé

Évidemment, la meilleure façon de réduire les problèmes causés par l'air piégé serait d'empêcher l'air de pénétrer dans le système. Des précautions doivent être prises pour éliminer l'entrée d'air. Lorsque les systèmes sont remplis, soit initialement, soit après la vidange pour l'hivernage ou la réparation, ils doivent être remplis lentement, à une vitesse de 0,3 m/s ou moins, et l'air doit être évacué des points hauts avant que le système ne soit mis sous pression. Même avec ces précautions, de l'air peut rester dans le système.

Pour traiter l'air restant ou l'air nouvellement admis généré par le procédé lui-même, une ou plusieurs soupapes de décharge d'air à action continue doivent être incorporées dans la conduite. Une solution serait d'utiliser des vannes de purge manuelles telles que des vannes à boisseau sphériques. Cette solution n'est pas idéale car les vannes de purge manuelles positionnées stratégiquement peuvent traiter l'air emprisonné au démarrage mais ne traiteront pas automatiquement ou efficacement les problèmes récurrents de piégeage d'air. De plus, les événements à commande manuelle entraîneront inévitablement des déversements pouvant entraîner une contamination du site ou des blessures de l'opérateur (selon le fluide transporté).

Pour garantir un moyen efficace de traiter l'air piégé, les soupapes à action continue doivent être le choix privilégié. Les soupapes à action continue contiennent un mécanisme à flotteur qui permet à l'air de s'évacuer par un petit orifice, même lorsque la conduite est sous pression.

Des vannes combinées de purge d'air et de casse-vide sont également disponibles sur le marché. Ces produits ont une double fonction. Par exemple, lorsqu'un réservoir est rempli, l'air piégé peut s'échapper et le liquide peut entrer sans opposition par des poches d'air. Lorsque le processus est inversé, lors de la vidange d'un réservoir, le mécanisme de fermeture de la vanne ouvre la vanne permettant à l'air de s'engouffrer et de remplacer le volume précédemment retenu par le liquide, empêchant ainsi la formation d'un vide potentiellement dommageable.

Chez Aliaxis, nous proposons la vanne à purge d'air FIP VA, une vanne à purge d'air/casse-vide de type piston dans différentes tailles. Il est important de noter que les fonctions d'ouverture et de fermeture de cette vanne « intelligente » sont contrôlées par le fluide et non par la pression comme dans les autres vannes de décharge d'air.

Cette fonctionnalité offre plusieurs avantages : aucune pression ou dépression minimale n'est nécessaire pour ouvrir ou fermer la vanne, garantissant ainsi une réactivité dans toutes les conditions tout en éliminant le risque de déversement.

Il faut rappeler que la vanne FIP VA ne peut pas être adoptée en cas de gaz sous pression.

Le débit traversant la vanne est indiqué dans le tableau.

| DN | VA FIP |
|----|------------------------|
| 15 | 12 Nm ³ /h |
| 20 | 23 Nm ³ /h |
| 25 | 45 Nm ³ /h |
| 32 | 70 Nm ³ /h |
| 40 | 90 Nm ³ /h |
| 50 | 345 Nm ³ /h |



2.7 Conception du système de tuyauterie pour la condition de vide

Dans certains cas, les systèmes de tuyauterie sont exposés à une pression externe, généralement appelée pression de flambage. C'est le cas, par exemple, si le système est sous l'eau, si les systèmes de tuyauterie sont posés sous terre ou s'ils sont utilisés comme tuyaux d'aspiration pour la pression négative.

La charge mécanique au vide absolu correspond à un vide partiel différentiel de 1 bar, c'est-à-dire que la pression sur la paroi intérieure du tuyau est inférieure de 1 bar à la pression atmosphérique normale.

La pression de flambage peut être calculée avec cette formule pour les tuyauteries cylindriques :

$$p_k = \frac{10 * E_c}{4 * (1 - \mu^2)} * \left(\frac{t}{r}\right)^3$$

avec :

p_k = pression critique de flambage (bar)

E_c = module de fluage (N/mm²)

μ = ratio de Poisson, généralement pour thermoplastique pendant 25 ans de durée de vie $\mu=0,4$

t = épaisseur de paroi (mm)

r = rayon moyen du tuyau (mm)

La contrainte de flambage peut être calculée comme suit :

$$\sigma_k = p_k * \frac{r}{t}$$

avec :

σ_k = contrainte de flambage (bar)

p_k = pression de flambage (bar)

r = rayon moyen du tuyau (mm)

t = épaisseur de paroi (mm)

Dans ces calculs, toute variation possible liée à la rondeur et à l'excentricité n'a pas été prise en compte.

De plus, pour les systèmes exposés à une pression externe, seuls des tuyaux résistants à la pression peuvent bien sûr être utilisés.

Les tuyaux plus fins ne conviennent pas à ces conditions.

2.8 Conception de systèmes de tuyauterie pour l'air comprimé

Jusqu'à présent, nous avons traité des systèmes qui transportent les liquides, dans ce chapitre nous nous sommes concentrés sur les systèmes qui transportent le gaz, en particulier l'air comprimé.

Qu'est-ce que c'est l'air comprimé ?

L'air est un mélange de gaz, ce qui signifie qu'il est composé de nombreux gaz, principalement d'azote (78 %) et d'oxygène (21 %) mais aussi de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone et d'autres gaz (1 %).

L'air comprimé est de l'air atmosphérique réduit en volume via un compresseur ou une pompe, placé sous pression à l'intérieur d'un réservoir.

Comprimer l'air, c'est le forcer dans un espace plus petit, ce qui fait que les molécules se déplacent très rapidement et les rapproche. L'air, comme tous les autres gaz, n'a pas sa propre forme, mais s'adapte au contenant.

Le volume occupé par l'air dépend de la pression et de la température auxquelles il est soumis selon les lois du gaz.

En particulier, la première loi de Gay-Lussac affirme que le volume d'un gaz à pression constante est directement proportionnel à la température absolue du gaz, comme suit, compte tenu du $p=\text{constant}$:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

La deuxième loi de Gay-Lussac explique que la pression d'un gaz à volume constant est directement proportionnelle à la température absolue du gaz.

La formule est la suivante si $V=\text{constant}$:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

La loi qui régit le rapport entre le volume d'un gaz idéal et la pression est la loi Boyle-Mariotte.

Selon cela, le volume d'une quantité de gaz parfait fermé dans un récipient, à température constante, est inversement proportionnel à la pression absolue.

La formule est la suivante compte tenu de $T=\text{constant}$:

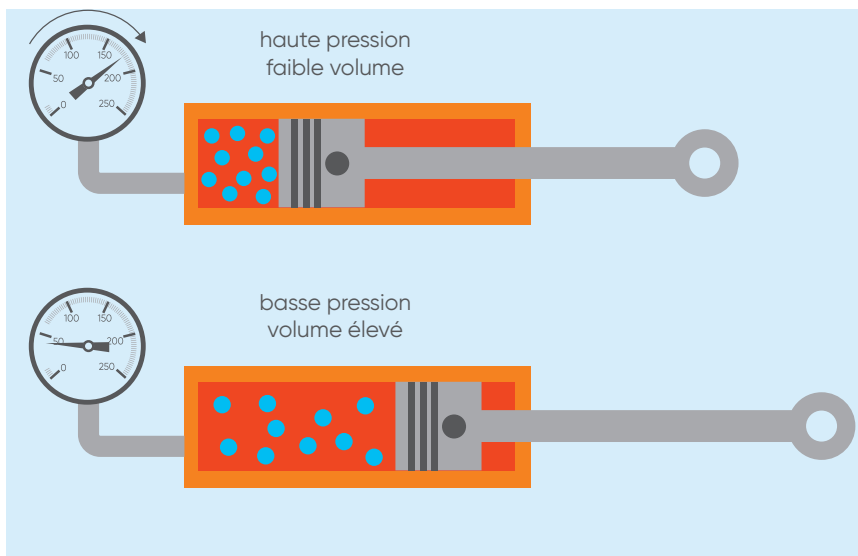
$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Comme on peut le voir sur l'image suivante, un piston pousse l'air dans un cylindre : en plaçant le gaz à l'intérieur d'un récipient et en le soumettant à une pression qui augmente progressivement, le volume diminue et par conséquent les molécules se rapprochent l'une de l'autre avec un mouvement rapide.

Si l'on combine les trois lois des gaz entre elles, on peut voir expérimentalement que la relation suivante est vraie :

$$\frac{p_1}{T_1} V_1 = \frac{p_2}{T_2} V_2$$

augmentation de pression



Comme la température est directement proportionnelle à l'énergie cinétique, le mouvement des molécules dû à la compression provoque l'augmentation de la température.

De cette manière, l'énergie qui est libérée pendant la compression est égale à l'énergie requise pour forcer l'air dans un certain espace, c'est pourquoi l'air comprimé est un excellent moyen de stocker et de transmettre l'énergie.

Il est de plus en plus utilisé dans les industries manufacturières en raison de ses avantages distincts de propreté, de flexibilité, de sécurité et d'économie d'utilisation par rapport à d'autres sources d'énergie, comme les batteries et la vapeur.

En fait, la surcharge des équipements électriques peut présenter un risque pour la sécurité, tandis que les outils pneumatiques peuvent être utilisés dans une grande variété de conditions, telles que les zones humides.

Système d'air comprimé

Un système d'air comprimé doit être contrôlé, régulé et dimensionné pour garantir un volume d'air adéquat, à une pression et une pureté spécifiques.

En ce qui concerne la conception, il est considérablement différent de la conception d'un système liquide non compressible, parce qu'étant les gaz compressibles il y a plus de variables à prendre en considération.

En particulier, le système de compression d'air doit prendre en compte les demandes actuelles et futures afin d'optimiser le rapport entre coût et efficacité. Par exemple, les pertes de pression dans les canalisations doivent être maintenues au minimum absolu parce qu'elles sont totalement irrécupérables, elles ne sont qu'une perte énergétique et financière.

Avant le projet de conception du système, étant donné que d'un point de vue pratique, l'air comprimé n'est jamais pur mais contient des contaminants de nature et d'état physique différents, l'identité et la quantité de ces polluants doivent être déterminées afin de décider quel équipement est nécessaire pour les réduire ou les éliminer.

Il est donc nécessaire de se rappeler que généralement il y a ces contaminants qui s'influencent mutuellement et se mélangent pour former des composés :

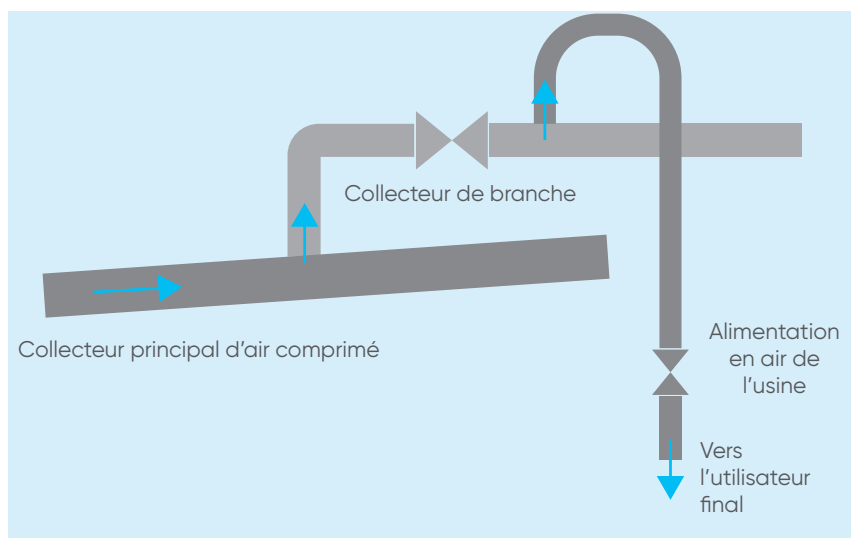
- **eau** : elle est présente dans l'air atmosphérique sous forme de vapeur d'eau. Lorsque l'air est comprimé, la pression partielle de la vapeur d'eau augmente, mais en raison de l'augmentation de la température provoquée par la compression, il n'y a pas de condensation ; lorsque l'air est ensuite refroidi, l'eau se condense, passant à l'état liquide. Il est nécessaire de se rappeler que l'humidité peut provoquer de la corrosion et endommager le produit final ;
- **huile** : dans les compresseurs lubrifiés, l'air se contamine inévitablement avec de l'huile, mais aussi l'air produit par les compresseurs non lubrifiés peut contenir des traces d'huile de l'atmosphère ;
- **particules solides** : Les solides de dimensions inférieures à 10 microns ne peuvent pas être retenus par des filtres d'aspiration, ils sont donc introduits dans le circuit d'air comprimé. Cette contamination se produit avec tout type de compresseur.

Afin de transporter le gaz de compression, Aliaxis propose deux lignes de produits dédiées : GIRAIR et AIRLINE.

Dans les systèmes d'air comprimé avec une conception correcte, deux types de canalisation sont utilisés: ligne principale et lignes de dérivation.

La conduite principale sert à transporter la majeure partie de l'air comprimé.

Si cette ligne est trop petite, la vitesse de l'air sera très élevée, il sera donc difficile de séparer l'eau de l'air, étant donné qu'une grande partie de la vapeur condensée coulant sous forme d'eau le long du fond du tuyau sera entraînée par le courant d'air en mouvement rapide.



Avec un grand diamètre, les vitesses sont abaissées, ce qui permet à l'eau de s'accumuler au fond du tuyau pendant que l'air s'écoule par-dessus. Par conséquent, le surdimensionnement entraîne une augmentation des dépenses initiales en capital, mais des tuyaux plus grands sont avantageux, car ils servent de récepteur pour l'air, réduisant ainsi la charge sur le compresseur et fournissant la capacité pour une demande future accrue.

En général, pour la ligne de distribution principale, des baisses de pression excessives et des pertes d'énergie peuvent être évitées en limitant la vitesse de l'air à un maximum de 33 l/min.

D'autre part, les branches sont relativement courtes en longueur : comme l'eau provenant de la condensation est séparée dans les lignes principales, les branches plus petites permettent des vitesses plus élevées et des pertes de pression.

Ici, le raccord en col de cygne est essentiel parce qu'il empêche l'eau de pénétrer dans l'embranchement, en fait, il aspire l'air du haut de la ligne principale, laissant l'eau condensée au fond.



Pour conclure, pour concevoir le système et déterminer la bonne taille de tuyau, les informations suivantes sont nécessaires :

- débit total de tous les dispositifs utilisant l'air : il est fondamental de déterminer le volume d'air et la plage de pression utilisés à chaque emplacement. Des informations concernant la pression et le débit pour des équipements tels que des outils peuvent être obtenues auprès du fabricant. S'ils ne sont pas connus, attribuez des débits préliminaires jusqu'à ce que les valeurs spécifiques puissent être obtenues ;
- la pression maximale de service. Il s'agit de la pression maximale en service continu pour laquelle les systèmes GIRAIR ou AIRLINE ont été conçus. Il dépend de la température du fluide transporté et/ou de la température ambiante que l'on peut trouver dans l'environnement direct de l'installation. Les élévations de température réduisent le module des matériaux utilisés pour fabriquer le système, ce qui réduit sa résistance à la pression hydrostatique. Le tableau ci-dessous indique la pression de service maximale applicable aux systèmes GIRAIR et AIRLINE en fonction des différentes températures :

| Température ambiante ou de fluide | Pression de service maximale |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 0 °C à 25 °C | 12,5 bars |
| 25°C à 40°C | 10 bars |

- Le cycle d'utilisation, c'est-à-dire la durée d'utilisation de l'outil ou du processus en question sur une période d'une minute ;
- fuites et possibilités d'expansion future : les fuites résultent du nombre et du type de connexions, de l'utilisation de sectionneurs, de l'âge du système et de la qualité du processus d'assemblage d'origine. Un système d'air comprimé bien entretenu aura un taux de fuites admissible de 2 à 5 %. Il est également nécessaire d'établir une marge pour l'expansion future : il convient de réfléchir au surdimensionnement de certains composants pour éviter le coût de remplacement à une date ultérieure ;
- les chutes de pression admissibles pour l'ensemble du système ;
- les corrections d'altitude, de température et d'élimination des contaminants ;
- l'emplacement où un espace suffisant est disponible pour le compresseur d'air et l'équipement auxiliaire : le processus, le poste de travail ou l'équipement qui utilise de l'air comprimé doit être situé sur un plan et une liste complète doit être établie pour simplifier la tenue des dossiers ;
- produire un agencement final des canalisations et dimensionner le réseau de canalisations : déterminer les exigences de conditionnement du système pour chaque équipement : cela comprend le taux d'humidité, la taille des particules et la teneur en huile admissibles. Décidez si le système peut nécessiter un équipement de conditionnement comprenant des séchoirs, des filtres, des lubrifiants et des régulateurs de pression.

En cas de besoin, veuillez contacter vos représentants commerciaux Aliaxis.



AVERTISSEMENT : N'utilisez jamais PVC-U et PVC-C avec de l'air comprimé

N'utilisez jamais d'air comprimé dans les tuyaux et raccords en PVC-U et PVC-C. Utilisez uniquement des matériaux PVC-U et PVC-C pour l'eau et les produits chimiques approuvés. Ceci est dû à deux raisons principales :

- Lorsqu'ils sont soumis à des contraintes auxquelles ils ne peuvent pas résister, les tuyaux en PVC peuvent se briser, projetant des éclats de plastique et causant des blessures graves ou la mort.
- Les tuyaux en PVC-U peuvent devenir cassants à des températures inférieures à zéro et se casser beaucoup plus facilement que d'habitude. Par conséquent, aucun gaz comprimé ne doit donc passer.
- Pour acheminer l'air comprimé, veuillez vous référer aux systèmes Girair et Airline.

2.9 Sélection de débitmètre

Mesurer le débit dans un tuyau est important pour différentes raisons, par exemple pour vérifier le bon fonctionnement des processus industriels ou pour maîtriser les coûts énergétiques.

Pour ce faire, la meilleure façon est d'installer des systèmes de surveillance des flux qui fournissent des données précises et fiables pour faciliter les opérations, permettant le contrôle des processus en temps réel et la maintenance prédictive.

En particulier, Aliaxis propose une gamme complète de produits FLS conçus pour fournir des entrées fiables et cohérentes pour une large gamme d'applications afin de mesurer le débit, le pH, la conductivité et le potentiel ORP.

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur la mesure du débit, qui peut être effectuée par des débitmètres. Il est notamment possible d'en trouver trois types :

- débitmètres à insertion ;
- débitmètres en ligne ;
- débitmètres à section variable.

2.9.1 Conception des débitmètres

2.9.1.1 Capteurs de débit à insertion

Cette technologie est basée sur des capteurs de vitesse de liquide installés dans un tube cylindrique droit et utilisés pour mesurer la vitesse d'écoulement locale (V_m) afin de calculer la vitesse moyenne (V_a) et le débit volumétrique (Q_v)

Ces capteurs de débit sont théoriquement soutenus par des lois fluides-dynamiques applicables à tout tuyau de section transversale circulaire lorsque le débit turbulent entièrement développé est respecté, donc lorsque le nombre de Reynolds est supérieur à 4500.

Ces lois décrivent la relation entre la vitesse locale mesurée et la vitesse moyenne du flux, qui s'exprime à travers le facteur de profil (F_p) selon la formule suivante :

$$F_p = \frac{V_a}{V_m}$$

avec :

F_p = facteur de profil

V_a = vitesse moyenne (m/s)

V_m = vitesse du flux local (m/s)

En utilisant le facteur susmentionné :

$$Q = \frac{V_a * D_i^2}{4} = \frac{F_p * V_m * D_i^2}{4}$$

avec :

Q = débit à l'intérieur du tuyau (m³/s)

V_a = vitesse moyenne (m/s)

V_m = vitesse du flux local (m/s)

D_i = diamètre intérieur du tuyau (m)

Le point de mesure adapté à la vitesse d'écoulement est appelé « position critique » : le capteur de vitesse est inséré dans un point particulier où la vitesse locale correspond à la vitesse moyenne ($V_a = V_m$ et $F_p = 1$). Cet emplacement correspond aux 12 % du diamètre intérieur.

Les principales caractéristiques de la technologie d'insertion sont :

- tous les capteurs de débit de la technologie d'insertion sont des dispositifs de mesure de débit basés sur la vitesse ;
- l'installation ne nécessite généralement qu'un petit trou dans le tuyau pour le montage perpendiculaire du capteur ;
- les dimensions du capteur ne sont pas spécifiques à la taille du tuyau car elles sont indépendantes de la section transversale du tuyau.

Il existe principalement trois types différents de capteur de débit d'insertion :

Capteur de roue à aubes

Ce capteur de débit se compose d'un transducteur et d'une roue libre à cinq pales ECTFE fixée sur un arbre en céramique qui est orthogonal à la direction du flux.

Le capteur est installé dans le tuyau à l'aide d'une large gamme de raccords de type insertion fournis par FLS.

Un exemple de capteur de roue à aubes est illustré sur l'image suivante.

La roue à aubes est équipée d'un aimant permanent intégré à chaque pale.

Lorsque l'aimant passe près du transducteur, une impulsion est générée. Par conséquent, lorsque du liquide s'écoule dans le tuyau, la roue à aubes est mise en rotation, produisant un signal de sortie à onde carrée.

La fréquence est proportionnelle à la vitesse d'écoulement selon l'équation suivante :

$$Q = \frac{f}{K_{factor}}$$

avec :

Q = débit (l/s)

f = fréquence (1/s)

Le facteur K (1/l) représente le nombre d'impulsions produites par un capteur par litre de fluide mesuré, c'est la valeur de conversion qui doit être fixée afin de convertir la sortie du capteur (fréquence) en débit.

Les facteurs K présents dans les tableaux du catalogue FLS font référence à l'eau à température ambiante, mais évidemment, si des capteurs sont appliqués pour mesurer un fluide différent, il est nécessaire d'effectuer un étalonnage sur site.

En ce qui concerne la maintenance, étant donné que le rotor et l'arbre sont en contact direct avec le fluide, il est nécessaire de faire attention au fluide avec lequel ils entrent en contact.

Chaque fluide ayant des caractéristiques différentes, il est difficile d'estimer l'espérance de vie de ces composants : il faut donc se référer aux compatibilités chimiques de chaque composant en contact avec la substance chimique afin de choisir le matériau le plus adapté.

De plus, il est suggéré d'éviter d'utiliser des débitmètres à roue à aubes pour mesurer des fluides très sales, des liquides contenant des fibres ou des liquides contenant des roches ou des cailloux qui pourraient casser ou endommager le rotor ou l'essieu.

Les solides pourraient affecter la réponse du capteur en modifiant également le frottement de l'arbre.

S'il est nécessaire d'utiliser un débitmètre à roue avec des liquides contenant des solides, il est nécessaire de prévoir régulièrement une procédure de nettoyage des composants en contact avec le liquide, car un appareil négligé perd en précision avec le temps. Pour une telle procédure de nettoyage, il est recommandé d'utiliser des détergents ou des produits chimiques compatibles avec les matériaux en contact avec le liquide.

Capteur de débit électromagnétique

Ce capteur est basé sur la loi de Faraday puisqu'une tension est induite dans un conducteur électrique lorsqu'il se déplace dans un champ magnétique.

Un exemple de capteur de débit électromagnétique est illustré sur cette image.

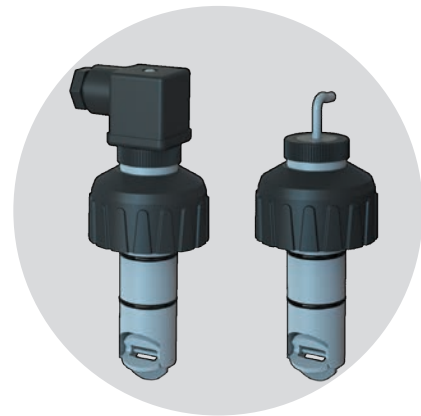
Une bobine montée dans le corps du capteur génère un champ magnétique perpendiculaire à la direction du flux : ce champ magnétique et la vitesse du flux induisent une tension entre les électrodes, qui est directement proportionnelle à la vitesse du flux.

La tension est convertie en un signal de sortie proportionnel au débit de 4 à 20 mA ou un signal de sortie de fréquence.

Pour ce qui est de la maintenance, en général, le capteur de débit électromagnétique n'a pas besoin d'un entretien spécifique.

Dans le cas où le capteur de débit électromagnétique est utilisé pour mesurer un liquide très sale, il peut être suggéré de nettoyer périodiquement l'appareil avec un chiffon légèrement humidifié avec de l'eau ou un liquide compatible avec les matériaux de l'appareil et du chiffon, car les électrodes sales peuvent provoquer une imprécision de mesure.

Ne pas utiliser de matériaux abrasifs pour effectuer la maintenance.



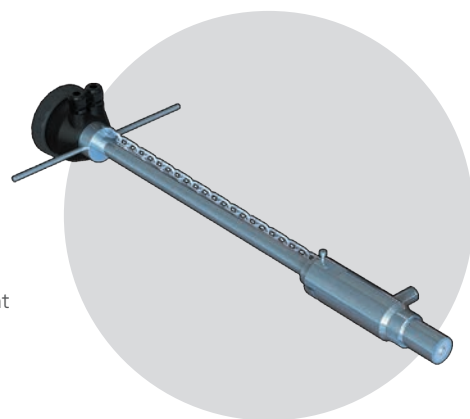
Débitmètres à piquage en charge

L'utilisation de débitmètres à piquage en charge est suggérée pour l'installation dans les conduites sous pression et lorsqu'il est impossible d'arrêter le débit dans la canalisation,, par exemple dans la distribution d'eau.

Le débitmètres installables sous pression n'a pas de pièces mécaniques mobiles, il peut être appliqué pour la mesure de liquides sales tant qu'ils sont homogènes et conducteurs, en fait il est disponible pour le capteur de débit électromagnétique seulement.

Les capteurs conçus pour cette installation conviennent également aux tuyaux d'un diamètre supérieur au maximum couvert par des capteurs traditionnels (généralement DN 600) et doivent être combinés avec un raccord à piquage en charge uniquement.

Cette image montre un exemple de débitmètre à piquage en charge



2.9.1.2 Capteurs de débit en ligne

FLS peut fournir deux types différents de capteurs en ligne pour les faibles débits afin de couvrir différentes applications en fonction de la plage de fonctionnement et de la viscosité spécifique du liquide.

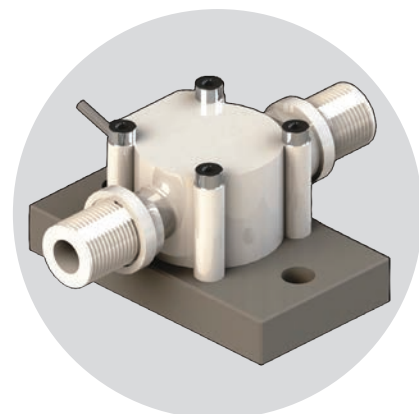
Ces deux types de capteurs en ligne ont des caractéristiques différentes, mais les deux doivent être appliqués pour la mesure de liquides sans solides car des pièces de mouvement sont présentes.

Capteur à très bas débit (ULF)

Ce capteur de débit en ligne se compose d'un transducteur et d'une roue à cinq pales. La roue à aubes est équipée d'un aimant permanent intégré à chaque pale. Lorsque l'aimant passe près du transducteur, une impulsion est générée, de sorte que lorsque du liquide s'écoule dans le corps du capteur, la roue à aubes est mise en rotation, produisant un signal de sortie à onde carrée.

Les capteurs ULF conviennent à tous les types de liquides agressifs et sans solides et peuvent être fixés sur des conduites flexibles ou rigides via des raccords processés avec filetage pour gaz.

Cette image montre un exemple de capteur ULF.



Capteur à engrenages ovales

Le corps de ce capteur en ligne contient deux engrenages ovales mis en rotation par un fluide qui s'écoule.

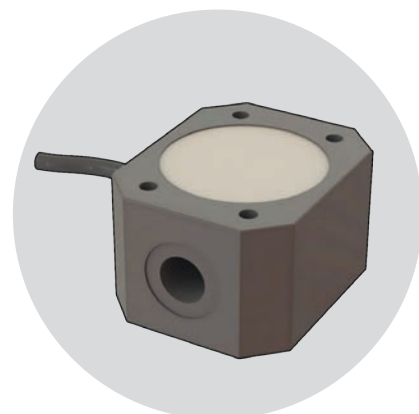
Les deux engrenages sont engrenés à 90° pour définir un volume de fluide fixe pompé à chaque rotation.

Deux aimants permanents sont positionnés dans chaque engrenage et un capteur à effet Hall détecte le champ magnétique générant une sortie de signal d'onde carrée avec une fréquence proportionnelle au nombre de volumes de fluide pompés.

Le capteur à engrenages ovales a été conçu en suivant les principales exigences des applications industrielles, telles qu'une résistance mécanique élevée et des performances fiables, il est adapté pour mesurer une large gamme de liquides visqueux sans solides avec une précision et une répétabilité très élevées.

Les capteurs peuvent être fixés à des tuyaux flexibles ou rigides via des raccords processés avec filetage pour gaz. Les matériaux de construction, ECTFE ou PP ou acier inoxydable, offrent une résistance élevée et une résistance chimique.

Cette image montre un capteur à engrenages ovales.



Pour les fluides pour lesquels les capteurs en ligne sont adaptés, il est important de garder à l'esprit que des liquides manifestement abrasifs ou sales peuvent endommager les surfaces d'étanchéité, les roulements et le boîtier du capteur, de sorte qu'un filtre peut être nécessaire pour éliminer les contaminants.

Comme ces types d'instruments sont principalement utilisés dans les systèmes de dosage, les solutions chimiques agressives sont mesurées très fréquemment.

Faites attention aux cas suivants :

- les produits chimiques peuvent se cristalliser s'ils restent dans le capteur pendant une longue période sans débit, il est donc fortement recommandé de prévoir un nettoyage du capteur en cas d'utilisation irrégulière. Pour le nettoyage, il est possible d'utiliser de l'eau et d'autres solutions compatibles avec le matériau en contact avec le fluide et le produit chimique à mesurer. ;
- Les produits chimiques peuvent libérer des gaz, il est donc fortement recommandé de prêter attention à ce problème, en particulier pendant la période d'inactivité, en veillant à ce que les bulles de gaz soient éliminées lors de l'utilisation de capteurs en ligne.

Pour les capteurs de la famille des engrenages ovales, les mesures de débit réalisées avec les bulles présentes seront supérieures au débit réel du liquide car les volumes des bulles seront mesurés comme s'il s'agissait d'un volume de liquide.

Pour les capteurs de la famille ULF, les mesures de débit réalisées avec les bulles de gaz ne sont pas précises car cette présence produit des turbulences dans la chambre de mesure du capteur.

Dans le cas où la viscosité du fluide de fonctionnement est éloignée du liquide étalonné (eau), il peut être nécessaire de réétalonner le capteur lui-même pour fixer le facteur k correct car les différentes quantités de glissement présentées par différents fluides peuvent provoquer des erreurs de mesure.

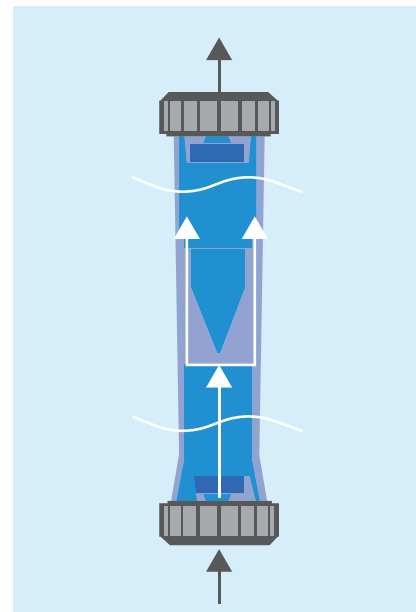
2.9.1.3 Débitmètres à section variable

Le débitmètre à section variable est l'un des principes les plus anciens et matures en mesure de débit avec une conception simple : la méthode traditionnelle de mesure du débit implique la suspension d'un flotteur dans un tube conique, plus étroit au fond et qui s'élargit progressivement vers le haut.

Un exemple est présenté sur l'image de droite.



Dans le débitmètre à section variable, le liquide s'écoule de bas en haut ou de gauche à droite. Pendant ce temps, le flotteur est soulevé par la force du flux, comme le montre l'image.



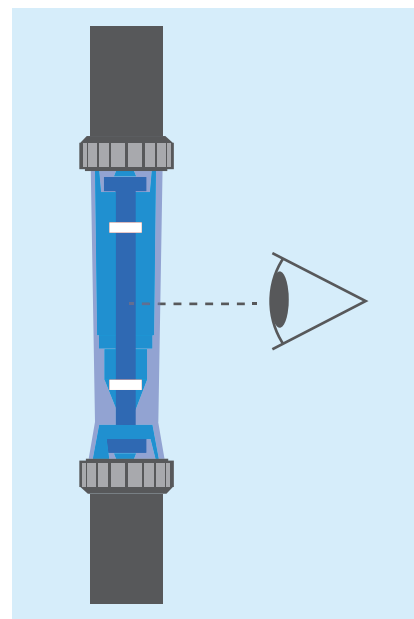
Le débit peut être lu lorsque le flotteur s'arrête dans la zone où la force vers le haut causée par le flux et la force vers le bas causée par le poids du flotteur sont équilibrées.

Généralement, le tube conique est fabriqué avec des matériaux transparents calibrés pour le flux de manière à lire les mesures directement à partir du tube.

Le débit peut alors être lu sur l'échelle à la position du flotteur, qui représente donc le débit instantané.

Pour faciliter la lecture du débit, les valeurs limites maximum et minimum peuvent être ajustées sur le débitmètre à l'aide des indicateurs de débit rouge fournis, comme illustré sur la figure.

Pour obtenir une lecture correcte, il est nécessaire d'avoir le flotteur au niveau des yeux.



Pour conclure, le tableau suivant présente les valeurs de conversion de la vitesse en débit (l/s).

| Vitesse (f/s) = (Débit (l/s) * 1273,2) / D _i ² | | | | | | | | | | Débit (l/s) = (Vitesse (m/s) * D _i ²) / 1273,2 | | | | | |
|--|---------|-----------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vélocité | | | | | | | | | | | | | | | |
| ft/s | | 0,16 | 0,33 | 0,5 | 0,7 | 1,6 | 2,6 | 3,3 | 6,6 | 9,8 | 13,1 | 16,4 | 20 | 23 | 26,2 |
| m/s | | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| D [mm] | DN [mm] | Débit l/s | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 15 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,14 | 0,18 | 0,35 | 0,53 | 0,71 | 0,88 | 1,06 | 1,24 | 1,41 |
| 25 | 20 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,16 | 0,25 | 0,31 | 0,63 | 0,94 | 1,26 | 1,57 | 1,89 | 2,20 | 2,51 |
| 32 | 25 | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,25 | 0,39 | 0,49 | 0,98 | 1,47 | 1,96 | 2,45 | 2,95 | 3,44 | 3,93 |
| 40 | 32 | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 0,16 | 0,40 | 0,64 | 0,80 | 1,61 | 2,41 | 3,22 | 4,02 | 4,83 | 5,63 | 6,43 |
| 50 | 40 | 0,06 | 0,13 | 0,19 | 0,25 | 0,63 | 1,01 | 1,26 | 2,51 | 3,77 | 5,03 | 6,28 | 7,54 | 8,80 | 10,05 |
| 63 | 50 | 0,10 | 0,20 | 0,29 | 0,39 | 0,98 | 1,57 | 1,96 | 3,93 | 5,89 | 7,85 | 9,82 | 11,78 | 13,74 | 15,71 |
| 75 | 65 | 0,17 | 0,33 | 0,50 | 0,66 | 1,66 | 2,65 | 3,32 | 6,64 | 9,96 | 13,27 | 16,59 | 19,91 | 23,23 | 26,55 |
| 90 | 80 | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,01 | 2,51 | 4,02 | 5,03 | 10,05 | 15,08 | 20,11 | 25,13 | 30,16 | 35,19 | 40,21 |
| 110 | 100 | 0,39 | 0,79 | 1,18 | 1,57 | 3,93 | 6,28 | 7,85 | 15,71 | 23,56 | 31,42 | 39,27 | 47,13 | 54,98 | 62,83 |
| 125 | 110 | 0,48 | 0,95 | 1,43 | 1,90 | 4,75 | 7,60 | 9,50 | 19,01 | 28,51 | 38,01 | 47,52 | 57,02 | 66,53 | 76,03 |
| 140 | 125 | 0,61 | 1,23 | 1,84 | 2,45 | 6,14 | 9,82 | 12,27 | 25,54 | 36,82 | 49,09 | 61,36 | 73,63 | 85,91 | 98,18 |
| 160 | 150 | 0,88 | 1,77 | 2,65 | 3,53 | 8,84 | 14,14 | 17,67 | 35,34 | 53,02 | 70,69 | 88,36 | 106,03 | 123,70 | 141,38 |
| 200 | 180 | 1,27 | 2,54 | 3,82 | 5,09 | 12,72 | 20,36 | 25,45 | 50,90 | 76,34 | 101,79 | 127,24 | 152,69 | 178,13 | 203,58 |
| 225 | 200 | 1,57 | 3,14 | 4,71 | 6,28 | 15,71 | 25,13 | 31,42 | 62,83 | 94,25 | 125,67 | 157,08 | 188,50 | 219,92 | 251,34 |
| 250 | 225 | 1,99 | 3,98 | 5,96 | 7,95 | 19,88 | 31,81 | 39,76 | 79,52 | 119,29 | 159,05 | 198,81 | 238,57 | 278,33 | 318,10 |
| 280 | 250 | 2,45 | 4,91 | 7,36 | 9,82 | 25,54 | 39,27 | 49,09 | 98,18 | 147,27 | 196,36 | 245,44 | 294,53 | 343,62 | 392,71 |
| 315 | 280 | 3,08 | 6,16 | 9,24 | 12,32 | 30,79 | 49,26 | 61,58 | 123,15 | 184,73 | 246,31 | 307,89 | 369,46 | 431,04 | 492,62 |

2.9.2 Installation de débitmètres

Comme décrit dans la partie de conception, il y a trois façons de mesurer le débit à l'intérieur d'un système :

- Capteurs de débit à insertion pour les lignes principales et les débits élevés ;
- capteurs de débit en ligne pour les faibles débits et le dosage de produits chimiques ;
- débitmètres à section variable.

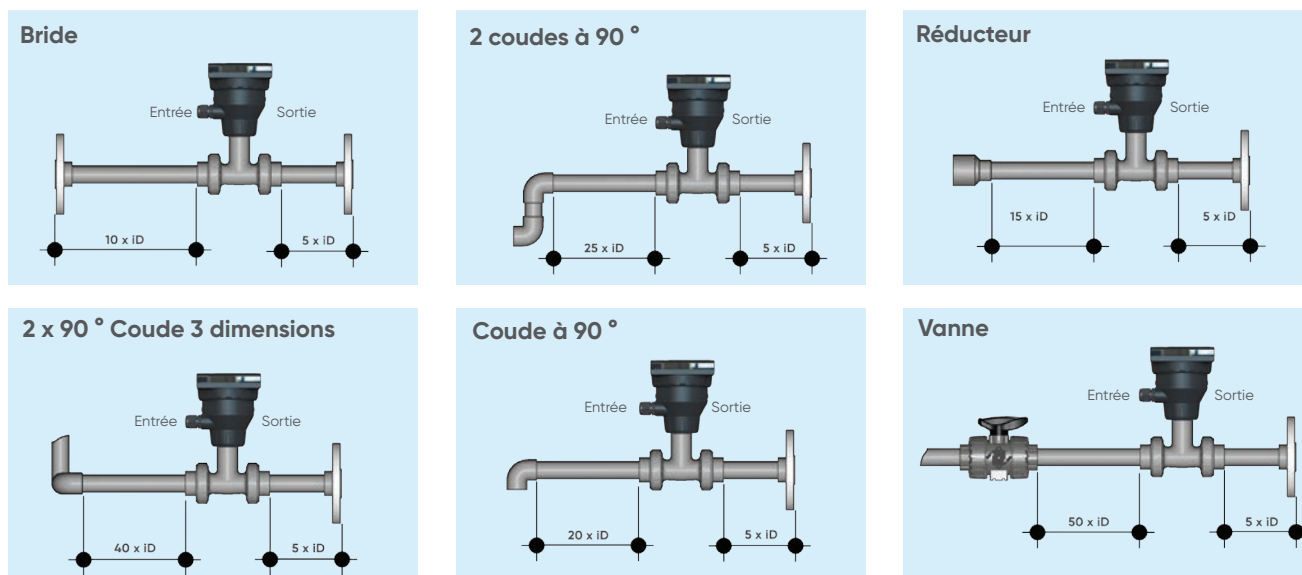
2.9.2.1 Capteurs de débit à insertion

Étant donné que ces capteurs doivent être insérés à l'intérieur du tuyau, il est évidemment très important de décider de leur emplacement correct pour obtenir une lecture précise et fiable : en particulier, il est nécessaire de vérifier que, à cet endroit spécifique, le tuyau est complètement plein à tout moment et que la vitesse d'écoulement est uniforme.

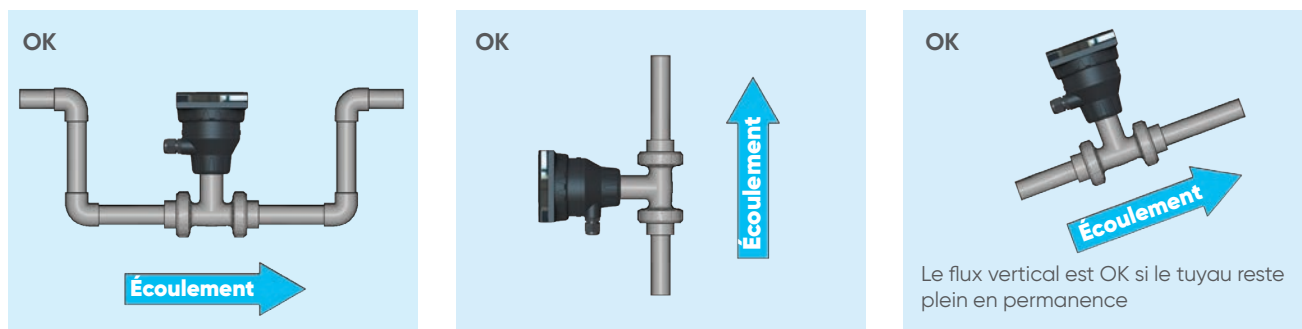
Si le tuyau n'est pas plein, le débitmètre donnera une lecture imprécise même si le capteur est toujours complètement immergé : le capteur effectuera le calcul du débit en supposant que le tuyau est plein, ce qui entraînera une surestimation du débit.

En ce qui concerne la vitesse, étant donné que les débitmètres mesurent la vitesse du liquide, celle-ci doit être uniforme sur toute la section transversale du tuyau à l'emplacement du capteur.

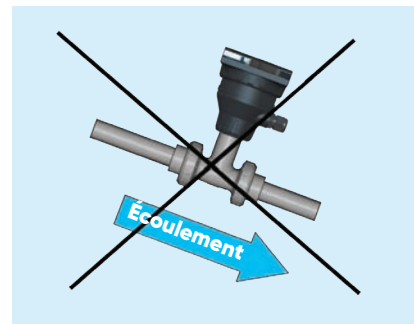
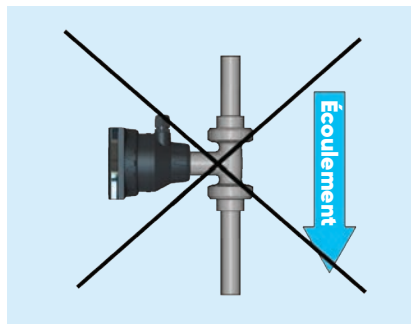
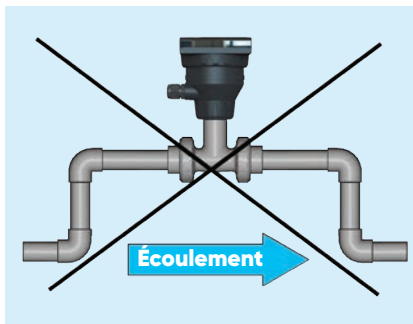
Pour sélectionner le meilleur emplacement dans la canalisation pour le capteur de débit à roue à aubes et capteur de débit électromagnétique, il est suggéré de regarder les images suivantes représentant les six configurations d'installation les plus courantes.



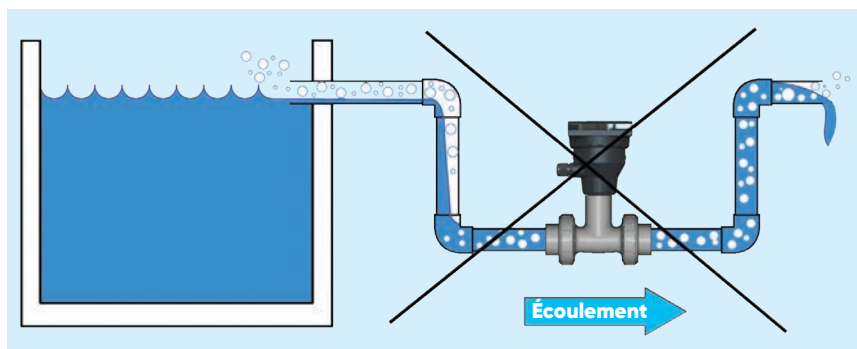
Pour s'assurer que le tuyau est toujours plein, il est important de vérifier les images suivantes, en effet, comme écrit précédemment, pour une mesure correcte, le capteur ne peut à aucun moment être exposé à des bulles d'air.



Pour cette raison, les installations des images suivantes doivent être évitées sauf si vous êtes absolument sûr que le capteur n'est pas exposé à des bulles d'air.



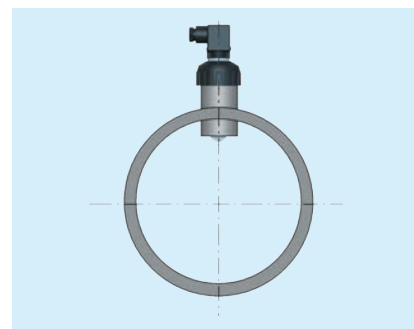
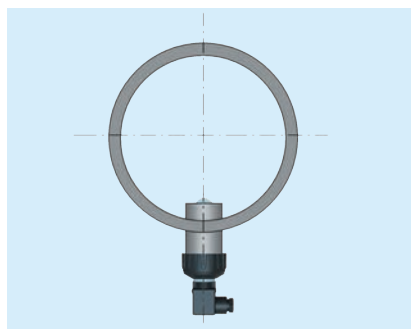
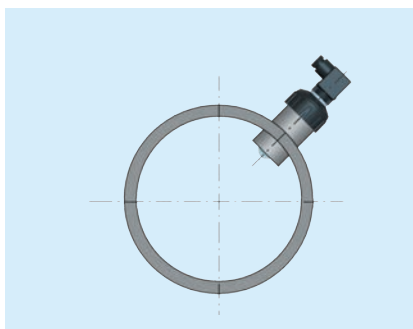
Dans les systèmes à écoulement par gravité, la connexion au réservoir doit être conçue de manière à ce que le niveau ne descende pas en dessous de la sortie : ceci pour éviter que le tuyau n'aspire l'air du réservoir, ce qui entraîne une mesure inexacte du capteur, comme le montre l'image suivante.



En plus de l'emplacement du capteur, il est nécessaire de donner quelques directives sur la position de la partie de mesure du capteur, c'est-à-dire le rotor pour la roue à aubes et les broches pour le capteur de débit électromagnétique.

Celle-ci doit être positionnée à 12 % du diamètre interne où, en se basant sur la théorie de l'insertion, la vitesse moyenne peut être mesurée.

La précision de lecture peut être affectée par les bulles d'air, les sédiments et, pour la roue à aubes, le frottement entre l'arbre et les roulements.



Pour éviter ces problèmes, certaines positions de montage pour des conduites horizontales peuvent être suggérées : par exemple, pour éviter les bulles d'air et les sédiments, la position pour obtenir les meilleures performances est à 45°, comme illustré sur cette image.

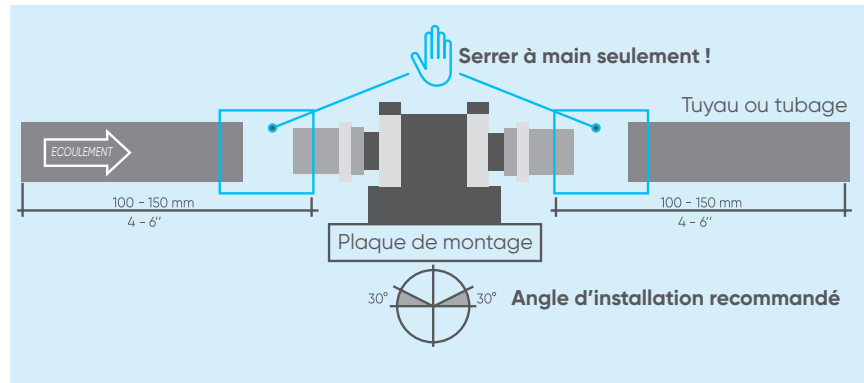
Il est suggéré de ne pas monter le capteur au fond du tuyau, comme illustré sur l'image, s'il peut y avoir la présence de sédiments.

Ces considérations sont valables à la fois pour les capteurs à roue à aubes et les capteurs de débit électromagnétiques. De plus, le capteur à roue à aubes ne doit pas être monté à 90°, sinon la friction peut affecter la mesure. En ce qui concerne l'installation dans une canalisation verticale, elle peut être effectuée en fixant n'importe quelle orientation : l'écoulement vers le haut est préférable pour assurer un tuyau plein. Pour plus d'informations, veuillez vous reporter à la norme EN ISO 5167-1.

2.9.2.2 Capteurs de débit en ligne

Le capteur de débit en ligne peut être installé horizontalement ou verticalement, bien que le débit horizontal soit préféré, car une installation non horizontale peut provoquer une erreur plus importante dans la partie inférieure de la plage de mesure.

Quoi qu'il en soit, un positionnement avec un léger angle d'inclinaison est suggéré au cas où des bulles d'air pourraient être présentes, comme le montre l'image suivante.



Il est suggéré d'installer le capteur avec la flèche pointant vers la direction du flux, de maximiser la distance entre le capteur et la pompe et de ne pas installer le capteur immédiatement en aval des vannes, des coudes ou de tout type d'obstacles : 150 mm de tuyau droit sont suggérés avant et après le capteur.

Tenez compte de la perte de charge associée aux capteurs de débit en ligne, surtout si vous les utilisez dans une canalisation d'un diamètre autre que 6,35 mm. Une chute de pression importante à travers le capteur en ligne peut entraîner une usure prématurée et/ou endommager les roulements et/ou les joints.

2.9.2.3 Débitmètres à section variable

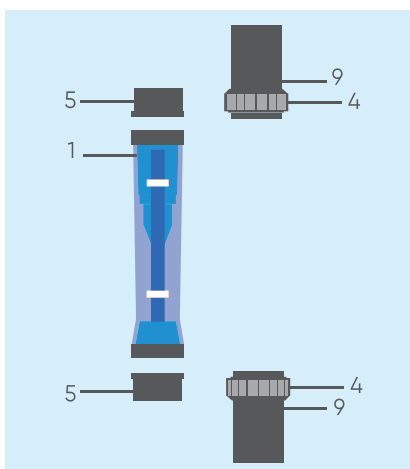
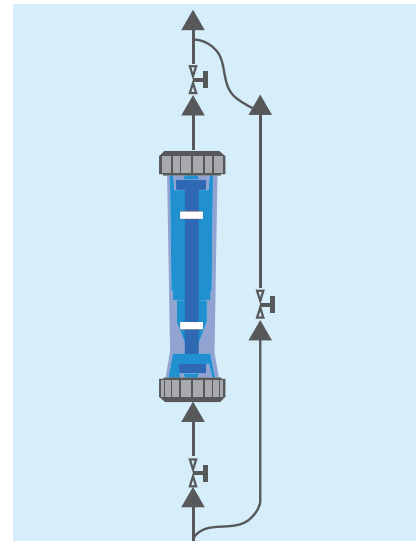
Le débitmètre à section variable ne nécessite pas de recommandations d'installation particulières.

La seule contrainte fondamentale pour une mesure correcte du débit est que cet instrument doit être monté verticalement et sans aucune contrainte.

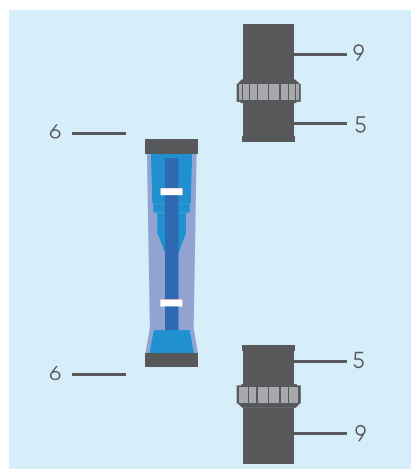
De toute évidence, pour permettre la dépose du débitmètre lorsque la canalisation est pleine, prévoir une vanne d'arrêt avant et après le débitmètre.

Si le débitmètre doit être retiré pendant le fonctionnement, il est suggéré d'installer une dérivation, comme indiqué sur l'image.

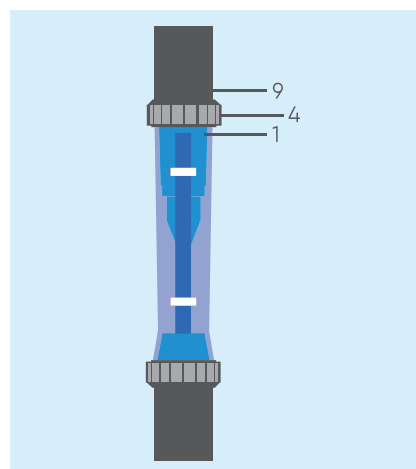
Pour obtenir une installation correcte du débitmètre, il est recommandé de suivre les points suivants associés aux images correspondantes :



- Dévisser les écrous-raccords (4).
- Enfouir les écrous raccords (4) sur les tuyauteries (9).



- Collez (avec de la colle à base de solvant), soudez ou vissez les inserts (5) sur les tuyaux (9).
- Insérez les joints toriques (6) dans le tube doseur.



- Placez le tube doseur (1) entre les tuyaux (9) et vissez-le fermement avec les écrous-raccords (4).
- Après avoir installé le débitmètre, vérifiez l'étanchéité.

Enfin, il convient de souligner les points suivants à prendre en compte lors de la phase de démarrage :

- S'assurer que la pression et la température réelles de fonctionnement ne dépassent pas les limites spécifiées sur la plaque signalétique ;
- Évitez les chocs avec les flotteurs : il est donc recommandé de commencer au démarrage contre une vanne fermée et d'ajuster la pression de service en ouvrant lentement la vanne. En particulier, l'utilisation d'électrovannes n'est pas recommandée dans ce contexte ;
- Lors de la mesure de liquides, la canalisation doit être ouverte avec précaution pour éviter les pics de pression provoqués par des bulles de gaz.
- Dans le cas de la mesure des gaz, la pression de fonctionnement doit être augmentée lentement pour éviter un choc de pression.
- Lors de la mise en service de nouveaux systèmes, des dépôts peuvent s'accumuler dans la zone flottante du flotteur : Aliaxis recommande donc de nettoyer l'équipement après un temps relativement court dans un tel cas ;
- Lors de l'utilisation de l'appareil dans la plage la plus basse, il doit être utilisé pendant une courte période avec un débit élevé pour permettre un nivellement du flotteur.



AVERTISSEMENT : C'est à cela que vous devez faire attention lors de l'installation d'un débitmètre à section variable

- Le flotteur peut tomber ou être endommagé : dévissez soigneusement les écrous-raccords.
- Le tube doseur et le flotteur doivent être propres et exempts de corps étrangers.
- Les capuchons de protection contre la poussière et la protection de transport doivent avoir été retirés.
- Les canalisations doivent être alignées et installées sans aucune contrainte mécanique.
- L'écoulement doit se faire de bas en haut.
- L'installation doit avoir été rincée et être exempte de matières étrangères et de substances nocives.
- Les vibrations de la canalisation doivent être tenues à l'écart du débitmètre par des mesures d'installation appropriées.
- La pression du fluide doit être suffisante pour compenser la perte de pression au niveau du flotteur.



AVERTISSEMENT : Particularités pour la mesure des débits de gaz dans le débitmètre à section variable

- Les vannes doivent être montées derrière l'appareil si $p > 1$ bar et généralement devant l'appareil si $p = 1$ bar.
- Installez un restricteur directement derrière la jauge pour éviter les oscillations de compression pendant la mesure.
- Pour éviter des mesures incorrectes, la disposition doit être telle que la pression de service dans le compteur corresponde à l'étalonnage de la pression de référence.

2.10 Sélection des capteurs de pH et d'ORP

2.10.1 Conception des capteurs pH et ORP

2.10.1.1 Mesure du pH

Un capteur de pH est un instrument utilisé pour mesurer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution, également connu sous le nom de pH, mesuré sur une échelle de 0 à 14.

Le pH se définit comme le logarithme négatif de l'activité de l'ion hydrogène, comme le montre la formule suivante :

$$pH = \log\left(\frac{1}{[H^+]}\right)$$

avec :

[H⁺] est la concentration d'ions d'hydrogène (mol/l)

La valeur du pH est une expression du rapport de [H⁺] à [OH⁻], la concentration en ions hydroxyde.

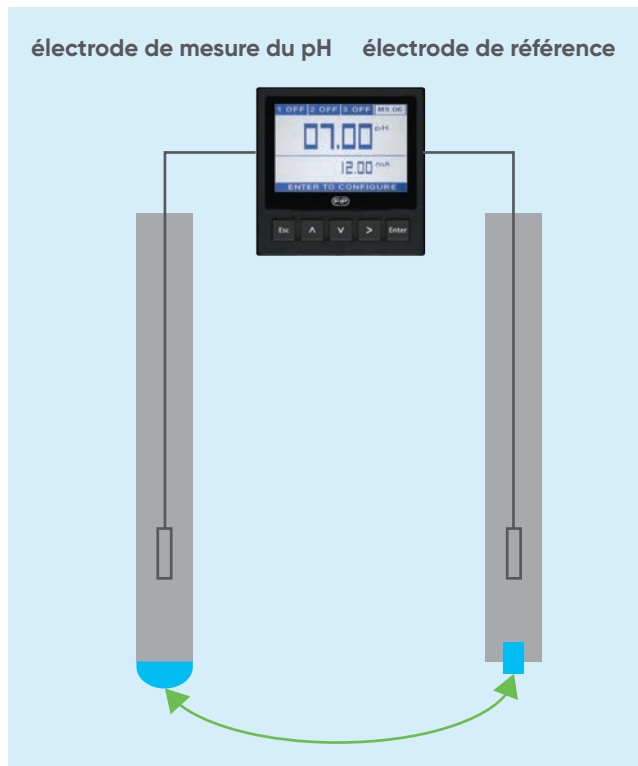
Par conséquent, si le [H⁺] est supérieur à [OH⁻], la solution est acide. À l'inverse, si le [OH⁻] est supérieur au [H⁺], la solution est basique.

À 7 pH, le rapport de [H⁺] à [OH⁻] est égal et donc la solution est neutre.

La mesure du pH par des moyens potentiométriques implique l'utilisation d'une électrode capable de mesurer la concentration en ions hydrogène.

Par conséquent, un système pH se compose de trois parties, comme illustré sur l'image suivante :

- une électrode de mesure du pH, dotée d'une ampoule en verre sensible aux ions hydrogène ;
- une électrode de référence, non sensible à la variation d'activité de l'ion hydrogène ;
- un compteur d'entrée à haute impédance.



Le comportement de l'électrode peut être décrit par l'équation de Nernst de 1889, qui est la suivante :

$$E_p = E_0 - \left(\frac{2,3 * R * T}{n * F}\right) * \log a$$

avec :

E_p = potentiel total entre deux électrodes (mV)

E_0 = potentiel standard de l'ion

R = constante de gaz universelle (J/(mol*K))

T = température (K)

n = charge de l'ion

F = Constante de Faraday (C/mol)

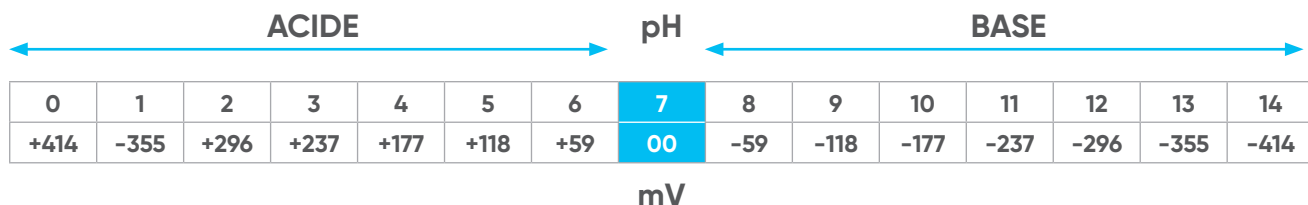
a = activité de l'ion

Le terme entier $(2,3 * R * T) / (n * F)$ est appelé le facteur de Nernst ou facteur de pente. Ce terme spécifie la quantité de variation du potentiel total pour chaque variation décuplée de la concentration ionique.

Pour l'activité ionique d'hydrogène, où $n = 1$, le facteur de Nernst est de 59,16 mV pour une variation d'activité décuplée à 25 °C.

Cela signifie que pour chaque changement de l'unité de pH, le potentiel total à 25 °C change de 59,16 mV.

Comme on peut le voir sur l'image suivante, les solutions alcalines donnent un signal négatif (-mV), les solutions acides un signal positif (+mV) et pH 7 correspond à 0 mV.

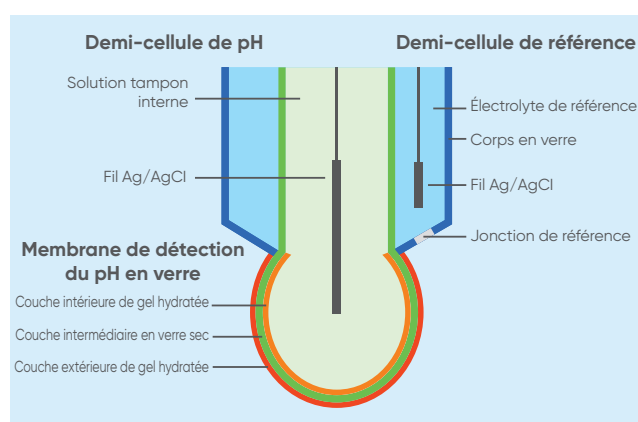


Les électrodes de mesure et de référence peuvent se présenter sous deux formes : deux électrodes physiquement séparées, comme indiqué sur la figure précédente, ou réunies en un seul corps appelé électrode combinée.

L'électrode pH combinée désigne une électrode composée de deux demi-cellules : électrode de mesure et électrode de référence, la partie sensible pH correspondant à une fine membrane de verre sensible aux ions $[H^+]$.

Typiquement, il se compose d'un tube externe contenant un fil d'argent, du chlorure d'argent et un électrolyte, qui agissent comme une électrode de référence et d'un tube intérieur qui agit comme une électrode de mesure, qui contient un fil d'argent, du chlorure d'argent et une solution tampon.

Le tube intérieur est en contact avec la solution de l'échantillon à mesurer à travers une fine membrane de verre placée à son extrémité, tandis que le tube extérieur est en contact avec la solution de l'échantillon à mesurer à travers une membrane poreuse faisant office de pont salin.

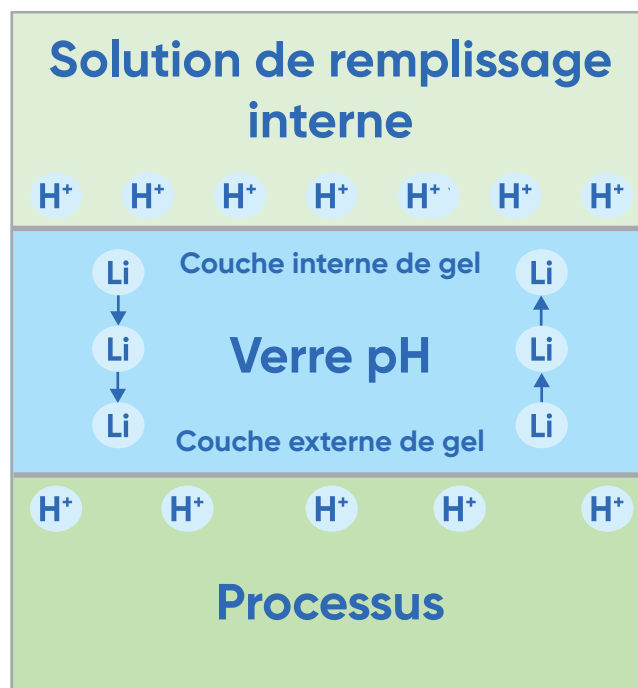


Sur la surface extérieure et intérieure de la fine membrane de verre, l'échange entre les ions Li du verre et les ions $[H^+]$ des solutions avec lesquelles ces surfaces sont en contact a lieu.

La face interne est en contact avec la solution tamponnée à un pH connu et isolée physiquement de l'environnement externe, la face externe est en contact avec la solution testée :

- si la solution est acide, il y aura une accumulation d'ions $[H^+]$ sur la couche superficielle de la membrane ;
- si la solution est basique, il y aura un appauvrissement des ions $[H^+]$ sur la couche superficielle de la membrane.

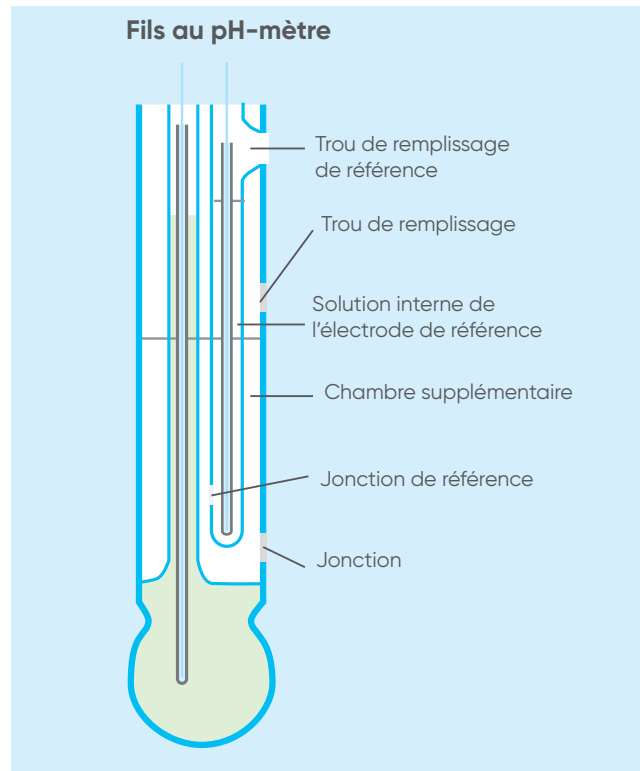
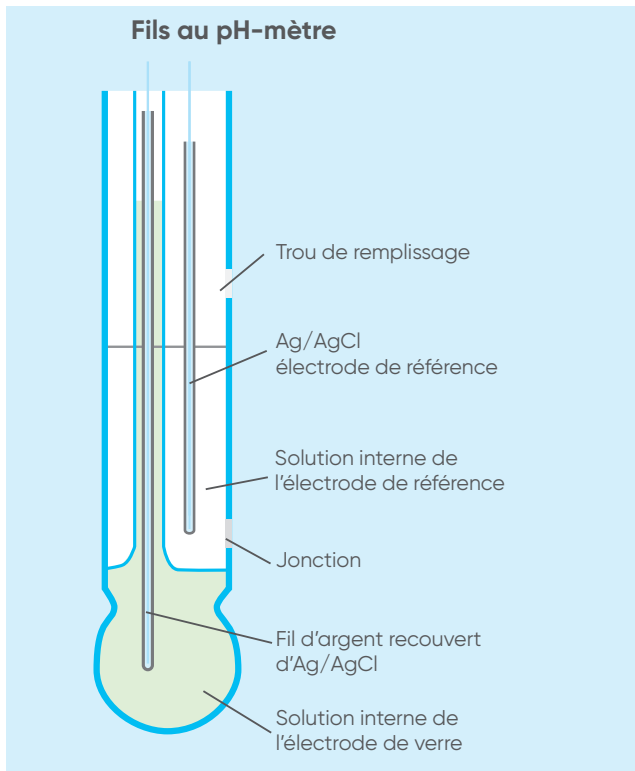
Le potentiel électrique enregistré par l'électrode est dû à ce déséquilibre entre les ions $[H^+]$ présents sur les couches superficielles internes et externes de la membrane.



En ce qui concerne l'électrode de référence, elle peut être réalisée de deux manières :

1) jonction simple : pour les applications à usage général, convient lorsque les chlorures d'anions et de cations d'argent ne sont pas la cause d'une réaction indésirable.

2) double jonction : conseillée lorsqu'il est important d'avoir une barrière supplémentaire pour éviter une contamination de la solution de référence due à la présence de sulfures, de protéines, ou de métaux lourds. En fait, ces électrodes ont un pont de sel supplémentaire pour éviter les réactions entre la solution de l'électrode et l'échantillon qui causerait autrement des dommages à la jonction d'électrode.



Effets de la température sur pH

La température affecte la mesure du pH de deux manières :

- Au fur et à mesure que la température de la solution change, la valeur pH change également, en raison des changements dans les constantes de dissociation des ions de la solution mesurée. L'instrumentation disponible ne peut pas en tenir compte car les constantes de dissociation varient d'une solution à l'autre.
- Étant donné que l'électrode de mesure en verre est un conducteur d'ions, la résistance du verre change avec le changement de température de la solution. En effet, la sortie en millivolts de l'électrode de pH en verre changera avec la température conformément à l'équation de Nernst.

En particulier, à mesure que la température augmente, la tension en millivolts augmente, par exemple :

- à 25 °C, la pente de l'électrode de pH est de 59,16 mV/unité de pH ;
- à 0°C, la pente de l'électrode de pH est de 54,2 mV/unité de pH ;
- à 50°C, la pente de l'électrode de pH est de 64,1 mV/unité de pH.

Ce changement peut être compensé dans le pH-mètre, en fait cette fonction linéaire pour le changement de température vs pH peut être exprimée comme suit :

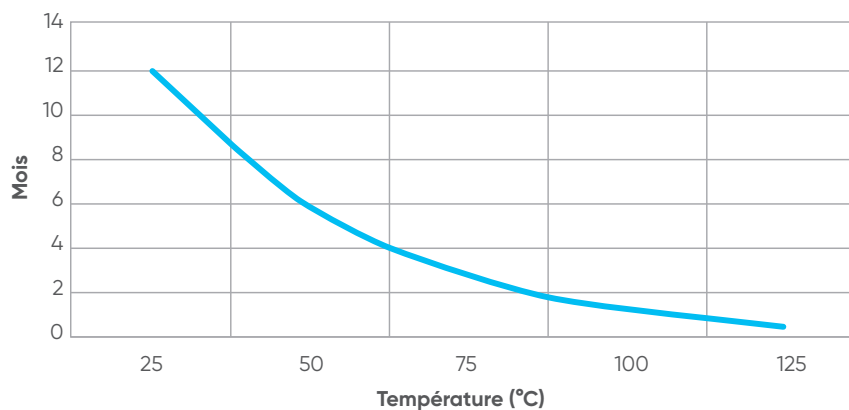
0,003 erreur de pH par unité de pH et par °C.

Pour conclure, il est nécessaire de se rappeler que l'augmentation de la température affecte la vie de l'électrode pH.

La durée de vie typique d'une électrode de pH est d'environ 12 à 18 mois, mais elle est réduite de 50 % chaque fois que la température de fonctionnement augmente de 25 °C, comme le montre le schéma suivant.

Pour conclure, il est nécessaire de se rappeler que l'augmentation de la température affecte la vie de l'électrode pH.

La durée de vie typique d'une électrode de pH est d'environ 12 à 18 mois, mais elle est réduite de 50 % chaque fois que la température de fonctionnement augmente de 25 °C, comme le montre le schéma suivant.



Les suggestions pour minimiser ce problème sont de pratiquer un refroidissement ou de faire des mesures intermittentes au lieu de mesures continues : de cette façon, l'électrode sera moins affectée par le changement de température.

EXEMPLE PRATIQUE

Par exemple, si un système de pH est normalisé dans un tampon pH 7 à 25 °C, à 75 °C, un système de pH non compensé indiquera 4,45 pH parce que :

$$0,003 * (7\text{pH} - 4\text{pH}) * (75\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 0,45$$

2.10.1.2 Mesure d'ORP

L'ORP (Oxydation-Reduction Potential) est la mesure, en millivolts, de la tendance d'une substance ou solution chimique à oxyder ou réduire une autre substance chimique.

En particulier, l'oxydation est la perte d'électrons par un atome, une molécule ou un ion, tandis que la réduction est le gain net d'électrons.

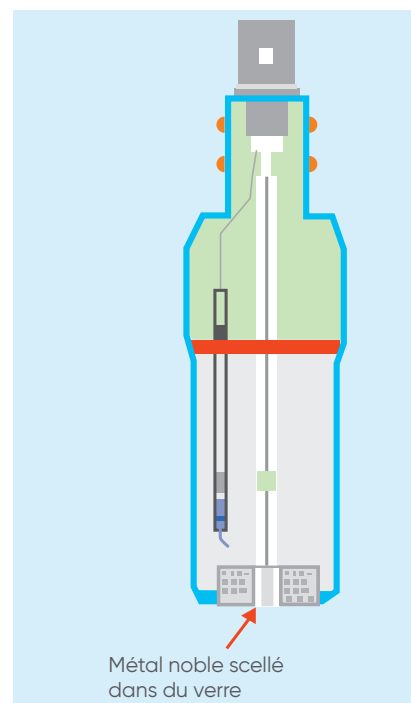
Un capteur ORP se compose d'une électrode ORP et d'une électrode de référence, comme pour la mesure du pH.

Le principe de ce type de mesure est l'utilisation d'une électrode métallique inerte (platine ou or) qui, en raison de sa faible résistance, va céder des électrons à un oxydant ou accepter des électrons à un réducteur.

L'électrode ORP continuera d'accepter ou d'abandonner des électrons jusqu'à ce qu'elle développe un potentiel, en raison de la charge d'accumulation, qui est égal à l'ORP de la solution.

Pour l'électrode de référence, les mêmes considérations que celles faites pour l'électrode de référence de pH s'appliquent.

Cette image montre un système ORP.



2.10.1.3 Électrodes pH/ORP

En fonction des applications et des principales caractéristiques, il existe quatre groupes différents de capteurs de pH et d'ORP :

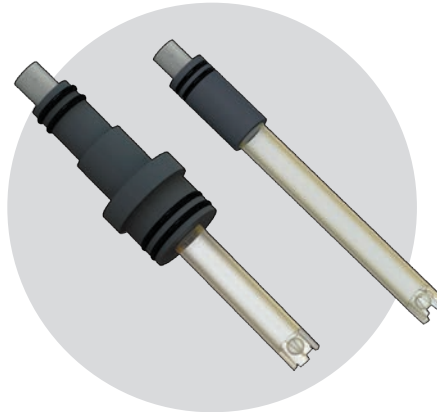
Électrode à bulbe avec corps en époxy

Cette gamme d'électrodes a été conçue pour fournir une solution rentable pour la surveillance en ligne ou en immersion avec une large gamme d'applications.

Des modèles à jonction simple et double sont disponibles et peuvent être utilisés jusqu'à 60 °C. De plus, pour la compensation automatique de la température, une option pH avec sonde de température intégrée est disponible.

Ces électrodes à corps en époxy sont adaptées aux applications suivantes, grâce à la haute résistance chimique du matériau :

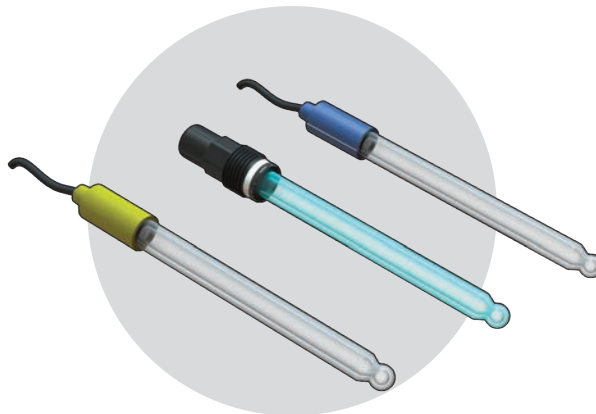
- Traitement de l'eau.
- Systèmes de neutralisation.
- Surveillance de la qualité de l'eau.
- Piscines et spas.
- Aquaculture.
- Agriculture et dispositifs de fertilisation.
- Contrôle de processus.



Électrode à bulbe avec corps en verre

Les électrodes avec corps en verre sont des capteurs haute performance et ont été conçues pour un large éventail d'applications :

- Traitement de l'eau.
- Systèmes de neutralisation.
- Surveillance de la qualité de l'eau.
- Contrôle de processus.
- Agriculture et dispositifs de fertilisation.
- Usine de placage et tannerie.
- Tours de refroidissement et épurateurs



Le joint céramique garantit des performances élevées en termes de pression et de température (jusqu'à 130 °C). Il n'est pas recommandé pour les débits rapides.

Différents types de joints en céramique sont disponibles en fonction des exigences d'application : annulaire pour un temps de réponse plus rapide, avec trois membranes pour une pression plus élevée. De plus, la double jonction empêche la contamination de la solution de référence, ce qui garantit une longue durée de vie.

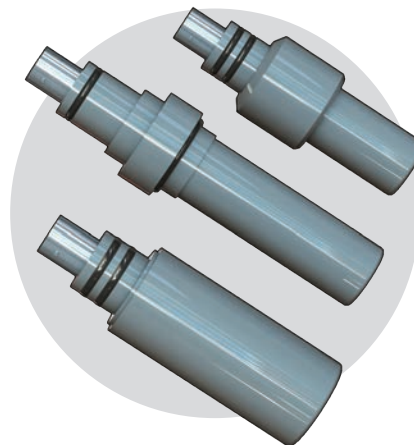
Électrode à surface plane à corps en PVC-C

Il s'agit de la version robuste des électrodes plates traditionnelles avec un effet autonettoyant amélioré : grâce à la surface plane finale, le liquide sale passe sans s'arrêter près de la surface de l'électrode afin de ne pas la contaminer. Il est également suggéré pour un débit rapide.

Dans le corps de l'électrode, il y a une double jonction scellée et remplie de gel : cette conception fournit une barrière supplémentaire contre la contamination du côté de référence et permet aux électrodes d'être utilisées dans des applications sévères, prolongeant ainsi la durée de vie de l'électrode.

Il est utilisé dans plusieurs applications telles que :

- Traitement de l'eau et des eaux usées.
- Pré-chloration et dé-chloration.
- Systèmes de neutralisation.
- Surveillance de la qualité de l'eau.
- Traitement à l'ozone.
- Tours de refroidissement.
- Circuits de chaudières.
- Production d'eau de javel.
- Blanchiment de la pâte à papier.
- Aquaculture.
- Processus de teinture de textile



Électrode à surface plane à corps en Ryton

Cette électrode se caractérise par un corps solide de Ryton relié à une surface plane autonettoyante, elle peut donc être utilisée avec un débit rapide et des liquides sales ; Il dispose d'un capteur de température combiné.

Une grande taille de jonction améliore les performances en présence de solides en suspension.

Il est suggéré pour ces applications :

- Industrie de fabrication et de transformation.
- Transformation chimique.
- Processus de traitement de l'eau.
- Processus de refroidissement.
- Processus de chauffage.



2.10.2 Installation des capteurs pH et ORP

Il y a trois façons d'installer une électrode pH/ORP, il est possible de différencier les capteurs en :

- capteurs en ligne ;
- capteurs en immersion ;
- capteurs à piquage en charge.

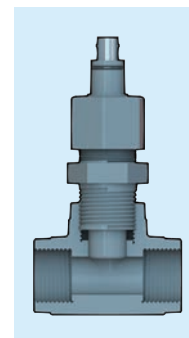
2.10.2.1 Directives d'installation

Installation en ligne

L'installation en ligne est possible pour toutes les familles de capteurs pH/ORP et est recommandée pour un tuyau de dimension allant de DN15 à DN100.

En particulier, pour l'installation dans de petits tuyaux, il est suggéré de faire attention à ce que le verre pH ne soit pas en contact avec la surface du tuyau.

Les électrodes pH/ORP peuvent être installées à 30° maximum de la position verticale, en s'assurant que le capteur est complètement en contact avec la solution mesurée.

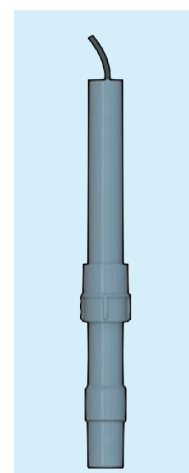


Installation en immersion

L'installation en immersion est disponible pour les électrodes à corps en époxy et pour l'électrode à surface plane à corps en C-PVC.

L'électrode doit être installée près de la sortie du réservoir, loin des zones d'injection, afin de mesurer une solution représentative.

Le capteur doit être en dessous du niveau de vidange pour éviter que l'électrode ne se dessèche.

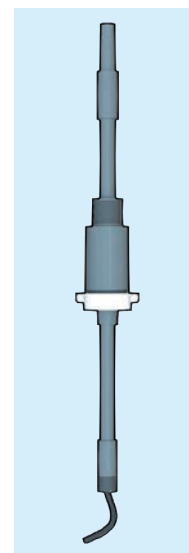


Installation à piquage en charge

L'installation à piquage en charge est disponible uniquement pour une version spéciale de l'électrode à surface plane à corps en PVC-C (PH655CD, ORP655CD).

L'installation à piquage en charge peut être utile dans le cas où l'application nécessite un positionnement de l'électrode différent de la norme 30° par rapport à la position verticale, ainsi que pour une application en ligne où elle ne peut pas être dépressurisée pendant la maintenance.

L'installation à piquage en charge peut également résoudre le problème pour effectuer une installation en ligne sur des tuyaux supérieurs à DN100.



2.10.2.2 Directives opérationnelles

Stockage

Lorsque les lectures de pH sont effectuées peu fréquemment, par exemple à plusieurs jours ou semaines d'intervalle, l'électrode peut être stockée simplement en la replaçant dans sa flacon de protection / capuchon de protection.

Si la solution de stockage dans le flacon est manquante ou a séché, il est recommandé d'utiliser 3M KCl ou un tampon pH 4.

Entretien et nettoyage

La contamination de la surface de mesure d'une électrode peut entraîner des lectures incorrectes, notamment une durée de mesure raccourcie et des temps de réponse lents

Il est évident que le type de contamination détermine la procédure de nettoyage :

- les contaminants molles peuvent être éliminées en remuant vigoureusement, avec un vaporisateur ou, très soigneusement, en essuyant doucement avec un papier ou un chiffon doux, propre et non abrasif.
- N'utilisez pas de brosses ou d'abrasifs sur le verre pH.
- les contaminants durs doivent être éliminés chimiquement : le produit chimique utilisé pour éliminer la contamination doit être le moins agressif, ce qui dissout la contamination en 1 ou 2 minutes et n'attaque pas les matériaux de construction de l'électrode.

La surface d'une électrode de pH ne doit jamais être grattée ou poncée.

En particulier, pour le capteur ORP, l'électrode peut être légèrement abrasée à l'aide de papier de qualité 600, de carbure de silicium humide, de rouge de bijoutier ou de laine d'acier très fine, mais essayez de nettoyer chimiquement avant d'abraser avec du papier de qualité 600.

Remise en état

Si un remise en état est nécessaire en raison du vieillissement de l'électrode, il est recommandé d'essayer les traitements chimiques suivants par ordre de gravité de l'attaque sur le verre de pH. Cependant, ils peuvent ne pas améliorer les performances de l'électrode (et dans certains cas, même les aggraver davantage).

- Trempez l'extrémité de l'électrode dans 0,1 M HCl pendant 15 secondes, rincez à l'eau du robinet, puis immergez l'extrémité dans 0,1 M NaOH pendant 15 secondes et rincez à l'eau du robinet.

Répétez cette séquence trois fois, puis vérifiez à nouveau les performances de l'électrode.

Si la performance n'a pas été restaurée, essayez l'étape suivante.

- Trempez l'extrémité dans une solution à 20 % de bifluorure d'ammonium pendant 2 à 3 minutes, rincez-le à l'eau du robinet et vérifiez à nouveau les performances.

Si la performance n'a pas été restaurée, essayez l'étape suivante.

- Immergez l'extrémité de l'électrode dans 5 % HF pendant 10 à 15 secondes, rincez bien à l'eau du robinet, rincez rapidement à 5 M HCl, rincez bien à l'eau du robinet et vérifiez à nouveau les performances.

Si la performance n'a pas été restaurée, une autre électrode pH doit être utilisée.

Pour le capteur ORP, il est recommandé de nettoyer les surfaces métalliques avec un agent légèrement abrasif tel que du dentifrice ou de la poudre à récurer très fine.



AVERTISSEMENT

Prenez les précautions appropriées lors de la manipulation des produits chimiques dangereux précédents.

Le bifluorure d'ammonium et l'acide fluorhydrique sont extrêmement dangereux et ne doivent être utilisés que par du personnel qualifié.

Étalonnage

L'étalonnage est fondamental pour obtenir une bonne précision et une mesure fiable.

La fréquence d'étalonnage est fonction de l'électrode, du pH-mètre et des solutions auxquelles l'électrode est exposée.

De plus, cette fréquence dépend de la température de l'application et de la criticité de la mesure.

L'étalonnage automatique avec la valeur standard du tampon (pH 7, pH 4, pH 10) peut être utilisé à des fins générales.

Il est nécessaire de considérer que le tampon pH 10 est moins stable que le tampon pH 4 car le CO₂ peut s'y dissoudre, par conséquent, si le même flacon tampon est utilisé pour plusieurs étalonnages, il est préférable de préférer le tampon pH 4.

N'oubliez pas de nettoyer l'électrode dans de l'eau avant de la tremper dans chaque tampon afin d'éviter une contamination du tampon.

Dans le cas où une précision supérieure à une valeur fixe est nécessaire, un étalonnage manuel peut être utilisé pour effectuer un étalonnage en utilisant des tampons autour de la valeur attendue.

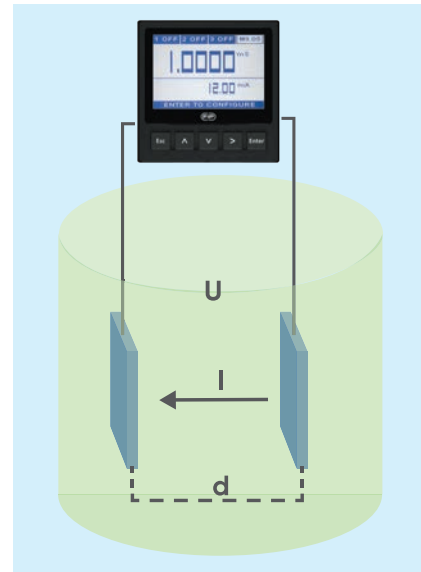
2.11 Sélection des capteurs de conductivité

2.11.1 Conception des capteurs de conductivité

2.11.1.1 Mesure de la conductivité

La conductivité est la capacité d'une solution électrolytique à passer un courant électrique. Ce courant est transporté par des cations et des anions. L'unité de conductivité SI est de Siemens par mètre (S/m) et fait référence à 25 °C. La capacité d'une solution à conduire l'électricité dépend de plusieurs facteurs, tels que la concentration, la mobilité et la valence des ions, et la température.

La conductivité est mesurée en appliquant une tension imposée (U) à deux électrodes immergées dans une solution à une certaine distance (d). Au cours de ce processus, les cations migrent vers l'électrode négative, les anions vers l'électrode positive et la solution agit comme un conducteur électrique. De cette manière, le courant généré (I) et la conductivité ou la résistivité peuvent être mesurés.



De plus, pour calculer la conductivité, il est fondamental de savoir la constante de cellule. Il est défini comme le rapport de la distance (d) entre les électrodes et la zone (S) des électrodes telle que décrite par l'équation suivante :

$$K = \frac{d}{S}$$

avec :

K = constante de cellule (m⁻¹)

d= distance entre électrodes (m)

S= surface des électrodes (m²)

Par conséquent, la conductivité peut être exprimée comme suit :

$$k = \frac{d}{S} * \frac{1}{R}$$

avec :

k = conductivité (S/m)

d = distance entre électrodes (m)

S= surface des électrodes (m²)

R = résistance (ohm = 1/S)

La constante de cellule est fondamentale pour le calcul de la conductivité, car elle affecte directement la sensibilité et la précision de la mesure.

En particulier, des constantes de cellule plus faibles sont nécessaires pour fournir un bon signal à l'instrument de mesure pour les échantillons à faible conductivité (donc haute résistivité). Inversement, des constantes de cellule plus élevées sont nécessaires pour mesurer des échantillons à haute conductivité (donc à faible résistivité). L'instrument de mesure doit connaître la constante de cellule exacte du capteur connecté et normaliser la lecture en conséquence.

À titre d'exemple, le tableau suivant montre quelques valeurs de constante de cellule en fonction de la plage de fonctionnement du capteur et des applications.

| Constante de cellule (K) | 0,01 | 0,1 | 1 | 10 |
|--------------------------------|-------------------|--|--|---|
| Plage de fonctionnement | 0,055 µS à 200 µS | 0,1 µS à 2000 µS Optimum : 0,5 µS à 200 µS | 1 µS à 20000 µS Optimum : 5 à 10 000 µS | 10 µS à 200000 µS Optimum : 0,5 mS à 200 mS |
| Applications | Eau ultra-pure | Eau déminéralisée, eau distillée | Eau distillée, eau du robinet, tour de refroidissement | Eaux usées, eau de mer |

Effets de la température sur la conductivité

La température a un effet significatif sur la conductivité.

En général, une augmentation de la température de la solution entraîne une diminution de sa viscosité et une augmentation de la mobilité et du nombre d'ions en solution en raison de la dissociation des molécules

Comme la conductivité d'une solution dépend de ces facteurs, une augmentation de la température de la solution entraînera une augmentation de sa conductivité.

Par exemple, dans de faibles concentrations ioniques, comme l'eau très pure, l'ionisation de l'eau fournit plusieurs ions conducteurs : ce processus dépend de la température et, par conséquent, la conductivité dépend de la température.

Cette dépendance est généralement exprimée comme une variation relative par degré Celsius à une température particulière, appelée température de référence, correspondant généralement à 25 °C, 20 °C ou 18 °C.

La taux à laquelle la conductivité d'une solution augmente est appelée coefficient de variation de température ou coefficient de compensation de température.

Le coefficient de variation est différent pour chaque solvant ou mélange, certaines valeurs en fonction de différents liquides peuvent être trouvées dans le tableau suivant. Lors de la réalisation de lectures de conductivité à haute et basse température, les données sont généralement normalisées à 25 °C.

| Solution | Coefficient de variation de température %/°C à 25 °C |
|----------------|--|
| Eau ultra-pure | 5,5 |
| NaOH 5% | 2,01 |
| NaOH 30 % | 4,50 |
| HCl 5 % | 1,58 |
| HCl 30% | 1,52 |
| KCl 5 % | 2,01 |
| KCl 20% | 1,68 |
| Eau douce | ~ 2.0 |

À partir de ces données, il est clair qu'une petite différence de température fait une grande différence de conductivité, et l'effet est très gênant lorsqu'un haut degré de précision est requis.

2.11.2.1 Électrodes de conductivité

En fonction des applications et des principales fonctionnalités, il existe trois groupes différents de capteurs de conductivité :

Capteur en graphite ou en platine

Ces capteurs de conductivité sont équipés d'électrodes en graphite ou en platine pour une haute résolution et le corps, en résine époxy, garantit une résistance et une fiabilité élevées.

Ils sont capables d'assurer une mesure précise et à haute résolution grâce également au capteur de température inclus, combiné à l'indicateur de fonction ATC (compensation automatique de la température).

De plus, les électrodes sont efficacement protégées, il est donc peu probable que la constante de cellule soit endommagée par la présence de solides. Il existe trois constantes de cellule (0,1, 1, 10), selon l'intervalle d'exercice souhaité.

Ils peuvent être utilisés pour des applications de laboratoire et industrielles sur des fluides propres, tels que :

- Concentrations de produits chimiques.
- Industrie agro-alimentaire.
- Génération de vapeur.
- Finition métallique et exploitation minière.
- Industrie textile.
- Pâte à papier et papier.
- Traitement de l'eau.
- Osmose inverse.
- Désionisation.
- Distillation.
- Aquaculture.
- Agriculture et dispositifs de fertilisation.



Capteur de conductivité en acier inoxydable

Deux types de séries différentes font partie des capteurs en acier inoxydable.

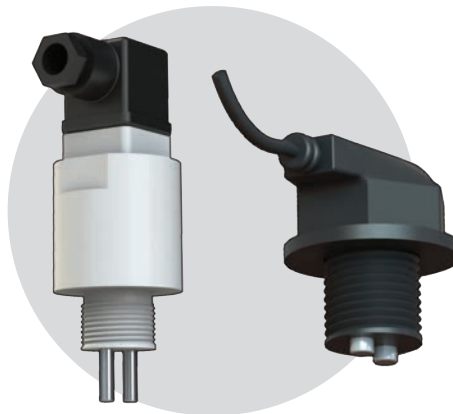
En particulier, la série C100 est conçue pour l'agriculture et pour les applications industrielles légères et les fluides sales, où les conditions des échantillons permettent l'utilisation d'acier. Il est utilisé par exemple dans des applications dans lesquelles des phénomènes de colmatage peuvent se produire :

- Traitement de l'eau.
- Industrie agro-alimentaire.
- Agriculture.
- Chaudière de la centrale électrique.

Ce type de capteur se caractérise par un rapport coût/performance particulièrement avantageux.

La combinaison du capteur de température avec la fonction ATC (compensation automatique de température) de l'indicateur permet d'obtenir une mesure précise. En outre, le large choix de constantes de cellule garantit la disponibilité du produit le plus adapté à d'innombrables applications spécifiques.

La série C300, quant à elle, a été conçue pour la surveillance de l'eau ultra-pure, avec une constante de cellule certifiée 0,01 et pour les eaux usées avec une constante de cellule 10.



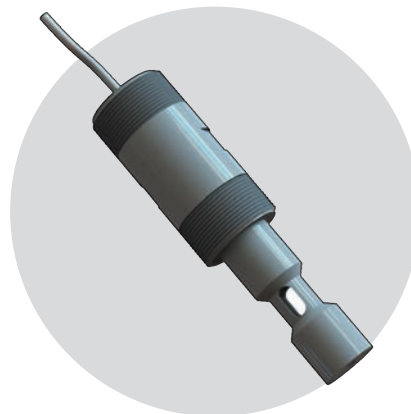
Transmetteur de conductivité inductif

Ce transmetteur de conductivité inductif se compose d'un dispositif de sortie 4-20mA intégré dans un capteur de conductivité inductif. Ce type de technologie de mesure permet un large éventail d'applications, en particulier pour mesurer des valeurs élevées de conductivité (de 10 mS à 1000 mS) dans des fluides agressifs, en fait le C-PVC est le seul matériau en contact avec le fluide).

Comme aucune électrode n'est directement en contact avec le liquide, une mesure fiable et stable est garantie pendant une longue durée de fonctionnement. Le boîtier de l'appareil est équipé d'une compensation automatique de température (ATC).

Il est principalement utilisé dans les applications suivantes :

- Traitement de l'eau et des eaux usées.
- Tours de refroidissement.
- Systèmes d'épurateurs.
- Finition des métaux et fluides anti-corrosion.



2.11.2 Installation des capteurs de conductivité

Il existe deux façons d'installer un capteur de conductivité, il est donc possible d'avoir :

- capteurs en ligne :
- capteurs en immersion.

2.11.2.1 Directives d'installation

Installation en ligne

L'installation en ligne est disponible pour tous les capteurs de conductivité.

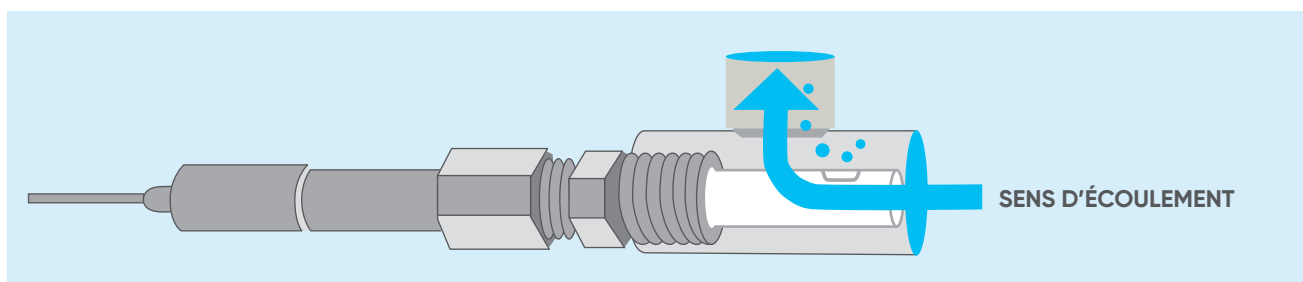
En particulier, il est possible d'effectuer deux types différents d'installation en ligne :

- Perpendiculaire à une canalisation droite avec un raccord té approprié : cette installation doit être effectuée avec un ensemble inversé (ou au moins avec un angle de 45°), car cette condition permet d'éviter les poches d'air ;
- Par le côté d'un raccord té : ce type d'installation est préférable car cette configuration réduit la probabilité de bulles d'air piégées et fournit le meilleur échantillonnage continu du liquide.

Il est toujours nécessaire de faire attention à ce que les électrodes du capteur soient complètement immergées dans une solution représentative, donc pas dans un volume mort.

Les capteurs de conductivité peuvent fonctionner parfaitement dans n'importe quelle direction.

Un exemple d'installation en ligne est présenté sur l'image suivante.

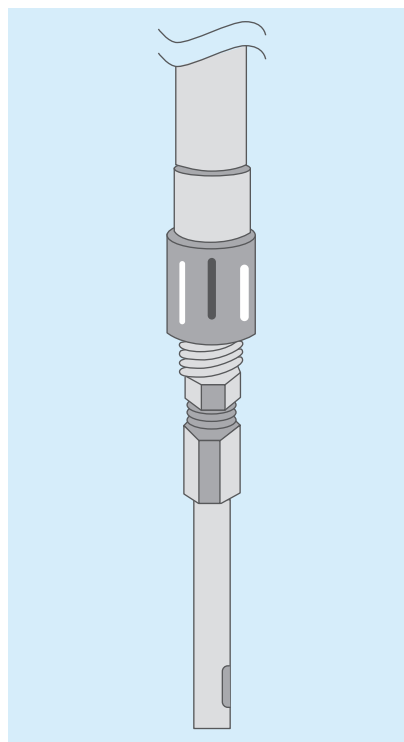


Installation en immersion

Les capteurs de conductivité en graphite et en platine conviennent à une installation en immersion.

Le capteur doit être installée près de la sortie du réservoir, loin des zones d'injection, afin de mesurer une solution représentative.

L'image suivante montre un exemple d'installation en immersion.



2.11.2 Directives opérationnelles

Entretien et nettoyage

Tous les capteurs de conductivité peuvent être nettoyés avec un détergent doux. En outre, les familles de capteurs graphite ou platine peuvent être nettoyées à l'aide d'une solution HCl à 5 %.

Ne poncez pas et n'abrasez pas la surface des électrodes car l'abrasion modifie la surface et provoquera des lectures erronées.

De toute façon, chaque solution compatible avec le matériau des électrodes et le matériau du corps du capteur peut être utilisée.

Étalonnage

L'étalonnage est fondamental pour obtenir une bonne précision et une mesure fiable.

La fréquence d'étalonnage est fonction du capteur, des solutions qui doivent être mesurées et elle est corrélée à la criticité de la mesure.

Veiller à ce que les bulles d'air ne soient pas présentes lors de l'étalonnage car une telle situation pourrait entraîner des relevés erronés.

Comme la température affecte fortement la mesure de la conductivité, il est nécessaire de faire attention à :

- température de référence (elle doit être la même pour la solution de surveillance et d'étalonnage) ;
- compensation de température : si cette option est activée, la valeur de conductivité de la solution d'étalonnage à la température de référence doit être utilisée. S'il n'est pas activé, il est recommandé d'utiliser la valeur de conductivité de la solution d'étalonnage à la température de la solution d'étalonnage ;
- facteur de compensation de la température : vérifier s'il est approprié pour l'étalonnage et la solution mesurée.



3. Directives d'installation

3.1 Méthodes d'assemblage

L'une des raisons pour lesquelles de plus en plus de secteurs civils et industriels se tournent vers les résines thermoplastiques pour résoudre les problèmes de conception et de construction des canalisations, peut être identifiée dans la grande facilité de réaliser des joints entre tuyaux et raccords thermoplastiques en utilisant différentes techniques opératoires.

Cette polyvalence, combinée aux autres caractéristiques physico-chimiques mentionnées ci-dessus, telles que la bonne résistance aux agents chimiques et l'inertie à la corrosion électrochimique, a permis de réduire les coûts d'installation et de maintenance des tuyaux thermoplastiques, favorisant leur utilisation dans des applications à moyen et long terme, y compris par rapport aux matériaux de construction traditionnels.

En fonction du type de raccord souhaité, des caractéristiques physiques et mécaniques du matériau de construction et des conditions d'utilisation et de fonctionnement, le raccordement longitudinal de tuyaux et de raccords en résine thermoplastique peut être réalisé en recourant à plusieurs systèmes d'assemblage qui ont souvent des investissements et des coûts très différents.

Les systèmes d'assemblage pour le raccordement de tuyaux thermoplastiques sont classés en deux grands groupes, les joints longitudinaux permanents et les joints longitudinaux amovibles.

Dans ce chapitre, nous voulons offrir un soutien adéquat à tous les installateurs qui doivent s'occuper de l'installation de tuyaux et raccords thermoplastiques pour la première fois.

À cette fin, les données et les informations jugées nécessaires et utiles pour effectuer une installation correcte des composants en résine thermoplastique selon les principales techniques actuellement adoptées dans la construction de tuyaux pour le transport de fluides sous pression ont été résumées.

Joint permanents

Les systèmes de jonction permanente sont tous ceux qui, en exploitant un processus physico-chimique irréversible, réalisent des raccords longitudinaux inamovibles.

Compte tenu de la nature permanente du raccordement, l'utilisation de ces systèmes est largement utilisée lorsqu'une résistance mécanique élevée du joint et une sécurité extrême dans le transport de fluides ou de substances dangereux ou toxiques pouvant être contaminés par des agents externes sont requises.

Les systèmes de joints de type permanent suivants sont largement utilisés dans la pose de tuyaux thermoplastiques et sont décrits dans les chapitres suivants :

- soudage au solvant ;
- soudage bout à bout ;
- soudage infrarouge ;
- soudage par emboîtement ;
- soudage au gaz chaud ;
- électrosoudage.

Pour évaluer les connaissances et les compétences pratiques d'un soudeur qui est amené à effectuer des soudures dans la construction de nouveaux produits en plastique ou à effectuer des réparations éventuelles, il est nécessaire de se référer à la norme EN 13067.

De plus, à la fin de chaque chapitre concernant chaque joint permanent, les défauts les plus courants qui peuvent survenir sont décrits : pour plus de détails, il est conseillé de consulter la norme EN 14728.

Joint amovibles

Les systèmes de joints amovibles sont ceux qui, à l'aide d'éléments mécaniques particuliers, permettent de retirer le raccordement sans affecter l'intégrité de la canalisation.

Ils sont adaptés aux applications pour lesquelles une maintenance et une inspection périodiques des tuyaux sont nécessaires.

En particulier, les systèmes d'assemblage amovible suivants sont décrits dans les chapitres suivants :

- assemblage avec des éléments bridés ;
- assemblage avec des éléments filetés ;
- assemblage mécanique avec raccord Straub.

3.1.1 Soudage au solvant

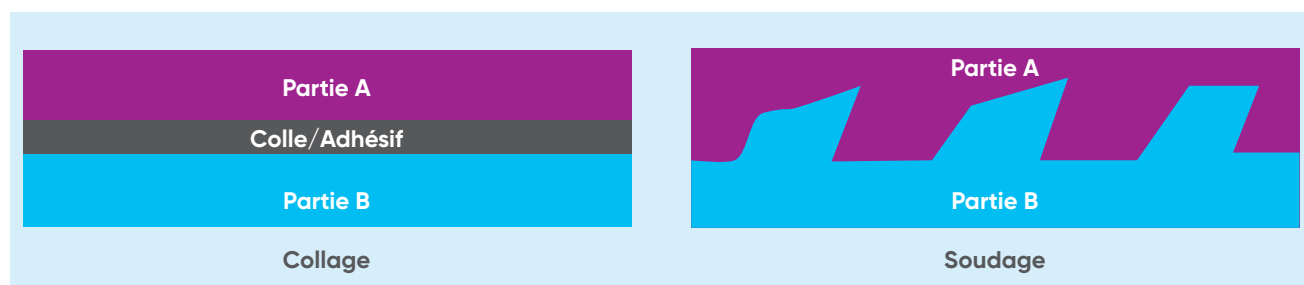
Le soudage chimique avec des solvants est le système d'assemblage longitudinale le plus répandu pour l'accouplement de tuyaux, raccords et vannes fabriqués en PVC-U, PVC-C et ABS.

Les termes « colle » et « colle au solvant » sont souvent utilisés de manière interchangeable en référence à l'installation de tuyauteries thermoplastiques : à un niveau fondamental, les deux atteignent l'objectif immédiat de joindre les tuyaux et les raccords, mais les substances sont en fait très différentes.

La colle fonctionne avec adhérence et cohésion. Lorsque deux morceaux de tuyau sont collés ensemble, les forces adhésives sont celles qui relient la colle à chaque morceau de tuyau et une force cohésive maintient la colle sur elle-même.

D'autre part, la soudure au solvant fonctionne de manière complètement différente : elle est réalisée à l'aide de colles au solvant obtenus en dissolvant le polymère PVC-C, PVC-U et ABS dans un mélange. Ce solvant liquéfie les parois du tuyau et du raccord, ce qui permet au matériau constitutif de se combiner chimiquement et d'être ensuite soudé.

L'image suivante montre la différence entre le collage et le soudage au solvant.



Cela permet donc d'obtenir des connexions longitudinales permanentes avec des caractéristiques mécaniques et chimiques similaires à celles correspondantes des tuyaux et raccords utilisés.

Les mélanges doivent être sélectionnés en fonction du type de résine thermoplastique à souder, car la nature du solvant change en fonction de celui-ci.

Il faut également remarquer que tous les solvants chimiques destinés au joint longitudinal des canalisations thermoplastiques doivent être utilisés pour le raccordement de tuyaux homogènes et d'accessoires de ligne : il faut absolument éviter l'utilisation du même solvant pour le soudage d'éléments produits en résine thermoplastique différente.

3.1.1.1 Soudage au solvant des systèmes de tuyauterie PVC-U

Dans l'installation de canalisations en PVC-U rigide, le soudage au solvant doit être considéré comme le système d'assemblage le plus courant, car il associe à une large possibilité de raccordement avec des raccords et des accessoires en PVC-U un engagement limité de ressources pendant la phase de montage.

L'utilisation de cette technique d'assemblage demande l'utilisation de tuyaux et de raccords avec des extrémités avec embouts: la soudure par emboîtement au solvant permet d'obtenir des joints avec un coefficient de soudage élevé qui maintient inchangé l'exigence de résistance à la pression interne des tuyaux et raccords raccordés.

Sauf indication contraire, la colle au solvant utilisée sur les surfaces à assembler doit également pouvoir être utilisée avec les tolérances suivantes :

- interférence maximale 0,2 mm ;
- jeu maximum 0,6 mm.

Le tableau suivant présente la valeur de la pression d'épreuve hydraulique qui doit être atteinte par des joints collés selon la norme ISO 15493 et un facteur de sécurité de 2,5.

| Température du test (°C) | Durée min. du test (h) | Pression du test (kg/cm ²) |
|--------------------------|------------------------|--|
| 20 | 1000 | 0,6 x PN |
| 60 | 1000 | 1,7 x PN |

Comme toute possibilité de joindre directement des tuyaux avec des accessoires d'autres composés n'est pas autorisée, le soudage par solvant est souvent couplé à des jonctions amovibles, telles que des brides ou des filetages, etc., permettant de toute façon l'utilisation de canalisations PVC-U rigides également dans des lignes particulièrement sophistiquées contenant divers instruments et accessoires.

Afin d'obtenir une connexion parfaite entre le tuyau et le raccord, il est nécessaire de choisir et d'utiliser la colle la plus appropriée conçue et produite pour le joint longitudinal des tuyaux en PVC rigide, en fonction des caractéristiques dimensionnelles des éléments de raccordement et de l'état de service auquel sera soumise la jonction qui vient d'être réalisée.

Instructions de soudage pour le raccordement longitudinal des tuyaux et raccords dans le PVC-U

Avant de commencer toute opération de soudage au solvant, il convient de vérifier l'efficacité et l'état des équipements utilisés et des pièces à assembler, notamment l'uniformité, la fluidité et la date de péremption de la colle au solvant.

Les principales étapes que nécessite le soudage au solvant sont les suivantes :



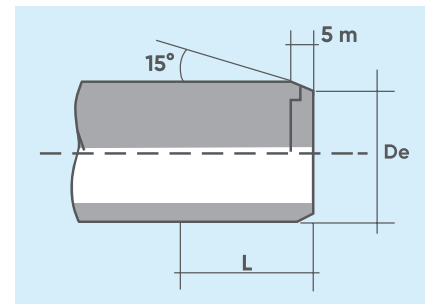
1) Couper le tuyau perpendiculairement à son axe pour obtenir une section carrée propre, de préférence à l'aide d'un coupe-tube à roues conçu spécifiquement pour les tuyaux thermoplastiques.



2) Chanfreiner les bords extérieurs du tuyau afin de s'assurer qu'il pénètre dans l'embout du raccord à un angle de 15°.

L'opération de chanfreinage doit être effectuée à tout prix, sinon l'absence de chanfrein peut entraîner un raclage du solvant de la surface du raccord, compromettant ainsi l'efficacité du joint. Le chanfreinage doit être effectué à l'aide de l'outil de chanfreinage approprié.

Pour plus de détails sur la longueur du chanfrein en fonction de la longueur et du diamètre du tuyau, reportez-vous au tableau suivant et à l'image correspondante.



| Diamètre extérieur De (mm) | Longueur de collage L | Chanfrein Sm (mm) |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| 16 | 14 | - |
| 20 | 16 | 1,5 |
| 25 | 18,5 | 3 |
| 32 | 22 | 3 |
| 40 | 26 | 3 |
| 50 | 31 | 3 |
| 63 | 37,5 | 5 |
| 75 | 43,5 | 5 |
| 90 | 51 | 5 |
| 110 | 61 | 5 |
| 125 | 68,5 | 5 |
| 140 | 76 | 5 |
| 160 | 86 | 5 |
| 180 | 96 | 5-6 |
| 200 | 106 | 5-6 |
| 225 | 118,5 | 5-6 |
| 250 | 131 | 5-6 |
| 280 | 146 | 5-6 |
| 315 | 163,5 | 5-6 |



3) Mesurer la profondeur de l'embout du raccord jusqu'à l'épaulement intérieur.



4) Marquer la distance correspondante à l'extrémité du tuyau.

NOTA : ne réaliser aucun marquage par gravure.



5) À l'aide d'une serviette en papier propre ou d'un applicateur imbibé d'apprêt nettoyant, éliminer toute trace de saleté ou de graisse de la surface extérieure du tuyau sur toute la longueur de collage.

Répéter la même opération sur la surface intérieure de l'embout du raccord afin de laisser les surfaces adoucies.

Laisser sécher les surfaces quelques minutes avant d'appliquer la colle au solvant.

N'oubliez pas qu'en plus de nettoyer les surfaces des joints, le nettoyant-apprêt joue également le rôle important d'adoucir et de préparer la surface à recevoir le solvant, une opération qui permet d'obtenir un joint parfait.

REMARQUE : évitez de manipuler les surfaces propres.



6) Appliquer la colle au solvant de manière uniforme longitudinalement sur les deux pièces à assembler, de sorte que la surface extérieure du tuyau et la surface intérieure du raccord soient en contact avec la colle.

L'application de la couche de colle sur les tuyaux et les raccords doit être étendue sur toute la longueur des surfaces de montage, et expressément :

- sur toute la longueur de l'extrémité du tuyau, préalablement marquée sur sa surface externe (image **A**),
- à toute la profondeur de l'embout du raccord jusqu'à la butée interne (image **B**).



Pour ce faire, il est conseillé d'utiliser un pinceau rugueux et propre correctement dimensionné, sa dimension ne doit pas être inférieure à la moitié du diamètre du tuyau : pour des informations plus détaillées, reportez-vous au tableau suivant.

| Diamètre extérieur DE (mm) | Type de pinceau ou d'applicateur | Dimensions du pinceau ou de l'applicateur (mm) |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| 16-25 | Ronde | 8-10 |
| 32-63 | Ronde | 20-25 |
| 75-160 | Rectangulaire/ronde | 45-50 |
| >160 | Rectangulaire/cylindrique | 45-50 |
| >160 à 315 | Rectangulaire/cylindrique | 60-65 |



7) Le tuyau doit être inséré dans le raccord ou la vanne immédiatement après l'application du solvant, sans rotation ; seulement après avoir atteint la profondeur d'insertion prévue, il est possible de tourner jusqu'à un maximum de 1/4 de tour entre le tube et le raccord.

8) En fonction du diamètre extérieur du tuyau et des éventuelles difficultés de manipulation, l'insertion du tuyau dans le raccord doit être effectuée :

- manuellement par une seule personne pour des diamètres extérieurs < 90 mm ;
- manuellement par deux personnes pour des diamètres extérieurs de 90 mm < De < 160 mm ;
- en utilisant des tire-tuyaux mécaniques pour des diamètres externes > 160 mm.



9) Immédiatement après avoir entièrement inséré le tuyau dans le raccord, appliquer une pression sur les pièces assemblées pendant quelques secondes.

Ensuite, utiliser du papier crépon ou un chiffon propre pour enlever tout excès de colle au solvant des surfaces extérieures et des surfaces intérieures si possible.



10) Les pièces jointes doivent être laissées au repos afin de permettre à la colle au solvant de durcir naturellement sans générer de contraintes inutiles.

Le temps de prise dépend de la quantité de contrainte sous laquelle le joint sera placé.

En particulier, les temps de prise minimum suivants doivent être respectés en fonction de la température ambiante :

- avant de manipuler le joint :
 - de 5 à 10 minutes pour une température ambiante > 10 °C,
 - de 15 à 20 minutes pour une température ambiante < 10 °C;
- pour les joints sur tuyaux de toute taille ou pression non soumis à épreuve hydraulique :
 - 1 heure pour chaque atm de pression appliquée;
- pour les joints dans les tuyaux et raccords de tout diamètre soumis à des essais de pression jusqu'à PN 16 :
 - 24 heures minimum.

Les temps de prise du colle au solvant indiqués sont valables à température ambiante (environ 25 °C) : pour des conditions climatiques particulières (humidité, température...). Nous vous conseillons de vous rapprocher de notre service technique et/ou du fabricant de la colle au solvant pour plus d'informations.

Quantité de colle au solvant pour matériau PVC-U

La quantité de colle au solvant utilisée sur les joints dépend d'un certain nombre de facteurs (conditions environnementales, taille du tuyau, viscosité du colle, expérience de l'opérateur, etc.) qui sont souvent difficiles à quantifier.

À cet égard, le tableau indique les quantités approximatives de colle normalement utilisées pour l'assemblage des tuyaux et des raccords en PVC en fonction du diamètre.

| D (mm) | Nombre de joints par kg de colle au solvant |
|--------|---|
| 16 | 550 |
| 20 | 500 |
| 25 | 450 |
| 32 | 400 |
| 40 | 300 |
| 50 | 200 |
| 63 | 140 |
| 75 | 90 |
| 90 | 60 |
| 110 | 40 |
| 125 | 30 |
| 140 | 25 |
| 160 | 15 |
| 180 | 12 |
| 200 | 10 |
| 225 | 6 |
| 250 | 4 |
| 280 | 2 |
| 315 | 2 |

3.1.1.2 Soudage au solvant des systèmes de tuyauterie PVC-C

Grâce à la haute qualité de la résine et aux propres caractéristiques mécaniques et physico-chimiques du PVC-C, cela représente l'une des solutions les plus économiques dans la gamme des matériaux thermoplastiques afin de résoudre les problèmes qui peuvent être rencontrés dans la distribution d'eau sanitaire chaude et froide et dans le transport de produits chimiques agressifs sous pression.

Les principales raisons de cette préférence sont à attribuer aux propriétés suivantes :

- résistance élevée à des produits chimiques particulièrement agressifs ;
- inerte à la corrosion électrochimique (optimale pour acheminer l'eau chaude sanitaire dans les centrales conventionnelles et solaires) ;
- coefficient réduit de conductivité thermique (quasi-élimination des problèmes de condensation) ;
- résistance élevée au vieillissement, grâce aux caractéristiques chimiques et physiques du matériau de base ;
- une faible rugosité surfacique qui réduit fortement les pertes par frottement des fluides et la croissance des incrustations et des algues ;
- possibilité de transporter des fluides alimentaires ;
- haute stabilité thermique pour des températures jusqu'à 100 °C ;
- résistance à la combustion élevée.

Pour les caractéristiques mécaniques, le tableau suivant présente les valeurs de la pression d'épreuve hydraulique qui doit être atteinte par les joints collés en PVC-C selon la norme ISO 15493 et un facteur de sécurité de 2,5.

| Température du test (°C) | Durée min. du test (h) | Pression du test (kg/cm ²) |
|--------------------------|------------------------|--|
| 20 | 1000 | 1,7 x PN |
| 80 | 1000 | 0,5 x PN |

Comme pour le PVC-U, même pour le PVC-C, toute possibilité de joindre directement des tuyaux et des accessoires d'autres matériaux n'est pas autorisée, de sorte que la soudure au solvant est souvent reliée à des joints mobiles, comme des brides ou des filetages, etc.

Sauf indication contraire, la colle au solvant utilisée sur les surfaces à assembler doit également pouvoir être utilisée avec les tolérances suivantes :

- interférence maximale 0,2 mm ;
- jeu maximum 0,3 mm.

Instructions de soudage pour le raccordement longitudinal des tuyaux et raccords en PVC-C

Avant de commencer toute opération de soudage au solvant, il convient de vérifier l'efficacité et l'état des équipements utilisés et des pièces à assembler, notamment l'uniformité, la fluidité et la date de péremption de la colle au solvant.

Les principales étapes des opérations de soudage sont les suivantes :



1) Couper le tuyau perpendiculairement à son axe afin d'obtenir une section carrée propre, si possible à l'aide d'un coupe-tuyau à roulettes conçu spécifiquement pour les tuyaux thermoplastiques, comme illustré sur cette image.

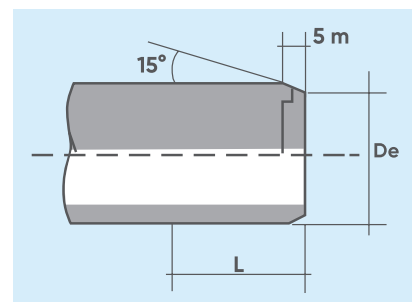


2) Chanfreiner les bords extérieurs du tuyau afin de s'assurer qu'il pénètre dans l'embout de la raccord à un angle de 15°.

L'opération de chanfreinage doit être effectuée à tout prix, sinon l'absence de chanfrein peut entraîner un raclage du solvant de la surface du raccord, compromettant ainsi l'efficacité du joint.

Le chanfreinage doit être effectué à l'aide de l'outil de chanfreinage approprié.

Pour plus de détails sur la longueur du chanfrein en fonction de la longueur et du diamètre du tuyau, reportez-vous au tableau et à l'image suivants.



| Diamètre extérieur D_e (mm) | Longueur de collage L | Chanfrein S_m (mm) |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 16 | 14 | 1,5 |
| 20 | 16 | 1,5 |
| 25 | 18,5 | 3 |
| 32 | 22 | 3 |
| 40 | 26 | 3 |
| 50 | 31 | 3 |
| 63 | 37,5 | 5 |
| 75 | 43,5 | 5 |
| 90 | 51 | 5 |
| 110 | 61 | 5 |
| 160 | 86 | 5 |
| 225 | 118,5 | 5-6 |



3) Mesurer la profondeur de l'embout de la raccord jusqu'à l'épaulement intérieur.



4) Marquer la distance correspondante à l'extrémité du tuyau.

NOTA : ne réaliser aucun marquage par gravure.



A

5) À l'aide d'une serviette en papier propre ou d'un applicateur imbibé d'apprêt nettoyant, éliminer toute trace de saleté ou de graisse de la surface extérieure du tuyau sur toute la longueur de collage (image **A**).

Répéter la même opération sur la surface intérieure de l'embout de la raccord en laissant les surfaces adoucies (image **B**).

REMARQUE : éviter de manipuler des surfaces propres.

Laisser sécher les surfaces quelques minutes avant d'appliquer la colle au solvant.

N'oubliez pas qu'en plus de nettoyer les surfaces du joint, l'apprêt joue un rôle important de ramollissement et de préparation de la surface pour recevoir la colle au solvant, une opération qui permet d'obtenir un joint parfait.



B



C

5) Appliquer la colle au solvant de manière uniforme longitudinalement sur les deux pièces à assembler, donc la surface extérieure du tuyau et la surface intérieure du raccord, à l'aide d'un applicateur (image **C**) ou d'un pinceau grossier de taille adéquate (image **D**) conformément au tableau suivant.



D

| Diamètre extérieur De (mm) | Type de pinceau ou d'applicateur | Dimensions du pinceau ou de l'applicateur (mm) |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| 16-25 | Ronde | 8-10 |
| 32-63 | Ronde | 20-25 |
| 75-160 | Rectangulaire/ronde | 45-50 |
| >160 | Rectangulaire/cylindrique | 45-50 |

Il est conseillé d'utiliser un applicateur ou un pinceau dont les dimensions ne doivent pas être inférieures à la moitié du diamètre du tuyau.

La colle au solvant doit être appliquée sur toute la longueur de la surface de jonction du tuyau et du raccord :

- pour toute la profondeur de l'embout du raccord jusqu'à l'épaulement intérieur ;
- sur toute la longueur du joint du tuyau, préalablement marquée sur sa surface externe.



6) Le tuyau doit être inséré dans le raccord ou la vanne immédiatement après l'application du solvant, sans rotation ; seulement après avoir atteint la profondeur d'insertion fournie, il est possible de tourner jusqu'à un maximum de 1/4 de tour entre le tube et le raccord.

7) Le tuyau doit être inséré dans le raccord dès que possible et aussi rapidement que possible (un maximum de 20-25 secondes est recommandé).

En fonction du diamètre externe du tuyau et par conséquent des difficultés de manipulation possibles, l'insertion du tuyau dans le raccord doit être effectuée :

- manuellement par une personne pour des diamètres externes < 90 mm.
- manuellement par deux personnes pour des diamètres extérieurs de 90 à < 160 mm.
- à l'aide de tire-tuyaux mécaniques pour des diamètres externes > 160 mm.

8) Immédiatement après avoir entièrement inséré le tuyau dans le raccord, appliquer une pression sur les pièces assemblées pendant quelques secondes. Ensuite, utilisez du papier crépon ou un chiffon propre pour enlever tout excès de colle au solvant des surfaces extérieures, et des surfaces intérieures si possible, comme le montre l'image suivante.



9) Prise de la colle au solvant : les pièces jointes doivent être laissées au repos afin de permettre à la colle au solvant de durcir naturellement sans générer de contraintes inutiles.

Le temps de prise dépend de la quantité de contrainte sous laquelle le joint sera placé. En particulier, les temps de prise minimum suivants doivent être respectés en fonction de la température ambiante :

- avant de manipuler le joint :
 - de 5 à 10 minutes pour une température ambiante > 10 °C,
 - de 15 à 20 minutes pour une température ambiante < 10 °C ;
- pour les joints de réparation sur des tuyauteries de toute taille ou de toute pression non soumis à épreuve hydraulique :
 - 1 heure pour chaque atm de pression appliquée ;
- pour les joints dans les tuyaux et raccords de tout diamètre soumis à des essais de pression jusqu'à PN 16 :
 - 24 heures minimum.

Les temps de prise de la colle au solvant indiqués sont valables à température ambiante (environ 25 °C). Pour des conditions climatiques particulières (humidité, température...), nous vous conseillons de vous renseigner auprès de notre service technique et du fabricant de la colle au solvant.

Quantité de colle au solvant pour matériau PVC-C

La quantité de colle au solvant utilisée sur les joints dépend d'un certain nombre de facteurs (conditions environnementales, taille du tuyau, viscosité du colle, expérience de l'opérateur, etc.) qui sont souvent difficiles à quantifier.

À cet égard, le tableau suivant indique les quantités approximatives de colle normalement utilisées pour l'assemblage des tuyaux et des raccords en PVC-C en fonction du diamètre.

| D (mm) | Nombre de joints par kg de colle au solvant |
|--------|---|
| 16 | 550 |
| 20 | 500 |
| 25 | 450 |
| 32 | 400 |
| 40 | 300 |
| 50 | 200 |
| 63 | 140 |
| 75 | 90 |
| 90 | 60 |
| 110 | 40 |
| 160 | 15 |
| 225 | 6 |

3.1.1.3 Soudage au solvant des systèmes de tuyauterie ABS

Le matériau ABS, utilisé dans un large domaine d'application qui va des fluides agressifs aux boues en passant par les fluides alimentaires, présente les principales caractéristiques suivantes :

- résistance optimale à l'usure (apte à véhiculer des boues corrosives et abrasives) ;
- une faible rugosité surfacique qui réduit fortement les pertes par frottement des fluides et la croissance des incrustations et l'érosion ;
- champ d'application large des températures (entre -40 et +60 °C) ;
- résistance aux chocs élevée : l'ABS allège le comportement ductile jusqu'à -40 °C ;
- parfaite compatibilité avec les fluides alimentaires.

Lors de l'installation de canalisations en ABS, l'indication mentionnée précédemment pour le soudage au solvant du PVC-U et du PVC-C doit être remarquée.

Sauf indication contraire, la colle au solvant utilisée sur les surfaces à assembler doit également pouvoir être utilisée avec les tolérances suivantes :

- interférence maximale 0,6 mm ;
- jeu maximum 0,2 mm.

Par conséquent, le tableau suivant indique les valeurs de test liées à la résistance à la pression interne des connexions collées, conformément à la norme ISO 15493 et avec un facteur de sécurité de 1,8.

| Température du test (°C) | Durée min. du test (h) | Pression du test (kg/cm ²) |
|--------------------------|------------------------|--|
| 20 | 1000 | 2 x PN |

Comme pour les autres matériaux, l'ABS ne permet pas le raccordement direct de tuyaux et d'accessoires fabriqués dans d'autres matériaux, de sorte que le collage est souvent combiné avec des joints mobiles.

Pour le collage des produits ABS, il convient d'utiliser l'adhésif DURAPIPE ABS.

De plus, il est recommandé, après traitement avec du papier abrasif approprié, d'utiliser un nettoyant de type MEK (méthyl-éthyl-cétone) avant de procéder à l'application de colle.

Instructions de soudage pour le raccordement longitudinal des tuyaux et raccords en ABS

Avant de commencer toute opération de soudage au solvant, il convient de vérifier l'efficacité et l'état des équipements utilisés et des pièces à assembler, notamment l'uniformité, la fluidité et la date de péremption de la colle au solvant.

Aucune tentative ne doit être faite pour augmenter le jeu entre les tuyaux et les raccords. La procédure d'assemblage détaillée ci-dessous doit être respectée :



1) Le tuyau doit être coupé pour obtenir une section carrée propre. Un coupe-roue adapté éliminera les copeaux.



2) Chanfreiner l'extrémité du tuyau à l'aide d'une lime grossière ou d'un outil de chanfreinage approprié. Le chanfrein doit être d'environ 45° de 3 mm à 5 mm selon la taille du tuyau.



3) Marquez le tuyau à une distance connue de l'extrémité et à l'écart de la zone à nettoyer, comme indiqué sur l'image. Ce repère doit être utilisé pour confirmer l'insertion complète du tuyau dans l'embout du raccord.



4) S'assurer que les surfaces des joints sont propres et exemptes d'humidité. Nettoyez soigneusement les surfaces avec le nettoyant écologique Durapipe à l'aide d'un chiffon non pelucheux ou d'une serviette en papier.



5) À l'aide d'un pinceau propre, appliquez la colle sur le tuyau et le raccord.

Les surfaces des joints doivent être entièrement recouvertes de colle. La colle doit être appliquée à l'aide d'un pinceau de taille approprié et d'une boîte de colle. Il est important d'appliquer la colle rapidement pour permettre l'assemblage sans qu'une force excessive ne soit nécessaire. Lors de l'application de la colle avec un pinceau, la taille du pinceau doit être environ la moitié de la taille du tuyau à assembler : taille du pinceau jusqu'à 63 mm pour les boîtes de 0,5 litre et jusqu'à 75 mm pour les boîtes de 1 litre.



6) Le tuyau doit être inséré dans le raccord ou la vanne immédiatement après l'application du solvant, sans rotation ; seulement après avoir atteint la profondeur d'insertion prévue, il est possible de tourner jusqu'à un maximum de 1/4 de tour entre le tube et le raccord. Maintenir le tuyau et le raccord pendant des temps variant de quelques secondes à 1 minute selon la taille. Le léger cône moulé dans le raccord peut autrement le faire glisser hors du tuyau avec une perte conséquente de la résistance du joint. L'application de la quantité correcte de colle entraînera un cordon de colle net sur le bord du raccord et sur le bord du tuyau. Les dépôts excessifs à l'intérieur des raccords doivent être évités car ils peuvent affaiblir le mur, en particulier sur des tailles plus petites.

Lors d'un travail à froid, assurez-vous que les joints sont exempts de gel et d'humidité.



7) Essuyer l'excès de colle à l'extérieur du joint.



8) Vérifier à l'aide du repère précédemment effectué que le tuyau est insérée à fond.

9) Ne pas toucher le joint pendant au moins 10 minutes.

Sur les grandes tailles, ne soumettez pas le joint à des efforts de flexion ou de torsion pendant au moins 4 heures.

Lors de la réalisation des joints suivants, qui peuvent être réalisés sans attendre, veillez à ne pas transmettre des forces aux joints fraîchement réalisés dans le système.

Les temps de séchage varieront en fonction de l'ajustement, de la quantité de colle au solvant appliquée, de la température ambiante et de la pression de service. Il est recommandé, dans la mesure du possible, de laisser sécher pendant au moins 24 heures les joints d'une taille inférieure à 225 mm et pendant au moins 48 heures ceux d'une taille de 250 mm et 315 mm.

Ces directives sont basées sur une température ambiante comprise entre 10 °C et 40 °C.

Des temps de séchage plus longs seront nécessaires à des températures ambiantes plus basses et plus élevées.

Un guide de travail où la température ambiante est comprise entre 10 °C et 40 °C et dont la température du contenu ne dépasse pas 20 °C est le suivant :

| Gamme de tailles | Jusqu'à 75 mm | De 90 mm à 125 mm | De 140 mm à 160 mm | De 200 mm à 225 mm | De 250 mm à 315 mm |
|------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Temps de séchage | 0,5 h/bar | 1 h/bar | 1,5 h/bar | 2 h/bar | 48 h minimum |

REMARQUE : la durée minimale de séchage ne doit jamais être inférieure à 1 heure.

Il est nécessaire de se rappeler que les temps de séchage doivent être prolongés lorsque les températures ambiantes sont inférieures à 20 °C et que les joints collés au solvant ne doivent pas être réalisés en dessous de 0 °C.

Pour plus de détails contactez le service technique d'Aliaxis.

Quantité de colle au solvant pour le matériau ABS

La quantité de colle au solvant utilisée sur les joints dépend d'un certain nombre de facteurs (conditions environnementales, taille du tuyau, viscosité de la colle, expérience de l'opérateur, etc.) qui sont souvent difficiles à quantifier.

Dans le tableau suivant, il est possible de trouver une indication du nombre de joints en ABS à réaliser par litre de colle.

| Taille (mm) | Taille de conteneur recommandée | Joints par litre pour ABS |
|-------------|---------------------------------|---------------------------|
| 16-32 | 0,5 litre | 400 |
| 40-63 | 0,5 litre | 200 |
| 75-110 | 0,5 litre | 70 |
| 125-140 | 1 litre | 20 |
| 160-225 | 1 litre | 10 |
| 250-315 | 1 litre | 5 |



MISES EN GARDE GÉNÉRALES POUR LA SOUDURE AU SOLVANT

Pendant la soudure au solvant, il est recommandé de suivre les conseils ci-dessous :

- 1) Dans le cas où le diamètre extérieur du tuyau et le diamètre intérieur du raccord sont aux extrêmes opposés de leurs valeurs de tolérance, le tuyau sec ne peut pas être inséré dans l'embout sec du raccord. L'insertion ne sera possible qu'après avoir appliqué le nettoyant et la colle au solvant sur les deux pièces à assembler.
- 2) Lors de l'utilisation du nettoyant et de la colle au solvant, les précautions suivantes doivent être adoptées :
 - utiliser des gants et des lunettes de sécurité pour protéger les mains et les yeux ;
 - utiliser le nettoyant et de la colle au solvant dans un environnement de travail suffisamment ventilé pour éviter la formation de poches d'air contenant des concentrations de solvant évaporé, ce qui peut irriter les voies respiratoires et les yeux ;
 - en raison de la nature volatile des solvants présents dans le nettoyant et la colle, les récipients doivent être fermés immédiatement après utilisation ;
 - les solvants en phase gazeuse ont tendance à former des mélanges inflammables. Par conséquent, retirez toutes les sources d'ignition telles que les opérations de soudage ou l'accumulation de charges électrostatiques de la zone de travail et ne fumez pas. Dans tous les cas, il est conseillé de respecter scrupuleusement les consignes du fabricant de la colle au solvant écrites sur l'emballage ;
 - afin d'éviter une dégradation des performances du nettoyant et de la colle au solvant, les opérations de jonctions doivent être réalisées dans une plage de température ambiante comprise entre + 5 et + 40 °C ;
 - pour obtenir la vitesse d'application correcte sur les tailles de 140 mm et au-dessus, la colle doit être appliquée simultanément sur le tuyau et le raccord, par deux personnes.
- 3) Après avoir réalisé tous les joints et avant la mise en service des tuyauteries, s'assurer que l'intérieur des tuyauteries et raccords est totalement exempt de toute trace de solvant ou de vapeurs. Cela évitera la contamination des fluides transportés.
- 4) Il est conseillé d'éviter la pose dans la tranchée pour les canalisations jointées longitudinalement pendant au moins 10 à 12 heures après la fin de l'opération.
- 5) Évitez de serrer complètement des brides de raccordement jusqu'à ce que le temps de séchage prévu n'ait pas terminé.
- 6) Le collage des robinets à boisseau sphérique Aliaxis s'effectue de préférence avec le corps de vanne séparé du reste de la ligne afin d'éviter les chutes d'adhésif sur les éléments d'étanchéité.
- 7) Afin d'éviter la contamination sur les fluides véhiculés (eau potable, aliments, boissons), veiller à ce que les lignes à mettre en service soient complètement évacuées par les vapeurs de solvants éventuellement présentes à l'intérieur des canalisations.
- 8) Lors de l'installation de vannes dans les lignes verticales, il est suggéré d'effectuer la soudure au solvant avec les éléments d'obturation déconnectés du corps de vanne, en raison du dépôt normal (interne) de solvant.
- 9) Veuillez également noter que les joints longitudinaux réalisés avec de la colle conservent les propriétés mécaniques du matériau de base inchangées. Les écarts éventuels sont dus à une mauvaise exécution des travaux de collage (les causes peuvent être déterminées par l'analyse de chaque cas).

Avantages et applications

Le soudage au solvant peut être utilisé dans plusieurs applications différentes, telles que la plomberie, le drainage et l'évacuation, les égouts des bâtiments et les systèmes souterrains. L'une de ses principales caractéristiques est que ce type de soudage permet d'obtenir un joint homogène et continu. Il peut être très utile si vous travaillez avec des matériaux sensibles, car il ne nécessite pas de température élevée.

En outre, comme décrit précédemment, il maintient l'espérance de vie et la résistance chimique du matériau utilisé et il est facile à maîtriser et rentable, puisqu'aucun outil coûteux n'est nécessaire.

Défauts les plus courants

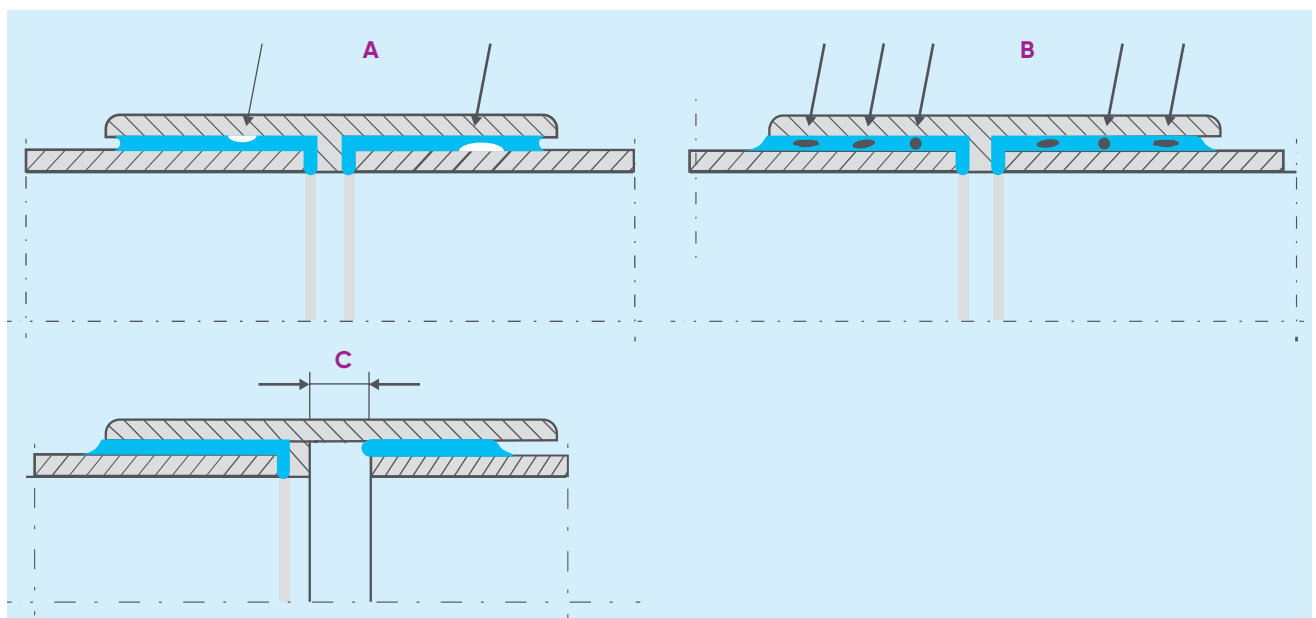
Les types de défauts les plus courants constatés si la procédure de soudage au solvant correcte n'est pas respectée sont répertoriés dans le tableau suivant.

| Colle au solvant trop fluide (ajout de diluant incorrect) | |
|---|--|
| Effet immédiat | Défaut de collage |
| Conséquence | Séparation du joint ou fuites entre le tuyau et le raccord |
| Excès de colle au solvant | |
| Effet immédiat | Dépassements internes et externes de la zone de jonction |
| Conséquence | Affaiblissement de la surface extérieure de la zone du joint et formation de bulles avec des microfissures/sources de rupture dans le matériau de base |
| Colle au solvant trop dense dû au solvant évaporé | |
| Effet immédiat | Défaut de collage. |
| Conséquence | Séparation du joint ou fuites entre le tuyau et le raccord Fissures de surface possibles déclenchant des fissures dans le matériau de base |
| Distribution insuffisante et/ou incorrecte de la colle au solvant | |
| Effet immédiat | Défaut de collage ou faiblesse locale |
| Conséquence | Séparation du joint ou fuites entre le tuyau et le raccord |
| Insertion incorrecte du tuyau (incomplet, excessif, mal aligné) | |
| Effet immédiat | Joint imparfait |
| Conséquence | Transmission des contraintes mécaniques du tuyau au raccord et/ou fuites au joint |
| Impuretés et/ou humidité sur les surfaces des pièces à assembler | |
| Effet immédiat | Joint imparfait |
| Conséquence | Séparation du joint ou fuites (suintement de fluide) entre le tuyau et le raccord |

La norme EN 14728 classe les imperfections pouvant être rencontrées dans les joints soudés thermoplastiques.

Les images suivantes décrivent respectivement :

- A** - une distribution incorrecte de la colle au solvant (il y a des zones où il n'y a pas de colle au solvant au niveau de l'interface tuyau/raccord) ;
- B** - corps étranger piégé dans la soudure, en raison de la présence d'impuretés sur les surfaces des pièces à assembler ;
- C** - une insertion de tuyau incomplète.



3.1.2 Soudage bout à bout

Dans le soudage bout à bout avec des éléments chauffants de contact, deux éléments (tuyaux, raccords ou embouts de vannes) de même diamètre et de même épaisseur sont assemblés, les surfaces de connexion étant chauffées par contact avec un élément chauffant jusqu'à ce qu'elles fondent et pressées ensemble pour former la soudure après le retrait de l'élément chauffant.

Les instructions suivantes sont fournies à titre de référence uniquement. Les installateurs doivent être correctement formés et avoir une connaissance approfondie des procédures à suivre en fonction du type d'équipement de soudage utilisé.

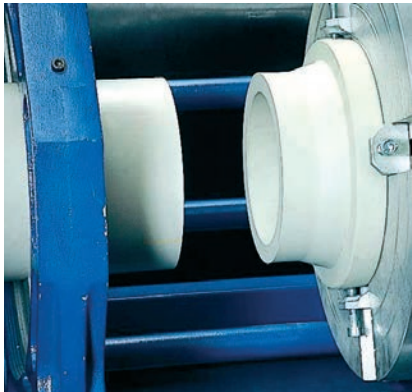


Instructions de soudage

Pour assurer la bonne réalisation du joint :

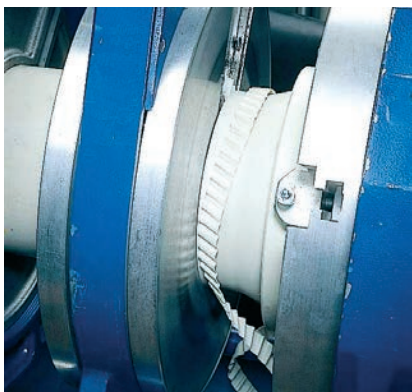
- les températures ambiantes doivent être comprises entre +5 °C et +40 °C ;
- lors du contrôle des éléments à souder entre eux, s'assurer des cotes (contrôler de l'ovalité excessive) ;
- vérifier la température de fonctionnement de l'élément chauffant à l'aide d'un thermomètre de contact étalonné. Cette mesure doit être effectuée 10 minutes après que la température nominale ait été atteinte, permettant ainsi à l'élément de se réchauffer sur toute sa surface et sa profondeur. La température de fusion doit être comprise entre 200 °C et 220 °C ;
- vérifier la surface de l'élément chauffant (intégrité du revêtement antiadhésif) et nettoyer avec un chiffon non pelucheux ou une lingette douce en papier ;
- vérifier le bon fonctionnement du groupe de soudage ;
- vérifier l'efficacité des pinces des mâchoires du groupe de soudage ; s'assurer qu'elles sont en mesure de garantir le bon alignement entre les deux côtés du joint et que les surfaces de contact sont parfaitement parallèles ;
- vérifier la force de traction du chariot, tant en termes de frottement que par rapport à la charge à déplacer, tuyaux ou raccords ;
- vérifier l'efficacité des appareils de mesure (manomètre et minuterie) ;
- vérifier que les tuyauteries et/ou raccords à souder ensemble sont de même diamètre et épaisseur (même SDR).

Vous trouverez ci-dessous les instructions étape par étape sur la préparation du matériel du tuyau et/ou du raccord pour le soudage bout à bout.



1) Avant la mise en place des pièces à souder, éliminer toutes traces de saleté, graisse, huile et poussière sur les surfaces externes et internes des extrémités, à l'aide d'un chiffon propre et non pelucheux imbibé d'un détergent approprié. Lors du choix du type de détergent liquide, utiliser les produits recommandés fournis par les producteurs spécialisés : trichloroéthane, chlorothène, alcool éthylique et alcool isopropylique sont tous appropriés.

2) Les extrémités des deux pièces à souder doivent être serrées de manière à ce que le désalignement axial ne dépasse pas 10 % des épaisseurs.



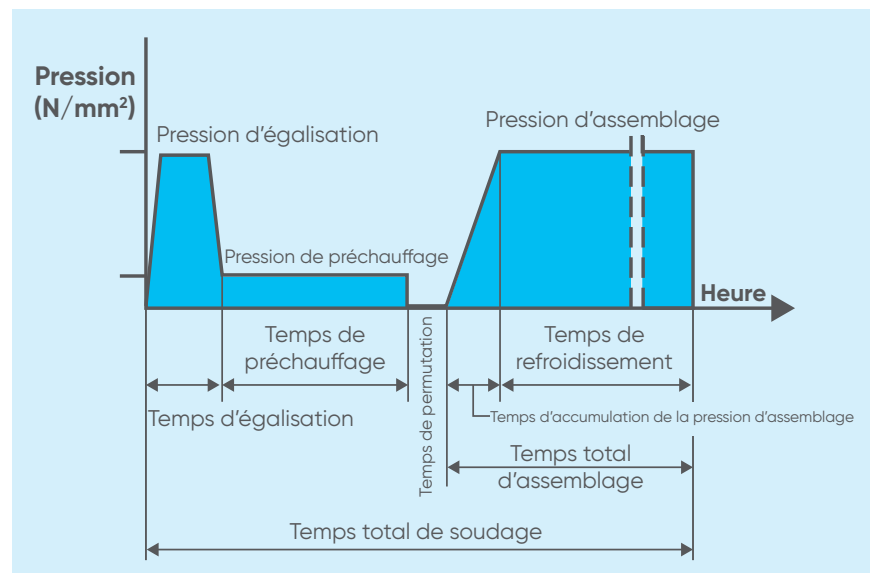
3) Pour garantir un parallélisme et une planéité corrects et, ce qui est tout aussi important, pour éliminer le film d'oxyde qui se forme, les extrémités des deux pièces à assembler doivent être rabotées. Lorsque cette procédure est terminée, mettre en contact les deux extrémités et s'assurer que les jeux éventuels entre elles ne dépassent pas 0,5 mm.

Les copeaux doivent se former en continu sur les deux bords à souder comme indiqué sur la figure.

La soudure par fusion bout à bout des tuyaux et/ou raccords utilisant des éléments chauffants au contact doit être réalisée en effectuant toutes les étapes du cycle de soudage.

L'image ci-dessous fait référence au cycle de soudage issu de DVS 2207.

REMARQUE : Attention aux changements de valeurs dans la table des cycles de soudage des différents matériaux. Par exemple, ci-dessous la table des cycles de soudage pour PP-H, PE et PVDF issue de DVS 2207.



Cycle de soudage PP-H

| Épaisseur nominale des parois (mm) | Égalisation Hauteur du cordon sur l'élément chauffant à la fin du temps d'égalisation (valeurs minimales) (égalité $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ²) (mm) | Préchauffage Temps de préchauffage=10x épaisseur de paroi nominale (préchauffage $p\leq 0,01$ N/mm ²) (sec) | Permutation Temps de permutation (maximum) (sec) | Soudage temps d'accumulation de pression (temps maximum, peut être réduit de 50 % maximum) (sec) | Temps de refroidissement (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ² (min) |
|------------------------------------|---|--|---|---|---|
| jusqu'à 4,5 | 0,5 | jusqu'à 53 | 5 | 6 | tableau ci-dessous |
| 4,5 à 7 | 0,5 | 53 à 81 | 5 à 6 | 6 à 7 | |
| 7 à 12 | 1 | 81 à 135 | 6 à 7 | 7 à 11 | |
| 12 à 19 | 1 | 135 à 206 | 7 à 9 | 11 à 17 | |
| 19 à 26 | 1,5 | 206 à 271 | 9 à 11 | 17 à 22 | |
| 26 à 37 | 2 | 271 à 362 | 11 à 14 | 22 à 32 | |
| 37 à 50 | 2,5 | 362 à 450 | 14 à 17 | 32 à 43 | |
| 50 à 70 | 3 | 450 à 546 | 17 à 22 | 43 | |

Temps de refroidissement PP-H

| Épaisseur de paroi nominale (mm) | Temps de refroidissement (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,10 \pm 0,01$ N/mm ² en fonction de la température ambiante | | | |
|----------------------------------|--|---------------------|--|---|
| | Jusqu'à 15 °C (min) | 15 °C à 25 °C (min) | 25 °C à 40 °C Temps de refroidissement (min) | Temps de refroidissement (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,10\pm 0,01$ N/mm ² dans des conditions particulières* (min) |
| jusqu'à 4,5 | 4 | 5 | 6,5 | 3,5 |
| 4,5 à 7 | 4 à 6 | 5 à 7,5 | 6,5 à 9,5 | 3,5 à 5 |
| 7 à 12 | 6 à 9,5 | 7,5 à 12 | 9,5 à 15,5 | 5 à 8 |
| 12 à 19 | 9,5 à 14 | 12 à 18 | 15,5 à 24 | 8 à 12 |
| 19 à 26 | 14 à 19 | 18 à 24 | 24 à 32 | 12 à 16 |
| 26 à 37 | 19 à 27 | 24 à 34 | 32 à 45 | 16 à 23 |
| 37 à 50 | 27 à 36 | 34 à 46 | 45 à 61 | 23 à 31 |
| 50 à 70 | 36 à 50 | 46 à 64 | 61 à 85 | 31 à 43 |

* Ces temps de refroidissement ne s'appliquent que dans les conditions suivantes :

- soudage réalisé en laboratoire/atelier ;
- le retrait de la pièce de la machine à souder et son stockage temporaire jusqu'à son refroidissement complet pendant la durée définie conformément à la cinquième colonne ci-dessus entraîne une charge négligeable sur le raccordement du joint.

Cycle de soudage PE

| Épaisseur nominale des parois (mm) | Égalisation Hauteur du cordon sur l'élément chauffant à la fin du temps d'égalisation (valeurs minimales) (égalité $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ²) (mm) | Préchauffage Temps de préchauffage = 10x épaisseur nominale de la paroi (préchauffage $p\leq 0,01$ N/mm ²) (sec) | Permutation Temps de permutation (maximum) (sec) | Soudage temps d'accumulation de pression (temps maximum, peut être réduit de 50 % maximum) (sec) | Temps de refroidissement (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,15\pm 0,01$ N/mm ² (min) |
|------------------------------------|---|---|---|---|--|
| jusqu'à 4,5 | 0,5 | jusqu'à 45 | 5 | 5 | tableau ci-dessous |
| 4,5 à 7 | 1 | 45 à 70 | 5 à 6 | 5 à 6 | |
| 7 à 12 | 1,5 | 70 à 120 | 6 à 8 | 6 à 8 | |
| 12 à 19 | 2 | 120 à 190 | 8 à 10 | 8 à 11 | |
| 19 à 26 | 2,5 | 190 à 260 | 10 à 12 | 11 à 14 | |
| 26 à 37 | 3 | 260 à 370 | 12 à 16 | 14 à 19 | |
| 37 à 50 | 3,5 | 370 à 500 | 16 à 20 | 19 à 25 | |
| 50 à 70 | 4 | 500 à 700 | 20 à 25 | 25 à 35 | |
| 70 à 90 | 4,5 | 700 à 900 | 25 à 30 | 35 | |
| 90 à 110 | 5 | 900 à 1,100 | 30 à 35 | 35 | |
| 110 à 130 | 5,5 | 1,100 à 1,300 | max. 35 | 35 | |

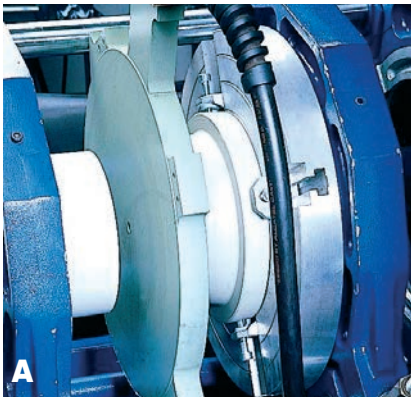
Temps de refroidissement PE

| Épaisseur de paroi nominale (mm) | Temps de refroidissement (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,10 \pm 0,01$ N/mm ² en fonction de la température ambiante | | |
|----------------------------------|--|---------------------|---|
| | Jusqu'à 15 °C (min) | 15 °C à 25 °C (min) | 25 °C à 40 °C Temps de refroidissement (min) (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,10\pm 0,01$ N/mm ² dans des conditions particulières* (min) |
| jusqu'à 4,5 | 4 | 5 | 6,5 |
| 4,5 à 7 | 4 à 6 | 5 à 7,5 | 6,5 à 9,5 |
| 7 à 12 | 6 à 9,5 | 7,5 à 12 | 9,5 à 15,5 |
| 12 à 19 | 9,5 à 14 | 12 à 18 | 15,5 à 24 |
| 19 à 26 | 14 à 19 | 18 à 24 | 24 à 32 |
| 26 à 37 | 19 à 27 | 24 à 34 | 32 à 45 |
| 37 à 50 | 27 à 36 | 34 à 46 | 45 à 61 |
| 50 à 70 | 36 à 50 | 46 à 64 | 61 à 85 |
| 70 à 90 | 50 à 64 | 64 à 82 | 85 à 109 |
| 90 à 110 | 64 à 78 | 82 à 100 | 109 à 133 |
| 110 à 130 | 78 à 92 | 100 à 118 | 133 à 157 |

Cycle de soudage PVDF

| Épaisseur nominale des parois (mm) | Égalisation Hauteur du cordon sur l'élément chauffant en fin de temps d'égalisation (valeurs minimales) (égalité $p=0,10 \text{ N/mm}^2$) (mm) | Préchauffage Temps de préchauffage = $10 \times$ épaisseur nominale de la paroi (préchauffage $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$) (sec) | Permutation Temps de permutation (maximum) (sec) | Soudage temps d'accumulation de pression (temps maximum, peut être réduit de 50 % maximum) (sec) | Temps de refroidissement (valeurs minimales) à la pression de soudage $p=0,10 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ $t \approx 1,2 \times$ épaisseur de paroi + 2 min (min) |
|------------------------------------|--|---|---|---|---|
| 1,9 à 3,5 | 0,5 | 59 à 75 | 3 | 3 à 4 | 5 à 6 |
| 3,5 à 5,5 | 0,5 | 75 à 95 | 3 | 4 à 5 | 6 à 8,5 |
| 5,5 à 10 | 0,5 à 1 | 95 à 140 | 4 | 5 à 7 | 8,5 à 14 |
| 10 à 15 | 1 à 1,3 | 140 à 190 | 4 | 7 à 9 | 14 à 19 |
| 15 à 20 | 1,3 à 1,7 | 190 à 240 | 5 | 9 à 11 | 19 à 25 |
| 20 à 25 | 1,7 à 2 | 240 à 290 | 5 | 11 à 13 | 25 à 32 |

Les étapes du cycle de soudage sont décrites ici.



1) Comme indiqué dans le cycle de soudage, l'égalisation est la première étape, où les deux bords à souder sont situés contre l'élément chauffant à une pression égale à $p_1 + p_t$, pendant le temps nécessaire, dans le but de créer un cordon interne et externe uniforme (image **A**).

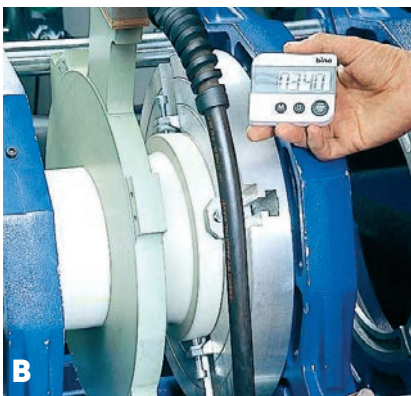
Cette étape d'égalisation est terminée lorsque les hauteurs de cordon autour de toute la circonférence du tuyau ont atteint les valeurs spécifiées dans le tableau précédent.

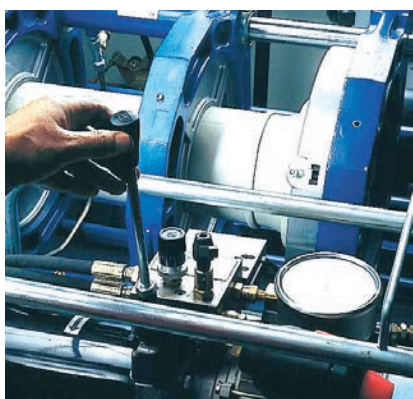
La valeur de la pression d'égalisation doit être telle que, lorsqu'elles sont en contact avec l'élément chauffant, les surfaces à souder soient soumises à la pression décrite dans le tableau ; Pour obtenir cette condition, les valeurs de pression P_1 doivent être prises à partir des tableaux fournis par le fabricant de la machine d'assemblage par fusion, car, outre le diamètre et l'épaisseur des éléments à souder, ces valeurs dépendent également de la section transversale du cylindre de poussée dans le circuit de soudage et peuvent donc varier en fonction du modèle spécifique d'unité de soudage que vous utilisez.

Le symbole p_t indique la pression de traction nécessaire pour surmonter la friction offerte par le groupe de soudage et le poids du tuyau verrouillé dans le guide mobile, se combinant pour empêcher le libre mouvement du guide.

Cette lecture se fait sur le manomètre fourni avec la machine, tout en déplaçant le guide mobile (image **B**).

Dans tous les cas, il ne doit jamais être supérieur à la valeur de pression p_1 , sinon il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des chariots ou des systèmes de suspension pour faciliter le mouvement du tuyau.





2) Après la formation du cordon, lors de l'étape de préchauffage, la pression est abaissée, comme le montre le tableau (environ 10 % de la valeur précédente), permettant ainsi au matériau de chauffer uniformément sur toute sa profondeur.

3) La phase de permutation doit être effectuée le plus rapidement possible en détachant les surfaces d'assemblage à souder de l'élément chauffant, en retirant l'élément sans endommager les surfaces adoucies, puis en mettant immédiatement en contact les deux surfaces d'assemblage à souder l'une avec l'autre.

Remarque : Cette procédure doit être effectuée rapidement pour éviter le risque de refroidissement excessif des bords (la température de surface chute de 17 °C en seulement 3 secondes).

4) Pendant la période d'accumulation du joint, les deux bords sont mis en contact comme indiqué sur l'illustration et la pression relative est progressivement augmentée jusqu'à la valeur ($p_5 + p_t$), où $p_5 = p_1$ et p_t est la pression de traction.



5) La pression de soudage doit être maintenue pendant le temps décrit dans le temps de refroidissement de la colonne de pression de soudage. L'image ci-dessous montre à quoi ressemble la région soudée après son soudage.

6) Une fois le joint soudé, la pression de contact est éliminée et les pièces assemblées peuvent être retirées de la machine de soudage par fusion, bien qu'elles ne doivent pas être soumises à des contraintes mécaniques avant d'avoir complètement refroidi.

Le temps demandé pour obtenir un refroidissement complet est le même que celui décrit dans le tableau dans la colonne « Temps de refroidissement ».



AVERTISSEMENTS

Lors du soudage bout à bout, respectez les recommandations suivantes :

- Portez toujours un équipement de protection individuelle approprié (par exemple, des gants et des lunettes de sécurité pour protéger les mains et les yeux).
- Respecter toutes les consignes de sécurité spécifiées par le fabricant de l'équipement de soudage.
- Il est de bonne pratique, après l'étape de rabotage, de contrôler les copeaux résultants pour vérifier l'absence de défauts de fabrication. Les copeaux doivent être enlevés de l'intérieur des éléments à souder à l'aide d'un pinceau ou d'un chiffon propre.
- Dans tous les cas, après rabotage, les deux surfaces ne doivent pas être touchées ou contaminées d'une autre façon ; c'est pourquoi les opérations de soudage doivent être effectuées immédiatement après la préparation.
- Si des traces de poussière se sont accumulées sur les surfaces rabotées, avant de pouvoir les souder, elles doivent être nettoyées avec un chiffon imbibé de détergent spécifique.

Avantages et applications

Le soudage bout à bout est bien adapté à une large gamme de tailles de section et de formes complexes, car cette technique est plus économique, en particulier pour les composants dont le diamètre dépasse 200 mm. De plus, cette technique de soudage ne nécessite pas de raccords supplémentaires pour l'assemblage et l'équipement peut être utilisé de manière entièrement ou semi-automatique.

Les composants soudés bout à bout sont principalement utilisés sur les sites de construction et leurs applications habituelles comprennent la réparation dans les services d'eau et pour les produits chimiques.

Vérification de la qualité des joints soudés

Deux techniques alternatives permettent de contrôler les joints : les contrôles non destructifs et les contrôles destructifs. Si ces derniers essais nécessitent l'utilisation d'équipements spéciaux, la qualité du joint peut également être vérifiée par un simple contrôle visuel. Les inspections visuelles doivent évaluer les points suivants :

- le cordon de soudure doit être uniforme sur tout le pourtour du joint ;
- l'encoche au centre du cordon doit rester au-dessus du diamètre extérieur des pièces soudées ;
- la surface externe du cordon ne doit présenter aucun signe de porosité ou d'inclusion de poussière ou d'autres contaminants ;
- il ne doit y avoir aucun signe visible de rupture de surface ;
- la surface du cordon de soudure ne doit pas avoir une finition très fortement réfléchissante, car cela est un signe de surchauffe ;
- le désalignement axial des pièces soudées ne doit pas être supérieur à 10 % de leur épaisseur.

Défauts les plus courants

Le tableau ci-dessous indique les types de défauts les plus courants rencontrés si la procédure de soudage correcte n'est pas suivie.

| | |
|--|--|
| Tracé irrégulier du cordon de soudure autour de la circonférence du tuyau | |
| Causes possibles | Préparation insuffisamment soignée des surfaces d'assemblage à souder, ce qui entraîne une répartition inégale de la chaleur |
| Taille réduite du cordon de soudure | |
| Causes possibles | Mauvais réglage des paramètres de soudage (température, pression et temps) |
| L'encoche au centre du cordon est trop profonde | |
| Causes possibles | Valeurs de température ou de pression trop faibles |
| Inclusions dans la surface du cordon de soudure | |
| Causes possibles | Nettoyage insuffisant des extrémités à souder |
| Porosité du cordon de soudure | |
| Causes possibles | Soudage réalisé dans des conditions ambiantes trop humides |
| La surface du cordon de soudure présente un finition trop lisse et brillant | |
| Causes possibles | Surchauffe pendant le soudage |
| Le désalignement dépasse 10 % de l'épaisseur du tuyau et du raccord | |
| Causes possibles | Centrage mal exécuté ou ovalité excessive du tuyau |

Soudage infrarouge

Le soudage infrarouge (IR) est une technique de soudage thermique sans contact qui crée des soudures extrêmement solides, étanches à l'air et aux liquides. Le rayonnement infrarouge est généralement appelé la chaleur du soleil, et comme pour toute source de lumière, le rayonnement électromagnétique est émis à des niveaux d'intensité extrêmement élevés.

Le rayonnement infrarouge peut être utilisé en tant que source de chaleur intentionnelle, ce qui le rend plus courant dans les processus de production industriels et de semi-conducteurs. Les composants thermoplastiques peuvent être chauffés très facilement à des températures de fusion car ces longueurs d'onde peuvent être régulées (soudage IR) puis soudées ensemble de la même manière que le soudage à plaques chaudes (soudage par emboîtement, soudage bout à bout).

Instructions de soudage

Pendant le soudage infrarouge, les deux moitiés sont maintenues rigidement en position près d'un plateau émetteur infrarouge.

Le plateau émet alors une lumière infrarouge puissante sur les deux parties le long du chemin de soudage déterminé, généralement un cercle ou une ligne. Le plateau est rapidement retiré et les moitiés de la pièce sont immédiatement assemblées et laissées se resolidifier sous pression.

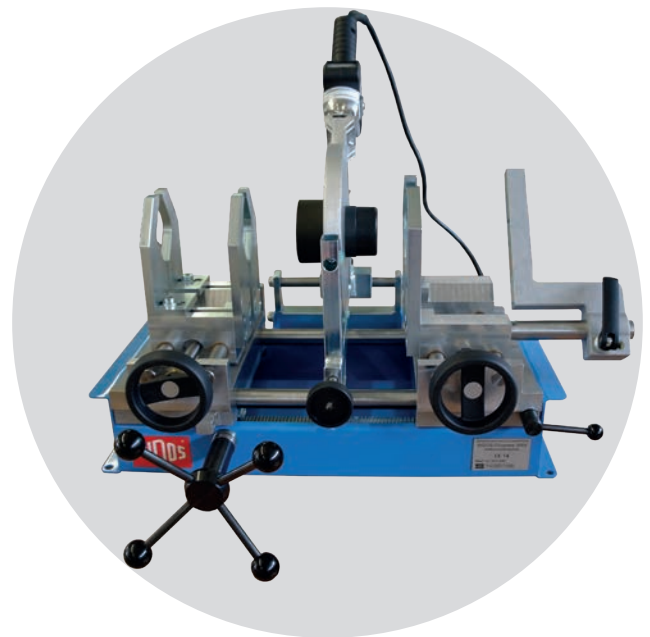
Les joints de fusion générés par le soudage infrarouge sont homogènes et présentent de bonnes caractéristiques.

Avantages et applications du soudage Infra-Rouge

L'un des plus grands avantages de cette technique de soudage est qu'elle permet une plus grande flexibilité de conception dans le choix des matériaux (application sans contact). Comme il s'agit d'une technique sans contact, il n'est plus nécessaire de remplacer les inserts/matériaux de revêtement du plateau (élément chauffant) afin d'éviter l'adhérence avec les pièces. De plus, cette technique est 50 % plus rapide que le soudage bout à bout classique. Il n'y a pas ou peu de risque de contamination et la formation de cordon est également très minime. En raison d'un chauffage très uniforme, la formation de contraintes au niveau des soudures est très réduite. Les domaines d'application types de la soudure Infra-Rouge sont par exemple les composants dont les formes sont irrégulières et plus complexes.

3.1.3 Soudage par emboîtement

Dans le soudage par emboîtement, le tuyau est soudé au manchon du raccord. Le joint est réalisé en fusionnant simultanément les surfaces mâle et femelle au moyen de dispositifs de chauffage spéciaux manuels ou automatiques. Ces dispositifs, dans leur forme la plus simple, sont composés d'une plaque chauffante sur laquelle est assemblée une série de prises et buses chauffantes. Les dispositifs sont livrés avec un système de chauffage approprié avec un régulateur de température automatique. Aucun matériau supplémentaire n'est nécessaire pour ce type de soudage. Le soudage par emboîtement n'affecte pas la résistance chimique du matériau, ni la résistance à la pression intérieure des tuyaux et raccords assemblés. Le tuyau à souder doit être coupé, chanfreiné et pelé si nécessaire. La surface externe du tuyau et la surface interne du raccord doivent être soigneusement nettoyées, et les surfaces externes du tuyau et du raccord peuvent être marquées avec une encoche de référence pour éliminer le risque de rotation accidentelle pendant la prise du joint. Dans l'étape suivante, le tuyau est inséré dans la prise de chauffage et le raccord est placé sur la buse de chauffage et maintenu en position pendant le temps de préchauffage requis. À la fin de ce temps, les composants doivent être rapidement retirés de la prise et la buse de chauffage. Le tube est maintenant inséré dans le raccord à la profondeur d'insertion complète et prédéterminée, ce qui garantit que les encoches de référence sont correctement alignées. Les deux éléments doivent être placés dans le dispositif de maintien pendant environ 15 secondes après le premier montage. Ils sont ensuite laissés à température ambiante sans apport d'air et d'eau.



Instructions de soudage

La méthode décrite ci-dessous ne s'applique qu'à la création de soudures thermiques par emboîtement qui nécessitent l'utilisation d'un équipement de soudage de type manuel.

L'utilisation d'appareils automatiques et semi-automatiques, particulièrement adaptés aux diamètres supérieurs à 63 mm, nécessite une connaissance pratique spécifique de l'outil de soudage. Dans ce cas, respectez strictement les instructions du fabricant de l'outil.



1) Sélectionnez les douilles femelles et les douilles mâles des diamètres requis, insérez-les et fixez-les à la plaque chauffante comme indiqué sur l'image.



2) Nettoyez soigneusement les surfaces de contact comme indiqué sur l'image. Lors du choix du type de détergent liquide, utiliser les produits recommandés fournis par les producteurs spécialisés : trichloroéthane, chlorothène, alcool éthylique et alcool isopropylique sont tous appropriés.



3) Régler la température de l'outil de chauffage. Pour former correctement le joint, la température doit être réglée entre 250 °C et 270 °C.

4) Lorsque l'appareil a atteint la température pré-réglée, vérifiez la température de la plaque chauffante à l'aide d'une thermosonde à action rapide.

5) Couper le tuyau (image **A**), le chanfreiner et le peler si nécessaire (image **B**).



Le diamètre et la longueur de pelage ainsi que la profondeur du chanfrein doivent correspondre aux valeurs indiquées dans le tableau des dimensions de pelage et de chanfrein des tuyaux reporté ci-dessous. Le processus de chanfreinage peut être effectué soit après pelage, soit en même temps que cette opération, à l'aide d'outils spéciaux calibrés.

Dimensions de pelage et chanfreinage des tuyaux PP-H

| Diamètre extérieur D_e (mm) | Longueur de pelage L_p (mm) | Chanfrein S_m (mm) |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 20 | 14 | 2 |
| 25 | 16 | 2 |
| 32 | 18 | 2 |
| 40 | 20 | 2 |
| 50 | 23 | 2 |
| 63 | 27 | 3 |
| 75 | 31 | 3 |
| 90 | 35 | 3 |
| 110 | 41 | 3 |

Dimensions de pelage et chanfreinage des tuyaux PVDF

| Diamètre extérieur D_e (mm) | Longueur de pelage L_p (mm) | Chanfrein S_m (mm) |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 16 | 13 | 2 |
| 20 | 14 | 2 |
| 25 | 16 | 2 |
| 32 | 18 | 2 |
| 40 | 20 | 2 |
| 50 | 23 | 2 |
| 63 | 27 | 3 |
| 75 | 31 | 3 |
| 90 | 35 | 3 |
| 110 | 41 | 3 |



6) Marquez le tuyau avec la longueur d'insertion L_i comme indiqué sur l'image, en vous référant aux valeurs indiquées dans le tableau de longueur d'insertion du tuyau indiqué ci-dessous.

Longueur d'insertion des tuyaux PP-H

| Diamètre extérieur D_e (mm) | Longueur d'insertion dans la douille du raccord L_i (mm) |
|-------------------------------|--|
| 20 | 14 |
| 25 | 15 |
| 32 | 17 |
| 40 | 18 |
| 50 | 20 |
| 63 | 26 |
| 75 | 29 |
| 90 | 32 |
| 110 | 35 |

Longueur d'insertion des tuyaux PVDF

| Diamètre extérieur D_e (mm) | Longueur d'insertion dans la douille du raccord L_i (mm) |
|-------------------------------|--|
| 16 | 12 |
| 20 | 14 |
| 25 | 15 |
| 32 | 17 |
| 40 | 18 |
| 50 | 20 |
| 63 | 26 |
| 75 | 29 |
| 90 | 32 |
| 110 | 35 |



7) Marquer un trait de référence longitudinal à l'extérieur du tuyau et du raccord pour empêcher les deux pièces de tourner pendant que le soudage est en cours, comme illustré.



8) Nettoyer le raccord et le tuyau de toute trace d'huile ou de poussière sur les surfaces soudées.



9) Après avoir vérifié que la température de surface de la plaque chauffante s'est stabilisée à la valeur requise, insérer le tuyau dans la douille femelle et le raccord dans la douille mâle comme illustré.

En maintenant les pièces insérées dans les deux douilles (raccord inséré jusqu'en butée, tube inséré jusqu'à la fin de la longueur de pelage), attendre le temps de chauffage minimum indiqué dans le tableau des temps de chauffage, de soudage et de refroidissement reporté ci-dessous qui sont tous issus de DEP 2207.

| De (mm) | Tuyaux en PP selon : DVS 2207 Partie 11 | | | |
|---------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Épaisseur minimale* (mm) | Temps de chauffage (sec) | Temps de permutation (s) | Temps de refroidissement (min) |
| 20 | 2,5 | 5 | 4 | 2 |
| 25 | 2,7 | 7 | 4 | 2 |
| 32 | 3 | 8 | 6 | 4 |
| 40 | 3,7 | 12 | 6 | 4 |
| 50 | 4,6 | 18 | 6 | 4 |
| 63 | 3,6 | 24 | 8 | 6 |
| 75 | 4,3 | 30 | 8 | 6 |
| 90 | 6,1 | 40 | 8 | 6 |
| 110 | 6,3 | 50 | 10 | 8 |

* Pour une bonne soudure, nous recommandons d'utiliser des tuyaux dont l'épaisseur de paroi dépasse 2 mm, et précisément :

- pour De jusqu'à 50 mm : séries de tuyaux PN 10 et PN 16 ;
- pour De 63 à 110 mm : séries de tuyau PN 16, PN 10 et PN 6.

Temps de chauffage, soudage et refroidissement PVDF

| De (mm) | Tuyaux en PVDF selon : DVS 2207 Partie 15 | | | |
|---------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Épaisseur minimale* (mm) | Temps de chauffage (sec) | Temps de permutation (s) | Temps de refroidissement (min) |
| 16 | 1,5 | 4 | 4 | 2 |
| 20 | 1,9 | 6 | 4 | 2 |
| 25 | 1,9 | 8 | 4 | 2 |
| 32 | 2,4 | 10 | 4 | 4 |
| 40 | 2,4 | 12 | 4 | 4 |
| 50 | 3 | 18 | 4 | 4 |
| 63 | 3 | 20 | 6 | 6 |
| 75 | 3 | 22 | 6 | 6 |
| 90 | 3 | 25 | 6 | 6 |
| 110 | 3 | 30 | 6 | 8 |

* Pour une bonne soudure, nous recommandons d'utiliser des tuyaux dont l'épaisseur de paroi dépasse 2 mm, et précisément :

- pour De jusqu'à 50 mm : séries de tuyaux PN 10 et PN 16 ;
- pour De 63 à 110 mm : séries de tuyau PN 16, PN 10 et PN 6.



10) Lorsque le temps minimum de chauffage est écoulé, retirer rapidement les éléments des douilles et placer le tuyau dans le raccord pour toute la longueur d'insertion L1 marquée précédemment comme dans l'image. Ne pas tourner le tuyau dans le raccord ; s'assurer que les repères longitudinaux sont parfaitement alignés comme vous pouvez le voir sur l'image ci-dessous.

11) D'après le tableau intitulé « Temps de chauffage, soudage et de refroidissement », maintenir les éléments à assembler pour le temps de soudage, appelé « Temps de permutation ».

Laissez-les ensuite refroidir pendant le « temps de refroidissement ». Il est important de noter que cette étape doit être à température ambiante et sans utiliser de flux d'air forcé ou d'immersion dans l'eau.

12) Lorsque les surfaces internes et externes ont suffisamment refroidi, pressuriser l'installation pour l'essai hydraulique conjoint.



AVERTISSEMENTS

Lors du soudage par emboîtement, respectez les recommandations suivantes :

- porter toujours un équipement de protection individuelle approprié (par exemple, des gants et des lunettes de sécurité pour protéger les mains et les yeux) ;
- respecter toutes les consignes de sécurité spécifiées par le fabricant de l'équipement de soudage ;
- avec la stratégie d'assemblage par soudage par emboîtement, il n'y a pas de compensation possible pour les erreurs d'orientation ou de profondeur du joint parce que le refroidissement du joint se produit si rapidement qu'une fois que la pénétration du tuyau dans l'emboîture est stoppée la correction ne peut plus être effectuée ;
- lorsqu'il y a un espace de travail limité et que le nombre de joints à réaliser est limité, nous proposons que le système de tuyauterie soit préfabriqué, autant que possible, où l'outil de chauffage puisse être fixé dans un étai de banc ;
- les joints qui sont faits correctement avec un bon alignement et une bonne profondeur de joint sont très difficiles à réaliser physiquement. Cela est particulièrement vrai pour les joints finaux à main levée où l'outil thermique est porté par l'un des membres de l'équipe d'assemblage, un autre pousse une fixation de douille sur l'enclume chauffante mâle (jeu de face chauffante), tandis que le tuyau est forcé dans l'enclume femelle par le troisième membre de l'équipe. Pour faire fondre ces composants sur/dans les enclumes, une force robuste mais constante est nécessaire, et ils ne s'inséreront que lorsqu'ils seront fondus, quelle que soit la force axiale. Le véritable défi consiste à maintenir la force nécessaire pour enfoncer la fixation de la douille suffisamment rapidement et suffisamment droite dans le tuyau, de sorte que l'orientation du tuyau et la profondeur de pénétration dans la douille soient correctes. Nous proposons donc que toute tentative de préparation visant à préfabriquer tous les joints sur la machine d'assemblage montée sur banc soit rendue possible ;
- les raccords par emboîtement peuvent être vérifiés sur le terrain pour les tolérances dimensionnelles valides de l'emboîtement avant de réaliser le soudage par emboîtement. S'il s'avère qu'il y a un raccordement par emboîtement surdimensionné, il ne peut pas être utilisé ;
- la matière plastique fondue est capable de provoquer des brûlures importantes. Empêcher des interactions avec l'outil thermique et le plastique chaud. Lorsque les installateurs doivent quitter la zone de travail, il est souvent judicieux de mettre une couverture thermique sur un outil thermique chaud ou un banc-support. Un panneau « Attention Chaud » est idéal en cas d'absence, également soigneusement écrit sur un rabat de boîte en carton et affiché sur l'établi ;
- lors de la mise en place de l'outil manuel chauffé, les instructions suivantes doivent être respectées avec le plus grand soin. Les outils de chauffage de l'installation sont pré-réglés entre 250 °C et 270 °C. En tournant la vis de réglage du thermostat avec l'instrument inclus dans le kit d'assemblage manuel, la température de l'outil peut être modifiée. Cet instrument est identique à une lame d'un tournevis dont la tige a été tordue à 90°. La température sera abaissée par une rotation dans le sens horaire, tandis que la température sera augmentée par une rotation dans le sens antihoraire.

Avantages et applications

La méthode de soudage par emboîtement joue un rôle crucial lorsque il est nécessaire d'utiliser moins de machines. Comme la technique utilise plus de surface de contact pendant le soudage, elle réduit le temps nécessaire pour chauffer et fusionner le tuyau. De plus, cette technique de soudage nécessite moins de pression que le soudage bout à bout.

Les domaines d'application typiques du soudage par emboîtement sont par exemple les services d'eau et de gaz, les systèmes d'irrigation, les procédés chimiques et les déchets, etc.

Vérification de la qualité des joints soudés

L'essai de cisaillement en torsion et l'essai de pelage radial sont applicables pour un contrôle rapide de la qualité des raccords de tuyaux de soudage par emboîtement. L'épaisseur de paroi du tuyau doit être ≥ 4 mm.

- Essai de cisaillement par torsion : l'essai de cisaillement par torsion est utilisé pour l'évaluation du comportement à la rupture et de l'apparence de rupture du joint soudé. Pour ce faire, l'éprouvette de test est entièrement fixé dans un étai de banc avec une partie, par exemple une section transversale de l'embout. L'autre pièce, par exemple la section transversale du tuyau, est coincée avec un outil approprié et tordue à 90° dans la section de soudage. Le taux de tangage est très faible afin d'exclure largement le comportement de rupture de l'éprouvette d'essai. Les zones de serrage doivent être légèrement en contre-dépouille afin d'insérer le moment de torsion dirigé vers la section du joint de soudure.
- Essai de pelage radial : pour cet essai, la section transversale du tuyau de l'éprouvette d'essai qui est fixée par la section transversale de l'embout dans l'étai du treuil au moyen d'une pince appropriée ou d'un autre dispositif de serrage est pelé radialement à une vitesse éventuellement faible. Pour l'évaluation, reportez-vous au tableau ci-dessous.

Critères d'évaluation pour les essais de cisaillement en torsion et de pelage radial

| Comportement de rupture | Type, caractéristique | Évaluation |
|---|---|-----------------------|
| Forces de relâchement élevées, rupture ductile, > 80 % de la zone de soudage | Aspect de rupture très structuré avec un comportement plastique et ductile | Défauts mineurs |
| La zone de soudage est partiellement ou entièrement fondue, mais uniquement soudée par points | Délaminage isolé, contaminations, pelage insuffisant de la surface | |
| Rupture fragile | Zone de relâchement à pores larges, structure fine, entrecoupée de nombreux vides, partiellement brûlé, joint de soudage surchauffé | Défauts inacceptables |
| | La surface du tuyau n'est pas fondue, joint de soudure trop froid, écart de soudure trop important | |

Défauts les plus courants

- Une rotation incorrecte de la vis de réglage de l'outil de chauffage entraînant la surchauffe de l'élément chauffant.
- Réaliser le soudage avant de s'assurer qu'il n'y a pas de pollution présente sur les surfaces à souder.
- Un serrage incorrect peut entraîner un mauvais alignement du tuyau.
- L'exécution de soudage dans des conditions de travail indésirables (par ex. température ambiante, température de l'outil de chauffage, etc.) entraînera des résultats d'assemblage indésirables.

3.1.4 Électrosoudage

L'électrosoudage est une technologie de soudage très sûre et conviviale, principalement utilisée pour les tuyaux en PE dans les applications de gaz, d'eau, d'égouts et industrielles.

L'élément chauffant est formé de fil et fait partie intégrante des coupleurs, des formes et de nombreux autres types de raccords et de vannes.

Lorsqu'un courant est appliqué sur le fil de soudure, grâce à l'effet Joule, le plastique environnant est chauffé à 200 °C. L'intérieur de l'embout et l'extérieur du tuyau fondent et convergent. Le contrôle de la température ou le contrôle du temps de fusion est appliqué pour atteindre la quantité adéquate de fonte et pour arrêter le chauffage au bon moment. Lors du refroidissement, les fusibles en plastique créent un raccordement solide et homogène sans matériau d'étanchéité ou joint supplémentaire.

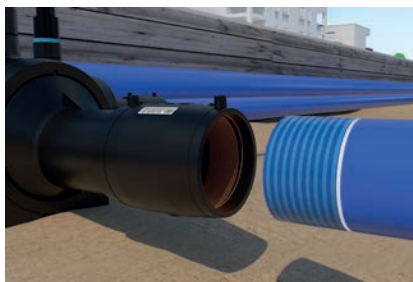
L'électrosoudage peut être utilisée avec des matériaux polyoléfinés présentant une microstructure semi-cristalline, comme PE80, PE100, PE100-RC, PE-X, PP, PB ou PA.

C'est la technique de soudage la plus utilisée actuellement pour assembler les tuyaux en PE et certains tuyaux multicouches.



Instructions de soudage

Vous trouverez ci-dessous les instructions étape par étape sur la façon dont l'électrosoudage est effectué.



- 1) Mesurer et marquer la profondeur d'insertion du tuyau dans le raccord.
- 2) Racler les extrémités des tubes à l'aide d'un grattoir rotatif pour enlever la couche de surface oxydée, permettant le matériau propre entrer en contact avec le raccord.
- 3) Nettoyer les extrémités du tuyau et la face interne du raccord avec un nettoyant homologué.
- 4) Refaire le marquage de la profondeur d'insertion pour permettre la surveillance pendant le processus d'électrosoudage
- 5) Insérer les extrémités des tuyaux dans le raccord à la bonne profondeur.



6) Fixer avec une pince et connecter le raccord à la boîte d'électrosoudage à l'aide de fils électriques.



7) Scannez ou lisez le code-barres de l'électrosoudage et lancez la procédure. En cas de problèmes lors de la lecture du code-barres, les paramètres de soudage peuvent être déduits du nombre sur le code-barres et tapés manuellement dans la machine de soudage.

8) Après l'arrêt automatique de la procédure, le raccordement ne peut pas être déplacé ou mis sous pression avant l'expiration du temps de refroidissement

Pour effectuer l'électrosoudage, la bonne compréhension du procédé, des équipements et des outils qui y sont associés est obligatoire. Comprendre les instructions de soudage par exemple, comprendre le temps de chauffage, le temps de refroidissement, la compensation de température, etc. est nécessaire pour le personnel travaillant.

L'image ci-dessous montre un exemple de code-barres d'électrosoudage selon la norme ISO 13950. Il doit être scanné pour démarrer la procédure.

La signification des nombres dans le code-barres est la suivante :

- les digits 1 à 8 permettent de décrire le nom du fabricant de du raccord, le type de raccord, la correction d'énergie applicable au temps de fusion nominal, le type et l'indication du temps de refroidissement ;
- les digits 9 à 11 permettent d'exprimer le(s) diamètre(s) du raccord ;
- le digit 12 exprime la valeur de la résistance (K) ;
- les digits 13 à 14 expriment la tension nominale de fusion (V) ;
- les digits 15, 16, 17 expriment la résistance de l'élément chauffant (Ω) ;
- le digit 18 exprime la variation de résistance (%) ;
- les digits 19, 20, 21 expriment le temps de chauffe (s) ;
- les digits 22 à 23 expriment la correction d'énergie (%).

Les digits en gras représentent le numéro de lot.

Pour plus d'informations, reportez-vous à la norme ISO 13950.





AVERTISSEMENTS

Pendant l'électrosoudage, il est conseillé de suivre les instructions données ci-dessous :

- porter toujours un équipement de protection individuelle approprié (par exemple, des gants et des lunettes de sécurité pour protéger les mains et les yeux) ;
- respecter toutes les consignes de sécurité spécifiées par le fabricant de l'équipement de soudage ;
- les surfaces des tuyauteries à souder et la surface intérieure des raccords doivent être absolument propres, sèches et exemptes de toute graisse. Ces zones doivent être nettoyées avec un agent de nettoyage approprié et exclusivement avec du papier absorbant, non pelucheux et non teinté directement avant l'assemblage et après grattage. Lors du nettoyage, assurez-vous qu'aucune contamination de la surface du tuyau non raclé n'est introduite dans la zone de fusion ;
- Si la couche d'oxyde n'est pas complètement éliminée, il peut en résulter des joints de fusion non homogènes qui ont des fuites ;
- un retrait excessif des copeaux peut entraîner un espace annulaire trop important qui ne peut pas, ou seulement insuffisamment, être comblé par fusion. Veuillez donc vérifier régulièrement l'état de la lame au niveau de l'outil racler. Les lames usées doivent être remplacées ;
- la fusion entre différentes qualités de PE comme PE80/PE100 ou PE100/PE100-RC ou PE100/PE-X est possible, alors que différents matériaux ne peuvent pas être soudés ensemble ;
- le temps de refroidissement est très important pour s'assurer que la qualité de raccordement souhaitée est atteinte ;
- des précautions doivent être prises lors de la coupe du tuyau. Une découpe de tuyau non rectangulaire peut entraîner le non-recouvrement partiel de la bobine de chauffage par le tuyau, ce qui peut entraîner une surchauffe, une formation de fonte incontrôlée ou une auto-inflammation.

Avantages et applications de l'électrosoudage

Cette technique de soudage convient très bien aux polyoléfinés et autres polymères cristallins. L'électrosoudage est de plus en plus populaire car elle couvre une large gamme de diamètre de composants . De plus, cette technique permet de réparer sans avoir à déposer les tuyaux. De plus, aucune formation de billes de fusion à l'intérieur du tuyau n'est à déplorer. En outre, son contrôle automatisé du processus de fusion assure la haute fiabilité du processus.

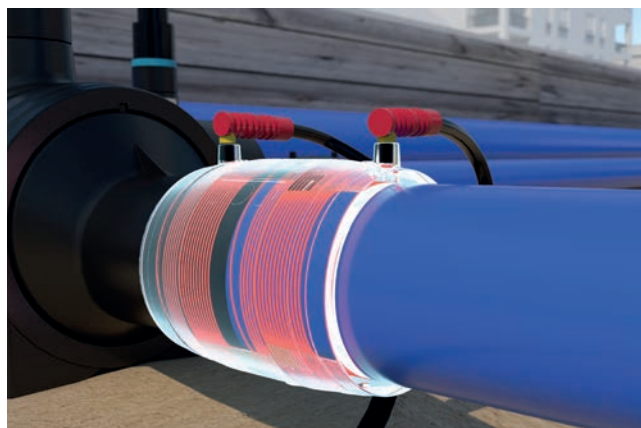
Les domaines d'application typiques de la technique d'électrosoudage sont par exemple, dans les conduites de gaz, d'eau ou d'égouts du bâtiment en PE ou les conduites industrielles en PP ou PE.

Une plus grande profondeur d'insertion pour un résultat parfait

L'un des avantages de l'utilisation de notre raccord électrosoudable est qu'il a une grande profondeur d'insertion qui en fait une solution très efficace pour obtenir un bon résultat. Il offre une sécurité supplémentaire étant donné que les extrémités des tuyaux sont bien mieux tenues pendant le processus d'électrosoudage.

Zone de fusion plus longue pour plus de morsure

Un autre avantage de l'utilisation de notre raccord électrosoudable est dû à sa zone de fusion plus longue qui permet plus de mordant. Cet aspect finit par réduire la contrainte de flexion et contribue également à éviter la perte de pression de fusion. De plus, il aide à compenser les tuyaux qui n'ont pas été coupés à angle droit et à compenser les extrémités des tuyaux rétractées. Des zones de fusion plus longues permettent à une plus grande surface d'absorber l'énergie. En outre, il garantit une stabilité et une sécurité d'installation supérieures.



Le tableau ci-dessous est utile pour mieux comprendre les différences entre la zone de fusion Frialen® et les exigences de la norme européenne. Le tableau suit les normes DIN EN 12201-3, DIN EN 1555-3.

| De (mm) | Longueur min. de la zone de fusion (mm) selon DIN EN 12201-3 DIN EN 1555-3 | Longueur de la zone de fusion de FRIALEN (mm) | Rapport |
|---------|---|---|---------|
| 32 | 10 | 21 | 2,1 |
| 63 | 11 | 29 | 2,6 |
| 125 | 16 | 42 | 2,6 |
| 225 | 26 | 71 | 2,7 |

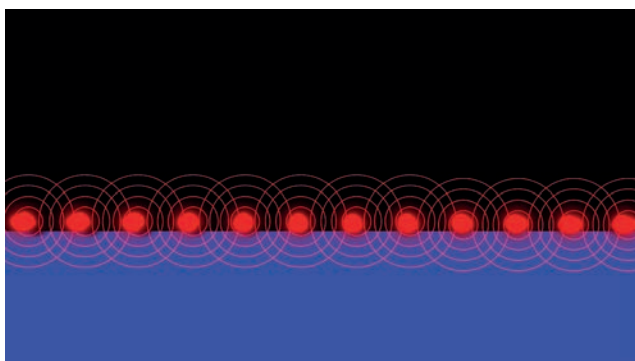
Bobine de chauffage exposée pour une meilleure prise

Le principal avantage d'avoir une bobine de chauffage exposée dans notre raccord électrosoudable est d'obtenir une meilleure prise. En outre, cet aspect produit beaucoup d'autres avantages. La peau d'oxyde, également présente à l'intérieur du raccord, est beaucoup plus petite et n'affecte pas la qualité du soudage. De plus, il assure une fusion rapide des surfaces des tuyaux et des raccords. L'échauffement et l'atteinte de la pression de fusion nécessaire sont réalisés dans les plus brefs délais.

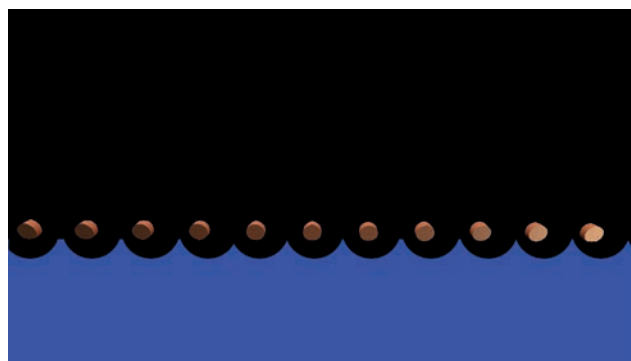
Deux tiers de la bobine chauffante sont intégrés dans le raccord, ce qui évite d'endommager le fil.

Les images montrent respectivement un exemple d'un raccord avec la bobine de chauffage exposée et la formation finale de vagues du matériau fondu.

Pendant le soudage



Formation de vagues après soudure



Contrôle de la qualité du joint soudé

Les indicateurs à broches des raccords de sécurité FRIALEN indiquent si la soudure a été réalisée ou non.

Avant fusion



Après fusion



Quoi qu'il en soit, pour être sûr que la fusion a été réussie, il est suggéré de vérifier la boîte de fusion.

Les gros couplages sont équipés d'un indicateur de couleur : la couleur violette est visible après fusion alors que l'indicateur ne présente aucune couleur avant fusion.

Défauts les plus courants

- Une découpe de tuyau non rectangulaire peut entraîner le non-recouvrement partiel de la bobine de chauffage par le tuyau, ce qui peut entraîner une surchauffe, une formation de fonte incontrôlée ou une auto-inflammation.
- La surface du tuyau qui n'est pas correctement raclée est également l'une des raisons les plus courantes de joints défectueux. L'utilisation d'outils raclés appropriés est fortement recommandée pour éviter ce genre de problèmes.
- Un marquage incorrect de la profondeur d'insertion entraîne un joint défectueux. Pour un bon marquage de la profondeur d'insertion, s'assurer qu'une demi-longueur du couplage plus 5 mm de tolérance supplémentaire est indiquée.
- Manque d'attention au ré-arrondi des tuyaux lorsque les tuyaux ne sont pas en forme. Les tuyaux, en particulier les tuyaux enroulés ou à tambour, peuvent perdre leur rondeur pendant le stockage. Si l'ovalisation du tuyau dans la zone de fusion dépasse 1,5 % du diamètre extérieur ou est > 3 mm, ces tuyaux doivent être arrondis dans la zone de fusion. Il est recommandé d'utiliser des pinces d'arrondissement appropriées pour les arrondir à nouveau.
- L'utilisation correcte ou la non-utilisation de dispositifs de retenue peut entraîner un défaut d'alignement du tuyau.
- Le basculement du tuyau pendant l'insertion, l'utilisation du même tampon dégraissant à répétition et le déplacement d'un raccord avant qu'il n'ait complètement refroidi peuvent entraîner des joints incorrects.

3.1.5 Soudage au gaz chaud

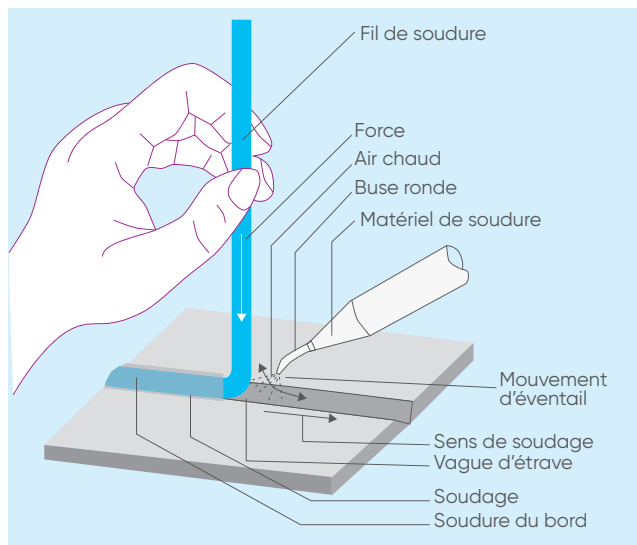
Lors du soudage au gaz chaud, les faces de jonction et les zones extérieures de la matière d'apport de soudure sont transformées en un état plastique par du gaz chaud, en règle générale de l'air chauffé, et assemblées sous pression.

Plusieurs matériaux peuvent être soudés par soudage au gaz chaud, tels que PE, PVC-C, PVC-U, PP et PVDF.

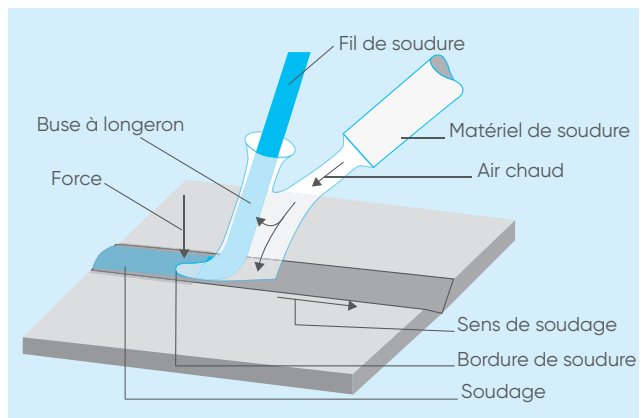
En général, un chalumeau soudeur à gaz chaud, est conçu pour effectuer trois fonctions : préchauffage du matériau de base, guidage et préchauffage de la baguette de soudage et application d'une pression sur la zone de soudure.

Deux types de chalumeau soudeur différents peuvent être trouvés :

- soudage au gaz chaud avec la torche séparée de la baguette d'apport (WF) : le chauffage s'effectue au moyen de la buse ronde. L'extrémité biseautée du fil de soudage est maintenue au début de la rainure de soudage et chauffée avec le matériau de base. La buse est conduite dans le sens de la soudure de sorte que le courant d'air chaud se répartit sur le matériau de base et le fil de soudure. Celle-ci est conduite dans le sens de la soudure soudant le fil de soudure à une pression aussi verticale que possible, comme illustré sur la figure



- soudage en filière au gaz chaud (WZ) : le fil de soudage est chauffé dans la buse du longeron et enfoncé dans la rainure de soudage via une rallonge en forme de bec située dans la partie inférieure de la buse. Le fil de soudure est tiré automatiquement par le mouvement vers l'avant de la buse. La pression de soudage nécessaire peut être appliquée de manière plus uniforme et plus simple. Un exemple est illustré dans l'image.



Instructions de soudage

La qualité du gaz utilisé comme moyen de transfert de chaleur, la pression et la température sont des facteurs critiques dans la qualité de la soudure.

Le soudage au gaz chaud à haute vitesse nécessite l'utilisation de gaz alimentés à basse pression et à volume élevé, exempts d'huile et d'humidité.

Dans le tableau suivant, issu de DVS 2207, sont répertoriées quelques valeurs recommandées de paramètres de soudage pour différents matériaux.

| Symbole matériau | Type de soudage ⁽¹⁾ | Force de soudage (N) avec fil de soudure ⁽²⁾ | | Température d'air chaud °C ⁽³⁾ | Quantité d'air l/min |
|----------------------|--------------------------------|---|-------------|---|----------------------|
| | | rond 3 mm Ø | rond 4 mm Ø | | |
| PE-HD | WF | 6 à 10 | 15 à 20 | 300 à 250 | 40 à 60 |
| | WZ | 10 à 16 | 25 à 35 | | |
| PE-LD (4) | WF | | | 260 à 320 | |
| | WZ | | | | |
| PP | WF | 6 à 10 | 15 à 20 | 280 à 330 | |
| | WZ | 10 à 16 | 25 à 35 | | |
| PVC-U, PVC-HI | WF | 5 à 9 | 8 à 12 | 320 à 370 | |
| | WZ | 8 à 12 | 15 à 25 | | |
| PVC-P ⁽⁴⁾ | WF | 15 à 20 | 18 à 25 | 300 à 370 | |
| | WZ | 4 à 8 | 7 à 12 | | |
| PVC-C | WF | 10 à 15 | 15 à 20 | 350 à 400 | |
| | WZ | 15 à 20 | 20 à 25 | | |
| PMMA ⁽⁵⁾ | WF | 12 à 16 | 12 à 16 | 320 à 370 | |
| | WZ | 12 à 16 | 20 à 30 | | |
| PVDF | WF | 10 à 15 | 15 à 20 | 350 à 400 | |
| | WZ | 12 à 17 | 25 à 35 | | |

⁽¹⁾ WF = Soudage au gaz chaud avec la torche séparée de la baguette d'apport ; WZ = Soudage en filière au gaz chaud.

⁽²⁾ La force de soudage peut être vérifiée par un test de soudage sur une balance à tôle.

⁽³⁾ Mesuré dans un courant d'air chaud d'env. 5 mm à l'intérieur de la buse, dans le cas de buses rondes au centre de la buse, dans celui des buses à longerons dans l'ouverture de la buse principale.

⁽⁴⁾ Le WF n'est possible avec ce plastique qu'avec un rouleau de support approprié.

⁽⁵⁾ Soudé avec apport PVC.

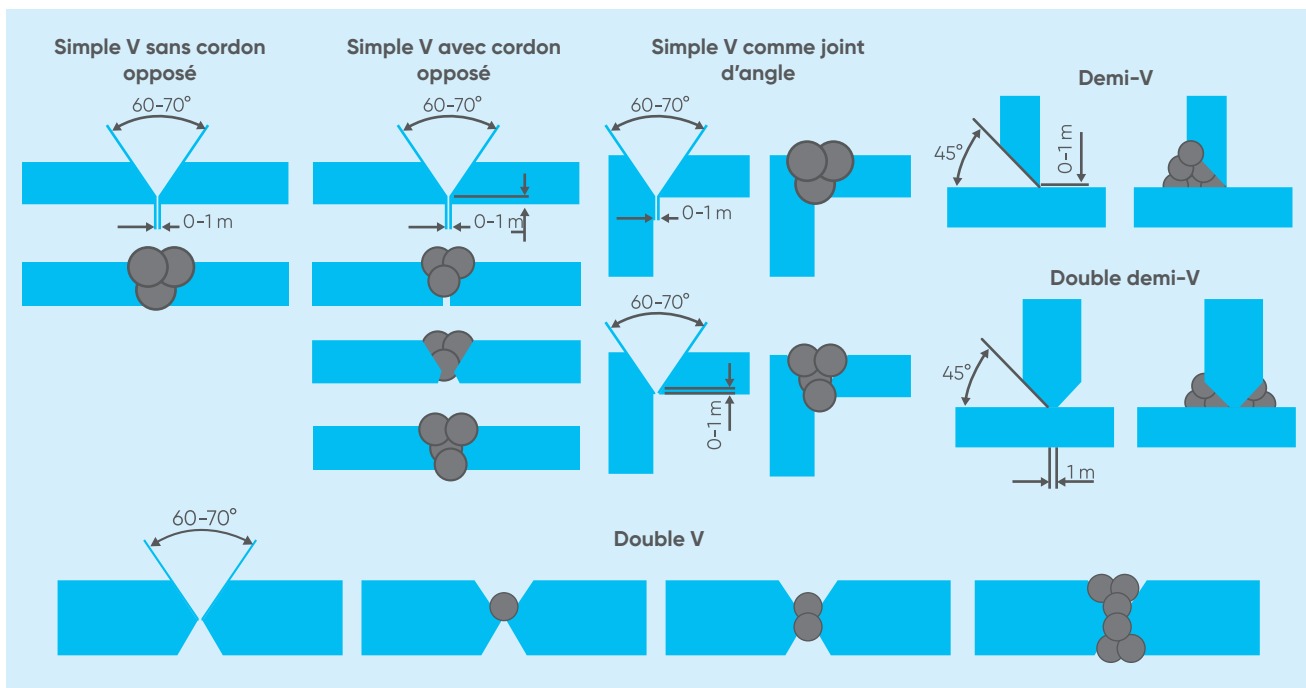
Pour effectuer un bon soudage à la baguette il est nécessaire de suivre ces suggestions :

1) Les extrémités des pièces de matériau à assembler doivent être chanfreinées afin de réaliser la meilleure soudure. Le chanfrein peut être réalisé avec une scie réglable, une défonceuse ou tout autre outil adapté. L'angle entre les chanfreins des deux pièces à joindre doit être compris entre 60 et 70 degrés, sauf lorsqu'une pièce est jointe perpendiculairement à une autre, auquel cas l'angle est réduit à 45 degrés.

2) Les pièces à assembler doivent être très propres. Pour éliminer les résidus de surface, un léger meulage ou grattage avec une lame vive au niveau de la zone à souder et la baguette de soudage est fortement recommandée.

3) Si le joint ne doit pas être pointé avant le soudage, il est recommandé de laisser un espace de 0,5 à 1 mm de large entre les deux pièces à assembler afin que le matériau de soudage puisse pénétrer jusqu'à la racine du chanfrein et déborder légèrement sur l'autre côté. Si les pièces doivent d'abord être pointées, elles doivent être assemblées bout à bout sans aucun espace. Les pièces à assembler doivent être fermement fixées à l'aide de pinces appropriées, si nécessaire.

Dans l'image suivante, des configurations de joints soudés sont illustrées.



4) Pour faciliter le démarrage du soudage, un angle aigu peut être coupé sur l'extrémité avant de la baguette de soudage. La baguette de soudage ne doit pas être insérée dans la pointe de soudage à haute vitesse avant que l'opérateur ne soit prêt à commencer le soudage, sinon la combustion de la baguette peut en résulter.

5) Pour commencer le soudage, l'opérateur maintient la pointe de soudage au-dessus de la zone à souder, afin d'éviter le brûlage du matériau avant le début des travaux, comme illustré sur l'image.



6) Ensuite, l'opérateur insère la baguette de soudage dans le tube de préchauffage et place l'extrémité pointue sur le matériau au point de départ de la soudure. En tenant le chalumeau soudeur à un angle d'environ 45 degrés, il est nécessaire de pousser la baguette à travers la pointe jusqu'à ce qu'elle entre en contact avec le matériau de base. Une fois que le soudage commence, il doit être poursuivi à une vitesse assez constante.

7) Pour arrêter le soudage avant que le fil d'apport de soudage ne soit épuisé, le chalumeau soudeur est incliné vers l'arrière, la baguette est coupée avec la pointe de la languette de pression et la baguette restante est immédiatement retirée du canal de la buse. Le soudage peut également être terminé en tirant la pointe du chalumeau soudeur sur la baguette restante et en coupant la baguette. Plusieurs cordons doivent être appliqués si nécessaire jusqu'à ce que le joint soit complètement rempli, comme indiqué sur l'image précédente. Si le joint à souder est un joint double V ou un joint double demi-V, les meilleurs résultats sont obtenus si des couches de cordons sont posées alternativement sur les côtés opposés du joint.

Le tableau présente des recommandations pour la configuration des cordons pour différentes épaisseurs de matériaux et configurations de joints.

| Épaisseur du matériau mm | | Nombre x diamètre de fils de soudure |
|----------------------------|----|--------------------------------------|
| Soudure en simple V | 2 | 1 x 4 |
| | 3 | 3 x 3 |
| | 4 | 1 x 3 + 2 x 4 |
| | 5 | 6 x 3 |
| Double | 4 | 2 (1 x 4) |
| | 5 | 2 (3 x 3) |
| | 6 | 2 (3 x 3) |
| | 8 | 2 (1 x 3 + 2 x 4) |
| | 10 | 2 (6 x 3) |



AVERTISSEMENT

La température et la pression étant des facteurs critiques dans le soudage à gaz chaud, il est important de suivre attentivement les indications données sur la température et la résistance appliquée pour éviter de réaliser une mauvaise soudure.

Avantages et applications

Le soudage à la baguette est utilisé dans les canalisations pour les services d'eau et de gaz, en particulier il est suggéré pour des productions petites ou particulières et des travaux spéciaux, car il peut être appliqué sur de nombreux types de surfaces et sur des matériaux de formes différentes. En outre, les soudures en plastique sont certainement beaucoup plus légères que les fixations mécaniques, donc quand c'est possible, les soudures sont à privilégier par rapport aux raccordements mécaniques.

Contrôle de la qualité du joint soudé

Au fur et à mesure de l'avancement du soudage, l'inspection visuelle de la soudure peut indiquer sa qualité : des bords bruns ou carbonisés surviennent lorsque le chalumeau soudeur se déplace trop lentement ou surchauffe.

Si la baguette a été trop ramollie par une surchauffe, elle s'étirera et se cassera ou s'aplatira.

3.1.6 Joints à bride

Le joint à extrémités bridées est le système de joint amovible le plus populaire pour le raccordement longitudinale de tuyaux thermoplastiques de grand diamètre et est particulièrement adapté à toutes les installations où une déconnexion rapide des composants et accessoires de ligne est expressément requise pour les opérations de maintenance et de contrôle.

Ce système offre la possibilité de connecter des équipements et des tronçons de canalisations constitués de matériaux de construction différents, à condition que les brides à coupler aient le même gabarit de perçage.

Les brides utilisées dans le raccordement des tuyauteries et raccords thermoplastiques diffèrent dans le système de raccordement différent pour le type de surface de contact où le joint hydraulique du raccord est mis en œuvre ; il est notamment possible de trouver des brides libres ou fixes :

- Brides libres : brides qui ne sont pas reliées rigidement au tuyau mais sont libres de tourner autour de son axe. L'étanchéité hydraulique du joint est obtenue en comprimant des joints en élastomère spéciaux logés entre le contact des extrémités des embouts de support, les seuls éléments du système d'accouplement reliés directement à la tuyauterie par des joints permanents ou amovibles.

Les avantages particuliers de ce système de bridage peuvent être résumés comme suit :

- suppression des opérations de pré-lignage des perçages lors de l'installation de la jonction entre bride et tuyauterie.

Possibilité d'orienter autour de l'axe central de la canalisation des raccords de dérivation et des vannes avec des extrémités à brides pour un arc de rotation complet de 360°.

- possibilité d'utiliser des brides de matériau non homogène avec celle des tuyaux.
- large disponibilité d'embouts de support en matière thermoplastique avec différentes finitions des surfaces d'étanchéité (face plane, face dentelée ou usinée pour vannes papillon).

- Brides fixes : brides qui sont directement reliées à la canalisation par des joints permanents ou amovibles. Dans le cas d'un raccordement longitudinal permanent (soudage au solvant, soudage dans l'emboîture, bout à bout ou électrosoudage), la bride et l'embout du joint sont réalisés dans le même matériau de construction que le tube, alors que uniquement pour les raccords longitudinaux de type mobile (bague en caoutchouc, joint à compression, etc.), il est possible d'utiliser des brides et des embouts en matériau non homogène avec le tuyau.

Étant donné que l'embout du joint contribue à augmenter la résistance mécanique de la bride, les brides fixes sont particulièrement adaptées pour les applications à haute pression et pour les accouplements avec des joints élastomères plats, où le couple de serrage des boulons est particulièrement élevé.

Dans ce groupe, il est possible de trouver des brides à face surélevée (RF) et à face plate (FF) : la bride à face surélevée est ainsi appelée en raison de la surface surélevée au-dessus du cercle de boulonnage où est placé le joint. L'étanchéité de ce type de face de bride est réalisée en comprimant un joint entre les brides d'accouplement dans la zone surélevée des brides.

Les brides à face plate n'ont pas la zone surélevée comme la bride RF. Au lieu de cela, toute la surface est plate. Cela signifie que le joint utilisé avec la bride FF est en contact complet avec toute la surface où deux brides sont accouplées.

Forme du joint

Compte tenu des conditions de fonctionnement et des forces d'étanchéité, le choix des joints à bride appropriés dans les tuyaux thermoplastiques dépend des facteurs suivants :

- la forme ;
- les dimensions;
- le matériau ;
- la résistance chimique au fluide.

En général, cependant, il n'est pas possible de déterminer exactement à l'avance quel type de surface d'étanchéité doit être utilisé pour une application particulière, sans avoir une expérience spécifique préalable en fonction de critères de sélection relatifs.

Trois surfaces de contact différentes sont généralement utilisées pour les brides libres avec embout de support :

- surface d'étanchéité à face plate : les surfaces d'étanchéité à face plate sont utilisées dans les accouplements avec des joints plats pour le transport de fluides non dangereux à basse pression ou dans les accouplements avec des joints toriques. Les brides fixes avec des surfaces d'étanchéité planes sont largement utilisées pour l'accouplement avec des brides aveugles dans l'exécution de connexions à brides aveugles pour des services tels que les événements et les drainages. De plus, ils sont également utilisés couplés à des vannes papillons équipées d'un joint de garniture ou d'un clapet avec joint torique ;
- surface d'étanchéité à face plane dentelée : les surfaces d'étanchéité à face plane dentelée ont des rainures concentriques sur les surfaces d'appui du joint qui augmentent la compression résiduelle des joints plats dans les applications à haute pression. Ce type de surface d'étanchéité est largement utilisé dans tous les accouplements à bride en transit, où les brides en matériau thermoplastique sont reliées à des contre-brides en matériau métallique (fonte, acier au carbone et aciers alliés) ;
- surface d'étanchéité avec siège pour bague en élastomère : ceux-ci sont moins courants que les précédents ; Ils conviennent aux accouplements à brides en matériau thermoplastique, car des valeurs limitées des forces de serrage des boulons sont nécessaires pour obtenir une étanchéité hydraulique parfaite du joint.

Matériaux d'étanchéité

Les joints utilisés dans les joints à bride sont classés en fonction du matériau et de la forme, qui est directement liée au type de surface d'étanchéité de la bride.

Dans le transport de fluides industriels agressifs, les élastomères d'éthylène ou fluorés, tels que l'EPDM et le FPM, sont largement utilisés en raison de leur haute résistance chimique et mécanique, même à des températures élevées.

Les caoutchoucs tels que le NBR et le PTFE offrent en revanche une grande fiabilité dans le transport de l'eau potable, même si aujourd'hui le NBR est peu utilisé en raison de sa faible résistance chimique.

Le choix du matériau de construction d'un joint dépend de la nature du fluide transporté dans la canalisation et des conditions de fonctionnement auxquelles le joint à bride est soumis.

De plus, le matériau d'un joint caractérise également la charge de serrage des boulons utilisés dans le raccord à bride : il faut rappeler que l'utilisation d'élastomères dénotant des valeurs de dureté et de compression différentes nécessite l'application de moments de serrage diversifiés qui garantissent le joint hydraulique du joint.

Étant donné que la compression du joint dépend des caractéristiques du matériau élastomère, du type de surface de contact de la bride et de la pression de service de la tuyauterie, il est toujours conseillé, si les expériences précédentes ne sont pas utilisables, de vérifier les charges de serrage à attribuer aux boulons.

Choix des boulons

Les boulons utilisés pour le bridage des tuyaux thermoplastiques sont constitués de barres métalliques entièrement ou partiellement filetées, appelées tirants, complétées par deux écrous d'arrêt ou de boulons normaux avec tige totalement ou partiellement filetée, complétées par un écrou de serrage.

Le type et les dimensions des boulons dépendent du gabarit de perçage de la bride et du type de raccord de la bride sélectionné.

Les boulons en aciers au carbone et en aciers faiblement alliés, avec des charges de rupture unitaires comprises entre 50 et 70 kg/mm², garantissent une résistance mécanique adéquate des joints à brides, car tout phénomène de fluage métallique est supposé inexistant en raison des températures de fonctionnement limitées auxquelles les tuyaux thermoplastiques sont soumis.

L'utilisation de boulons, écrous et tirants en acier inoxydable et en alliages de cuivre, bronze et laiton de haute résistance est exclusivement à considérer dans les applications caractérisées par des phénomènes de corrosion environnementale, tels que l'enfouissement dans des sols agressifs, la corrosion due à la pollution atmosphérique et l'environnement marin.

Dans ces derniers cas, un traitement de surface protecteur adéquat, comme la galvanisation ou la peinture époxy, peut souvent suffire à limiter les phénomènes particuliers de corrosion environnementale au fil du temps.

Pour le choix des matériaux, il est suggéré de se référer aux différentes normes internationales en vigueur qui comprennent la classification, les essais et l'emballage.

Lors du choix du filetage, il est préférable d'utiliser des boulons à pas large, car ils garantissent une meilleure résistance à l'arrachement du filetage par rapport aux boulons équivalents à filetage à pas fin.

Il est également recommandé d'utiliser les spécifications générales pour le choix des boulons et des tirants lors de la sélection des écrous de serrage.

Brides normalisées

Afin de faciliter l'interchangeabilité des équipements et accessoires de ligne à extrémités bridées et d'éviter les calculs de dimensionnement lors de la phase de conception, toutes les brides actuellement utilisées dans la construction des tuyauteries thermoplastiques sont produites conformément aux normes internationales spécifiques d'unification.

Les normes internationales d'unification pour la construction de brides pour tuyaux thermoplastiques, s'inspirent des normes équivalentes pour les tuyaux métalliques, spécifient les dimensions des éléments de couplage d'une bride et expressément :

- la distance de perçage (ou diamètre du cercle de perçage) ;
- le nombre et le diamètre des boulons et des trous de boulons ;
- le diamètre extérieur et l'épaisseur de la bride.

Les dimensions des éléments d'accouplement, simplement appelés gabarit de perçage, sont unifiées en fonction de la pression nominale PN de la bride et d'un diamètre d'accouplement conventionnel, simplement appelé diamètre nominal DN.

Pour vérifier la compatibilité entre les différents gabarits de perçage prescrits par les normes d'unification, il convient de consulter le tableau suivant qui illustre les principales dimensions de couplage des joints à bride selon DIN 2501, avec un perçage PN10/16 jusqu'à DN 150 et PN10 à partir de DN200.

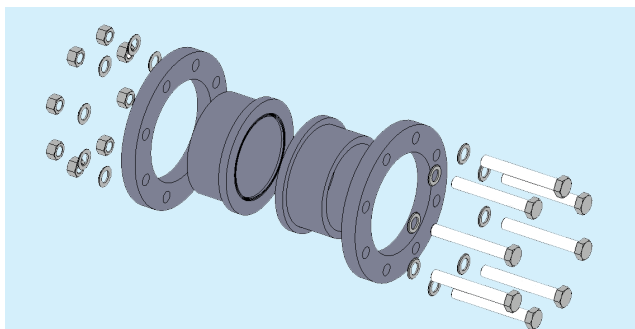
Dimensions des bagues d'appui selon DIN 2501, avec perçage PN10/16 jusqu'au DN150 et PN10 à partir du DN200

| De (mm) | DN | Diamètre de pas (mm) | Diamètre du trou (mm) | Nombre de boulons |
|---------|-----|----------------------|-----------------------|-------------------|
| 20 | 15 | 65 | 14 | 4 |
| 25 | 20 | 75 | 14 | 4 |
| 32 | 25 | 85 | 14 | 4 |
| 50 | 32 | 100 | 18 | 4 |
| 50 | 40 | 110 | 18 | 4 |
| 63 | 50 | 125 | 18 | 4 |
| 75 | 65 | 145 | 18 | 4 |
| 90 | 80 | 160 | 18 | 8 |
| 110 | 100 | 180 | 18 | 8 |
| 125 | 125 | 210 | 18 | 8 |
| 140 | 125 | 210 | 18 | 8 |
| 160 | 150 | 240 | 22 | 8 |
| 200 | 200 | 295 | 22 | 8 |
| 225 | 200 | 295 | 22 | 8 |
| 250 | 250 | 350 | 22 | 12 |
| 280 | 250 | 350 | 22 | 12 |
| 315 | 300 | 400 | 22 | 12 |
| 355 | 350 | 460 | 22 | 16 |
| 400 | 400 | 515 | 25 | 16 |

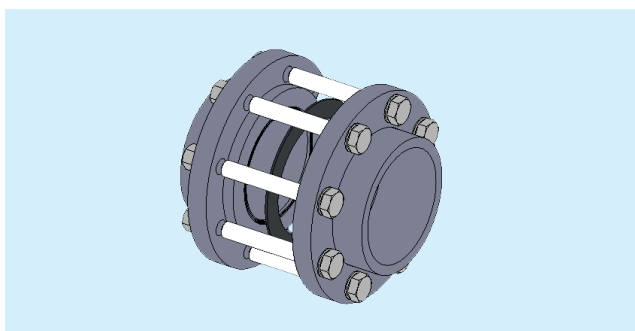
Pour plus d'informations sur notre gamme complète de brides et les différentes normes de perçage et tailles disponibles, veuillez vous référer à nos catalogues de systèmes Aliaxis.

Instructions d'installation

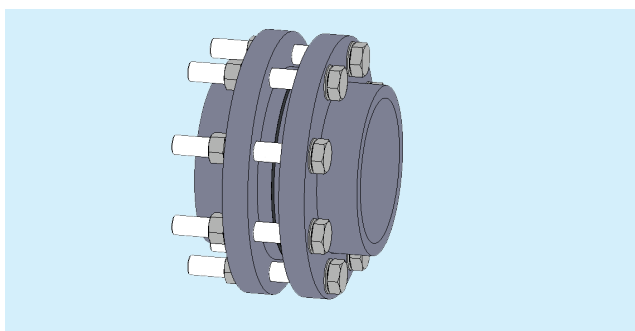
Pour garantir l'installation correcte des éléments à brides, nous vous recommandons d'effectuer les opérations suivantes :



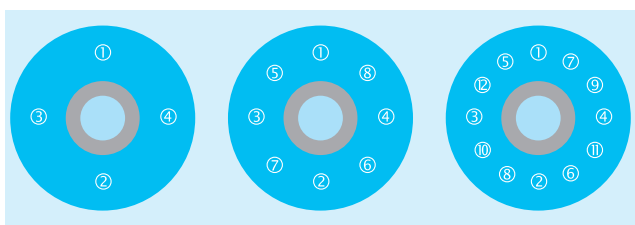
- 1) Insérer l'éventuelle bague d'appui sur le tuyau, avant de procéder à l'installation de l'embout.
- 2) En cas de bride fixe, vérifier le bon alignement du perçage avec la contre-bride.
- 3) Vérifiez que la position de la contre-bride tient compte des dimensions globales de la distance face à face des composants.



- 4) Insérez le joint plat entre les embouts (cette étape n'est pas nécessaire pour les vannes papillon FIP et Astore), en veillant à ce que les surfaces d'étanchéité des brides n'aient pas été séparées par une distance excessive.



- 5) Procédez à la soudure au solvant ou à la soudure des brides fixes ou des embouts en cas de bagues d'appui, en suivant les instructions de soudure ou de soudure au solvant.
- 6) Insérez tous les boulons, rondelles et écrous.



- 7) Une fois le temps de refroidissement écoulé, procédez au serrage des boulons dans un ordre « en croix », comme décrit sur l'image, conformément aux brides à 4, 8 ou 12 boulons.
- 8) Terminez le processus de serrage des boulons à l'aide d'une clé dynamométrique jusqu'à ce que la bonne valeur de couple de serrage soit atteinte.

Dans le tableau suivant, les valeurs du couple de serrage sont représentées pour les écrous et les boulons afin d'obtenir l'étanchéité avec des brides en PVC-C et PVC-U avec des joints en EPDM/FPM/NBR.

Couple de serrage pour bagues d'appui en PVC-C et PVC-U

| De (mm) | DN | Valeur du couple (Nm) |
|---------|-----|-----------------------|
| 20 | 15 | 9 |
| 25 | 20 | 9 |
| 32 | 25 | 9 |
| 40 | 32 | 9 |
| 50 | 40 | 9 |
| 63 | 50 | 12 |
| 75 | 65 | 15 |
| 90 | 80 | 18 |
| 110 | 100 | 20 |
| 125 | 125 | 35 |
| 140 | 125 | 55 |
| 160 | 150 | 40 |
| 200 | 200 | 55 |
| 225 | 200 | 55 |
| 250 | 250 | 70 |
| 280 | 250 | 70 |
| 315 | 300 | 70 |
| 355 | 350 | 75 |
| 400 | 400 | 75 |

La tolérance sur le couple est de +/-10 %.

Les couples de serrage pour les boulons à bride dans le système de tuyauterie ABS sont répertoriés dans ce tableau.

Couple de serrage des bagues d'appui ABS

| De (mm) | DN | Valeur du couple (Nm) |
|---------|-----|-----------------------|
| 16 | 10 | 15 |
| 20 | 15 | 15 |
| 25 | 20 | 15 |
| 32 | 25 | 15 |
| 40 | 32 | 20 |
| 50 | 40 | 30 |
| 63 | 50 | 35 |
| 75 | 65 | 40 |
| 90 | 80 | 40 |
| 110 | 100 | 40 |
| 140 | 125 | 50 |
| 160 | 150 | 60 |
| 225 | 200 | 70 |
| 250 | 250 | 80 |
| 315 | 300 | 100 |

La tolérance sur le couple est de +/-10 %.

Dans les tableaux suivants, les valeurs de couple de serrage sont indiquées pour obtenir le joint avec des brides PP à âme en acier inoxydable.

Couple de serrage pour les bagues d'appui et les brides aveugles en PP-St

| De (mm) | DN | Valeur de couple pour les bagues d'appui (Nm) | Valeur de couple pour les brides aveugles (Nm) |
|---------|-----|---|--|
| 20 | 15 | 15 | 15 |
| 25 | 20 | 15 | 15 |
| 32 | 25 | 15 | 15 |
| 40 | 32 | 20 | 25 |
| 50 | 40 | 30 | 35 |
| 63 | 50 | 35 | 35 |
| 75 | 65 | 40 | 40 |
| 90 | 80 | 40 | 40 |
| 110 | 100 | 40 | 45 |
| 125 | 100 | 40 | 45 |
| 140 | 125 | 50 | 50 |
| 160 | 150 | 60 | 60 |
| 180 | 150 | 60 | 60 |
| 200 | 200 | 70 | 70 |
| 225 | 200 | 70 | 70 |
| 250 | 250 | 80 | 100 |
| 280 | 250 | 80 | 100 |
| 315 | 300 | 100 | 110 |
| 355 | 350 | 120 | 160 |
| 400 | 400 | 140 | 170 |

Dans le tableau suivant sont rapportées les longueurs minimales des boulons pour les raccords à bride des vannes papillon FIP.

Longueur minimale des boulons pour les raccords à brides des vannes papillon FIP

| De (mm) | DN | L _{min} (mm) |
|---------|-----|-----------------------|
| 50 | 40 | M 16x150 |
| 63 | 50 | M 16x150 |
| 75 | 65 | M 16x170 |
| 90 | 80 | M 16x180 |
| 110 | 100 | M 16x180 |
| 125/140 | 125 | M 16x210 |
| 160/180 | 150 | M 20x240 |
| 200/225 | 200 | M 20x260 |
| 250/280 | 250 | M 20x310 |
| 315 | 300 | M 20x340 |
| 355 | 350 | M 20x360 |
| 400 | 400 | M 24x420 |

Dans le tableau ci-dessous sont indiquées les longueurs minimales de boulons pour les joints à brides des tuyaux.

Longueur minimale des boulons pour les joints à bride des tuyaux.

| De (mm) | DN | L _{min} (mm) |
|---------|-----|-----------------------|
| 20 | 15 | M 12x70 |
| 25 | 20 | M 12x70 |
| 32 | 25 | M 12x70 |
| 40 | 32 | M 16x85 |
| 50 | 40 | M 16x85 |
| 63 | 50 | M 16x95 |
| 75 | 65 | M 16x95 |
| 90 | 80 | M 16x105 |
| 110 | 100 | M 16x105 |
| 125 | 125 | M 16x115 |
| 140 | 125 | M 16x120 |
| 160 | 150 | M 20x135 |
| 200 | 200 | M 20x140 |
| 225 | 200 | M 20x140 |
| 250 | 250 | M 20x150 |
| 280 | 250 | M 20x160 |
| 315 | 300 | M 20x180 |
| 355 | 350 | M 20x180 |
| 400 | 400 | M 22x180 |

Veuillez noter que :

- l'utilisation de brides en métal revêtu ou en fibre de verre peut permettre l'application de couples de serrage plus élevés, à condition que ceux-ci ne dépassent pas la limite élastoplastique du matériau ;
- l'utilisation de matériaux de joints élastomères différents de ceux cités dans le tableau précédent peut nécessiter des couples de serrage légèrement supérieurs ;
- Aliaxis recommande toujours l'utilisation de rondelles de taille adaptée pour tout boulon utilisé dans la bride d'accouplement.

AVERTISSEMENT



Dans nos vannes papillon, le siège de garniture s'étend sur les deux faces de la vanne. Par conséquent, aucun joint n'est requis en raison de la fonction du siège.

De plus, l'utilisation de joints plats dans les vannes papillon peut créer des problèmes d'étanchéité en raison d'un contact caoutchouc-caoutchouc.

Avantages et applications

Les joints à bride sont utilisés dans les canalisations de protection contre l'incendie ou dans les systèmes de gaz, d'eau et de processus industriels. Ils sont utilisés car ils peuvent fournir un point de déconnexion étanche et permettre l'insertion de dispositifs de mesure et de régulation dans la plomberie. Ils sont facilement amovibles, économiques et, comme décrit précédemment, donnent la possibilité de joindre deux tuyaux de taille différente ensemble.

3.1.7 Joints filetés

Par définition, le joint fileté est ce système de connexion longitudinale qui permet le raccordement de deux éléments complémentaires (mâle et femelle) par un mouvement hélicoïdal.

La jonction de tuyaux et raccords thermoplastiques à travers des extrémités filetées est largement utilisée dans les systèmes civils et industriels où il est nécessaire de connecter des équipements et accessoires non homogènes.

L'application sur des lignes thermoplastiques homogènes est plutôt privilégiée lorsque le réseau de canalisations doit être démonté pour des opérations occasionnelles de nettoyage ou de modification.

Étant donné que le filetage réduit l'épaisseur de paroi effective, les tuyaux filetés se caractérisent par une résistance mécanique inférieure par rapport aux tuyaux non filetés et ceux qui peuvent être joints par soudage thermique ou par solvant.

Nécessitant une rigidité particulière du matériau, le filetage est recommandé uniquement pour des résines thermoplastiques particulières : il est par exemple largement utilisé dans les tuyaux rigides homogènes en PVC, puisqu'il associe des avantages de montage incontestables, tels que la possibilité d'un fonctionnement immédiat, d'une déconnexion rapide des raccordements et d'une large gamme d'accessoires et de raccords pour la construction de lignes même complexes

Il est également utilisé en C-PVC et l'ABS, alors qu'il n'est pas recommandé pour les tuyaux PP et PE à moins d'ajouts appropriés de charges dans le mélange, comme la fibre de verre, qui augmentent la rigidité et la résistance mécanique.

Dans la production de tuyaux et raccords rigides en PVC, des filetages BSP (British Standard Pipe) ou NPT (National Pipe Thread) sont utilisés.

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

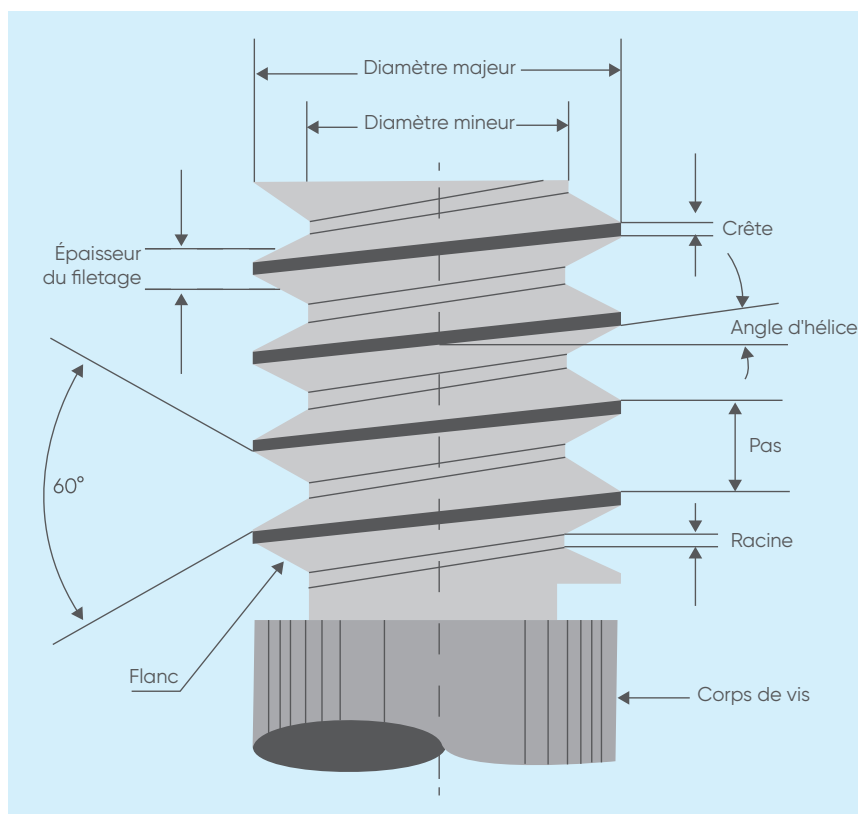
1) Le filetage BSP : a été adopté à l'international pour l'interconnexion et l'étanchéité des tuyaux et raccords en assemblant un filetage externe (mâle) avec un filetage interne (femelle). Il a été adopté en tant que norme pour la plomberie et le raccordement de tuyaux, sauf en Amérique du Nord, où le NPT et les filetages associés sont utilisés.

On distingue deux types de filetages :

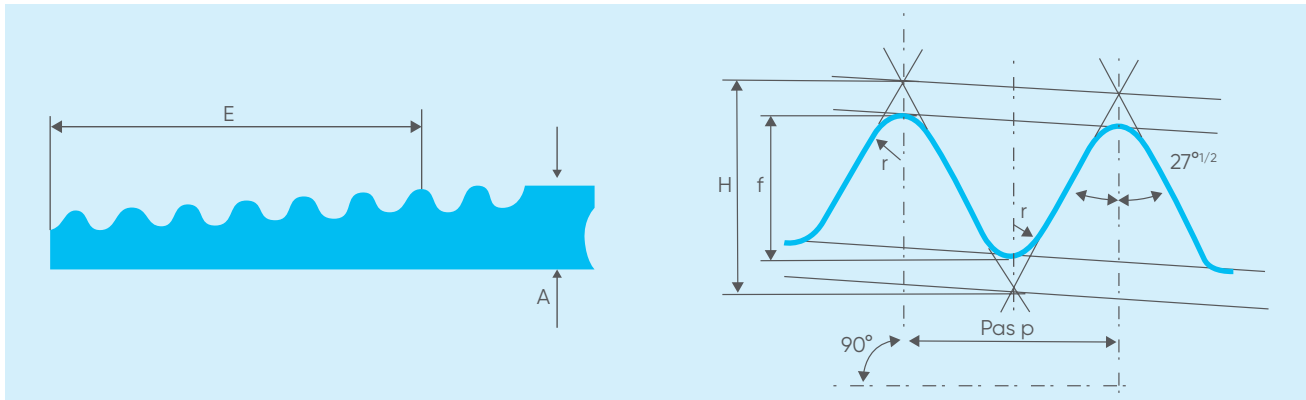
- British Standard Pipe Parallel Thread (BSPP), qui ont un diamètre constant ; désigné par la lettre G. Les filetages femelle et mâle sont tous deux parallèles. Le filetage BSPP est utilisé lorsqu'un joint étanche à la pression est obtenu par compression de matériau mou (comme un joint torique ou une rondelle) entre la face d'extrémité du filetage mâle et une face d'embout, avec serrage d'un contre-écrou ;
- British Standard Pipe Taper Thread (BSPT), dont le diamètre augmente ou diminue le long du filetage ; désigné par la lettre R. Le filetage BSPT est utilisé lorsque l'étanchéité à la pression est obtenue par l'accouplement de deux filetages ensemble. Les normes internationales exigent que tous les filetages femelles soient parallèles et que les filetages mâles soient coniques.

Avant de regarder en détail la configuration du filetage du BSPP et de le comparer à un NPT, il peut être utile de définir les éléments principaux d'un filetage :

- diamètre majeur : diamètre extérieur ;
- diamètre mineur : diamètre intérieur ;
- crête : partie proéminente d'un filetage ;
- épaisseur du filetage : distance entre les côtés adjacents du filetage mesurée le long ou parallèlement à la ligne des pas ;
- angle d'hélice : angle entre toute hélice et une ligne axiale sur sa droite ;
- pas : distance entre les filetages contigus ;
- forme : le profil ou la forme d'un filetage ;
- racine : fond de la rainure entre les deux surfaces adjacentes ;
- Flanc : côtés droits qui relient la crête et la racine.



Dans ces deux images une configuration de filetage BSPP est représentée.



La norme ISO 228 - 1 contient les principales dimensions pour les filetages de tuyaux pour lesquels des joints étanches à la pression ne sont pas effectués sur les filetages, qui sont répertoriés dans le tableau suivant.

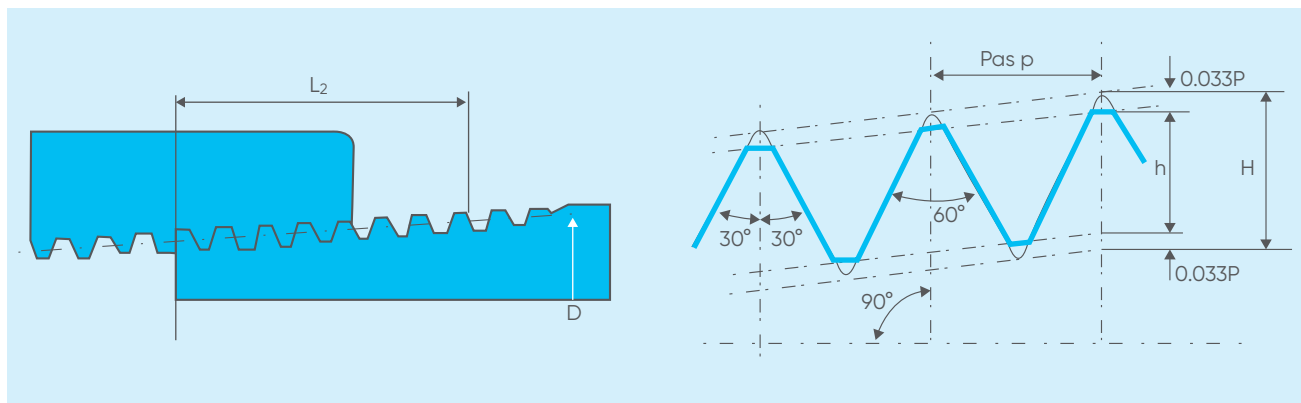
| DN (in) | Nombre de filets en 25,4 mm | Pas (mm) | Hauteur du filetage (mm) | Longueur effective des filetages (mm) |
|---------|-----------------------------|----------|--------------------------|---------------------------------------|
| | n | p | h | E |
| 1/4" | 19 | 1,337 | 0,856 | 9,688 |
| 3/8" | 19 | 1,337 | 0,856 | 10,025 |
| 1/2" | 14 | 1,814 | 1,162 | 13,152 |
| 3/4" | 14 | 1,814 | 1,162 | 14,514 |
| 1" | 11 | 2,309 | 1,479 | 16,714 |
| 1 1/4" | 11 | 2,309 | 1,479 | 19,050 |
| 1 1/2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 19,050 |
| 2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 23,378 |
| 2 1/2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 26,698 |
| 3 | 11 | 2,309 | 1,479 | 29,873 |
| 4 | 11 | 2,309 | 1,479 | 35,791 |

La norme ISO 7 - 1 contient les principales dimensions des filetages de tuyaux pour lesquels des joints étanches à la pression sont effectués sur les filetages, qui sont répertoriés dans le tableau suivant.

| DN (in) | Nombre de filets en 25,4 mm | Pas (mm) | Hauteur du filetage (mm) | Longueur effective des filetages (mm) |
|---------|-----------------------------|----------|--------------------------|---------------------------------------|
| | n | p | h | E |
| 1/4" | 19 | 1,337 | 0,856 | 9,7 |
| 3/8" | 19 | 1,337 | 0,856 | 10,1 |
| 1/2" | 14 | 1,814 | 1,162 | 13,2 |
| 3/4" | 14 | 1,814 | 1,162 | 14,5 |
| 1" | 11 | 2,309 | 1,479 | 16,8 |
| 1 1/4" | 11 | 2,309 | 1,479 | 19,1 |
| 1 1/2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 19,1 |
| 2 | 11 | 2,309 | 1,479 | 23,4 |
| 2 1/2" | 11 | 2,309 | 1,479 | 26,7 |
| 3 | 11 | 2,309 | 1,479 | 29,8 |
| 4 | 11 | 2,309 | 1,4789 | 35,8 |

2) Le filetage NPT : il correspond aux normes techniques nationales américaines pour le filetage des vis, et il est particulièrement utilisé dans la construction de tuyauteries pour le transport de fluides sous pression dans l'industrie chimique et pétrochimique.

Les deux images suivantes montrent une configuration de filetage NPT cylindrique.



Défini pour l'étanchéité à l'eau dans les filetages, le filetage NPT est utilisé pour les raccords à vis et à manchons coniques, dont les dimensions et les caractéristiques sont illustrées dans les normes ANSI B1.20.1 et les modifications ultérieures.

Les principales dimensions sont listées dans le tableau.

| DN (in) | Nombre de filets en 25,4 mm | Pas (mm) | Hauteur du filetage (mm) | Longueur effective des filetages (mm) |
|---------|-----------------------------|----------|--------------------------|---------------------------------------|
| | n | p | h | E |
| 1/4" | 18 | 1,4112 | 1,1288 | 10,2057 |
| 3/8" | 18 | 1,4112 | 1,1288 | 10,3581 |
| 1/2" | 14 | 1,8143 | 1,4514 | 13,556 |
| 3/4" | 14 | 1,8143 | 1,4514 | 13,8608 |
| 1" | 11,5 | 2,2088 | 1,7671 | 17,3431 |
| 1 1/4" | 11,5 | 2,2088 | 1,7671 | 17,9527 |
| 1 1/2" | 11,5 | 2,2088 | 1,7671 | 18,3769 |
| 2 | 11,5 | 2,2088 | 1,7671 | 19,2151 |
| 2 1/2" | 8 | 3,175 | 2,54 | 28,8925 |
| 3 | 8 | 3,175 | 2,54 | 30,48 |
| 4 | 8 | 3,175 | 2,54 | 33,02 |

Instructions d'installation

Afin de garantir l'étanchéité hydraulique du joint sur les raccords et les vannes avec une extrémité femelle fileté, Aliaxis vous recommande d'effectuer les opérations suivantes :



1) Commencer à enrouler du ruban d'étanchéité PTFE sur l'extérieur de l'extrémité mâle fileté, en prenant soin de ne pas obstruer le trou traversant sur le tuyau, le raccord ou la vanne



2) Compléter la première couche d'enroulement en enroulant le ruban dans le sens horaire jusqu'à la racine du filetage. N'oubliez pas de maintenir la bande tendue tout au long du processus.



3) Appuyer sur les pointes du fil pour s'assurer que la bande adhère entièrement à l'agrafe.

4) Augmenter l'épaisseur de la couche de PTFE en continuant à appliquer le ruban tendu et en l'enroulant dans le sens horaire jusqu'à atteindre le niveau optimal.

6) S'assurer que la couche de PTFE n'est pas retirée pendant le vissage, car cela compromettrait l'étanchéité hydraulique du joint.

7) Terminer de visser les deux extrémités en exploitant toute la longueur du filetage à l'aide d'une clé à sangle ou d'un outil similaire.

8) Éviter de trop serrer les éléments, car cela pourrait endommager les filetages ou entraîner une contrainte sur les éléments eux-mêmes.

Pour une installation correcte, Aliaxis recommande d'utiliser uniquement du ruban d'étanchéité en PTFE non fritté.

En toutes circonstances, évitez d'utiliser des matériaux tels que le chanvre, les peluches ou les peintures habituellement mises en œuvre pour le joint hydraulique sur les filetages métalliques.



AVERTISSEMENTS

Éviter l'utilisation de joints filetés dans les cas suivants :

- des applications hautement critiques, telles que le transport de liquides chimiquement agressifs ou toxiques ;
- en présence de pressions moyennes ou élevées : dans ce cas, Aliaxis recommande l'utilisation de joints de soudure au solvant, de joints de soudure à chaud ou de joints à bride ;
- les systèmes soumis à des contraintes mécaniques et/ou thermiques telles que coups de bélier, fortes variations de température, courbures, désalignements et tensions transversales qui pourraient provoquer une rupture prématurée du joint fileté ;
- l'accouplement d'éléments trop éloignés les uns des autres.

Avantages et applications

Les joints filetés sont utilisés dans les conduites d'eau et de gaz. Ils offrent une capacité de charge et une fiabilité élevées. L'inspection, la réparation et le remplacement d'un assemblage fileté ne sont pas coûteux mais faciles, car ils peuvent être démontés si nécessaire.

3.1.8 Assemblage mécanique de tuyauteries avec raccord Straub

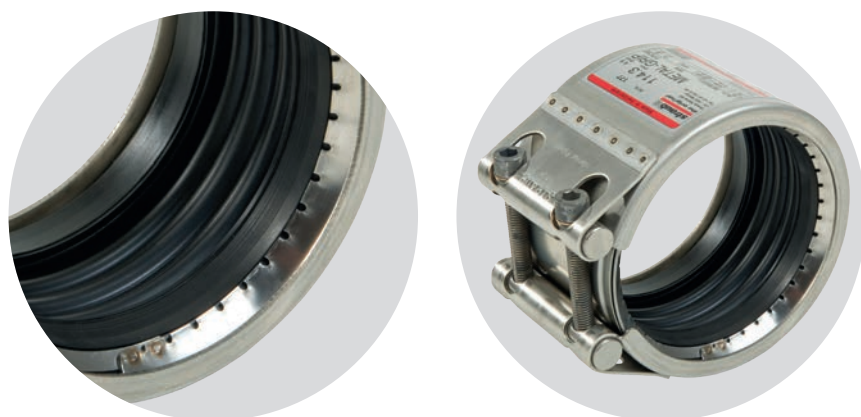
Il existe de nombreuses possibilités pour connecter des tuyaux qui nécessitent beaucoup de connaissances spéciales couplées à la conservation d'un stock étendu. Les raccords Straub ont été inventés il y a plus de 50 ans afin de mettre de l'ordre dans cet « encombrement ».

L'idée de base de la raccord de tuyau Straub est de connecter les extrémités des tuyaux simples sans avoir besoin de traiter ni les extrémités de tuyau ni le raccord.

Le raccord Straub rapide, facile et fiable a remplacé les raccords à souder ou à bride. Grâce à son concept ingénieux, le raccord STRAUB d'origine est considéré comme l'une des innovations pionnières sur le marché mondial de la technologie de raccordement de tuyaux.

Deux distinctions peuvent être remarquées dans la gamme STRAUB : Les accouplements GRIP résistent à la traction axiale, tandis que les accouplements FLEX ne résistent pas à la traction axiale.

Le système d'ancrage dynamique STRAUB-GRIP est capable d'absorber les forces axiales découlant de la pression interne, par des anneaux d'ancrage spéciaux s'engageant dans le matériau du tuyau concerné et assurant un raccordement mécanique. Si la charge de traction axiale sur le tuyau augmente en raison de l'augmentation de la pression interne, l'anneau d'ancrage s'engage plus profondément dans la surface du tuyau.

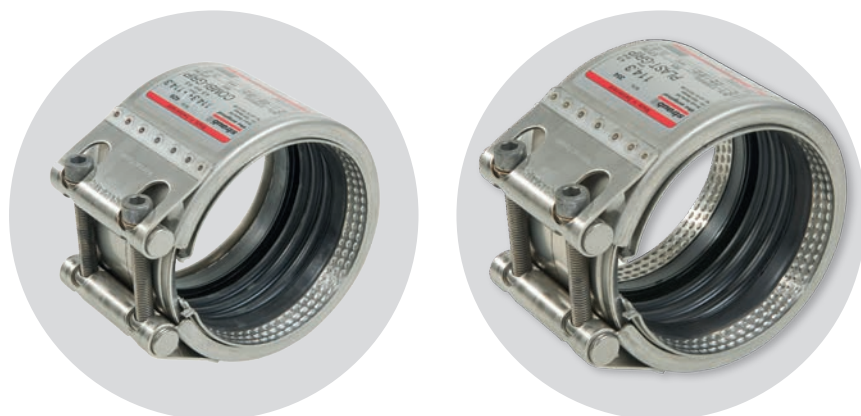


Alors que l'application standard pour raccords STRAUB-GRIP est de connecter des tuyaux métalliques de presque tous types, il existe deux solutions différentes pour l'utilisation avec des tuyaux en plastique : STRAUB-COMBI-GRIP qui est utilisé pour les transitions du métal vers les tuyaux plastiques et STRAUB-PLAST-GRIP pour le raccordement des tuyaux plastiques.

L'installation et le raccordement de tuyaux en plastique représentent de nouveaux défis pour l'entrepreneur. De nombreux types de raccordement dépendent des conditions météorologiques ou de la température ou nécessitent des équipements électriques et des outils spéciaux pour l'installation, ou des connaissances et approbations spéciales. Les tuyaux en plastique de tous types peuvent être facilement raccordés avec STRAUB-PLAST-GRIP. En particulier, deux plastiques différents peuvent être reliés entre eux.

Dans le cas d'ajustements ou de modifications de systèmes déjà installés, le raccord de tuyaux peut être facilement détaché et réutilisé. Le rapport coûts/bénéfices est influencé positivement.

STRAUB-COMBI-GRIP et STRAUB-PLAST-GRIP sont des raccords de tuyaux fiables qui résistent à la traction axiale et qui peuvent être utilisés partout à tout moment. Les deux raccords sont disponibles dans les plages de diamètre de 38 mm à 355 mm et peuvent être utilisés dans les plages de température de -20 °C à +100 °C avec joint EPDM, et de -20 °C à +80 °C avec joint NBR.



Une variété de plus dans les raccords de tuyau à retenue axiale est appelée STRAUB-PLAST-PRO qui est utilisé principalement pour l'installation de tuyaux sous pression en polyéthylène (PE). STRAUB-PLAST-PRO offre une alternative aux méthodes traditionnelles d'assemblage de PE utilisées dans les applications d'eau, d'eaux usées, d'usines industrielles et de maintenance. La gamme complète de produits est disponible pour les tuyaux en PE de dimension SDR 11 (63,0 - 180,0 mm ; PN 16) et SDR 17 (125,0 - 355,0 mm ; PN 10).

Toute la gamme de produits offre le grand avantage que les tuyaux peuvent être facilement connectés sans avoir besoin d'une alimentation externe et d'une préparation d'extrémité de tuyau, même dans des conditions météorologiques externes exigeantes.

Les tuyaux en PE 80 ou PE 100 sont raccordés à l'aide d'une combinaison d'inserts de revêtement et de coques externes. Le concept de d'assemblage permet d'assembler le produit facilement et en très peu de temps.

Les tuyaux en PE avec des couches de protection supplémentaires sont disponibles dans une variété de modèles tels que les tuyaux en PE avec une couche de barrière en aluminium résistant à la diffusion qui sont généralement préférés pour être posés dans des sites de sol contaminé. Ainsi, les polluants ne peuvent pas pénétrer dans le tuyau et le fluide ne peut pas pénétrer dans le sol.

STRAUB-PLAST-PRO connecte également les tuyaux à couche barrière facilement et en toute sécurité sans aucune préparation des extrémités des tuyaux. Avant le montage, le diamètre extérieur du tuyau doit être confirmé et vérifié qu'il s'adapte à la plage de travail de la coque individuelle. La plage de température de travail est comprise entre -5°C et $+40^{\circ}\text{C}$.

STRAUB-PLAST-PRO a été testé avec succès selon la norme britannique WIS 4-24-01 et satisfait aux exigences de la norme européenne EN 1254-3.



Les raccords de tuyaux STRAUB-FLEX permettent de raccorder des tuyaux pour pratiquement tous les diamètres de tuyaux imaginables, pour des types de matériaux de tuyaux identiques ou différents, pour différents fluides et températures ainsi que pour une large plage de valeurs de pression de service.

Les raccords des tuyaux STRAUB-FLEX ne pouvant absorber axialement aucune force, les tuyaux doivent être fixés axialement par des mesures appropriées sur place telles que tirants, points fixes et coulissants, piliers en béton, etc. Le manchon d'étanchéité sépare le corps du raccord de la surface de la canalisation afin d'amortir au mieux le son, les vibrations et les oscillations.

Les raccords STRAUB-FLEX sont disponibles dans des plages de diamètre allant de 48,3 mm à 4064 mm et peuvent être utilisés dans des plages de température allant de -20°C à $+180^{\circ}\text{C}$. Les manchons d'étanchéité de ces raccords sont en EPDM, NBR ou FKM.



Les raccords de tuyauterie STRAUB-OPEN-FLEX, quant à eux, présentent les mêmes caractéristiques que les raccords STRAUB-FLEX mais élargissent leurs possibilités d'utilisation. Les boîtiers de la série STRAUBOPEN-FLEX sont disponibles soit en version articulée, soit en 2 ou 3 parties. Les raccords STRAUB-OPENFLEX peuvent ainsi être utilisés pour raccorder des tuyaux ou effectuer des réparations sans démonter les tuyaux existantes.

Les raccords STRAUB-OPEN-FLEX sont disponibles dans des plages de diamètre allant de 48,3 mm à 4064 mm et peuvent être utilisés dans des plages de température allant de -20 °C à +180 °C. Les manchons d'étanchéité de ces raccords sont en EPDM, NBR ou FKM.



Il est également possible que l'installation de tuyaux nécessite le raccordement de tuyaux ayant des diamètres externes différents. Notre solution pour le scénario susmentionné s'appelle STRAUB-STEP-FLEX.

Les éventuelles différences de diamètre des tubes à raccorder peuvent varier de 10 à 30 mm maximum. Des différences de diamètre plus importantes peuvent être obtenues en intégrant un adaptateur de réduction avec deux raccords. Des différences de diamètre plus faibles (entre 5 et mm) peuvent être compensées avec STRAUB-FLEX 2 / 3 sur demande.

Sous pression, les raccords STRAUBSTEP-FLEX sont toujours poussés dans la direction du plus petit diamètre du tube par des forces internes en raison des différences de diamètre, et doivent donc être protégés contre le glissement par des mesures appropriées.

Des butées de protection sont disponibles sur demande; dans les applications sans pression, les supports ne sont pas nécessaires.

Les raccords STRAUB-STEP-FLEX sont disponibles dans les gammes de diamètre extérieur de 219,1 mm à 2032 mm et peuvent être utilisés dans les gammes de température de -20 °C à +100 °C. Les manchons d'étanchéité de ces raccords sont en EPDM. Les différences de diamètre entre les tuyaux à raccorder jusqu'à 30 mm sont possibles.



Feuillards

La connexion sûre du raccord STRAUB est assurée par le caractère unique et les fonctionnalités avancées de ses accessoires. Des feuillards sont utilisés pour protéger le manchon d'étanchéité contre les dommages mécaniques ou chimiques au niveau de l'extrémité du tuyau. Les feuillards sont nécessaires pour :

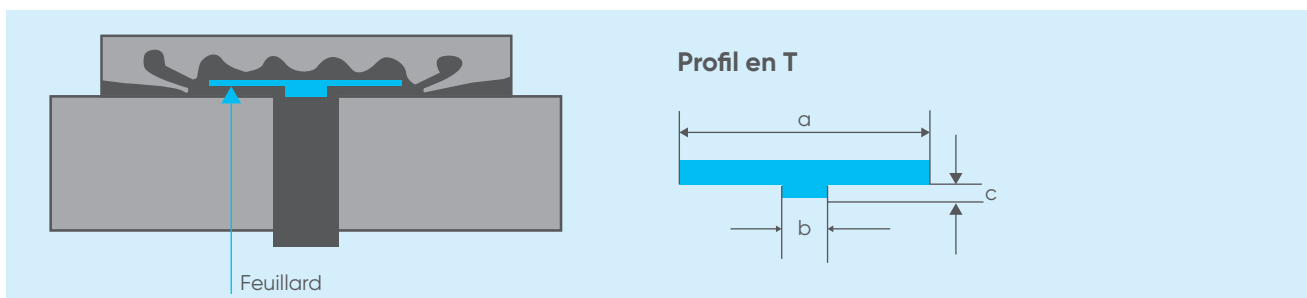
- distance excessive entre les extrémités du tuyau ;
- mouvement axial (dilatation, contraction) ;
- déviation angulaire et désalignement axial ;
- vide (par ex. conduite d'aspiration) ;
- pression externe (p. ex. conduite sous-marine) ;
- température élevée ;
- carburant et combustibles ;
- gonflement du caoutchouc causé par le contact avec des produits chimiques.

Le choix du matériau est déterminé par le fluide et la température. À température ambiante normale, avec de l'eau salée et des produits chimiques, des feuillards en plastique sont utilisés. Des feuillards en acier inoxydable sont nécessaires pour les températures plus élevées, le vide et la pression externe. Des combinaisons de plastique et d'acier inoxydable sont également possibles. Des feuillards bandes profilées en forme de T sécurisent la position d'installation en cas de fortes charges dynamiques.

Les feuillards en PVDF peuvent être utilisés dans les plages de température de -30 °C à 115 °C, tandis que les feuillards en PEHD conviennent dans les plages de température de -50 °C à 70 °C.

Les tableaux ci-dessous peuvent être utiles pour choisir le feuillard approprié en fonction du couplage.

| STRAUB raccord de tuyau | Acier inoxydable | | Plastique | | Profil en T en plastique * | |
|------------------------------|----------------------------|----------|-----------|------|----------------------------|------|
| | AISI 316 L ou similaire | AISI 301 | PVDF | HDPE | PVDF | HDPE |
| STRAUB-METAL-GRIP | | | x | | | |
| STRAUB-GRIP 25,0 à 168,3 mm | x | | x | x | | |
| STRAUB-GRIP 180,0 à 711,2 mm | x | | | | | |
| STRAUB-ECO-GRIP | x | | | | | |
| STRAUB-PLAST / COMBI-GRIP | x | | x | | | |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 1 | x | | x | | x (à partir de 76,1 mm)* | |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 2 | x | | | x | | x * |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3 | x | | | x | | x * |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3,5 | | x | | x | | |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 4 | | x | | x | | |



* Les caractéristiques du profil en T en plastique pour OPEN-FLEX 1, OPEN-FLEX 2, OPEN-FLEX 3 sont listées dans le tableau suivant.

| Profilé en T en plastique | De | Largeur de bande a (mm) | Largeur de l'épaulement b (mm) | Hauteur de l'épaulement c (mm) |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 1 | 76,1 à 118,0 mm 127,0 à 168,3 mm | 45 55 | 5 5 | 3,5 3,5 |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 2 | tous De | 75 | 7,5 | 6 |
| STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3 | tous De | 118 | 10 | 6 |

Bagues de renforcement

Les tubes en thermoplastique peuvent fluer sous l'effet de la pression et de la température. L'utilisation des bagues de renforcement STRAUB évite l'affaissement des extrémités des tubes en plastique. Les bagues de renforcement STRAUB sont fabriquées en acier inoxydable DIN 1.4301 / AISI 304 et sont disponibles en version fendue (De 40 à 315 mm) ou soudée (De 355 à 1600 mm). L'un des éléments suivants peut être requis :

- diamètre intérieur ;
- numéro SDR ;
- épaisseur de paroi du tuyau en plastique

Lorsque des rétractations sont déjà présentes sur les tuyaux en raison d'un stockage trop long, les bouts concernés avant le montage des bagues de renforcement STRAUB. Les bagues de renforcement fendues doivent être montés en direction de la flèche et arriver à fleur des extrémités des tuyaux.

Remarque : Pour les tuyaux en plastique en PVC, ABS et PVC-C, et avec les tuyaux en fibre de verre, aucune bague de renforcement n'est nécessaire lorsque la température du fluide est inférieure à 40 °C.



Le tableau ci-dessous qui n'est valable que pour les tuyaux thermoplastiques souples par exemple PP, PE, etc. peut être utile dans le choix de la bague de renforcement pour raccord STRAUB-PLAST-GRIP.

| SDR | 41 | 33/32,25 | 26 | 17,6 | 17 | 11 | 7,4/7,25 |
|-------------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| N° de série | S 20 | S 16/S 15.625 | S 12,5 | S 8,3 | S 8 | S 5 | S 3,2/S 3.125 |
| Norme | DIN 8074 | DIN 8074 | DIN 8074 | DIN 8074 | DIN 8074 | DIN 8074 | DIN 8074 |
| De du tuyau | Tuyau Di | Tuyau Di | Tuyau Di | Tuyau Di | Tuyau Di | Tuyau Di | Tuyau Di |
| De (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| 40 | - | - | 36,4 | 35,4 | 35,2 | 32,6 | 29 |
| 50 | - | 46,4 | 46,0 | 44,2 | 44,0 | 40,8 | 36,2 |
| 63 | 59,4 | 59,0 | 58,0 | 55,8 | 55,4 | 51,4 | 45,8 |
| 75 | 71,2 | 70,4 | 69,2 | 66,4 | 66,0 | 61,4 | 54,4 |
| 90 | 85,6 | 84,4 | 83,0 | 79,8 | 79,2 | 73,6 | 65,4 |
| 110 | 104,6 | 103,2 | 101,6 | 97,4 | 96,8 | 90,0 | 79,8 |
| 125 | 118,8 | 117,2 | 115,4 | 110,8 | 110,2 | 102,2 | 90,8 |
| 140 | 133,0 | 131,4 | 129,2 | 124,0 | 123,4 | 114,6 | 101,6 |
| 160 | 152,0 | 150,2 | 147,6 | 141,8 | 141,0 | 130,8 | 116,2 |
| 180 | 171,2 | 169,0 | 166,2 | 159,6 | 158,6 | 147,2 | 130,8 |
| 200 | 190,2 | 187,6 | 184,6 | 177,2 | 176,2 | 163,6 | 145,2 |
| 225 | 214,0 | 211,2 | 207,8 | 199,4 | 198,2 | 184,0 | 163,4 |
| 250 | 237,6 | 234,6 | 230,8 | 221,6 | 220,4 | 204,6 | 181,6 |
| 280 | 266,2 | 262,8 | 258,6 | 248,2 | 246,8 | 229,2 | 203,4 |
| 315 | 299,6 | 295,6 | 290,8 | 279,2 | 277,6 | 257,8 | 228,8 |

La prise de mesures directement sur la tuyauterie ne garantit pas le choix optimal de la bague de renforcement

Cela ne s'applique qu'aux tubes thermoplastiques souples, p. ex. PE, PP, etc.

Les bagues de renforcement sont des accessoires optionnels et doivent être commandées séparément.

Instructions d'installation

1) Un espace entre les extrémités des tuyaux peut se produire par un mauvais alignement, un mouvement de sol, un assemblage inexact ou des changements de longueur. Les raccords STRAUB peuvent ponter des espaces entre les extrémités des tuyaux.

- 5 à 10 mm sans feuillard (en fonction du tuyau De, veuillez respecter l'étiquette du raccord)
- 5 à 35 mm avec feuillard (en fonction du tuyau De, veuillez respecter la fiche technique)

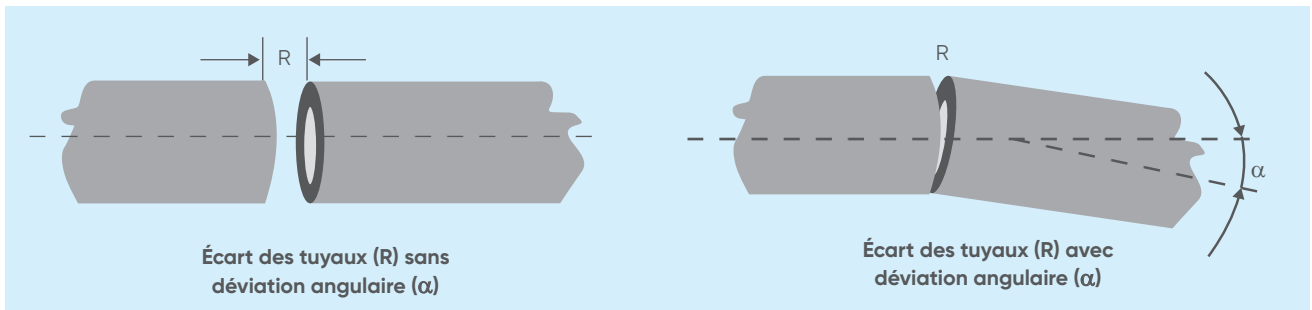
Les feuillards sont utilisés en cas de : grands écarts entre les extrémités du tuyau, gonflement dû aux liquides agressifs, vide, sous pression extérieure, température élevée. Les feuillards sont des extras et doivent être commandés séparément.

Ne dépassez pas l'écart de tuyau répertorié ; pour plus d'informations, reportez-vous au tableau ci-dessous.

| De (mm) | α en degrés | | | | | | |
|---------|-------------|---|----|-----------|----|----|----|
| | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| | Rmax (mm) | | | Rmax (mm) | | | |
| 26,9 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 30,0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 33,7 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| 38,0 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 |
| 40,0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 |
| 42,4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 |
| 44,5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 |
| 48,3 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 |
| 50,0 | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| 54,0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 |
| 57,0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| 60,3 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 |
| 63,0 | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 |
| 75,0 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 16 |
| 76,1 | 1 | 3 | 5 | 8 | 11 | 13 | 16 |
| 84,0 | 2 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| 88,9 | 2 | 3 | 6 | 9 | 12 | 16 | 19 |
| 90,0 | 2 | 3 | 6 | 9 | 13 | 16 | 19 |
| 104,0 | 2 | 4 | 7 | 11 | 15 | 18 | 22 |
| 108,0 | 2 | 4 | 8 | 11 | 15 | 19 | 23 |
| 110,0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 15 | 19 | 23 |
| 114,3 | 2 | 2 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |
| 125,0 | 2 | 2 | 9 | 13 | 17 | 22 | 26 |
| 129,0 | 2 | 5 | 9 | 14 | 18 | 23 | 27 |
| 133,0 | 2 | 5 | 9 | 14 | 19 | 23 | 28 |
| 139,7 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 24 | 29 |
| 140,0 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 24 | 29 |
| 154,0 | 3 | 5 | 11 | 16 | 22 | 27 | 32 |
| 159,0 | 3 | 6 | 11 | 17 | 22 | 28 | 33 |
| 160,0 | 3 | 6 | 11 | 17 | 22 | 28 | 33 |
| 168,3 | 3 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 35 |

| De (mm) | α en degrés | | | | | |
|---------|-------------|----|----|-----------|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| | Rmax (mm) | | | Rmax (mm) | | |
| 180,0 | 3 | 6 | 9 | 13 | 19 | 25 |
| 200,0 | 4 | 7 | 11 | 14 | 21 | 28 |
| 219,1 | 4 | 8 | 12 | 15 | 23 | 31 |
| 244,5 | 4 | 9 | 13 | 17 | 26 | 34 |
| 250,0 | 4 | 9 | 13 | 17 | 26 | 35 |
| 267,0 | 5 | 9 | 14 | 19 | 28 | 37 |
| 273,0 | 5 | 10 | 14 | 19 | 29 | 38 |
| 304,0 | 5 | 11 | 16 | 21 | 32 | 42 |
| 323,9 | 6 | 11 | 17 | 23 | 34 | 45 |
| 355,6 | 6 | 12 | 19 | 25 | 37 | 50 |
| 406,4 | 7 | 14 | 21 | 28 | 43 | 57 |
| 457,2 | 8 | 16 | 24 | 32 | 48 | |
| 508,0 | 9 | 18 | 27 | 36 | 53 | - |
| 559,0 | 10 | 20 | 29 | 39 | 59 | |
| 575,0 | 10 | 20 | 30 | 40 | - | - |
| 609,6 | 11 | 21 | 32 | 43 | | |
| 711,2 | 12 | 25 | 37 | 50 | - | - |
| 762,0 | 13 | 27 | 40 | 53 | | |
| 812,8 | 14 | 28 | 43 | 57 | - | - |
| 914,4 | 16 | 32 | 48 | | | |
| 1016,0 | 18 | 36 | 53 | - | - | - |
| 1117,6 | 20 | 39 | 59 | | | |
| 1219,2 | 21 | 43 | - | | -- | - |
| 1320,8 | 23 | 46 | | | | |
| 1422,4 | 25 | 50 | - | - | - | - |
| 1524,0 | 27 | 53 | | | | |
| 1625,6 | 28 | 57 | - | - | - | - |
| 1727,2 | 30 | | | | | |
| 1828,8 | 32 | - | - | - | - | - |
| 1930,4 | 34 | | | | | |
| 2032,0 | 36 | - | - | - | - | - |

Les écarts entre les extrémités des tuyaux sont créés par une déviation angulaire, un assemblage imprécis et des changements de longueur. Cet écart ne doit pas dépasser la valeur R_p (R_p = écart d'extrémité de tube / peut être obtenu sur la fiche technique du produit). Si un feuillard est utilisé, l'écart entre tuyaux peut être agrandi. Cette valeur maximale dépend de la conception de chaque type de raccord et peut être obtenue à partir de la fiche technique du produit concerné.



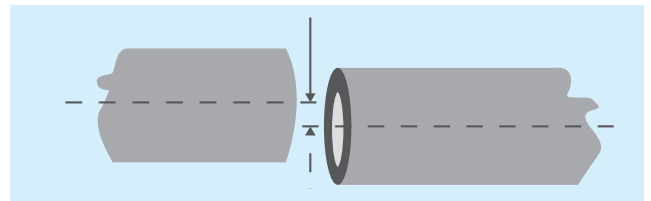
2) Les raccords STRAUB permettent de raccorder deux tuyaux avec une déviation angulaire périphérique entre les axes des tuyaux :

- $< \varnothing 60.3 \text{ mm} \text{ ---->>> 5^\circ$
- $> \varnothing 76.1 \text{ mm} \text{ ---->>> 4^\circ$
- $> \varnothing 219.1 \text{ mm} \text{ ---->>> 2^\circ$
- $> \varnothing 609.6 \text{ mm} \text{ ---->>> 1^\circ$

voir l'écart entre les extrémités [R_p]

3) Les raccords STRAUB permettent un léger désalignement axial :

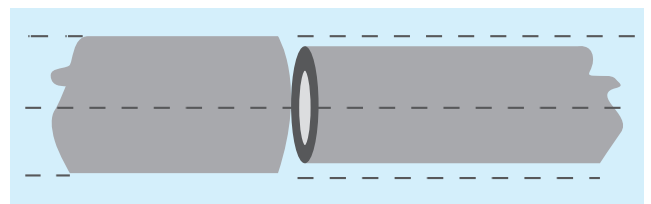
- 1% du diamètre extérieur (max. 3 mm)



4) Les raccords de STRAUB compensent des tuyaux de diamètres extérieurs différents.

Les consignes suivantes doivent être respectées :

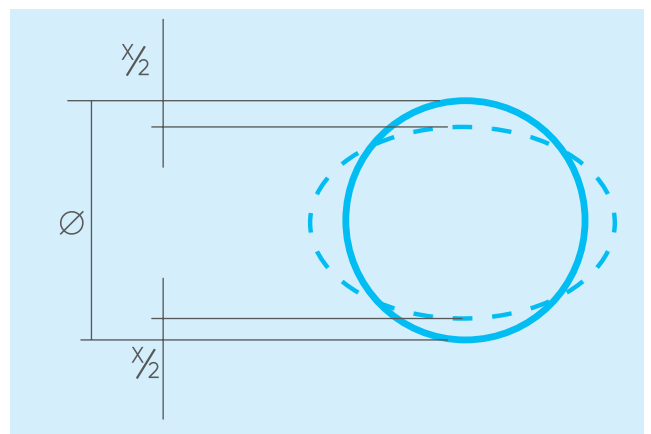
- $< \varnothing 100 \text{ mm} \text{ ---->>> 2 \text{ mm}$
- $> \varnothing 100 \text{ mm} \text{ ---->>> 2\% \text{ de } D_e$
- $> \varnothing 300 \text{ mm} \text{ ---->>> 6 \text{ mm}$
- Différence de D_e jusqu'à 9 mm ---->>> STRAUB-FLEX
- Différence de D_e à partir de 10 mm ---->>> STRAUB-STEP-FLEX



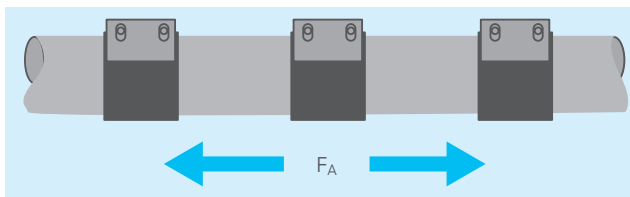
5) Les tuyaux présentent souvent une ovalisation (différence entre la valeur la plus grande et la valeur la plus petite du diamètre extérieur). L'ovalisation admissible est de :

- STRAUB-FLEX 1 ---->>> 4 mm
- STRAUB-FLEX 2 ---->>> 2% de \varnothing
- STRAUB-FLEX 3 ---->>> 2% de \varnothing
- STRAUB-FLEX 3,5 ---->>> 2% de \varnothing
- STRAUB-FLEX 4 ---->>> 2% de \varnothing

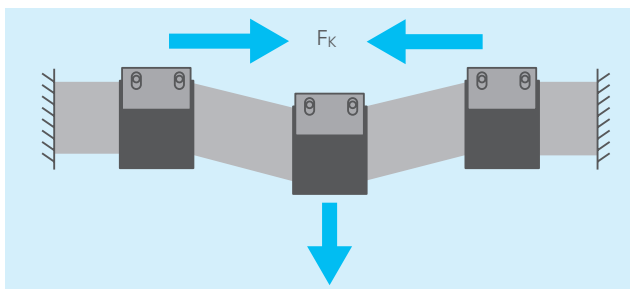
STRAUB-FLEX 2 : Pour garantir la poussabilité du raccord, l'ovalisation [X] doit se trouver dans la plage autorisée ($X = \text{max. } 6 \text{ mm}$).



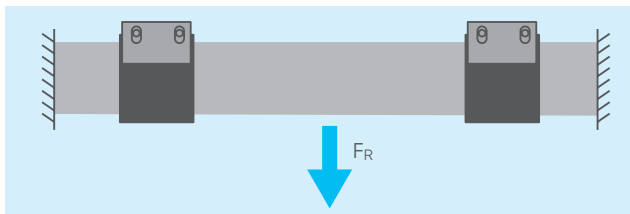
6) La pression interne PN agit directement comme une force de traction axiale sur chaque raccord. La force de traction applicable peut être calculée à partir de la pression interne respective et du diamètre du tuyau utilisé. Il ne peut pas être compensée par STRAUB-FLEX et STRAUB-OPEN-FLEX.



7) Si les tuyaux sont gênés dans leur mouvement axial, en conjonction avec un guidage insuffisant du tuyau, la tuyauterie tend à se déformer au fur et à mesure que la pression interne augmente. Il ne peut pas être compensée par STRAUB-FLEX et STRAUB-GRIP.



8) Ceci comprend le poids de la section de tuyau et le poids du fluide qu'elle contient. Les raccords ne peuvent absorber que de très faibles forces transversales. Ne peut que partiellement être compensé par STRAUB-FLEX et STRAUB-GRIP.



9) Les tuyauteries sont exposées à des variations de température, qu'elles soient dues au fluide transporté (p.e. de l'eau froide ou chaude) ou à l'environnement (rayonnement solaire, froid en hiver, etc.). Ces fluctuations de température provoquent des mouvements axiaux dans le tuyau.

Le mouvement axial dépend du matériau du tuyau, de la longueur de la section de tuyau respective et de la fluctuation de température.

Lors de l'utilisation des raccords des tuyauteries STRAUB-GRIP, les fixations des tuyauteries sont sélectionnées de manière à transformer le mouvement axial en déviation angulaire.

Si des raccords de tuyaux STRAUB-FLEX sont utilisés, il faut s'assurer que le changement axial qui se produit dans chaque section de tuyau n'est pas supérieur à la capacité de compensation du raccord de tuyaux STRAUB-FLEX utilisé.

Le tableau indique les valeurs des changements de longueur axiale maximale admissibles pour STRAUB-FLEX et STRAUB-OPEN-FLEX.

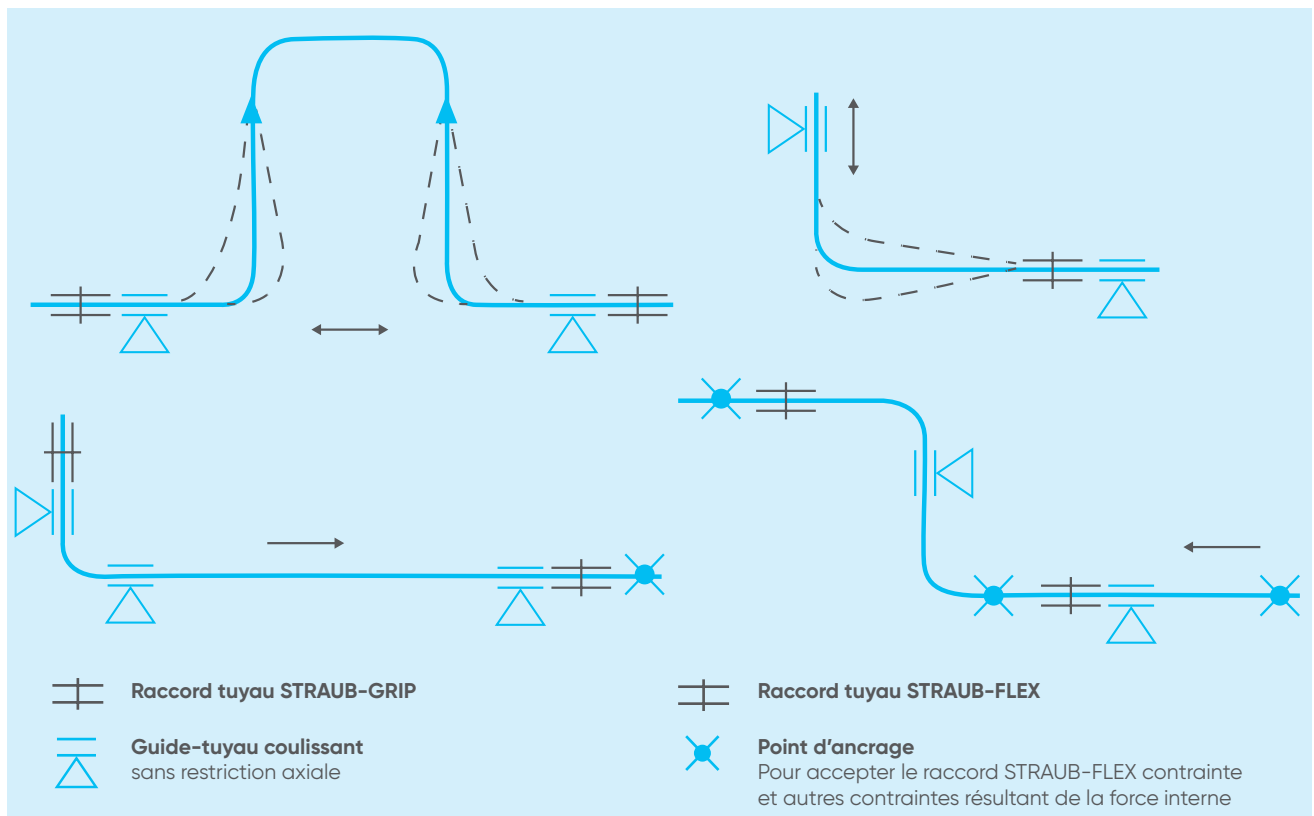
| STRAUB-FLEX STRAUB-OPEN-FLEX | Δl (mm) |
|---------------------------------|-----------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 10 |
| 3 | 15 |
| 3,5 | 15 |
| 4 | 20 |

10) Fixation des tuyauteries à l'aide de STRAUB-GRIP :

- Les tuyaux sont ancrés dans le raccord ;
- seuls les guides/supports sont nécessaires ;
- les mouvements axiaux des tuyaux doivent être compensés à l'extérieur du raccord, par ex. avec arceaux d'expansion (voir l'image ci-dessous)

Fixation des tuyauteries avec STRAUB-FLEX :

- Les tuyaux ne sont pas ancrés dans le raccord
- chaque tronçon de tuyauterie nécessite un point fixe et un ou plusieurs guides de tuyauterie ;
- les mouvements axiaux des tuyaux peuvent être compensés à l'intérieur du raccord

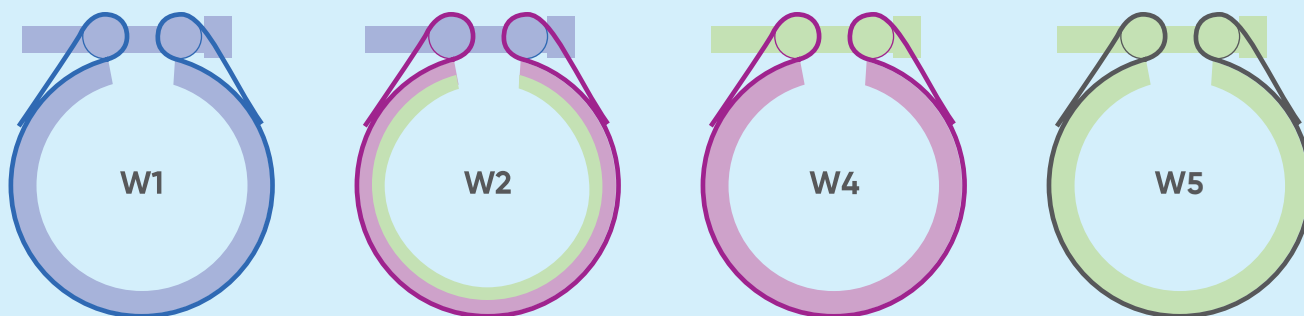
**AVERTISSEMENTS**

Lors du calcul de la compensation du mouvement axial, les facteurs thermiques ci-dessous doivent être pris en compte.

- Si la température de fonctionnement est supérieure à la température d'installation, cela entraîne un allongement du tuyau.
En revanche, le tuyau se contracte si elle est inférieure à la température d'installation.

Caractéristiques des matériaux des raccords STRAUB

Différentes qualités de matériaux sont disponibles en fonction de la taille, du type, de la résistivité à la corrosion et de la pression nominale des raccords. En gros, W1 est entièrement en acier au carbone galvanisé, tandis que W2 est en boîtier en acier inoxydable et boulons/barres en acier au carbone. L'autre variété W4 est composée d'un boîtier en acier inoxydable normal et de boulons/barres en acier inoxydable de haute qualité, le W5 est entièrement fabriqué en acier inoxydable de haute qualité.



Le tableau ci-dessous peut être utile pour choisir le matériel approprié en fonction de l'application.

| Composants | Matériaux | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|-------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------|---------------------|-----------------|
| | W1 | | W2 | | W4 | | W5 | |
| | DIN | AISI | DIN | AISI | DIN | AISI | DIN | AISI |
| Boîtier | A738 ou similaire, galvanisé à chaud | 1024 | 1,4404 1,4301 1,4162 | 316 L 304 S32101 | 1,4301 | 304 | 1,4404 1,4162 | 316 L S32101 |
| Boulons | 1,7220 | 4135 | 1,7220 | 4135 | A4 - 80 | A4 - 80 | A4 - 80 | A4 - 80 |
| Barres | 1,0737 galvanisé | 12L14 | 1,0737 galvanisé | 12L14 | 1,4404 1,4435 | 316 L | 1,4404 1,4435 | 316 L |
| Bague d'ancrage | 1,4310 | 301 | 1,4310 1,4301 (PLAST-GRIP) | 301 304 | 1,4310 1,4301 (PLAST-GRIP) | 301 304 | 1,4310 | 301 |
| Feuillards (option) | 1,4435 PVDF/HDPE | 316 L | 1,4435 PVDF/HDPE | 316 L | 1,4435 PVDF/HDPE | 316 L | 1,4435 PVDF/HDPE | 316 L |

Avantages et applications

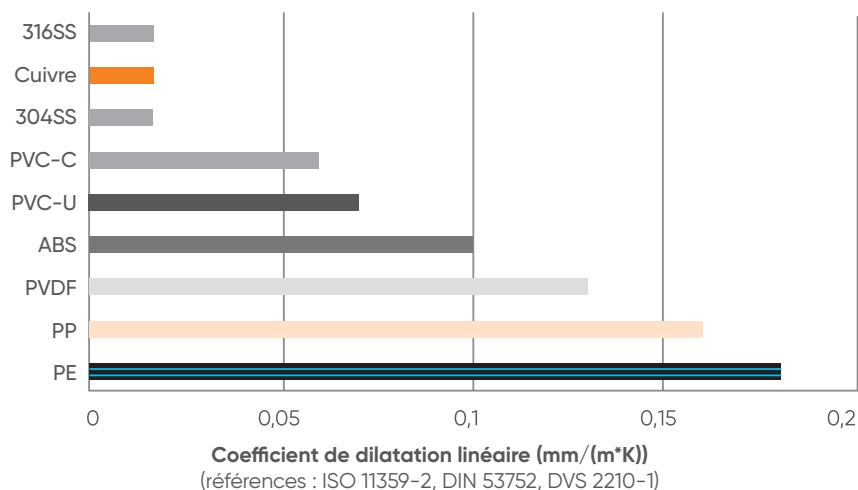
Les raccords STRAUB sont compatibles avec presque tous les systèmes de d'assemblage traditionnels. Il est plus fiable car il compense les mouvements axiaux et les déviations angulaires. En outre, il possède une capacité de résistance à la pression et assure un joint de tuyau flexible sans contrainte. Les raccords STRAUB servent pendant de nombreuses années car ils sont résistants à la corrosion et aux températures, et possèdent également une bonne résistance aux produits chimiques. Étant donné que le raccord STRAUB ne nécessite aucun type particulier d'équipement ou d'outils et des temps de montage, c'est une solution plus économique. C'est la solution parfaite lorsqu'une solution compacte est nécessaire car les raccords STRAUB sont moins lourds que les brides. En raison de leurs grands avantages, les raccords STRAUB sont principalement utilisés dans des domaines d'application tels que les services publics d'eau et de gaz, les travaux de terrassement et l'industrie, ainsi que la construction navale et l'offshore.

3.2 Montage des canalisations et recommandations

3.2.1 Dilatation et contraction thermiques

Lors de la réalisation d'un projet pour une usine de résine thermoplastique, il est toujours nécessaire de prendre en compte toute dilatation et contraction due aux variations de température.

Les effets thermiques des plastiques sont différents de ceux des métaux : pour illustrer ce point, la figure ci-dessous décrit les différences entre les différents plastiques et matériaux de tuyauterie métallique en fonction de leur coefficient de dilatation linéaire.



Une augmentation de la température dans un système provoquera une volonté d'expansion du tuyau thermoplastique.

Le problème est que si le système est verrouillé en position et ne peut pas se dilater, il est évident que la contrainte augmentera et si elle dépasse la contrainte tolérée par le système, la tuyauterie se fatiguera et pourrait éventuellement tomber en panne.

En particulier, une déformation progressive peut se produire lors de cycles thermiques répétés ou lors d'une exposition prolongée à une température élevée dans un système retenu.

Les systèmes thermoplastiques nécessitent donc une flexibilité suffisante pour empêcher l'expansion et la contraction afin d'éviter :

- défaillance de la tuyauterie ou des supports due à une contrainte excessive ou à la fatigue ;
- fuites ;
- contraintes ou déformations nuisibles dans les tuyauteries ou les équipements connectés.

Généralement, l'expansion, ou la contraction, due à la naissance d'un saut thermique, peut être facilement évaluée en utilisant la formule :

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T$$

avec :

ΔL = valeur de la dilatation ou de la contraction (mm)

ΔT = différence de température (°C)

L = longueur du tuyau (m)

α = coefficient de dilatation ou de contraction linéaire (1/°C)

Les valeurs du coefficient de dilatation α pour différents matériaux sont indiquées dans le tableau suivant.

| α (1/°C) | PVC-U | PVC-C | ABS | PP | PE HD | PVDF |
|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| | $0,8 \cdot 10^{-4}$ | $0,67 \cdot 10^{-4}$ | $1,1 \cdot 10^{-4}$ | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | $2 \cdot 10^{-4}$ | $1,20 \cdot 10^{-4}$ |

Pour calculer les paramètres de l'équation précédente, il est recommandé d'utiliser l'outil de calcul sur les sites web d'Aliaxis.

Généralement, la compensation des dilatations thermiques est obtenue au moyen d'éléments qui, en exploitant ou en augmentant l'élasticité intrinsèque des conduites, permettent de limiter les effets générés par les variations dimensionnelles induites dans les canalisations.

Une sélection correcte et économique de systèmes de compensation thermique adaptés conduit à l'utilisation des éléments suivants :

- raccords d'expansion;
- compensateurs d'expansion ;
- boucles d'expansion ;
- changements de direction.

Évidemment, pour déterminer le bon emploi des trois méthodes, les données suivantes doivent être connues et analysées :

- les conditions de conception, de service et de température d'installation ;
- le type de matériau et la taille du tuyau ;
- propriétés chimiques et physiques du fluide transporté ;
- l'implantation de la canalisation incluant toutes les dimensions et tous les différents mouvements thermiques induits par des matériaux non homogènes utilisés pour la construction des équipements de l'usine ;
- mouvements et charges maximales d'extrémité sur les points thermiques où la canalisation est connecté à des équipements à résistance mécanique limitée ;
- les conditions hydrauliques de conception et d'entretien telles que la pression statique et dynamique.

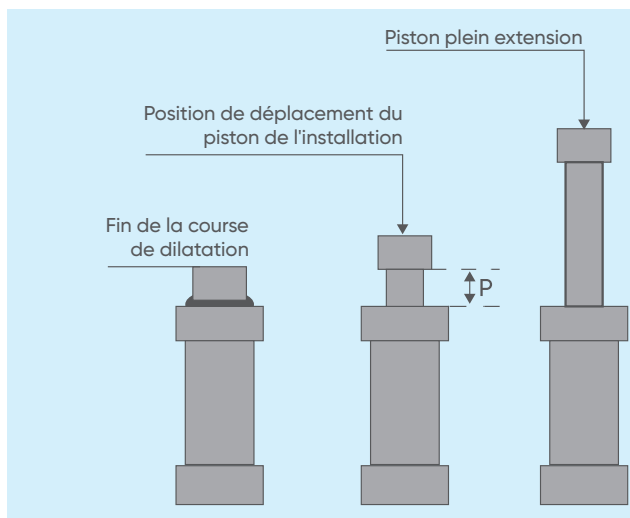
3.2.1.1 Raccords d'expansion

Les joints de dilatation assurent une absorption efficace des déplacements et des variations dimensionnelles des tuyaux soumis à des cycles thermiques répétés.

Un exemple de joints de dilatation est présenté dans l'image suivante.

Ils sont appliqués dans des installations où il y a peu de place disponible et le coût excessif des infrastructures de soutien et d'ancrage rend impossible la compensation de la dilatation thermique au moyen de sections de tuyaux supplémentaires.

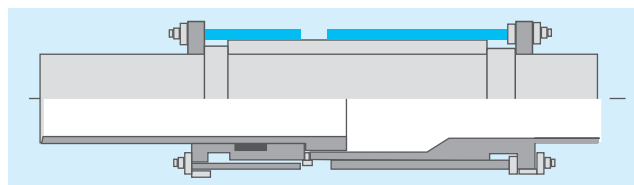
Les joints de dilatation sont choisis pour leur capacité à absorber les déplacements axiaux, transversaux et angulaires des tuyaux soumis à des variations de température. Deux types de joints de dilatation sont utilisés pour les tuyaux thermoplastiques : les joints coulissants et les joints flexibles.



Jointts coulissants

Ces compensateurs sont constitués de deux éléments coulissants qui permettent d'absorber les déplacements axiaux des canalisations.

Un jointt coulissant est illustré sur l'image suivante.



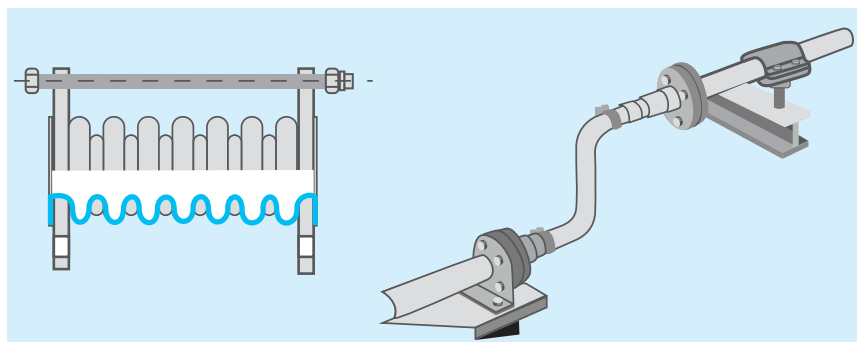
Les corps sont en résines thermoplastiques (PVC-U, PVC-C, PP et ABS) et équipés de joints toriques, permettant ainsi d'absorber des dilatations axiales comprises entre 150 et 600 mm.

Le jointt coulissant est suggéré lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser des boucles d'expansion ou des changements de direction, mais son application pour le transport de fluides incrustants et de matériaux en suspension solides n'est pas recommandée.

Pour éviter les phénomènes d'instabilité, les compensateurs télescopiques à longue course sont équipés de guides directionnels avec limiteurs de course, qui garantissent un coulisement coaxial entre la chambre de guidage et le piston. Il est également nécessaire de les soumettre à des opérations de contrôle et de maintenance périodique : ainsi l'état des éléments d'étanchéité est contrôlé afin d'exclure tout phénomène de fuite entre la chambre et le piston pouvant survenir du fait de la présence d'incrustations et d'une lubrification limitée.

Jointts flexibles

Les jointts de dilatation flexibles permettent d'absorber les déformations axiales et transversales en déformant certains éléments en matériaux très flexibles. Un exemple est présenté dans les illustrations ci-contre.



Deux types de compensateurs flexibles peuvent être utilisés : les soufflets et les jointts en caoutchouc.

Les jointts de dilatation à soufflet sont constitués d'éléments en PTFE ondulé et élastique qui absorbent les dilatations axiales entre 10 et 200 mm : ils ont l'avantage de ne pas avoir d'éléments d'étanchéité qui peuvent avoir des fuites et nécessiter un entretien. Ils sont également utilisés pour le transport de substances agressives à haute température.

Les compensateurs en caoutchouc sont similaires à ceux à soufflet mais sont constitués d'éléments élastiques simples en matériau élastomère. Ils sont adaptés au transport de substances denses et de fluides visqueux, leur capacité d'absorption est limitée et varie entre 10 et 60 mm.

L'élément flexible est composé de différents élastomères, tels que l'EPM et le NBR, utilisés pour des températures de fonctionnement jusqu'à 90 °C. Lorsque les déplacements thermiques axiaux sont extrêmement élevés ou ne permettent pas l'absorption à travers les compensateurs conventionnels, il est possible d'utiliser des éléments de compensation obtenus à partir de pièces de conduite flexible, reliés au système par des inserts mécaniques. La limite d'utilisation de ce tuyau flexible doit être déterminée en fonction de la température et de la pression maximales de fonctionnement et du rayon de courbure minimum permis par le matériau.

Installation de jointts de dilatation

L'installation incorrecte ou précaire des jointts de dilatation a souvent été la cause principale de diverses défaillances dans les conduites sous contrainte thermique. Les tuyaux thermoplastiques se caractérisent par un faible module d'élasticité, de sorte que les forces axiales développées lors d'un changement de température sont relativement faibles par rapport aux systèmes métalliques.

Pour prendre des décisions sur la façon de compenser les effets thermiques, il peut être utile de calculer la contrainte présente dans le système. La restriction du mouvement linéaire provoqué par la dilatation et la contraction thermique entraîne une contrainte thermique, qui peut être calculée par cette équation :

$$S_t = E * \alpha * \Delta T$$

avec :

S_t = contrainte thermique induite dans la tuyauterie (N/mm²)

E = module d'élasticité (N/mm²)

α = coefficient de dilatation thermique (mm/(mm * °C))

ΔT = (T_{max} - T_{install}) (°C)

Compte tenu de la contrainte thermique du système, la charge thermique finale sur la tuyauterie et les ancrages peut être déterminée par l'équation suivante :

$$F_t = S_t * A = E * \alpha * \Delta T * A$$

avec

F_t = charge thermique d'extrémité du tuyau (N)

$A = \pi/4 * (D_e^2 - D_i^2)$ = section transversale du tuyau (mm²)

E = module d'élasticité (N/mm²)

α = coefficient linéaire unitaire de dilatation thermique (mm/(mm*°C))

ΔT = différence entre température maximale et minimale (°C)



Le joint de dilatation doit être sélectionné et installé pour assurer l'absorption de toute contraction possible du tuyau en raison de la chute de température.

Il est donc nécessaire de sélectionner une longueur de pré-compression de l'élément expansible avant d'installer le joint de dilatation.

La quantité de cette longueur, appelée longueur prédéfinie et indiquée par L^* , peut être évaluée en utilisant cette équation :

$$L^* = R * \left(\frac{T_i - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \right)$$

avec :

L^* = longueur du pré-réglage (mm)

R = course du joint de dilatation (mm)

T_i = température d'installation (°C)

T_{min} = température minimale (°C)

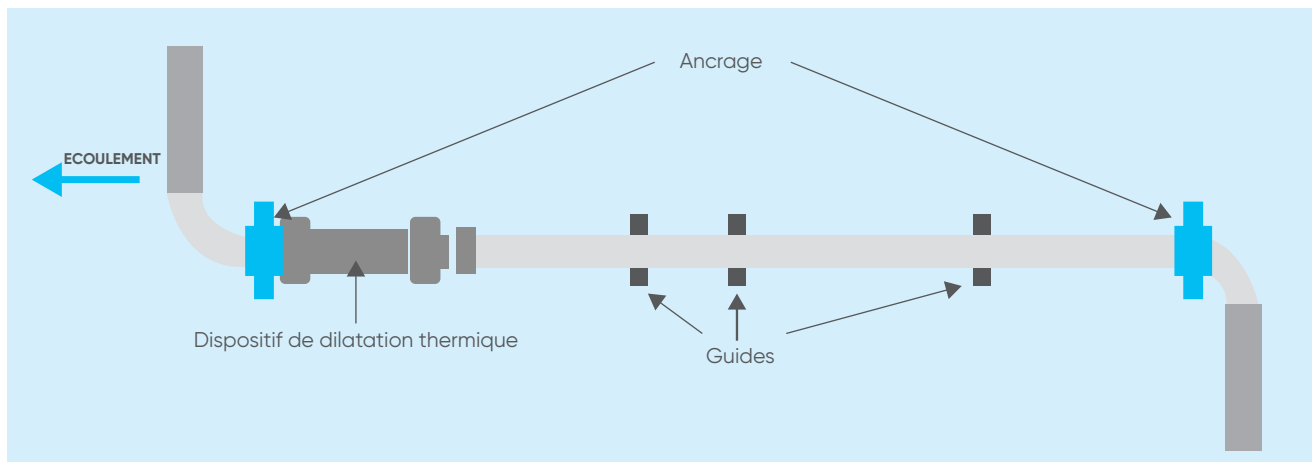
T_{max} = température maximale (°C)

Des ancrages appropriés doivent être prévus pour supporter la poussée de pression directe ainsi que toute autre charge qui peut être imposée aux joints de dilatation, tandis que des guides directionnels, installés le long des tuyaux d'expansion, doivent assurer que le joint est protégé de toutes les charges qui ne peuvent pas être transportées et supportées.

L'installation de plusieurs joints de dilatation sur un conduit entre deux ancrages consécutifs est toujours déconseillée.

À ce stade, il peut être utile de comprendre où placer un joint télescopique dans un système. Quatre cas différents ont été analysés :

Exemple A



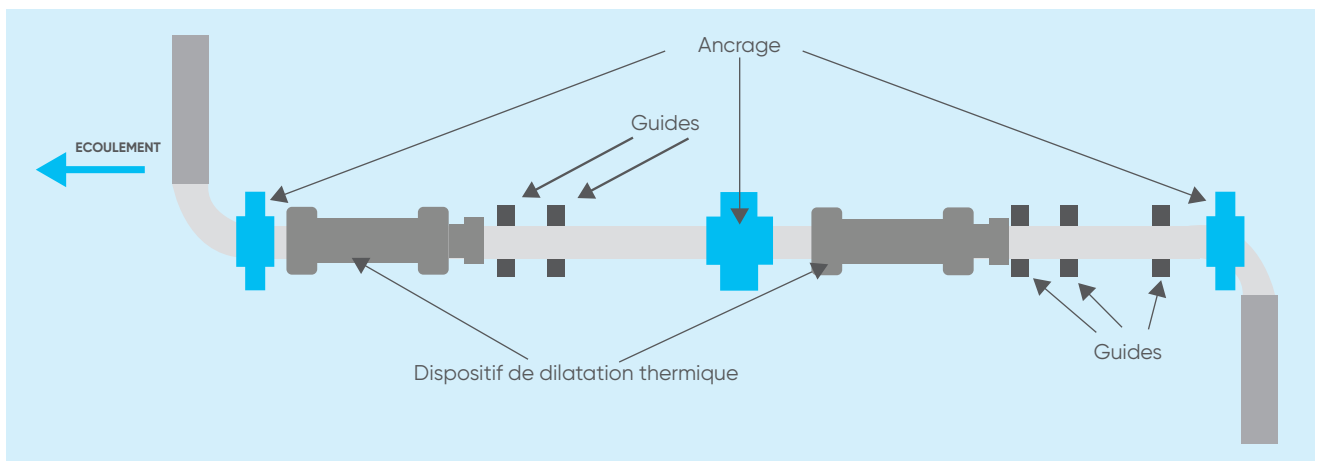
Il montre un long tracé de canalisation, ancré à chaque extrémité, qui nécessite l'absorption de l'expansion thermique.

Des calculs ont déterminé qu'un seul dispositif peut être utilisée avec des guides de tuyaux intermédiaires. Il est recommandé de placer le dispositif le plus près possible de l'ancrage en fin de parcours (en fonction du sens d'écoulement).

Le premier guide doit être installé à proximité du raccordement entre le tuyau et le récepteur sur le bras mobile du compensateur. Cela permettra de limiter la déviation à la direction axiale attendue.

Le deuxième guide est situé relativement près du premier pour éviter la courbure du tuyau. Des guides supplémentaires, équidistants, seront installés au besoin.

Exemple B



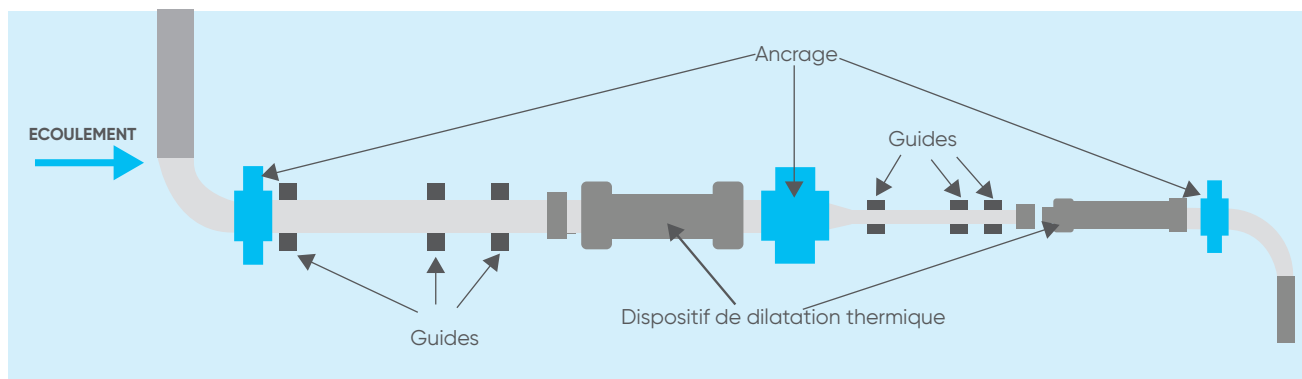
Il illustre un tracé de canalisation encore plus long.

Les calculs ont déterminé que deux dispositifs doivent être utilisés.

En conséquence, la course a été divisée en deux segments égaux par un point d'ancrage médian. Un compensateur est positionné à chaque extrémité des tracés préalablement séparées.

Le placement du guide est conforme aux grandes lignes de l'exemple A.

Exemple C

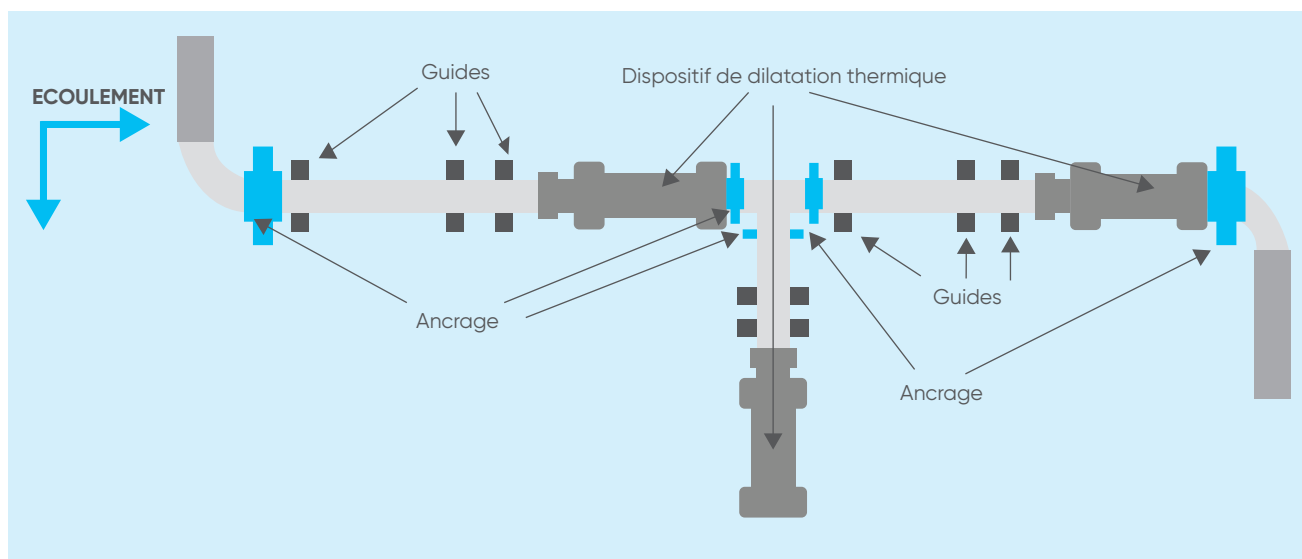


Il illustre un long tracé dans lequel un tuyau de plus grand diamètre est réduit à un diamètre plus petit vers le milieu du tracé.

Bien que la quantité d'expansion dans le thermoplastique ne soit pas fonction du diamètre du tuyau, s'il est déterminé que deux dispositifs séparés sont nécessaires, il est de bonne pratique de subdiviser le tracé avec un ancrage au point de transition.

Par la suite, des procédures identiques à celles de l'exemple B doivent être suivies.

Exemple D



Cela illustre le ramification d'un long tracé.

Pour la section de canalisation principale, une disposition identique à celle de l'exemple B est

utilisée, cependant, un ancrage principal doit être utilisé au niveau du dispositif de dilatation thermique plutôt qu'un ancrage intermédiaire. L'ancrage principal est conçu pour résister à la poussée de pression de la branche.

Dans la direction de la ligne principale, l'ancrage doit également résister à tout déséquilibre de poussée dynamique résultant des turbulences provoquées par l'embranchement.

Si le tracé dans la branche le nécessite, un compensateur télescopique sera installé selon la procédure de l'exemple A.

3.2.1.2 Compensateurs d'expansion

Un compensateur d'expansion est utilisé lorsque le tuyau doit éviter une structure fixe.

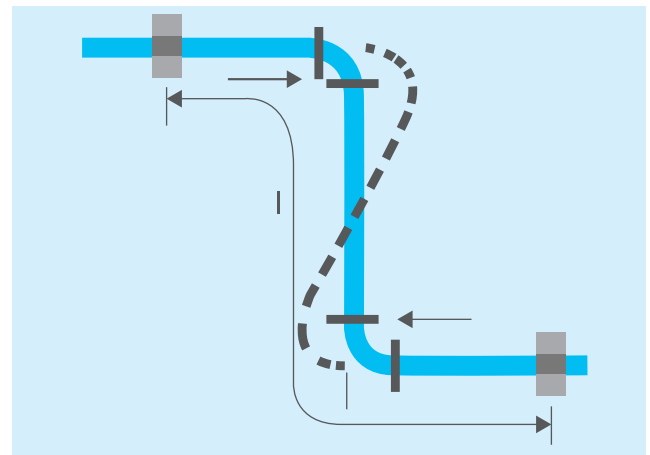
Un exemple est illustré dans l'image.

Les compensateurs d'expansion sont généralement placés au centre d'un tracé de canalisation.

Chaque coude, ainsi que la longueur verticale du tuyau, permettent un certain degré de déviation, tandis que des supports ou des guides sont utilisés pour fixer chaque tronçon de tuyau.

Au fur et à mesure que le tuyau se dilate, les coudes supérieur et inférieur s'enfonceront, ce qui entraînera un angle de la longueur verticale vers la droite.

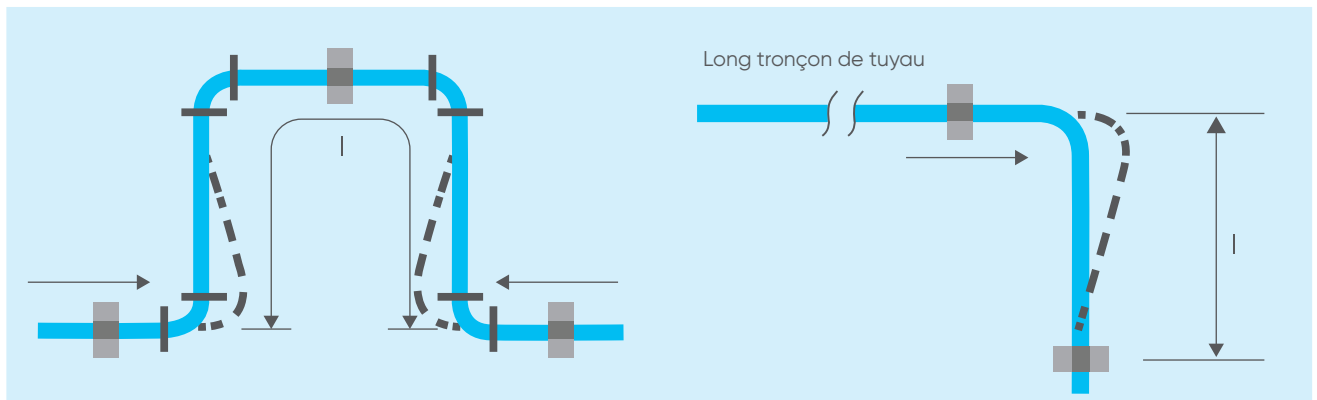
D'autre part, avec la contraction, le tuyau vertical s'orientera vers la gauche.



3.2.1.3 Boucles d'expansion et changements de direction

Lorsque la dilatation thermique atteint des valeurs élevées, les compensateurs de dilatation, en raison de la course de compression limitée, sont peu économiques : dans ces cas, des boucles de dilatation ou des changements de direction sont utilisés.

Dans les images suivantes, une boucle d'expansion et un changement de direction typiques sont représentés.



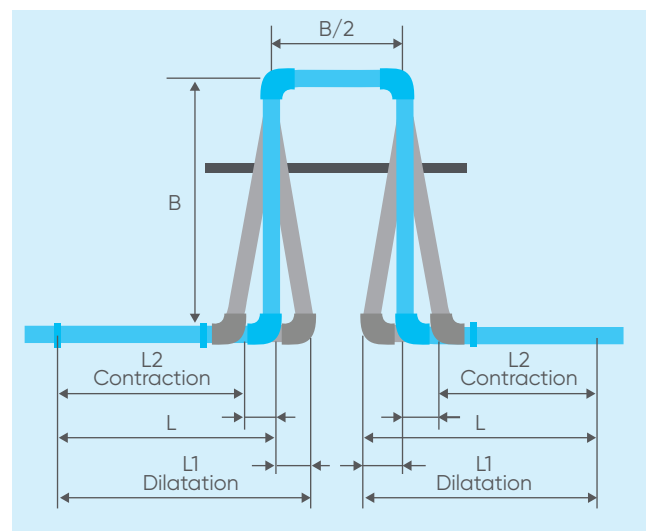
Lors d'une dilatation, l'ouverture en U de la boucle d'expansion se rétrécit, tandis que lors d'une contraction, l'ouverture en U s'élargit.

Le changement de direction, en revanche, permet un certain degré de mouvement : lors de la dilatation, le coin sort, tandis que pendant la contraction, le coin rentre.

Il est recommandé de construire des boucles d'expansion avec des coudes à 90° et un tuyau droit soudés ensemble au solvant afin de gérer plus efficacement la contrainte pendant la dilatation.

L'installation des boucles d'expansion nécessite un soin particulier en installant des guides directionnels adaptés assurant l'alignement des tuyaux en dilatation : l'emplacement des guides doit également garantir que la boucle d'expansion ne subit que des contraintes de flexion et que les tuyaux en dilatation sont libres de se déplacer le long de leur propre axe longitudinal.

La conception des boucles d'expansion et des changements de direction est basée sur les propriétés élastiques du tuyau et nécessite une analyse de la flexibilité de la canalisation.



De plus, il est possible de remarquer que la largeur de la boucle correspond à la longueur B divisée par 2.

Pour déterminer la longueur B nécessaire pour absorber la dilatation calculée dans le cas d'une boucle d'expansion, il est suggéré d'utiliser cette équation :

$$B = 34 * \left(De * \frac{\Delta L}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

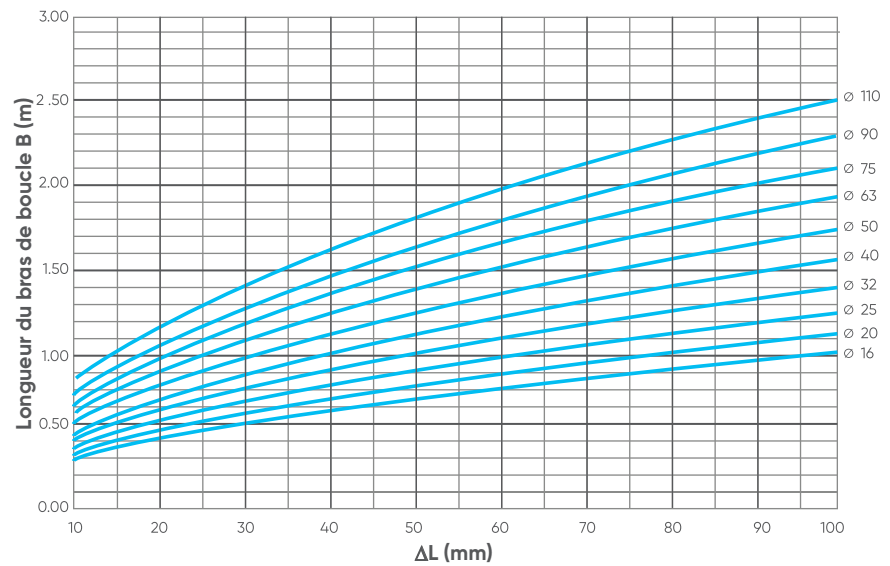
avec :

B = longueur du tronçon de tuyau (mm)

De = diamètre extérieur (mm)

ΔL = écart de longueur, en gardant à l'esprit que $\Delta L = \alpha * L * \Delta T$

Il est également possible de calculer la longueur du tronçon B à l'aide du tableau suivant, toujours en fonction du diamètre du tuyau et de l'écart de longueur.



En cas de changement de direction, la distance B est la quantité de distance requise avant de placer l'ancrage sur le tuyau à partir du coude, comme on peut le voir sur l'image suivante.

Quant à la boucle d'expansion, en laissant la distance B flottant librement, le tuyau peut se dilater et se contracter pour éliminer les contraintes présentes dans le système.

Dans le tronçon B, il est toujours nécessaire de soutenir le tuyau selon l'espacement standard du support, mais sans le fixer fermement : le support doit être lisse et exempt d'arêtes vives puisque le tuyau se déplacera d'avant en arrière.

À ce stade, la longueur B nécessaire pour absorber l'expansion calculée en cas de changement de direction peut être calculée par cette équation :

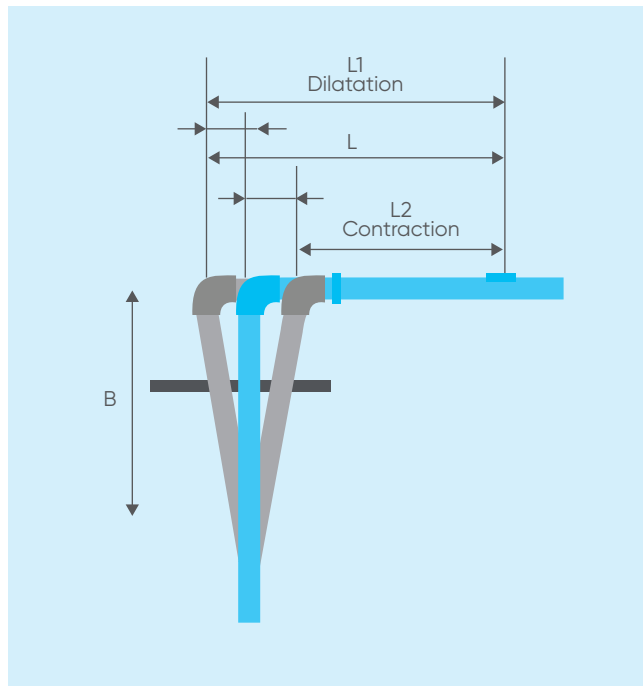
$$B = 34 * \left(De * \Delta L \right)^{\frac{1}{2}}$$

avec :

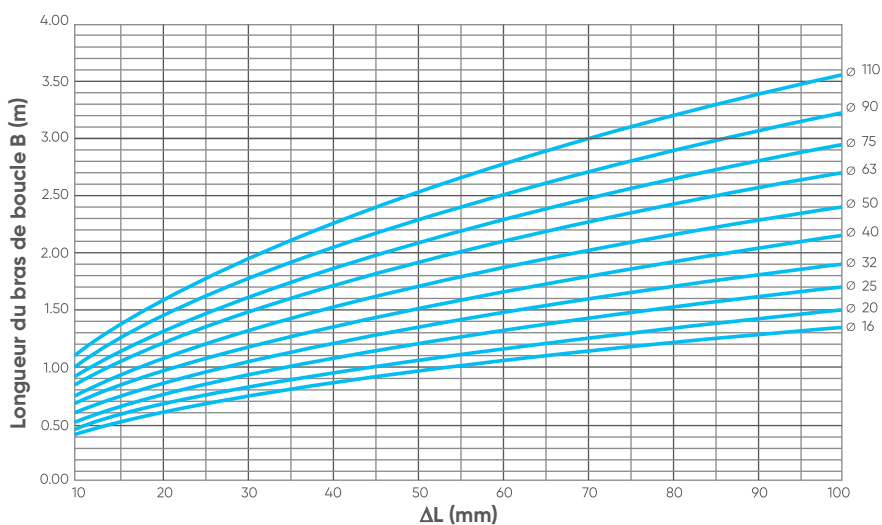
B = longueur du tronçon de tuyau (mm)

De = diamètre extérieur (mm)

ΔL = écart de longueur, en gardant à l'esprit que $\Delta L = \alpha * L * \Delta T$



De plus, il est également possible de calculer le tronçon B à l'aide du tableau suivant, toujours en fonction du diamètre du tuyau et de l'écart de longueur.



EXEMPLE PRATIQUE

Calculer le tronçon B d'un changement de direction de 6 mètres de long d'un diamètre de 90 mm et d'un ΔT = 40 °C en U-PVC.

Sachant que pour l'U-PVC

$$\alpha = 0,00008 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

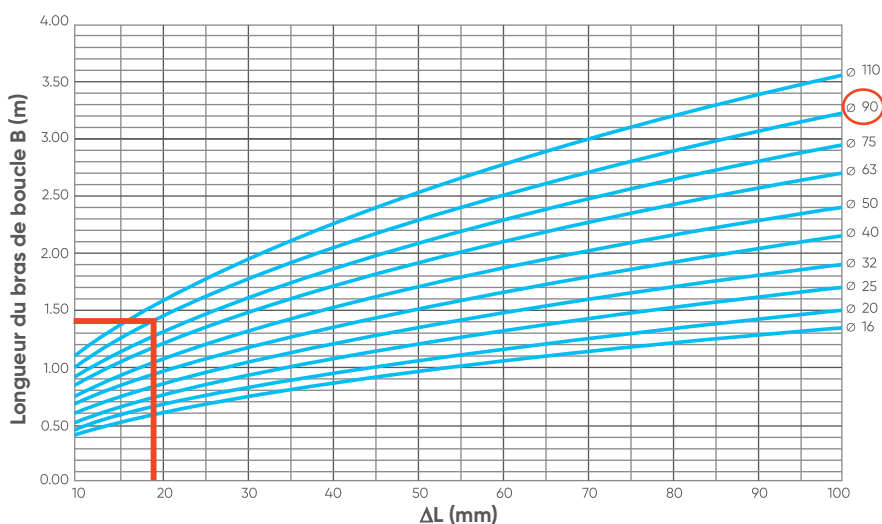
il est possible de calculer ΔL.

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T = 18,7 \text{ mm}$$

De cette façon, en appliquant l'équation, B peut être trouvé.

$$B = 34 * (De * \Delta L) \left(\frac{1}{\phi}\right) = 1,4 \text{ m}$$

Alternativement, connaissant la valeur de ΔL et De, il est possible de déduire la valeur de B à partir du graphique, comme le montre la figure.



3.2.2 Traçage thermique

Dans un processus chimique, un contrôle de la température est nécessaire dans le cas de fluides qui, avec l'abaissement de la température, peuvent causer des problèmes pendant le fonctionnement, par exemple une augmentation de la viscosité, un passage à l'état solide, une séparation de composants, une précipitation de substances en suspension, décomposition et ainsi de suite.

Il existe des méthodes très fiables pour assurer la protection contre le gel et le maintien de la température : le suivi électrique externe utilisant des radiateurs électriques de type « autorégulateur » et la méthode d'isolation par double confinement comme la gamme de produits AkathermThermoPlus.

Conception de traçage thermique autorégulante externe

Les tuyaux en plastique fondent à des températures relativement basses par rapport aux tuyaux en métal : si les températures sont suffisamment élevées, les parois extérieures d'un tuyau en plastique peuvent se carboniser ou brûler. En raison de ces caractéristiques, le seul type de détecteur de chaleur électrique recommandé est le type autorégulant : en faisant varier automatiquement la puissance thermique et en fournissant la chaleur nécessaire, le chauffage compense les variables d'installation et de fonctionnement telles que les fluctuations de tension, les dissipateurs thermiques et les variations de température ambiante.

L'autorégulation fonctionne grâce à l'utilisation d'un câble auto-limiteur avec une matrice semi-conductrice composée d'un mélange de polymère et de carbone conducteur extrudé sur deux conducteurs.

Dans un premier temps cette matrice est irradiée pour fixer sa structure et une mémoire initiale.

Les molécules de carbone forment des chaînes conductrices entre elles, qui peuvent être considérées comme autant de petites résistances électriques placées en parallèle entre les deux conducteurs ; lorsque les conducteurs sont alimentés à une extrémité et isolés du côté opposé du circuit, le courant électrique passe par ces résistances produisant de la chaleur.

À mesure que la température du câble augmente, les molécules de polymère se dilatent et brisent les chaînes carbonées, comme on peut le voir sur la figure, donc par conséquent la puissance diminue.

En raison de l'irradiation initiale, la matrice a mémorisé sa structure moléculaire initiale, le phénomène est donc réversible : en effet, lorsque la température du câble diminue, le matériau revient à ses conditions initiales.

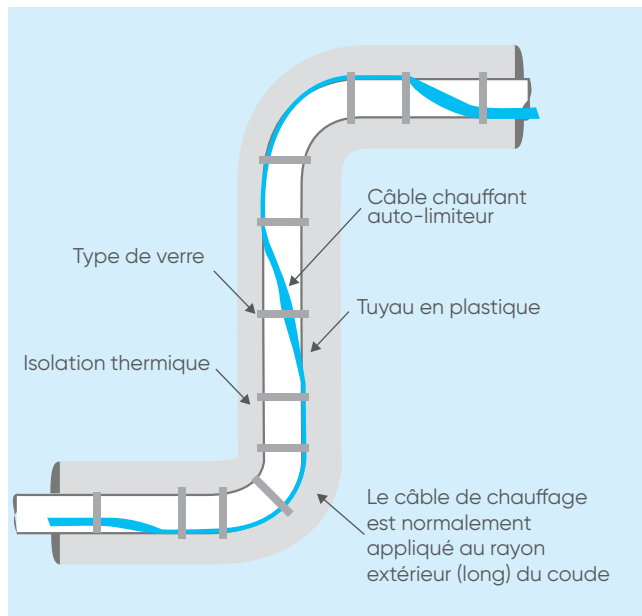
Pour concevoir correctement un système avec traçage thermique électrique, il est nécessaire de connaître certaines variables, telles que la tension de différence de température de conception, la superficie, l'environnement et la longueur totale de tuyau.



Ensuite, les étapes suivantes doivent être suivies :

- 1) Sélectionner le réchauffeur approprié en fonction de la température d'exposition maximale et des températures de maintenance souhaitées.
- 2) Sélectionner un réchauffeur approprié en fonction des courbes de puissance thermique de cet réchauffeur particulier, de sorte que la puissance thermique à la température de maintien soit égale ou supérieure à la perte de chaleur.
- 3) Si la perte de chaleur calculée est supérieure à la puissance fournie par le réchauffeur, il est conseillé de suivre ces conseils :
 - utiliser une isolation plus épaisse ;
 - utiliser une isolation à conductivité thermique plus faible ;
 - utilisez deux ou plusieurs traçages en parallèles
 - utiliser une traçage thermique en spirale.

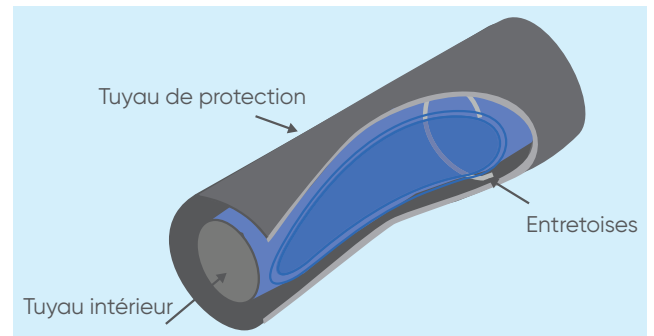
Dans l'image suivante, un exemple de la façon de localiser le traçage sur le tuyau est présenté.



AkathermThermoPlus

En général, les systèmes à double confinement sont utilisés pour transporter des fluides ou des substances dangereuses. AkathermThermoPlus est un système de double confinement qui permet également d'obtenir une protection antigel ou le maintien d'une certaine température à l'intérieur de la canalisation au moyen d'un câble chauffant.

En général, une conduite à double enceinte est constituée d'un tuyau de protection, d'entretoises, et d'un tuyau interne, comme on peut le voir dans l'image.

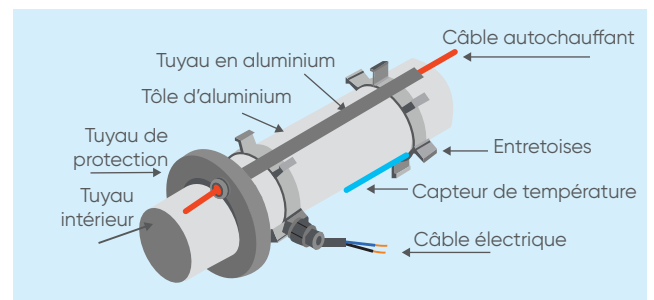


Le design annulaire AkathermThermoPlus peut être présenté en trois variantes différentes selon l'application finale :



En particulier dans l'image suivante il est possible d'analyser la structure interne du système, il est nécessaire de se rappeler que le matériau dont le tuyau est fait est PE-HD.

AkathermThermoPlus peut être utilisé dans différents domaines d'application, par exemple dans les installations industrielles et chimiques, dans les centrales électriques, dans les réseaux d'égouts ou dans l'industrie alimentaire.



3.2.3 Ancrage des canalisations

L'ancrage des canalisations joue un rôle important pour le bon fonctionnement des systèmes de tuyauterie. Un tuyau doit être soutenu selon une portée appropriée afin de préserver la durabilité du système de tuyauterie.

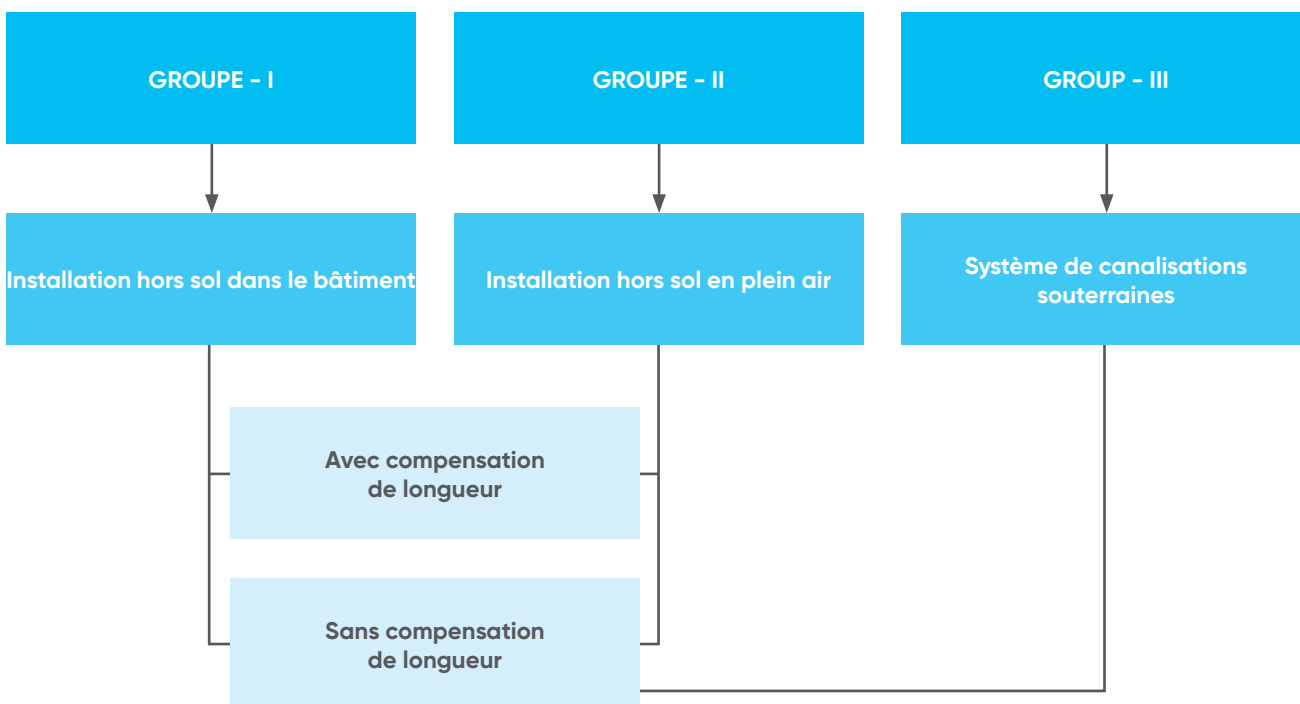
Les canalisations thermoplastiques se caractérisent par des coefficients de dilatation thermique élevés et un faible module d'élasticité axial ; c'est pourquoi des systèmes de support adéquats sont nécessaires pour supporter les charges permanentes générées par le poids des tuyaux et des raccords et pour absorber les contraintes mécaniques développées par les changements de température.

La sélection des types de supports et de leur emplacement dépendra des conditions d'exploitation et de la disposition des canalisations ainsi que des restrictions imposées sur les contraintes et les mouvements des canalisations.

À l'aide de supports de tuyaux adaptés, les charges de tuyauterie produites en raison de la pression, de la température, du poids ou d'un événement occasionnel doivent être transmises du tuyau aux structures de support.

Systèmes de pose de tuyaux en plastique

Lors de la planification et de la pose des systèmes de tuyauterie thermoplastiques, les caractéristiques des matériaux doivent toujours être prises en compte. La conception d'un système de tuyauterie fiable dépend de l'application et du traitement professionnels des plastiques. Les informations suivantes servent de guide, en particulier pour la partie planification. L'image ci-dessous montre une différenciation générale dans la méthode d'installation d'un système de tuyauterie en plastique



Les groupes I et II forment les systèmes de tuyauterie en plastique installés au-dessus du sol avec et sans compensation de longueur à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments. En générale, ces systèmes nécessitent une structure de soutien et sont utilisés, par exemple, dans l'industrie chimique, dans les stations d'épuration et dans la construction de piscines. Ils nécessitent généralement le plus grand effort de traitement.

Les canalisations du groupe III (réseaux souterrains) font par exemple partie des réseaux d'eau municipaux. Mais ils sont tout aussi fréquemment installés dans le domaine de la technologie des eaux usées industrielles. En raison de la flexibilité des tuyaux en plastique, le coût des travaux souterrains est inférieur à celui de la pose des tuyaux en acier, en fonte ou en béton.

Les canalisations bétonnées constituent une forme particulière de canalisations souterraines. En raison de l'accessibilité pour la maintenance limité ou absent, la forme spéciale de pose doit être réservée aux canalisations gravitaires ou de drainage à faible contrainte. L'enrobage dans le béton transforme un tuyau flexible en une structure rigide sans résistance à la flexion, annihilant de nombreux avantages des systèmes de tuyauterie en plastique.

3.2.3.1 Support des canalisations et ancrage des tuyaux

Le terme d'ancrage est invariablement utilisé pour les supports de tuyauterie.

Quoi qu'il en soit, il y a peu de différence entre le support de tuyau et l'ancrage : les supports de tuyau sont utilisés pour soutenir le système de tuyauterie en supportant la charge verticale tandis que les dispositifs d'ancrage de tuyau limitent les mouvements du tuyau et s'occupent donc des charges horizontales. Les supports de tuyaux et les ancrages peuvent être appelés ensemble des systèmes de support de tuyau.

Supports de tuyaux

Les supports ont pour tâche d'absorber en toute sécurité toutes les charges d'une canalisation et de les transférer vers un bâtiment ou une sous-structure. En raison de la résistance et de la stabilité dimensionnelle limitées et dépendantes de la température des canalisations thermoplastiques, les exigences sont différentes de celles des canalisations métalliques.

Lors de la pose de la tuyauterie, la première étape consiste à installer le système de support qui doit retenir les tracés de canalisation. Cette procédure évite l'utilisation de constructions auxiliaires inutiles et d'une disposition provisoire inappropriée et, en outre, il s'agit d'une méthode d'installation sûre qui exclut en grande partie les charges inacceptables sur la canalisation lors de l'installation.

La procédure inverse, comme l'adaptation des supports aux tuyaux déjà installés et temporairement fixés, n'est autorisée que dans des cas exceptionnels puisque l'installation ultérieure des supports prévus peut impliquer des contraintes qui limitent la sécurité opérationnelle de la canalisation. Dans le cas de canalisations plus importants, le risque de défaillance et ses conséquences augmentent si les soutènements temporaires ne sont pas soumis à une évaluation de résistance. Une telle procédure n'est donc pas autorisée.

En principe, le support de tuyauterie doit être classifié selon sa fonction.

Support simple (GL)

Le support simple dans une canalisation posée horizontalement ne peut absorber que les forces dirigées verticalement (charges). Il doit avant tout offrir une résistance la plus faible possible aux changements de longueur de la canalisation liés à l'exploitation. La liberté de mouvement doit être donnée à la fois dans le sens longitudinal du tuyau et dans le sens transversal de l'axe du tuyau.

Support guide (FL)

Le support guide doit empêcher la canalisation de glisser latéralement. Il est donc capable d'absorber des forces transversales et est nécessaire, par exemple, dans les sections de tuyaux serrées axialement pour éviter le flambage. Selon sa fonction, le palier de guidage peut être fixe ou mobile dans le sens de l'axe du tuyau. Glisser le tube dans le collier, en remplacement d'un palier de guidage avec patin coulissant, est une solution dangereuse et doit donc être exclue.

Point fixe (FP)

Les points fixes sont destinés à empêcher le déplacement de sections individuelles de tuyaux dans n'importe quelle direction. Ils permettent également d'absorber les forces de réaction lors de l'utilisation de compensateurs ou de manchons coulissants et enfichables. Les points fixes doivent être installés de manière à ce que les changements de longueur dans le système de canalisations puissent être affectés aux éléments de compensation en termes de taille et de direction.

Conduites horizontales (HL)

Les emplacements de support des conduites horizontales dépendent des structures déjà existantes qui sont disponibles pour le support de la tuyauterie et de l'emplacement des charges concentrées, telles que les vannes et les équipements de canalisation lourds. L'objectif principal de la conception de l'emplacement des supports est de minimiser les contraintes de flexion et de cisaillement dues aux charges statiques. L'espacement des appuis est donc basé sur la contrainte totale admissible du tuyau et sur la quantité prédéterminée de déflexion admissible entre les supports.

Pour obtenir la longueur entre les supports, il est conseillé de regarder les tableaux du chapitre suivant.

Cette longueur varie selon les matériaux des tuyaux, les dimensions et les températures.

Conduites verticales (VL)

Les colonnes montantes ou les conduites verticales peuvent être soutenues en suivant le même espacement de guidage que celui utilisé pour les conduites horizontales. Cependant, une réduction de la distance entre les guides adjacents est suggérée pour éviter l'instabilité des colonnes.

Emplacements de support

Dans une canalisation thermoplastique, l'emplacement du support ne peut pas être déterminé par des règles préétablies, car à chaque fois, différents facteurs techniques rendent une solution plus appropriée qu'une autre.

Les dimensions et les matériaux des tuyaux, les configurations des canalisations, l'emplacement des vannes et des raccords, la disponibilité des fixations au bâtiment ou à d'autres structures, les dilatations thermiques et les sources de vibrations, les surcharges développées par les séismes et les agents atmosphériques peuvent s'avérer des facteurs contraignants à prendre en compte par l'ingénieur pour déterminer la position correcte de chaque support.

L'objectif de ce paragraphe est donc de fournir des critères généraux et des suggestions susceptibles d'aider l'ingénieur concepteur dans son étude.

Le paragraphe suivant contient les informations spécifiques concernant l'espacement des supports des colliers de serrage pour différents matériaux selon les normes DVS 2210.

Supports des colliers de serrage

L'installation de systèmes de tuyauterie thermoplastiques nécessite l'utilisation de clips de support pour empêcher la flexion et les contraintes mécaniques qui en résultent. Lors de la pose de canalisations, il faut tenir compte à la fois de la largeur du support du tuyau et des distances de montage. Les deux termes décrivent la fixation de canalisations à la différence que, d'une part, la flèche admissible de la canalisation et, d'autre part, le flambage admissible de la canalisation sont prise en compte.

Lors de la détermination de la largeur de portée en fonction de la flèche admissible, la canalisation est considéré comme une poutre dite continue, dans laquelle seules les sections d'extrémité (avant et après le coude du tuyau) sont flexibles.

Lors de la détermination de la largeur de portée en fonction du flambage admissible (largeur de portée de tuyau pour les systèmes de tuyaux serrés), le tuyauterie en plastique doit être contrôlé par rapport à un éventuel flambage latéral. La plus petite des deux valeurs de portée déterminées définit la largeur minimale du support de tuyau à conserver.

La distance entre les colliers de serrage dépend du matériau du tuyau, du SDR, de la température de surface et de la densité du fluide véhiculé.

Avant d'installer les colliers de serrage, vérifiez les distances indiquées dans les tableaux ci-dessous, qui sont conformes aux directives DVS 2210-01 pour les conduites d'eau.

Aliaxis dans sa gamme de produits propose quatre types de les colliers de serrage de tuyau, présentés dans le tableau suivant.

Le choix dépend de plusieurs variables comme, par exemple, le matériau et la plage DN.



3.2.3.2 Tableaux et graphiques

Pour éviter d'effectuer des calculs, il est possible de prendre en compte les tableaux et graphiques suivants qui montrent les portées habituelles des tuyaux thermoplastiques selon DVS 2210-1. Elles sont basées sur des données expérimentales.

Espacement du support de tuyau pour PVC-U

| Taille du tuyau De (mm) | Diamètre nominal DN | Largeur de portée du support (LA) en mm à température ambiante (TR) | | | | |
|----------------------------|------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | | 20 °C | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C |
| 16 | 10 | 950 | 900 | 850 | 750 | 600 |
| 20 | 15 | 1100 | 1050 | 1000 | 900 | 700 |
| 25 | 20 | 1200 | 1150 | 1050 | 950 | 750 |
| 32 | 25 | 1350 | 1300 | 1250 | 1100 | 900 |
| 40 | 32 | 1450 | 1400 | 1350 | 1250 | 1000 |
| 50 | 40 | 1600 | 1550 | 1500 | 1400 | 1150 |
| 63 | 50 | 1800 | 1750 | 1700 | 1550 | 1300 |
| 75 | 65 | 2000 | 1900 | 1850 | 1700 | 1450 |
| 90 | 80 | 2200 | 2100 | 2000 | 1850 | 1550 |
| 110 | 100 | 2400 | 2250 | 2250 | 2050 | 1750 |
| 125 | 100 | 2550 | 2400 | 2400 | 2200 | 1850 |
| 140 | 125 | 2700 | 2600 | 2500 | 2300 | 1950 |
| 160 | 150 | 2900 | 2800 | 2700 | 2500 | 2100 |
| 180 | 150 | 3100 | 2950 | 2850 | 2650 | 2200 |
| 200 | 200 | 3250 | 3150 | 3000 | 2800 | 2350 |
| 225 | 200 | 3450 | 3300 | 3200 | 2950 | 2500 |
| 250 | 250 | 3650 | 3500 | 3350 | 3100 | 2600 |
| 280 | 250 | 3750 | 3700 | 3550 | 3300 | 2750 |
| 315 | 300 | 4100 | 3900 | 3750 | 3500 | 2950 |
| 355 | 350 | 4300 | 4200 | 4000 | 3700 | 3100 |
| 400 | 400 | 4600 | 4450 | 4250 | 3950 | 3300 |

 Région marquée : SDR 13.6 / S 6.3 / PN 16.

 Autre région : SDR 21 / S 10 / PN 10.

Pour différentes valeurs de SDR, multipliez les données du tableau par les facteurs suivants :

- 1,08 pour SDR 13,6 / S6.3 / PN16 : gamme de tailles De 25 à 400 ;
- 1,15 pour SDR 11 / S5 / PN20 : gamme de tailles entière.

Il est important de rappeler que, selon la substance transportée, la largeur de la portée du support doit être multipliée par le facteur indiqué dans le tableau.

| Matériau | PN | Substances transportées | | |
|----------|----|-------------------------|------------------------------|------|
| | | Eau | Autres | |
| | | | Densité (g/cm ³) | |
| | | 1 | 1,25 | 1,50 |
| PVC-U | 10 | 1 | 0,96 | 0,92 |
| | 16 | | | |
| | 20 | | | |

Espacement du support de tuyau pour PVC-C

| Taille du tuyau DE (mm) | Diamètre nominal DN | Largeur de portée du support (LA) en mm à température ambiante (TR) | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 20 °C | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C | 70 °C | 80 °C | 90 °C |
| 16 | 10 | 1000 | 950 | 900 | 850 | 750 | 675 | 600 | 500 |
| 20 | 15 | 1150 | 1100 | 1025 | 950 | 875 | 775 | 700 | 600 |
| 25 | 20 | 1200 | 1150 | 1100 | 1000 | 900 | 800 | 700 | 600 |
| 32 | 25 | 1350 | 1250 | 1200 | 1100 | 1000 | 900 | 800 | 700 |
| 40 | 32 | 1500 | 1400 | 1300 | 1250 | 1150 | 1050 | 900 | 800 |
| 50 | 40 | 1650 | 1600 | 1500 | 1400 | 1300 | 1200 | 1100 | 900 |
| 63 | 50 | 1850 | 1750 | 1650 | 1600 | 1500 | 1350 | 1250 | 1050 |
| 75 | 65 | 2050 | 1950 | 1850 | 1750 | 1650 | 1500 | 1350 | 1200 |
| 90 | 80 | 2250 | 2100 | 2000 | 1900 | 1800 | 1650 | 1500 | 1300 |
| 110 | 100 | 2500 | 2350 | 2200 | 2100 | 1950 | 1800 | 1650 | 1450 |
| 125 | 100 | 2650 | 2500 | 2350 | 2250 | 2100 | 1950 | 1750 | 1550 |
| 140 | 125 | 2800 | 2650 | 2500 | 2350 | 2200 | 2050 | 1850 | 1650 |
| 160 | 150 | 3000 | 2850 | 2700 | 2550 | 2400 | 2200 | 2000 | 1750 |
| 180 | 150 | 3150 | 3000 | 2850 | 2700 | 2500 | 2300 | 2100 | 1850 |
| 200 | 200 | 3350 | 3150 | 3000 | 2850 | 2650 | 2450 | 2200 | 1950 |
| 225 | 200 | 3550 | 3350 | 3200 | 3000 | 2800 | 2600 | 2350 | 2100 |
| 250 | 250 | 3750 | 3550 | 3350 | 3150 | 3000 | 2750 | 2500 | 2200 |
| 280 | 250 | 3950 | 3750 | 3550 | 3350 | 3150 | 2900 | 2650 | 2350 |
| 315 | 300 | 4200 | 4000 | 3750 | 3550 | 3350 | 3050 | 2800 | 2450 |
| 355 | 350 | 4450 | 4250 | 4000 | 3800 | 3550 | 3250 | 2950 | 2650 |
| 400 | 400 | 4750 | 4500 | 4250 | 4000 | 3750 | 3450 | 3150 | 2800 |

Région marquée : SDR 13,6 / S 6,3 / PN 16.

Autre région : SDR 21 / S 10 / PN 10.

Pour différentes valeurs de SDR, multipliez les données du tableau par les facteurs suivants :

- 1,08 pour SDR 13,6 / S6,3 / PN16 : gamme de tailles De 40 à 400 ;
- 1,12 pour SDR 11 / S 5 / PN20 : gamme de tailles entière

Il est important de rappeler que, selon la substance transportée, la largeur de la portée du support doit être multipliée par le facteur indiqué dans le tableau.

| Matériau | PN | Substances transportées | | |
|----------|----|------------------------------|--------|------|
| | | Eau | Autres | |
| | | Densité (g/cm ³) | | |
| | | 1 | 1,25 | 1,50 |
| PVC-C | 10 | 1 | 0,96 | 0,92 |
| | 16 | | | |
| | 20 | | | |

Espacement du support de tuyau pour ABS

En plus de ce qui a été rapporté sur les règles DVS pour le polychlorure de vinyle et les polyoléfinés, pour l'ABS, notre expert recommande ces valeurs.

| Taille du tuyau De (mm) | Diamètre nominal DN | Largeur de portée du support (LA) en mm à température ambiante (TR) | | |
|-------------------------|---------------------|---|-------|-------|
| | | 20 °C | 50 °C | 60 °C |
| 16 | 10 | 800 | 500 | 400 |
| 20 | 15 | 900 | 600 | 500 |
| 25 | 20 | 1000 | 700 | 600 |
| 32 | 25 | 1100 | 800 | 700 |
| 40 | 32 | 1200 | 900 | 700 |
| 50 | 40 | 1300 | 1000 | 700 |
| 63 | 50 | 1400 | 1100 | 800 |
| 75 | 65 | 1500 | 1200 | 800 |
| 90 | 80 | 1600 | 1200 | 900 |
| 110 | 100 | 1800 | 1300 | 1000 |
| 125 | 100 | 1900 | 1400 | 1000 |
| 140 | 125 | 2000 | 1500 | 1100 |
| 160 | 150 | 2100 | 1600 | 1200 |
| 200 | 150 | 2200 | 1700 | 1300 |
| 225 | 200 | 2300 | 1800 | 1500 |
| 250 | 250 | 2500 | 2000 | 1700 |
| 315 | 300 | 2900 | 2400 | 2100 |

Les valeurs du tableau sont basées sur les tuyaux de classe C de chaque taille. Pour les tailles 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm et 110 mm, la distance de support peut être augmentée de 10 % pour les tuyaux de classe E.

De plus, il est important de se rappeler que si la substance transportée a une gravité spécifique supérieure à 1, la distance doit être réduite en divisant les distances d'entraxe recommandées par la gravité spécifique.

Espacement du support de tuyau pour PP

| Taille du tuyau De (mm) | Diamètre nominal DN | Largeur de portée du support (LA) en mm à température ambiante (TR) | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 20 °C | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C | 70 °C | 80 °C |
| 16 | 10 | 650 | 625 | 600 | 575 | 550 | 525 | 500 |
| 20 | 15 | 700 | 675 | 650 | 625 | 600 | 575 | 550 |
| 25 | 20 | 800 | 775 | 750 | 725 | 700 | 675 | 650 |
| 32 | 25 | 950 | 925 | 900 | 875 | 850 | 800 | 750 |
| 40 | 32 | 1100 | 1075 | 1050 | 1000 | 950 | 925 | 875 |
| 50 | 40 | 1250 | 1225 | 1200 | 1150 | 1100 | 1050 | 1000 |
| 63 | 50 | 1450 | 1425 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 | 1200 |
| 75 | 65 | 1550 | 1500 | 1450 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 |
| 90 | 80 | 1650 | 1600 | 1550 | 1500 | 1450 | 1400 | 1350 |
| 110 | 100 | 1850 | 1800 | 1750 | 1700 | 1600 | 1500 | 1400 |
| 125 | 100 | 2000 | 1950 | 1900 | 1800 | 1700 | 1600 | 1500 |
| 140 | 125 | 2100 | 2050 | 2000 | 1900 | 1800 | 1700 | 1600 |
| 160 | 150 | 2250 | 2200 | 2100 | 2000 | 1900 | 1800 | 1700 |
| 180 | 150 | 2350 | 2300 | 2200 | 2100 | 2000 | 1900 | 1800 |
| 200 | 200 | 2500 | 2400 | 2300 | 2200 | 2100 | 2000 | 1900 |
| 225 | 200 | 2650 | 2550 | 2450 | 2350 | 2250 | 2150 | 2000 |
| 250 | 250 | 2800 | 2700 | 2600 | 2500 | 2400 | 2300 | 2150 |
| 280 | 250 | 2950 | 2850 | 2750 | 2650 | 2550 | 2450 | 2300 |
| 315 | 300 | 3150 | 3050 | 2950 | 2850 | 2700 | 2600 | 2450 |
| 355 | 350 | 3350 | 3250 | 3150 | 3000 | 2850 | 2750 | 2600 |
| 400 | 400 | 3550 | 3450 | 3350 | 3200 | 3050 | 2900 | 2750 |

Les valeurs du tableau correspondent à SDR 11/S 5/PN 10.

La distance peut être augmentée de 30 % en cas d'installation verticale de la canalisation.

Pour différentes valeurs de SDR, multipliez les données du tableau par les facteurs suivants :

- 0,91 pour SDR 17,6 / S 8,3 / PN 6.

Il est important de rappeler que, selon la substance transportée, la largeur de la portée du support doit être multipliée par le facteur indiqué dans le tableau.

| Matériau | PN | Substances transportées | | |
|----------|----|-------------------------|------------------------------|------|
| | | Eau | Autres | |
| | | | Densité (g/cm ³) | |
| | | 1 | 1,25 | 1,50 |
| PP | 6 | 1 | 0,96 | 0,92 |
| | 10 | | | |

Espacement des supports de tuyaux pour PE-HD

| Taille du tuyau De (mm) | Diamètre nominal DN | Largeur de portée du support (LA) en mm à température ambiante (TR) | | | | |
|----------------------------|------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | | 20 °C | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C |
| 16 | 10 | 500 | 450 | 450 | 400 | 350 |
| 20 | 15 | 575 | 550 | 500 | 450 | 400 |
| 25 | 20 | 650 | 600 | 550 | 550 | 500 |
| 32 | 25 | 750 | 750 | 650 | 650 | 550 |
| 40 | 32 | 900 | 850 | 750 | 750 | 650 |
| 50 | 40 | 1050 | 1000 | 900 | 850 | 750 |
| 63 | 50 | 1200 | 1150 | 1050 | 1000 | 900 |
| 75 | 65 | 1350 | 1300 | 1200 | 1100 | 1000 |
| 90 | 80 | 1500 | 1450 | 1350 | 1250 | 1150 |
| 110 | 100 | 1650 | 1600 | 1500 | 1450 | 1300 |
| 125 | 100 | 1750 | 1700 | 1600 | 1550 | 1400 |
| 140 | 125 | 1900 | 1850 | 1750 | 1650 | 1500 |
| 160 | 150 | 2050 | 1950 | 1850 | 1750 | 1600 |
| 180 | 150 | 2150 | 2050 | 1950 | 1850 | 1750 |
| 200 | 200 | 2300 | 2200 | 2100 | 2000 | 1900 |
| 225 | 200 | 2450 | 2350 | 2250 | 2150 | 2050 |
| 250 | 250 | 2600 | 2500 | 2400 | 2300 | 2100 |
| 280 | 250 | 2750 | 2650 | 2550 | 2400 | 2200 |
| 315 | 300 | 2900 | 2800 | 2700 | 2550 | 2350 |
| 355 | 350 | 3100 | 3000 | 2900 | 2750 | 2550 |
| 400 | 400 | 3300 | 3150 | 3050 | 2900 | 2700 |

Les valeurs du tableau correspondent à SDR 17 / S8 / PN10.

Pour les tuyaux posés verticalement, les distances de support peuvent être multipliées par 1,3.

Pour différentes valeurs de SDR, multipliez les données du tableau par les facteurs suivants :

- 0,91 pour SDR 26 / S 12,5 / PN 6 ;
- 1,07 pour SDR 11 / S 5 / PN 16.

Il est important de rappeler que, selon la substance transportée, la largeur de la portée du support doit être multipliée par le facteur indiqué dans le tableau.

| Matériau | PN | Substances transportées | | |
|----------|----|------------------------------|--------|------|
| | | Eau | Autres | |
| | | Densité (g/cm ³) | | |
| | | 1 | 1,25 | 1,50 |
| PE-HD | 6 | 1 | 0,96 | 0,92 |
| | 10 | | | |
| | 16 | | | |

Espacement du support de tuyau pour PVDF

| Taille du tuyau De (mm) | Diamètre nominal DN | Largeur de portée du support (LA) en mm à température ambiante (TR) | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | 20 °C | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C | 70 °C | 80 °C | 100 °C | 120 °C |
| 16 | 10 | 725 | 700 | 650 | 600 | 575 | 550 | 500 | 450 | 400 |
| 20 | 15 | 850 | 800 | 750 | 750 | 700 | 650 | 600 | 500 | 450 |
| 25 | 20 | 950 | 900 | 850 | 800 | 750 | 700 | 675 | 600 | 500 |
| 32 | 25 | 1100 | 1050 | 1000 | 950 | 900 | 850 | 800 | 700 | 600 |
| 40 | 32 | 1200 | 1150 | 1100 | 1050 | 1000 | 950 | 900 | 750 | 650 |
| 50 | 40 | 1400 | 1350 | 1300 | 1200 | 1150 | 1100 | 1000 | 900 | 750 |
| 63 | 50 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 | 1200 | 1150 | 1100 | 950 | 800 |
| 75 | 65 | 1500 | 1450 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 | 1200 | 1050 | 850 |
| 90 | 80 | 1600 | 1550 | 1500 | 1450 | 1400 | 1350 | 1300 | 1100 | 950 |
| 110 | 100 | 1800 | 1750 | 1700 | 1650 | 1550 | 1500 | 1450 | 1250 | 1100 |
| 125 | 100 | 1900 | 1850 | 1800 | 1700 | 1650 | 1600 | 1500 | 1350 | 1200 |
| 140 | 125 | 2000 | 1950 | 1900 | 1800 | 1750 | 1700 | 1600 | 1450 | 1250 |
| 160 | 150 | 2150 | 2100 | 2050 | 1950 | 1850 | 1800 | 1700 | 1550 | 1350 |
| 180 | 150 | 2300 | 2200 | 2150 | 2050 | 1950 | 1900 | 1800 | 1600 | 1400 |
| 200 | 200 | 2400 | 2350 | 2250 | 2150 | 2100 | 2000 | 1900 | 1700 | 1500 |
| 225 | 200 | 2550 | 2500 | 2400 | 2300 | 2200 | 2100 | 2000 | 1800 | 1600 |
| 250 | 250 | 2650 | 2600 | 2500 | 2400 | 2300 | 2200 | 2100 | 1900 | 1700 |
| 280 | 250 | 2850 | 2750 | 2650 | 2550 | 2450 | 2350 | 2250 | 2000 | 1800 |
| 315 | 300 | 3000 | 2950 | 2850 | 2750 | 2600 | 2500 | 2400 | 2150 | 1900 |
| 355 | 350 | 3200 | 3100 | 3000 | 2850 | 2750 | 2650 | 2500 | 2250 | 2000 |
| 400 | 400 | 3400 | 3300 | 3200 | 3050 | 2950 | 2800 | 2650 | 2400 | 2100 |

Région marquée : SDR 21 / S 10 / PN 16

Autre région : SDR 33 / S 16 / PN 10

Pour différentes valeurs de SDR, multipliez les données du tableau par les facteurs suivants :

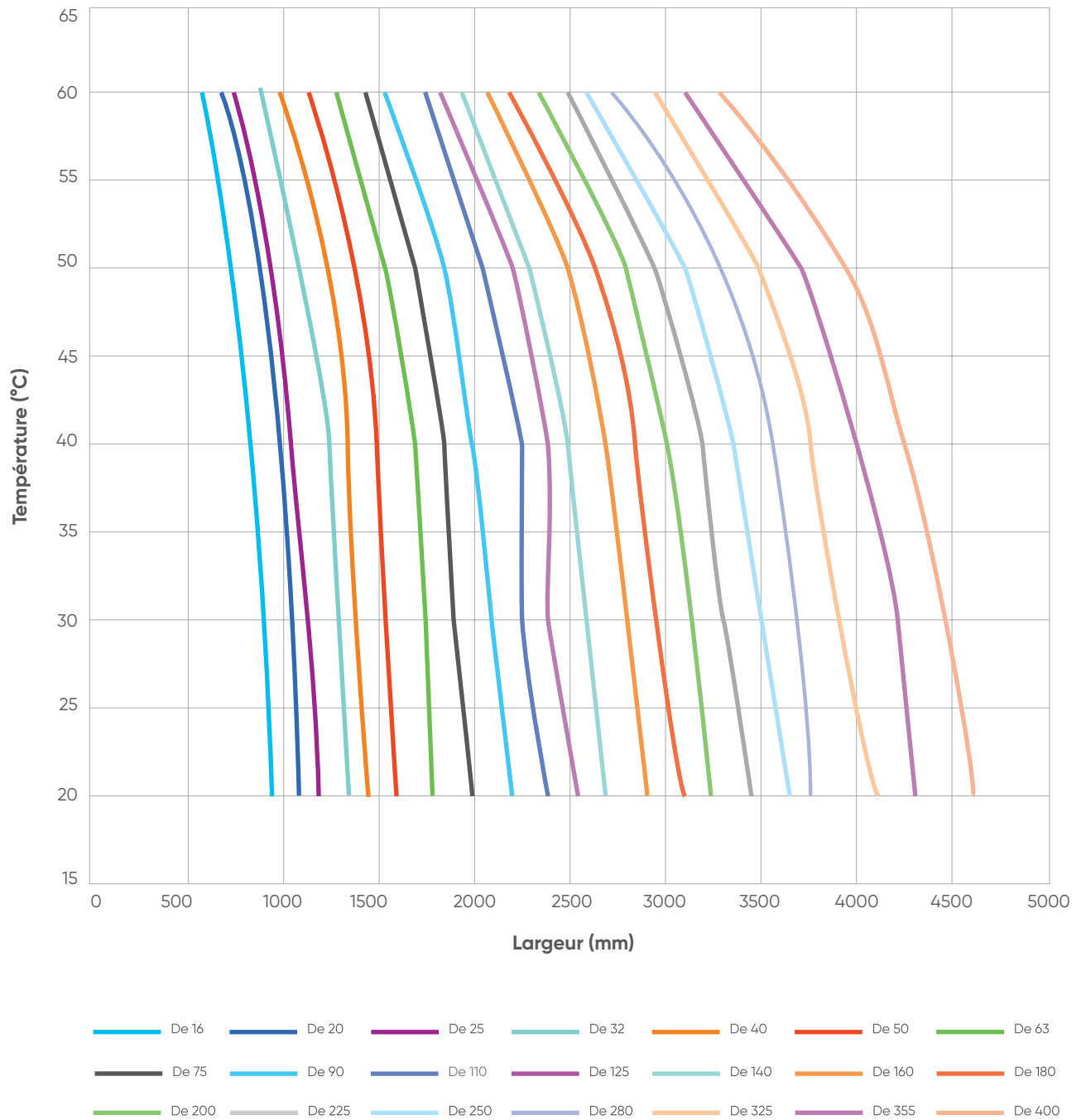
- 1,08 pour SDR21 / S10 / PN16 : gamme de tailles De 63 à 400 ;
- 1,12 pour SDR17 / S8 / PN20 : gamme de tailles entière.

Il est important de rappeler que, selon la substance transportée, la largeur de la portée du support doit être multipliée par le facteur indiqué dans le tableau.

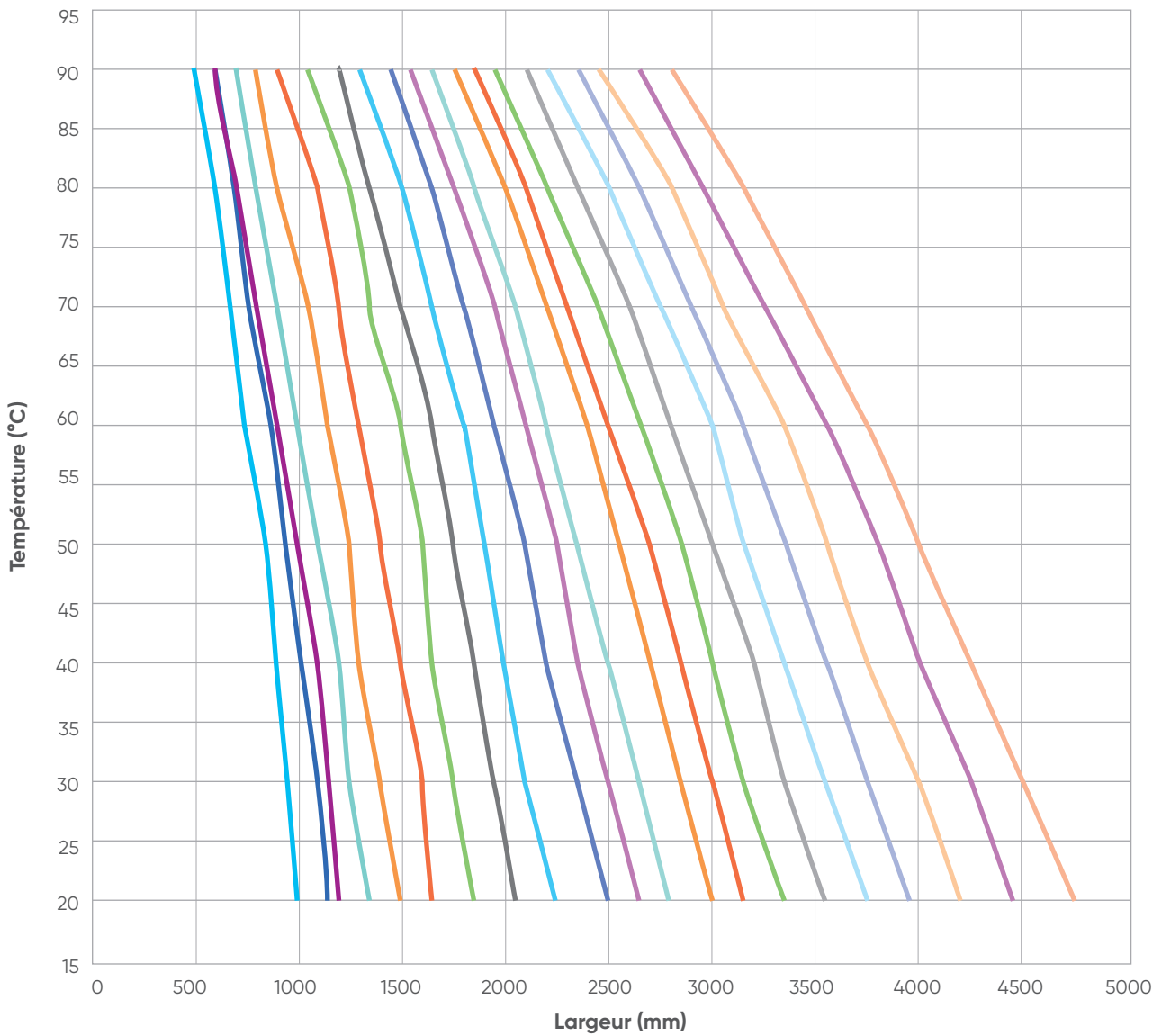
| Matériau | PN | Substances transportées | | |
|----------|----|------------------------------|--------|------|
| | | Eau | Autres | |
| | | Densité (g/cm ³) | | |
| | | 1 | 1,25 | 1,50 |
| PVDF | 10 | 1 | 0,96 | 0,92 |
| | 16 | | | |
| | 20 | | | |

Les graphiques ci-dessous sont générés à partir des tableaux d'espacement des supports de tuyaux selon DVS 2210-1.

Graphique : Espacement des support de tuyauterie PVC-U

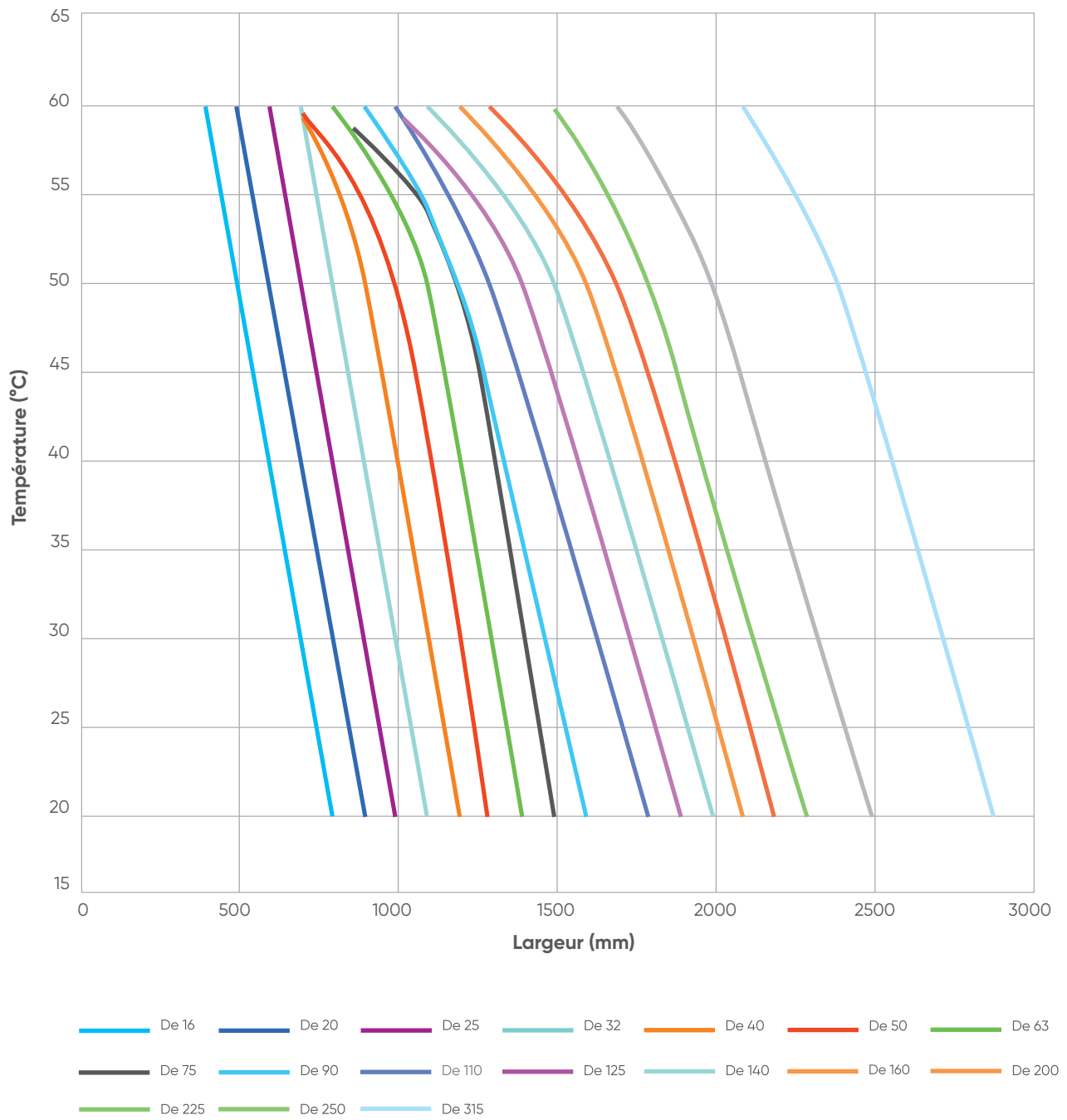


Graphique : Espacement des support de tuyauterie PVC-C

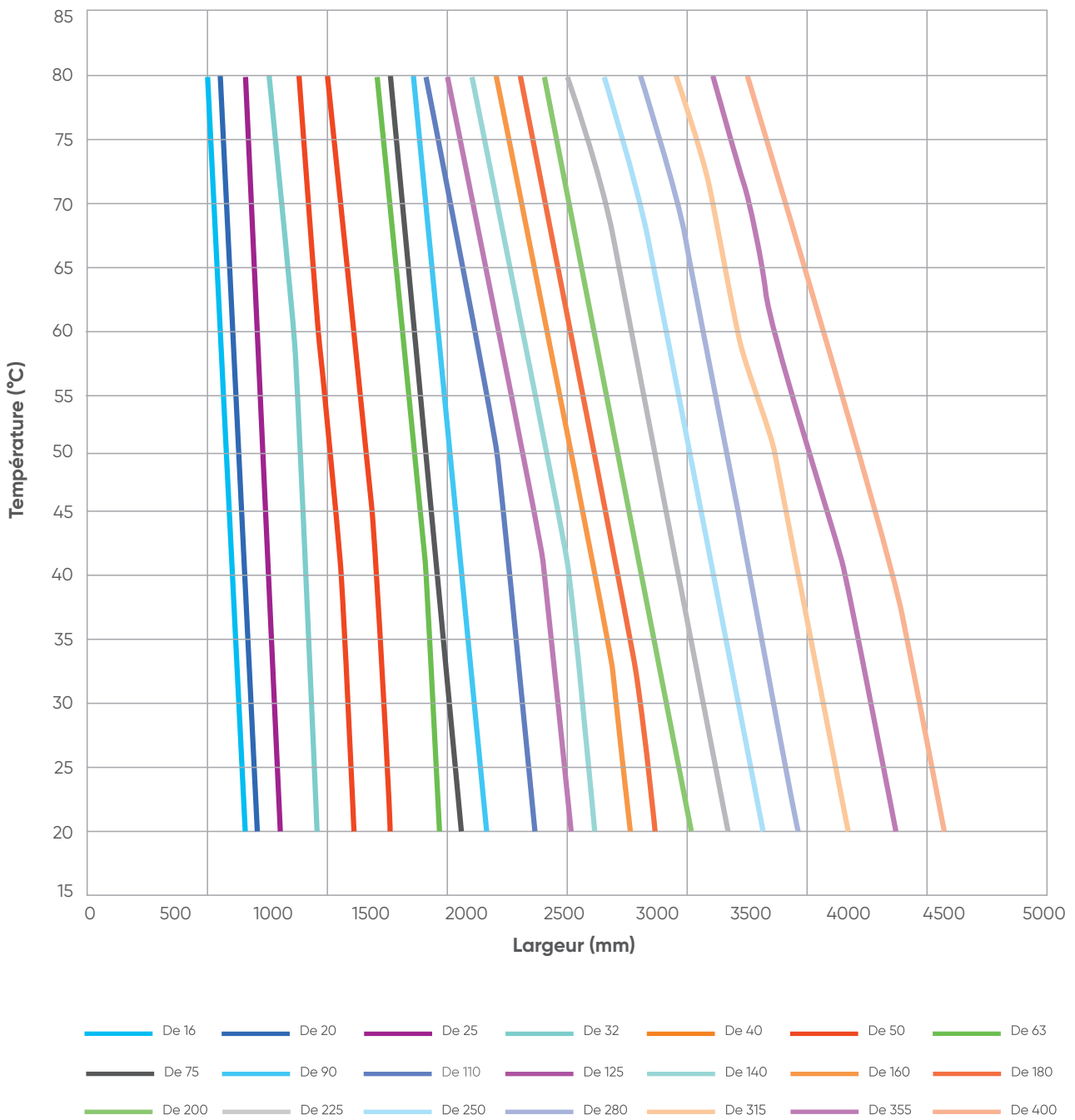


- | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| De 16 | De 20 | De 25 | De 32 | De 40 | De 50 | De 63 |
| De 75 | De 90 | De 110 | De 125 | De 140 | De 160 | De 180 |
| De 200 | De 225 | De 250 | De 280 | De 325 | De 355 | De 400 |

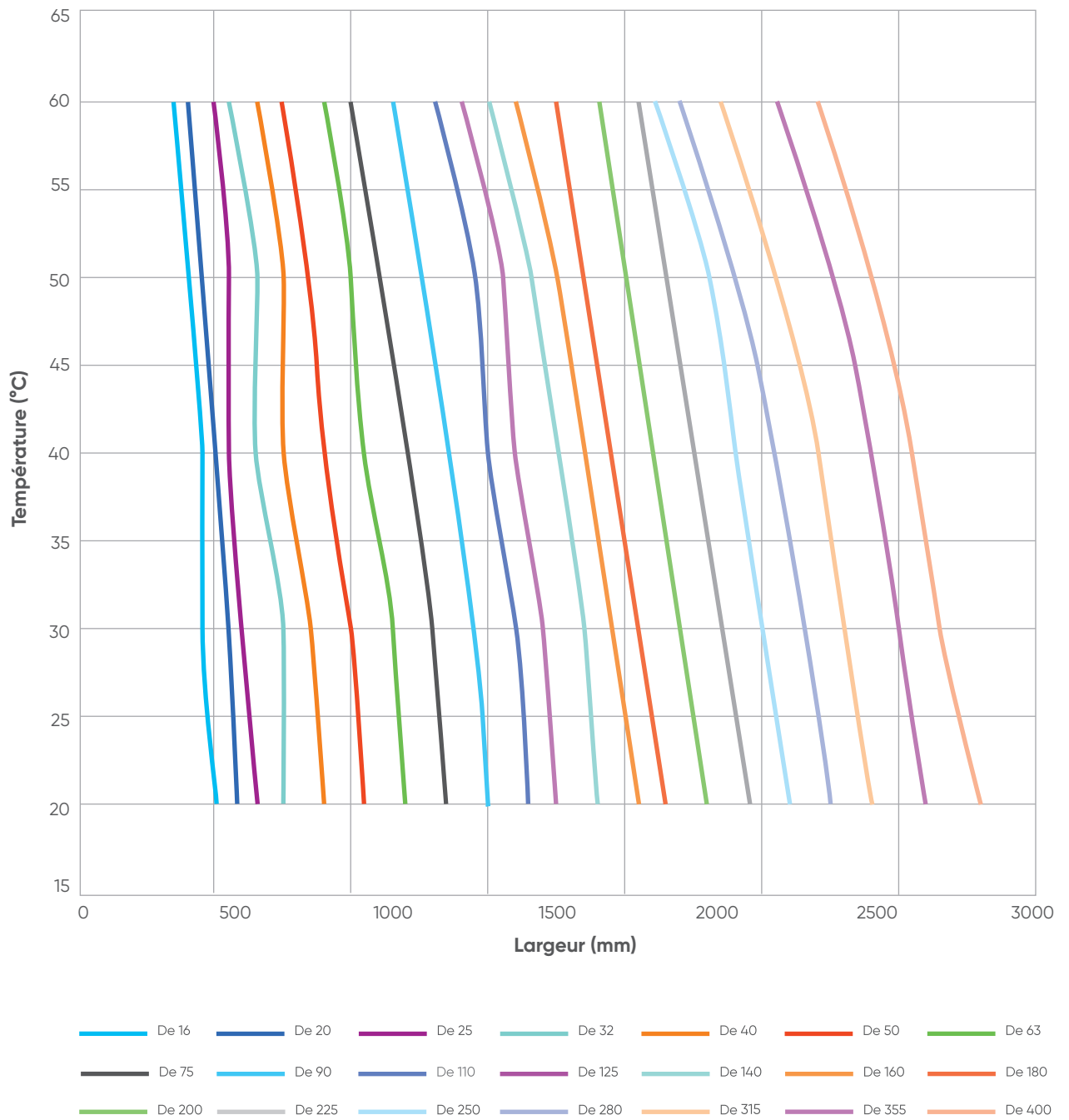
Graphique : Espacement des support de tuyauterie ABS



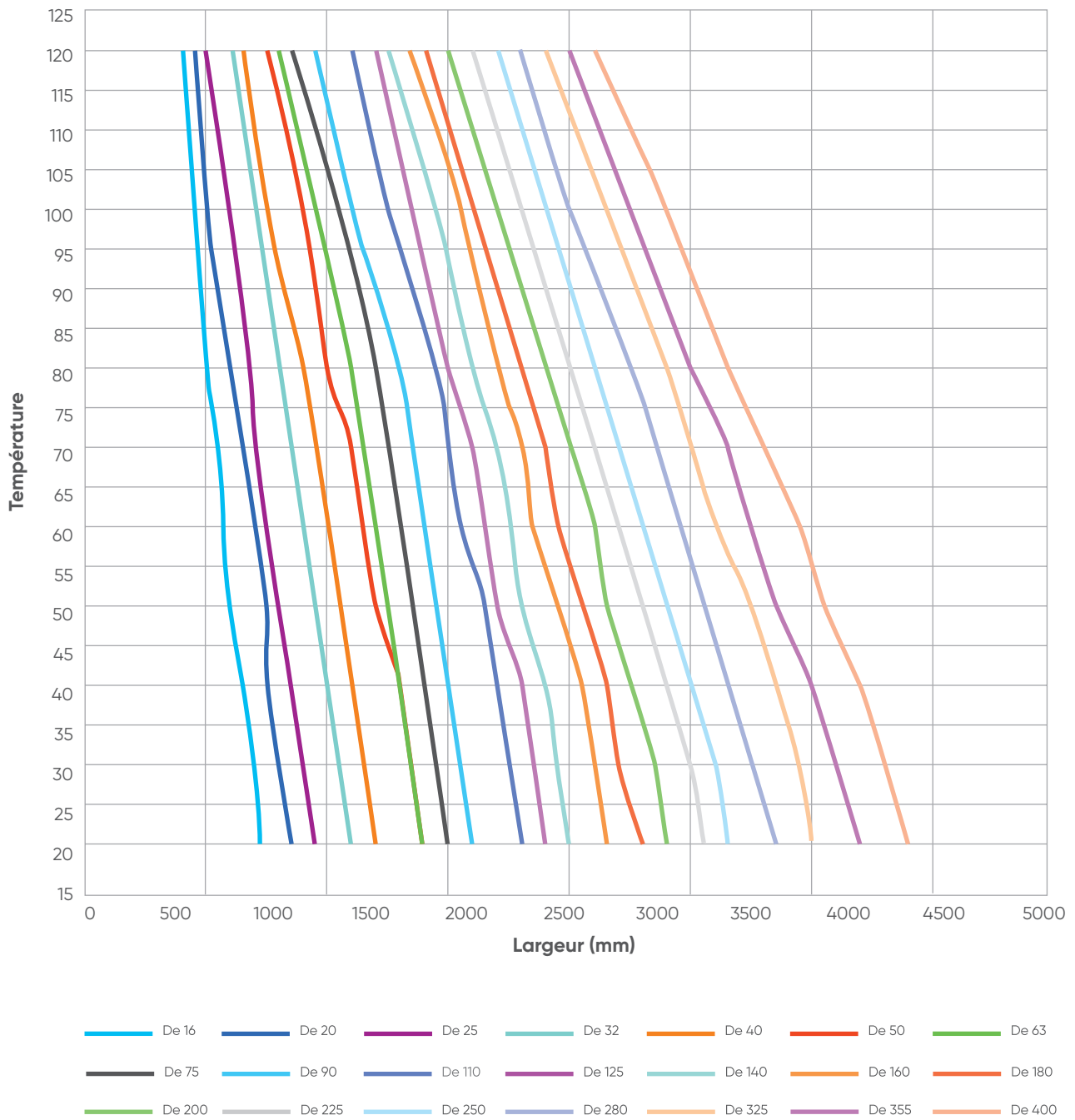
Graphique : Espacement des support de tuyauterie PP



Graphique : Espacement des support de tuyauterie PE



Graphique : Espacement des support de tuyauterie PVDF



Si les canalisations sont posées de manière à ce que la dilatation axiale de toutes les conduites ou des conduites individuelles ne soit plus possible (serrage fixe du tuyauterie), la distance de fixation calculée doit être vérifiée pour la sécurité au flambage. Si la distance de guidage calculée est inférieure à la distance de support calculée, la canalisation doit être soutenue selon la valeur la plus petite.

Si des conduites à serrage axial sont exploitées à des températures élevées ou si une réduction du module de fluage est attendue en raison d'effets chimiques, il existe un risque croissant de flambage. Dans ces cas, la distance de guidage déterminée doit être réduite de 20 %. Les valeurs indiquées dans le tableau ci-contre doivent être considérées comme des températures de fonctionnement élevées.

| Matériau | Température (°C) |
|----------|------------------|
| PE-HD | >45 |
| PP | >60 |
| PVC-U | >40 |
| PVC-C | >80 |
| PVDF | >100 |
| ABS | >40 |

Support des vannes

Toutes les vannes, qu'elles soient manuelles ou actionnées, doivent être correctement supportées dans de nombreuses applications. Toutes nos séries de vannes VKD, VKR, TKD, etc. sont donc fournies avec un support intégré qui permet un ancrage direct du corps de vanne sans avoir besoin d'autres composants.

Le support intégré spécial de notre valve VKD est visible sur l'image ci-dessous.

Pour l'installation murale, des plaques de montage PMKD dédiées, disponibles en accessoires, peuvent être utilisées. Ces plaques doivent être fixées à la vanne avant l'installation murale. Les plaques PMKD permettent également l'alignement des vannes VKD avec les colliers de serrage FIP GOEMA ainsi que l'alignement de vannes de différentes tailles.



3.2.4 Installation souterraine (système enterré)

Tous les systèmes de canalisations enterrées sont soumis à des charges internes et externes. La charge interne est liée aux exigences du fluide transporté et aux propriétés matérielles du tuyau. Pour les charges externes, les tuyaux thermoplastiques sont considérés comme flexibles (capables de se plier sans se casser) et utilisent la paroi du tuyau et le sol environnant pour supporter les charges externes. En d'autres termes, le sol et la canalisation forment une structure intégrale. En fonction des caractéristiques de charge, le tuyau se déformera ou se comprimera. Les charges externes à déterminer sont et statiques et dynamiques.

Exigences en matière d'ingénierie souterraine

La pose de canalisations enterrées en matériaux thermoplastiques, en particulier celles dont la température de fonctionnement est supérieure à 40 °C, nécessite l'utilisation d'une procédure d'ingénierie souterraine adaptée au matériau et à la charge.

Un facteur important pour la sécurité de fonctionnement des canalisations en plastique est la compatibilité totale des travaux de construction avec les hypothèses calculées lors des analyses mathématiques, qui s'appliquent en particulier à la zone d'encastrement. Le respect du degré de compactage spécifié dans la zone d'encastrement est une condition préalable essentielle à la formation d'un système de support de base de tuyau lors de l'utilisation de tuyaux flexibles, ce qui est le cas pour les thermoplastiques.

Les principes suivants pour l'installation de conduites souterraines doivent être considérés comme un complément aux réglementations générales.

Tranchées de canalisations

Les tranchées de canalisations doivent être construites conformément aux spécifications des normes DIN EN 1610 et DIN 4124 « Fouilles et tranchées ». Les largeurs minimales de tranchée, dépendantes de la largeur nominale du tuyau et de la profondeur de la tranchée, sont des valeurs de référence qui doivent être adaptées aux modes de pose et d'assemblage du tuyau. La largeur de la tranchée doit être suffisante pour permettre que les travaux nécessaires à l'exploitation en sécurité de la canalisation puissent être effectués correctement et en toute sécurité.

Profondeur de tranchée

Les tuyaux thermoplastiques auront tendance à fléchir plutôt qu'à se fissurer sous l'effet d'une charge. La quantité de la flèche peut être dérivée de la profondeur de l'enfouissement, de la rigidité de la canalisation et de la quantité de chargement (p. ex. sol, circulation) sur la canalisation. Bien que la flèche maximale admissible soit de 7,5 % avec un facteur de sécurité de 4:1, un flambement critique se produit à 30 %. Pour une situation donnée, la flèche réelle et la profondeur d'enfouissement peuvent être calculées.

Pour plus de détails concernant la profondeur d'enfouissement et l'estimation de la déflexion dans différentes conditions, consultez notre support technique Aliaxis.

Largeur de tranchée

La construction et la sécurisation de la tranchée, les travaux dans la tranchée et son remblayage doivent être effectués conformément aux normes EN 805, DIN 4124 et DIN EN 1610 pour les tranchées d'égouts. En outre, les règles de sécurité industrielle et les éventuelles spécifications complémentaires du planificateur doivent être prises en compte. La largeur de la tranchée doit correspondre aux spécifications du calcul statique des canalisations.

Fond de tranchée

Pour soutenir correctement le tuyau, le fond de la tranchée doit être continu, relativement lisse et exempt de roches. Lorsque l'on rencontre des croûtes dures ou des rochers, le fond de la tranchée doit être rembourré en utilisant au moins 100 mm de roche concassée ou de sable sous le tuyau. Le matériau gelé ne doit pas être utilisé pour le soutien ou pour l'assise du tuyau.

Lorsque le milieu du sol est instable (par exemple, matière organique), le fond de la tranchée doit être excavé et ramené au niveau avec un matériau approprié.

Assise de tuyau

La couche d'assise inférieure (support de tuyau dans la tranchée) doit être aplatie, compactée et nivelée conformément au remblai et, si nécessaire, construite avec une pente spécifiée. L'épaisseur de la couche doit être telle que les zones inégales au fond de la tranchée ne peuvent en aucun cas toucher le fond du tuyau dans son état installé. Si le compactage du support de tuyau n'est pas effectué, le degré de compactage du remblai au-dessus peut avoir un effet négatif.

Mise en place du tuyau

Les tuyaux et les raccords doivent être placés dans la tranchée à l'aide de cordes et de patins, d'élingues sur un godet de pelle-rétro ou à la main. Ne jetez pas ou ne laissez pas tomber le tuyau ou les raccords dans la tranchée, car des dommages peuvent en résulter. Des précautions particulières doivent être prises lors de la manipulation des tuyaux par temps froid, car le matériau est moins résistant aux chocs à des températures réduites. Avant l'assemblage, s'assurer que tous les matériaux sont en bon état.

Résister à la poussée

Pour les applications de conduites à pression enfouies, les forces de poussée peuvent se produire à n'importe quel point d'un système de tuyauterie où la section directionnelle ou transversale de la voie d'eau change. Ces forces doivent être réduites au moyen de butées en béton ou d'une enveloppe en béton. Cela peut être réalisé en versant du béton dans des formes de taille appropriée à chaque point de la ligne où les forces de poussée se développeront. Le bloc de béton doit être placé entre le raccord et le sol indigène intact, au bord de la tranchée.

Ces blocs de poussée ne sont pas nécessaires lors de l'utilisation de systèmes de tuyaux entièrement résistants à la charge finale. Par exemple, les systèmes de tuyauterie qui impliquent l'électrosoudage, etc.

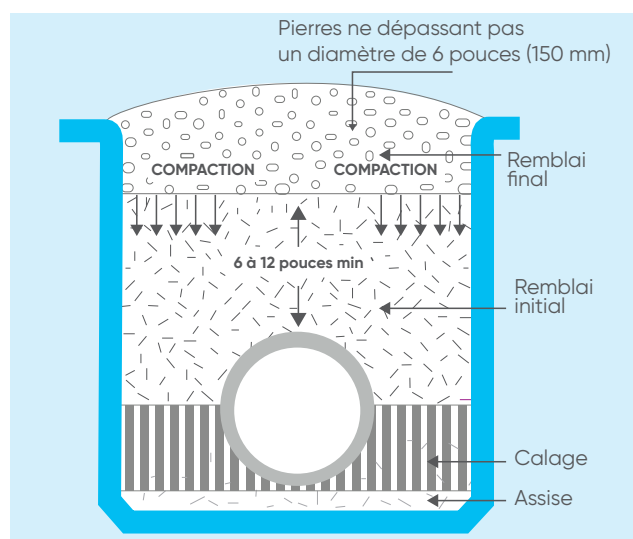
| Profondeur de tranchée (m) | Largeur minimale de tranchée (m) |
|----------------------------|---|
| < 1,00 | aucune largeur minimale de tranchée spécifiée |
| ≥ 1,00 à ≤ 1,75 | 0,80 |
| > 1,75 à ≤ 4,00 | 0,90 |
| > 4,00 | 1,00 |

Remblayage initial

Le remblayage initial est effectué en recouvrant le tuyau sur une profondeur de 150 mm à 300 mm avec un matériau de remblai approprié, exempt de roches, d'objets pointus, de débris ou de particules de plus de 75 mm. Ajoutez des couches par incréments de 150 mm en vous assurant que les niveaux de compactage appropriés sont atteints pour chacune et remblayez jusqu'à ce qu'il y ait 150 mm à 300 mm de couverture sur la crête du tuyau. Assurez-vous que tous les joints restent exposés pour inspection visuelle. Laissez la tuyauterie se stabiliser et se normaliser dimensionnellement, puis vérifiez l'étanchéité de tous les joints. Si la tuyauterie est satisfaisante, tassez la couche de remblai initiale.

Note 1 : Pendant le tassement, assurez-vous que l'alignement du tuyau, à la fois vertical et horizontal, n'est pas perturbé.

Note 2 : Par temps chaud, il est recommandé d'effectuer le remblayage pendant les heures plus fraîches du matin, lorsque la tuyauterie est complètement contractée, afin d'éviter un mauvais compactage dû à la dilatation du tuyau.



Test du système

Une fois le système assemblé et initialement remblayé, le système doit être testé pour détecter les fuites. Notez que le tuyau doit être suffisamment remblayé pour éviter tout mouvement pendant le test.

Effectuez un test de pression conformément à la procédure de test expliquée sous Tests de canalisations dans ce manuel. Si le test est réussi, le système peut être couvert. Si ce n'est pas le cas, effectuez les réparations nécessaires et testez à nouveau jusqu'à ce que le système soit en bon état.

En tant que recommandation générale concernant l'installation du PVC-U sous le sol, le tuyau ne doit jamais être encastré dans du béton. L'enrobage dans le béton transforme un tuyau flexible en une structure rigide sans résistance à la flexion, annihilant de nombreux avantages des systèmes de tuyauterie en plastique.

Compactage du remblai final

Le remblai final est le matériau qui est placé sur le remblai initial en haut de la tranchée. Compacter le calage, le remblai initial et le remblai final à l'aide d'un équipement manuel conformément aux dessins de chantier. Observez les précautions suivantes :

- lorsqu'un matériau « autocompactant » est utilisé, comme de la pierre concassée, assurez-vous que le matériau ne se cambre pas ou ne forme pas de pont sous le calage du tuyau. Retirez ces vides avec la pointe d'une pelle ;
- lors du compactage du matériau sous et de chaque côté du tuyau, ne laissez pas l'outil ou la machine heurter le tuyau ;
- lorsqu'un compactage supérieur à 85 % de la densité Proctor standard est requis dans la zone de calage, assurez-vous que l'effort de compactage ne déloge pas le tuyau du niveau correct. Si l'effort de compactage déloge le tuyau, reposez-le à nouveau au niveau correct ;
- il n'est pas nécessaire de compacter le remblai initial directement sur le dessus du tuyau pour préserver la résistance structurelle du tuyau. Toutefois, elle peut être nécessaire au nom de l'intégrité de la chaussée ;
- lors de la pose de longs tronçons de tuyauterie dans des températures de l'air élevées, il est conseillé de commencer à travailler à partir d'un point fixe, tel que l'entrée ou la sortie d'un bâtiment, et de travailler à partir de ce point, en testant et en remblayant conformément aux paragraphes précédents. Cette procédure doit ensuite permettre à la canalisation d'assumer la température du sol progressivement au fur et à mesure que les travaux avancent.

L'assise de la canalisation en plastique directement sur le fond de la tranchée n'est autorisée que si l'on trouve un sol sableux à grains fins et qu'un appui uniforme est assuré tout au long du tracé de la canalisation. L'installation de conduites en plastique présentant des propriétés particulières (par exemple avec une sensibilité réduite aux fissures ou des couches de protection supplémentaires) est déterminée par les prescriptions du fabricant du système concerné.

L'épaisseur de la couche d'assise standard doit être ≥ 10 cm à l'état compacté. Pour les fonds de tranchées rocheuses ou fermes, l'épaisseur de la couche d'assise doit être augmentée à ≥ 15 cm. Avant et pendant l'installation de la canalisation, la couche d'assise doit être vérifiée pour s'assurer qu'elle est exempte de pierres.

Charges sur les canalisations souterraines

Lors du dimensionnement des canalisations plastiques enterrées, il faut distinguer les charges internes (provoquées en fonctionnement) des charges externes (issues de l'environnement d'installation). Une analyse globale doit prendre en compte la charge mécanique, thermique et chimique du système de tuyauterie. Le cas échéant, lors de considérations mathématiques, les charges apparaissant dans l'état de construction et d'essai doivent être évaluées.

Plus les charges supposées sont précises, plus le dimensionnement de la canalisation est sûr et économique. Ceci s'applique particulièrement aux composants de tuyaux en plastique. Les données approximatives ou vagues entraînent l'utilisation de combinaisons de charge défavorables pour le calcul, ce qui peut entraîner un surdimensionnement. Une autre possibilité est que si la taille d'une charge n'est pas reproduite avec précision, la stabilité de la canalisation en plastique peut être compromise.

Les composants de charge dans une canalisation souterraine en plastique peuvent se produire à la fois individuellement et conjointement, et ils peuvent avoir des effets à court ou à long terme. Il s'agit généralement d'un mélange de charges, où une charge est appliquée de manière permanente, et ceci, ainsi que des charges supplémentaires récurrentes, doit être considéré de manière superficielle.

Le tableau ci-dessous qui est selon DVS 2210-3 montre quelles charges doivent être prises en compte lors de la planification et du dimensionnement des canalisations plastiques enterrées.

Aperçu de la charge, variables et effets

| Type de chargement | Variables et effets |
|---|--|
| Charges de terre et de circulation | En fonction de la profondeur d'installation au-dessus du haut du tuyau |
| Poids morts et poids de remplissage | Influence moindre que pour les systèmes de canalisations acheminés au-dessus du sol |
| Charge des eaux souterraines | En fonction du niveau de la nappe phréatique au-dessus du fond du tuyau |
| Charges mécaniques causées par une installation incorrecte de la conduite dans la zone d'encastrement (p. ex. causées par des pierres, des bois carrés, des corps étrangers, etc.) | Associé à une déformation localisée du tuyau et à un risque de fissuration, en fonction de la structure du matériau |
| Charge de surpression ou de pression négative | Charge générale causée par l'exploitation de la canalisation |
| Contraint thermique | Associé à des contraintes thermiques, lorsque la température de fonctionnement TB est > 20 °C et est soumise à des fluctuations importantes |
| Charge du fluide transporté | Certains fluides transportés peuvent entraîner des modifications des propriétés des matériaux plastiques (par exemple, une réduction de la résistance due à l'effet des solvants). |

Charges de terre et de circulation

Les charges de terre, de circulation et de surface au-dessus du haut du tuyau génèrent des contraintes de flexion et de compression dans la paroi du tuyau. Il convient de distinguer s'il s'agit d'effets à court terme (par exemple au stade de la construction) ou s'ils ont des effets durables.

De plus, la section circulaire du tuyau telle qu'elle était lors de l'installation sera déformée de façon permanente par les charges appliquées. La taille des contraintes et déformations dépend de la qualité des travaux d'excavation lors de l'installation de la canalisation dans la zone d'encastrement.

En général, plus l'effet de soutien du sol environnant est faible, plus la contrainte et la déformation dans la section transversale du tuyau sont importantes. Par conséquent, une importance particulière est accordée à l'installation correcte.

Charges des eaux souterraines

Outre les charges mentionnées ci-dessus, une autre variable est l'influence des eaux souterraines. Dans la mesure où le niveau de la nappe phréatique peut s'élever au-dessus du fond de la conduite, son effet doit être examiné sous la forme d'un calcul de stabilité. La canalisation doit être dotée d'une résistance au flambage suffisante à la surpression externe (superposition des charges de terre, de circulation et de surface et influence des eaux souterraines).

Charges opérationnelles

Les charges opérationnelles peuvent provenir à la fois d'une surpression ou d'une pression négative interne, ainsi que de la température et du type de fluide transporté. Les charges exogènes de terre et de circulation ainsi que la charge de pression de service présente à l'intérieur de la conduite doivent être superposées dans le cadre des calculs structurels (effet de superposition).

Les pressions de service positives indiquées dans les normes de base sur les canalisations, en fonction de la température de fonctionnement et de la durée de fonctionnement, fournissent des informations sur la capacité de charge de pression interne de la canalisation en plastique. Lors du dimensionnement, il est important de prendre en compte la pression de service maximale de chaque élément de tuyauterie, qui peut différer selon les tuyaux et les formes segmentées.

Dans le cas de pièces moulées en tube (coudes à segments, branchements avec raccords d'entrée soudés), une réduction de la capacité de charge de pression interne indiquée dans les normes de base est provoquée par des influences liées au processus et/ou géométriques.

Une autre réduction significative de la capacité de charge de pression interne des conduites en plastique par rapport aux données des normes de base sur les conduites est le résultat de l'influence du fluide transporté sur le comportement au fluage du plastique concerné.

3.3 Tests de canalisations sur site

Le test de pression est le test effectué après l'installation de toute canalisation avant sa mise en service.

Le but du test de pression est d'étudier les différentes limites de la canalisation, de comprendre sa fiabilité, sa capacité maximale, les fuites, les raccords de joint et la pression, sinon la conduite ne peut pas être mise en service.

Par conséquent, les informations obtenues grâce aux tests de pression aident à maintenir les normes de sécurité et l'entretien de la canalisation.

Les recommandations générales sont regroupées sous les rubriques suivantes :

- la préparation aux essais ;
- les pressions d'essai ;
- application de l'essai ;
- interprétation des résultats.

Préparation aux essais

1) Les systèmes de canalisations doivent être testés hydrauliquement dans des longueurs adaptées au diamètre et aux conditions du site.

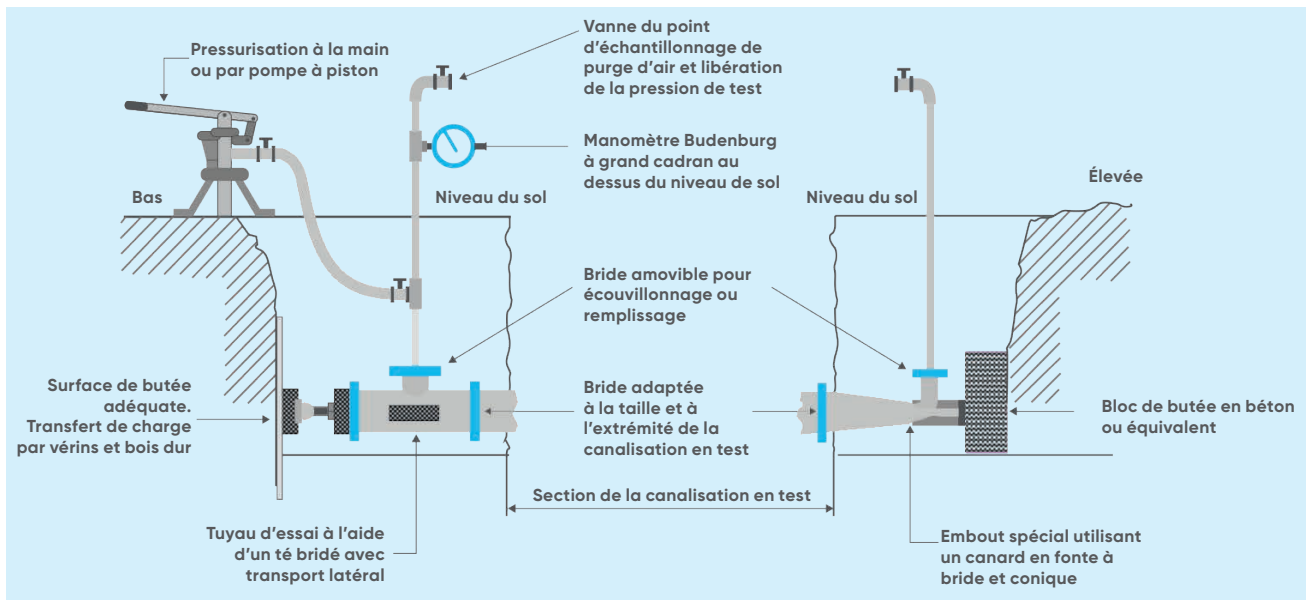
2) De préférence, l'essai doit être effectué entre des brides pleines. Les extrémités de la canalisation à tester peuvent être adaptées à l'aide de douilles à brides appropriées ou d'adaptateurs à bride boulonnés.

Les brides pleines aux extrémités doivent être percées et taraudées si nécessaire pour accueillir les connexions d'entrée et de sortie nécessaires.

Les extrémités de la canalisation principale et toutes les ramifications doivent être étayées et ancrées de manière à résister adéquatement aux poussées des pressions d'essai.

3) Les vérins d'ancrage ou les étais doivent être d'une résistance adéquate et correctement alignés.

Les dispositions typiques pour les essais de pression sont illustrées dans l'image suivante.



4) Les essais ne doivent pas avoir lieu tant que le béton utilisé pour l'ancrage n'a pas mûri et atteint la résistance requise. Les joints soudés au solvant doivent être laissés durcir pendant au moins 24 heures avant d'être soumis à des conditions d'essai.

5) Les conditions du site détermineront généralement si tous les joints peuvent être laissés exposés. Dans la mesure du possible, les joints doivent être exposés tout au long de la période d'essai.

Il est important de fournir un contour et un remblai suffisamment compactés sur le corps principal du tuyau pour empêcher tout déplacement et maintenir des températures stables pendant la période d'essai.

6) Dans la mesure du possible, la position d'essai doit être située au point le plus bas du profil de la canalisation afin de favoriser l'expulsion de l'air pendant le remplissage de la conduite.

Cette position enregistre généralement la pression maximale et permet un contrôle plus facile de la libération de l'eau d'essai. Des mécanismes adéquats d'évacuation de l'air doivent être installés à tous les points élevés le long de la canalisation.

7) Les extrémités d'essai doivent être conçues de manière à permettre le remplissage mesuré et la vidange ultérieure de la canalisation. Les brides pleines, les tubes d'essai ou les embouts doivent être dotés des taraudages appropriés pour accueillir les manomètres et équipements associés nécessaires.

Une purge d'air doit également être incorporée à chaque extrémité de la section d'essai.

8) L'équipement de pressurisation, qu'il soit manuel ou mécanique, doit être de taille adéquate et suffisamment robuste, avec des raccords de conception appropriée pour imposer et maintenir positivement les pressions d'épreuve requises.

Tous les joints et tous les mécanismes de clapet anti-retour doivent être vérifiés avant le test.

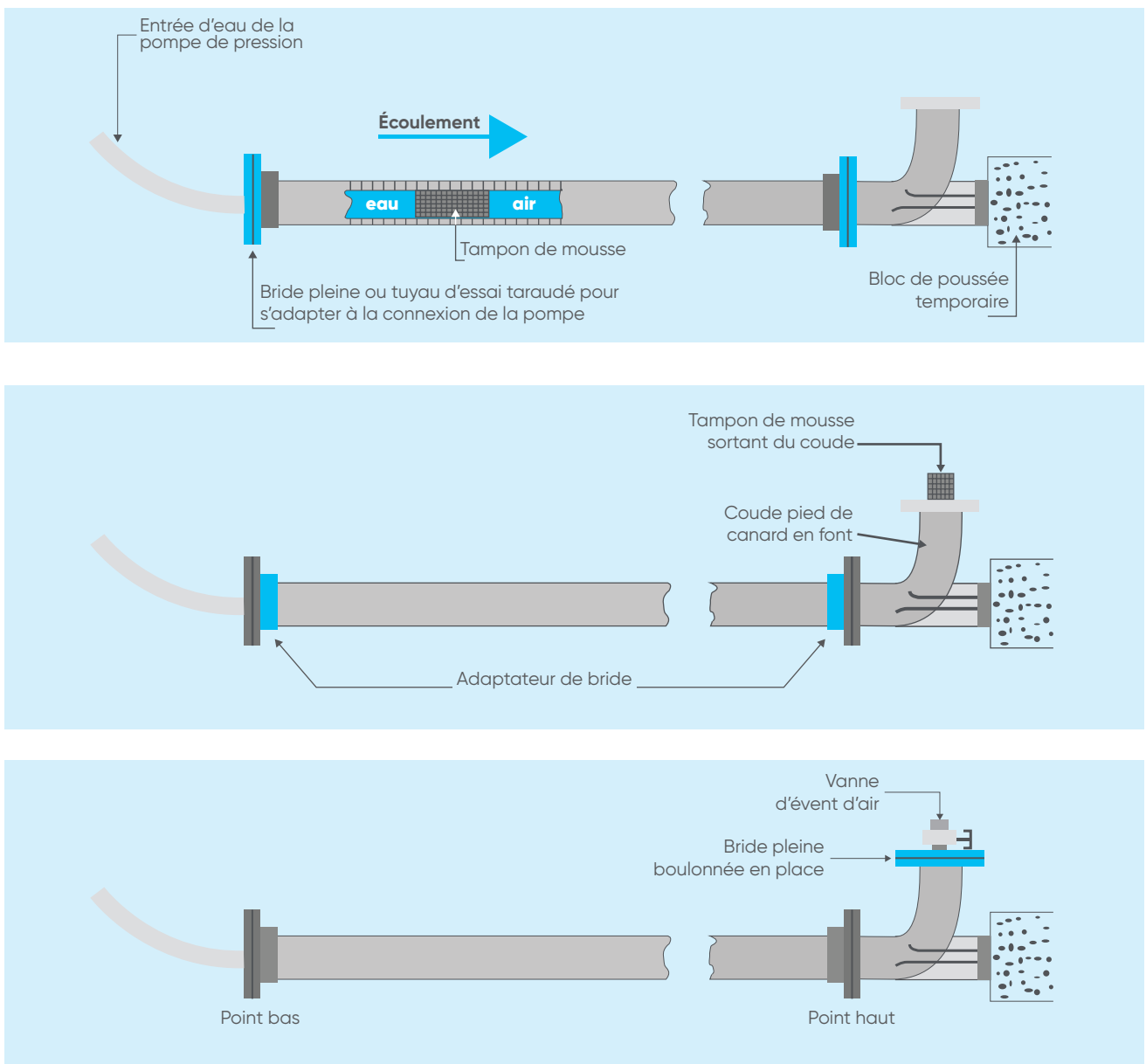
Il est recommandé d'utiliser un équipement d'enregistrement automatique de la pression.

9) Avant de remplir la canalisation, toutes les vannes de ligne et les systèmes d'éventage doivent être vérifiés ouverts.

Tout doit être mis en œuvre pour éliminer tout l'air de la conduite principale.

L'introduction d'un tampon de mousse ferme devant la colonne d'eau s'avérera utile dans certains cas.

Cette procédure est représentée schématiquement dans l'image suivante.



10) Lorsque le système doit être utilisé pour de l'eau potable, le fluide d'essai doit être de l'eau potable.

Il est important de charger lentement toute canalisation, le taux de remplissage étant régi par les installations disponibles pour que l'air s'évente à un débit volumétrique égal.

Après s'être assuré que la canalisation est complètement chargée, tous les événements doivent être fermés.

Les vannes d'air automatiques s'auto-obturent sous pression, mais leur action et leur position doivent être vérifiées dans le cadre du test.

11) Pendant le processus de remplissage et de mise en pression, un certain nombre de mouvements mineurs peuvent être attendus dans la canalisation entre les points d'ancrage en raison de l'un ou plusieurs des éléments suivants :

- poids supplémentaire du tuyau lors de son remplissage, provoquant un léger ajustement de l'interface sol/tuyau ;
- changements dimensionnels mineurs et une tendance de la canalisation à se redresser sous pression ;
- mouvement thermique dû aux différences de température aux interfaces eau/conduite/sol.

12) L'ensemble de la canalisation doit donc être laissé sous une pression nominale ou de service pour se stabiliser pendant un certain temps.

Un minimum de 2 à 3 heures doit être prévu, même pour la plus petite canalisation.

Pressions de test

L'essai hydrostatique doit être conforme aux conditions suivantes :

- être effectué à température ambiante ;
- être appliqué pendant au moins 1 heure, mais pas plus de 24 heures ;
- ne doit pas dépasser 1,5 fois la pression nominale maximale du composant le plus faible.

Cette dernière recommandation est interprétée de différentes manières, en fait les exigences de pression d'essai vont de l'exigence sévère de 1,5 fois la pression nominale de tuyau PN, à 1,5 fois la pression de fonctionnement réelle, donc la pression continue qui est maintenue dans le système sans écart de pression.

Par conséquent, la pression d'essai recommandée à appliquer doit être la plus élevée des valeurs suivantes :

- la pression nominale PN du système de tuyauterie (PN la plus basse de tout composant)
- 1,5 fois la pression de service réelle (ne doit pas dépasser la pression nominale PN plus 5 bar)

Application du test

Avant de commencer le test de pression interne, les points suivants doivent être vérifiés :

- L'installation a-t-elle été effectuée conformément aux plans disponibles ?
- Tous les dispositifs de décompression et les clapets anti-retour sont-ils montés dans le sens de l'écoulement ?
- Toutes les vannes d'extrémité sont-elles fermées ?
- Les vannes situées devant d'autres dispositifs sont-elles fermées pour les protéger contre la pression ?
- Inspection visuelle de tous les joints, pompes, appareils de mesure et réservoirs ?
- Le délai d'attente après le dernier soudage/collage a-t-il été respecté ?

Une fois que l'on a laissé suffisamment de temps pour que la conduite principale se stabilise, l'essai de pression peut alors être appliqué de manière régulière et la canalisation peut être remplie à partir du point géodésique le plus bas selon les étapes suivantes :

1) La mise en pression peut se faire soit à la main, soit à l'aide d'une pompe motorisée, des manomètres doivent être observés tout au long du processus et le taux d'augmentation de pression doit être enregistré.

2) La pression doit être augmentée jusqu'à ce que la pression d'épreuve spécifiée soit atteinte dans la partie la plus basse de la section.

La pression est maintenue à ce niveau, par un pompage supplémentaire si nécessaire, pendant une durée de 1 heure.

Toutes les vannes sont alors fermées et l'unité de pressurisation déconnectée. Aucune autre eau ne doit pénétrer dans la section testée pendant une période supplémentaire de 1 heure.

3) Les valeurs de mesure suivantes doivent être enregistrées de manière cohérente pendant l'essai :

- la pression interne au point le plus bas absolu de la canalisation ;
- la température ambiante et du fluide;
- le volume d'eau entrant ;
- le volume d'eau sortant ;
- les taux de chute de pression;
- un examen visuel des joints et des raccordements de la section testée.

Interprétation des résultats

1) S'il y a eu une diminution de pression pendant cette période, la pression d'épreuve initiale est rétablie en injectant une quantité mesurée d'eau dans la section d'essai.

2) Le test peut être considéré comme satisfaisant si :

- il n'y a pas de diminution de pression (il est même possible qu'il y ait une légère augmentation due à des changements de température ou à une réversion du polymère) ;
- la quantité mesurée d'eau nécessaire pour rétablir la pression à la pression d'essai d'origine est inférieure à un « maximum admissible ».

3) À la fin de tout essai, la pression résiduelle doit être relâchée lentement et de manière soigneusement contrôlée.

4) Tous les défauts révélés par le test doivent être corrigés et la procédure doit être répétée jusqu'à obtention d'un résultat satisfaisant.

Remarque : La quantité « maximale admissible » de l'eau et la méthode de calcul varient considérablement d'un pays à l'autre : il convient donc de connaître les besoins des utilisateurs et de les appliquer le cas échéant.

Le volume d'eau ajouté est une tolérance pour compenser la dilatation et le mouvement naturel du tuyau et des joints flexibles sous pression et pour le piégeage inévitable de petites quantités d'air dans la longueur de l'essai.



AVERTISSEMENTS

- Les tests de pression ne doivent jamais être effectués en utilisant de l'air comprimé comme fluide de test.
- La décompression rapide de tout air entraîné peut provoquer des conditions d'écart de pression qui sont potentiellement dangereuses tant pour la canalisation que pour le personnel.
- Si une vanne à boisseau sphérique est utilisée, le test de la canalisation doit être effectué uniquement si la vanne est fermée et assemblée correctement, avec tous ses éléments, écrou annulaire et manchon inclus. Ceci est essentiel pour éviter la rupture ou la déformation de la vanne due à la pression.

La même recommandation concernant un assemblage correct doit être suivie si la vanne à boisseau sphérique est située à l'extrémité d'un tuyau dans un système de canalisation déjà en service.

3.4 Stockage, transport et manutention

Les composants pour tuyaux thermoplastiques industriels sont conçus et fabriqués pour être utilisés dans des systèmes lourds impliquant le transport de liquides agressifs. Afin de garantir leur intégrité une fois installés, ils doivent être manipulés avant l'installation avec un soin raisonnable.

Stockage sur le terrain

Bien que les matériaux plastiques présentent une excellente résistance aux intempéries, il est recommandé de les stocker de manière prolongée sous abri afin de conserver leur aptitude à l'installation et d'assurer une protection adéquate contre les rayons UV.

En plus de ce qui précède, il est important d'éviter le stockage dans un champ ouvert avec une température ambiante inférieure à 0 °C et de veiller à ne pas dépasser la température de stockage au-dessus de la température maximale admise par matériau (veuillez vous référer aux propriétés du matériau rapportées dans ce manuel et dans nos catalogues de produits Aliaxis).

Les produits doivent être conservés dans leur emballage d'origine jusqu'à l'installation.

La tuyauterie groupée peut être à double empilage à condition que son poids soit distribué par ses planches de conditionnement.

Manutention

En ce qui concerne la manutention, il convient de veiller à éviter toute manutention brutale des tuyaux, des raccords et des vannes. Tous les angles vifs d'un porteur ou d'une remorque qui pourraient entrer en contact avec le tuyau doivent être rembourrés. Seules des élingues en nylon ou en corde doivent être adoptées pour soulever des faisceaux de tuyaux, les chaînes ne doivent pas être utilisées.

Transport

Afin d'éviter toute flexion, affaissement ou contrainte, il faut veiller lors du transport de tuyaux en plastique à ce qu'ils soient entièrement soutenus pendant le mouvement. Les véhicules doivent être capables de supporter toute la longueur du tuyau. Un porte-à-faux non supporté ne doit pas dépasser 1 m. Toutes les surfaces susceptibles d'être en contact avec le matériau doivent être exemptes de clous ou d'arêtes vives. Lorsque des supports latéraux sont utilisés, ils doivent être lisses, exempts d'arêtes vives et d'entraxe d'au plus 1,5 m. Les tuyaux doivent toujours être chargés avec le plus lourd en bas.

L'image ci-dessous est un exemple pour distinguer la manière correcte de stocker les tuyaux



Tuyau de pression PVC-U FIP prêt en stock pour le chargement.

En résumé, les directives suivantes doivent toujours être respectées :

- les tuyaux doivent être soutenus pendant le transport et l'entreposage sur toute leur longueur ;
- éviter les clous, les bords rugueux ou les pierres dans les zones de chargement et de stockage ;
- il faut éviter de jeter ou de laisser tomber des tuyaux du véhicule ;
- ne jamais faire traîner des tuyaux sur le sol ;
- les tuyaux ne doivent pas être empilés trop haut ;
- protéger les tuyaux de la lumière directe du soleil ;
- s'assurer que les tuyaux entreposés n'entrent pas en contact avec des produits chimiques ou des huiles inappropriés ;
- une attention particulière doit être accordée lors de la manipulation de tuyaux par temps froid ;
- inspectez tous les tuyaux avant de les utiliser et évitez les tuyaux endommagés, entaillés ou gravement rayés.





| | |
|--|------------|
| 4. Solutions de systèmes et de produits | 291 |
| 4.1 Systèmes PVC-U soudés au solvant | 292 |
| 4.2 Systèmes FIP PVC-C soudés au solvant | 294 |
| 4.3 Systèmes SuperFlo ABS soudés au solvant | 296 |
| 4.4 Systèmes FIP PP soudés | 298 |
| 4.5 Systèmes PE soudés | 300 |
| 4.6 Systèmes PVDF FIP soudés | 302 |
| 4.7 Double confinement | 304 |
| 4.8 Air comprimé | 306 |
| 4.9 Système de transfert de carburants PLX | 308 |
| 4.10 Vulcathène | 310 |
| 4.11 Raccords mécaniques Straub | 312 |
| 4.12 Système sans silicone FIP | 314 |
| 4.13 FLS | 315 |



4. Solutions de systèmes et de produits

En tant que premier fournisseur mondial de solutions avancées de tuyaux en plastique, Aliaxis est impliqué dans de nombreuses étapes du transport de l'eau, de la source à la livraison à l'utilisateur final. Nos marques proposent des solutions innovantes depuis plus de 60 ans et sont synonymes de notre histoire et de notre savoir-faire dans les domaines de la technique du bâtiment, des infrastructures et de l'industrie. Pour chacun de ces segments, nous proposons une vaste gamme de produits de haute qualité adaptés aux besoins de nos clients. Nous proposons des systèmes pour le transport de l'eau, des produits chimiques et des gaz, des tuyaux pour le câblage électrique et de données, ainsi que des systèmes de mesure de débit numériques. Notre gamme de produits comprend des raccords, des raccords et des tuyaux, ainsi que des outils pour différents types de raccordements, tels que des adhésifs à base de solvants, des outils de coupe et des systèmes de soudage par électrofusion. Quel que soit le produit ou l'application, nos clients peuvent être sûrs que tout ce dont ils ont besoin pour leur solution particulière sera livré avec la qualité et le service attendus d'un leader de l'industrie.

Nos solutions de systèmes industriels se concentrent sur des matières premières approuvées qui couvrent tous les critères des normes internationales les plus pertinentes et sont entièrement conformes aux réglementations environnementales existantes. Un vaste réseau de distribution qui garantit non seulement la disponibilité des produits, mais aussi une assistance et des conseils directs, n'est qu'un des nombreux avantages qu'Aliaxis offre à ses clients.



4.1 Systèmes PVC-U soudés au solvant

Les différentes compositions obtenues par l'ajout d'additifs et de stabilisants appropriés font du PVC-U le plus polyvalent de tous les plastiques, adapté à de nombreuses applications avec des fluides sous pression.

Dans le domaine des produits thermoplastiques et métalliques, le PVC-U est l'une des options les plus économiques pour résoudre les problèmes de transport de liquides chimiques corrosifs et de distribution et de traitement de l'eau en général. Les systèmes de tuyauterie en PVC-U sont adaptés à des températures de fonctionnement de 0 °C à +60 °C.

Le système PVC-U est disponible dans différents gammes et marques pour répondre à toutes les exigences des clients dans de nombreux sous-segments différents.

Notre gamme FIP PVC-U, présentée dans l'image ci-dessous, offre un système complet s'appuyant sur des vannes innovantes, une large gamme de raccords et des tuyaux de haute qualité pour toute application industrielle et de processus.



4.2 Système FIP PVC-C soudé au solvant

En 1986, FIP a été la première société européenne à produire un système intégré de vannes, raccords et tuyaux. Il en a résulté la création de toute une série de produits pour les usines industrielles.

Le système FIP PVC-C représente l'une des solutions les plus économiques dans le domaine des matériaux thermoplastiques, capable de résoudre les difficultés rencontrées dans les lignes de processus et de service transportant des fluides corrosifs chauds dans le secteur industriel, ainsi que dans les réseaux de distribution d'eau chaude et froide domestiques.

Actuellement, chez Aliaxis, nous proposons des produits PVC-C de haut niveau dans notre marque industrielle FIP.

Les résines PVC-C sont spécifiquement conçues pour des applications industrielles et sont entièrement compatibles pour le transport d'eau et pour les stations d'épuration, ainsi que pour le transport d'eau déminéralisée et d'eau thermique.

Les systèmes de tuyauterie matériau PVC-C sont adaptés aux températures de fonctionnement comprises entre 0 °C et +95 °C.

Applications types

- Stations de traitement des eaux industrielles.
- Industrie des procédés chimiques.
- Industrie de traitement de surface.
- Distribution d'eau chaude et froide.
- Piscines et spas.



Données techniques

| | |
|---------------------------------|---|
| Pression nominale | Jusqu'à 16 bars |
| Plage de température | 0 °C à 95 °C |
| Gamme de tailles | 16 mm à 31,5 mm |
| Technologie d'assemblage | Joint collé au solvant, joint fileté, joint bridé |
| Normes et directives * | ANSI B16.5, ASTM D1784 cl. min 23447, ASTM F437, ASTM F439, ASTM F441, DIN 2501, DIN 8079-8080, EN 558-1, EN 1092-1, EN 10226-1, EN 10226-2, EN 14728, EN ISO 15493, ISO 228-1, ISO 7005-1, ISO 9624, ISO 5211, JIS B 2220, UNI 11242 |
| Approbations | ABS, ACS, BUREAU VERITAS, DNV-GL, EAC, LR - Lloyd's Register, KR - Korean Register, NSF, TA-Luft, UKR SEPRO, WRAS, RMRS |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

Présentation du produit PVC-C

| De | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 140 | 160 | 180 | 200 | 225 | 250 | 280 | 315 | 355 | 400 | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|-------------------|-------------------|----|-------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| DN | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 | 125 | 150 | 150 | 200 | 200 | 250 | 250 | 300 | 350 | 400 | |
| Pouces | $\frac{3}{8}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{3}{4}$ " | 1" | 1 $\frac{1}{4}$ " | 1 $\frac{1}{2}$ " | 2" | 2 $\frac{1}{2}$ " | 3" | 4" | 5" | 5" | 6" | 6" | 8" | 8" | 10" | 10" | 12" | 14" | 16" | |
| Tuyaux | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | |
| Raccords | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Raccords soudés au solvant | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | |
| Raccord adaptateur | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vannes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vanne à boisseau sphérique 2 voies | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | |
| Vanne à boisseau sphérique 3 voies | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vannes à membrane | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | |
| Vanne papillon | | | | | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Crépine à sédiments | | • | • | • | • | • | • | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clapets anti-retour | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Brides et joints | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | |

4.3 Système ABS SuperFlo soudé au solvant

SuperFlo ABS est un système de canalisations entièrement assorti et soudé au solvant, intégrant des tuyaux, raccords et vannes disponibles en tailles impériales et métriques.

SuperFlo ABS offre une large plage de températures et le système reste extrêmement ductile même à des températures aussi basses que $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui en fait la solution idéale lorsqu'un système de canalisation est nécessaire pour transporter des fluides à basse température à la pression.

En outre, le SuperFlo ABS est extrêmement léger et est beaucoup plus facile à manipuler sur site que les matériaux traditionnels, en particulier lors de l'installation, ce qui peut considérablement réduire à la fois le temps et le coût, tout en étant entièrement approuvé par le WRAS.

Un système de tuyauterie en SuperFlo ABS convient parfaitement pour des températures de fonctionnement comprises entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Applications types

- Eau glacée.
- Nourriture et boissons.
- Eau potable.
- Refroidissement basse température.
- Eau déminéralisée.
- Systèmes de vide.
- Eaux usées.



Données techniques

| | |
|--------------------------------------|---|
| Pression nominale (impériale) | Classe E (jusqu'à 4"), classe D (jusqu'à 6"), classe C (jusqu'à 8") |
| Pression nominale (métrique) | 10 bars (16 à 250mm), 8 bars (250 à 315mm) |
| Plage de température | $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Gamme de tailles (impériale) | 1/2" à 12" |
| Gamme de tailles (métrique) | 16 mm à 315 mm |
| Technologie d'assemblage | Joint collé au solvant, joint fileté, joint bridé |
| Normes et directives* | BS EN 1452, ASTM D638, EN ISO 1183-1, ISO 527 |
| Approbations | ABS, BUREAU VERITAS, DNV, FDA, GL – Germanischer Lloyd, LR – Lloyd's Register, REG 31, WRAS |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

4.4 Systèmes soudés Système FIP PP

Grâce aux propriétés chimiques et thermiques exceptionnelles de la résine, notre système de polypropylène offre d'excellentes performances à des températures de fonctionnement élevées. Notre système en polypropylène est fabriqué par FIP et se compose d'une gamme complète de tuyaux, raccords et vannes destinés à la construction de lignes de processus et de service pour le transport de fluides industriels sous pression.

Le systèmes de tuyauterie polypropylène est adapté à des températures de fonctionnement comprises entre 0 °C et +95 °C.

Applications types

- Stations d'épuration des eaux et des eaux usées industrielles.
- Industrie des procédés chimiques.
- Traitement de surface industriel.
- Distribution d'eau déminéralisée et thermique.



Données techniques

| | |
|---------------------------------|--|
| Pression nominale | Jusqu'à 10 bars |
| Plage de température | 0 °C à 95 °C |
| Gamme de tailles | 16 mm à 800 mm |
| Technologie d'assemblage | Joints bout à bout, par emboîtement et électrosoudables |
| Normes et directives * | ANSI B16.5 cl. 150, ASTM D 4101-06, BS 10, DIN 2501, DIN 8077, DIN 8078, DVS 2202-1, DVS 2207-11, DVS 2208-1, EN 558-1, EN 1092-1, EN 10226-1, EN 10226-2, EN 14728, EN ISO 15494, ISO 228-1, ISO 5211, ISO 7005-1, ISO 9624, JIS B 2220, UNI 11318, UNI 11397 |
| Approbations | DIBt, EAC, RINA, TA-Luft, UKR SEPRO, NIZP |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

4.5 Systèmes PE soudés



Nos systèmes de tuyauterie en polyéthylène sont utilisés depuis des décennies dans des domaines d'application où le système de tuyauterie doit répondre à des normes élevées de durabilité et de fiabilité. Ces normes sont respectées en combinant les excellentes propriétés matérielles du PE et l'expérience dans la fabrication de composants en plastique moulés par injection, extrudés et fabriqués.

Nos systèmes en polyéthylène sont composés de raccords à ergots, de brides et d'adaptateurs FIP de qualité supérieure et de la gamme exceptionnelle de raccords électrosoudables Frialen.

Ces systèmes sont idéaux pour les applications dans tous les domaines de l'ingénierie d'usine industrielle. D'autres domaines sont le transport de l'eau industrielle et domestique, le traitement des eaux usées et la purification de l'eau ainsi que diverses applications du secteur maritime ou des piscines.

Les systèmes de tuyauterie polyéthylène sont adaptés à des températures de fonctionnement comprises entre -40 °C et $+60\text{ °C}$.

Applications types

- Stations municipales et industrielles de traitement des eaux usées.
- Eau de processus et de refroidissement.
- Industrie des procédés chimiques.
- Piscines.
- Stations d'épuration.
- Distribution d'eau et de gaz.



Données techniques

| | |
|---------------------------------|--|
| Pression nominale | Jusqu'à 16 bars |
| Plage de température | -40 °C à 60 °C |
| Gamme de tailles | 20 mm à $>800\text{ mm}$ |
| Technologie d'assemblage | Jointts bout à bout et électrosoudables |
| Normes et directives * | DIN 2501, DVS 2202-1, DVS 2207-1, DVS 2208-1, EN 1092-1, EN 1555, EN 13244, EN ISO 15494, ISO 7005-1, ISO 9624, ISO 27, ISO 4437, ISO 21307, UNI 10520 |
| Approbations | DVGW, RINA, KIWA, KTW |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

4.6 Systèmes PVDF soudés

Le système PVDF FIP est la meilleure alternative aux matériaux métalliques en raison de sa grande pureté et de ses performances chimiques et mécaniques exceptionnelles sur une large plage de températures.

Il est largement utilisé dans des applications industrielles telles que les opérations chimiques, pétrolières, pharmaceutiques, pâtes et papier, électroniques, etc.

Le système PVDF FIP convient parfaitement pour des températures de fonctionnement comprises entre -40 °C et +140 °C.

Applications types

- Industries de transformation chimique.
- Traitement de surface.
- Microélectronique.
- Industrie pétrolière et gazière.
- Pharmaceutique.
- Pâtes et papiers.



Données techniques

| | |
|---------------------------------|--|
| Pression nominale | Jusqu'à 16 bars |
| Plage de température | -40 °C à 140 °C |
| Gamme de tailles | 16 mm à 400 mm |
| Technologie d'assemblage | Soudage bout à bout et par emboîtement |
| Normes et directives * | ANSI B16.5, ASTM D3222, DIN 2501, DVS 2202-1, DVS 2207-15, DVS 2208-1, EN 558-1, EN 1092-1, EN ISO 10931, EN 14728, ISO 5211, ISO 7005-1, ISO 9624 |
| Approbations | DIBt, DVGW KTW, W270, EAC, FDA, NSF, TA-Luft, UKR SEPRO, WRAS |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

4.7 Double confinement

Les systèmes de tuyauterie à double confinement sont des solutions idéales lorsqu'il existe un besoin de sécurité élevée. Par exemple, le transport de produits corrosifs, dangereux ou toxiques présente toujours un énorme facteur de risque pour l'homme et l'environnement. Dans ces applications, les systèmes de tuyauterie à double confinement jouent un rôle inévitable.

Le système à double confinement se compose de deux tuyaux, l'un de plus petit diamètre dans l'autre de plus grand diamètre : le fluide est transporté à travers le tuyau intérieur, le tuyau extérieur assure une protection supplémentaire en cas de déversement du tuyau intérieur. Il existe des approches distinctes utilisées pour la détection des fuites. Par exemple, un système de surveillance des fuites est généralement utilisé par les utilisateurs finaux pour avertir les opérateurs qu'une fuite s'est produite.

Dans diverses applications, ces solutions peuvent être utilisées, principalement pour le traitement des transferts des produits chimiques et d'effluents. Selon l'utilisation désignée, le tuyau intérieur et extérieur peut être fait de la même ou d'une combinaison de différents matériaux de tuyau.

A - Tuyau extérieur

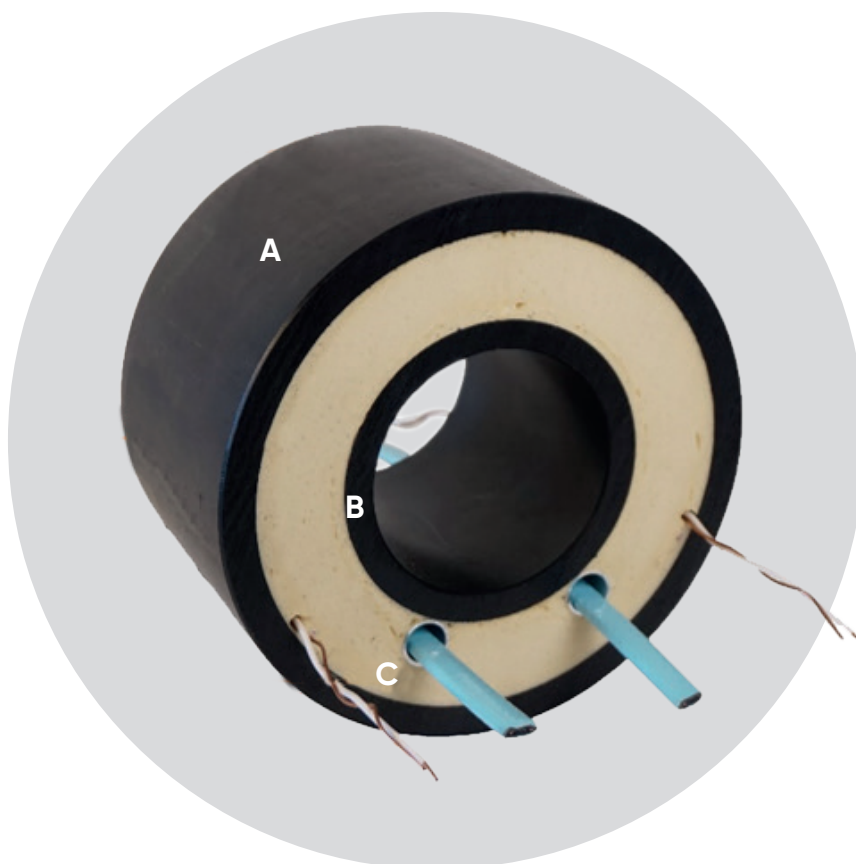
Système à double paroi pour protéger l'environnement contre les fuites de fluide ou pour protéger le fluide des influences extérieures.

B - Tuyau intérieur

Transport des fluides et résistance à la pression.

C - Espace annulaire

Espace entre les tuyaux pour contenir le fluide de fuite, ou pour être équipé de calorifuge, ou de fils de détection de fuites ou de chauffage.



Données techniques

| | |
|-------------------------------------|--|
| Pression nominale | Systèmes d'évacuation sans pression - Systèmes sous pression jusqu'à 16 bars |
| Plage de température | -40 °C à 140 °C |
| Gamme de tailles de tuyau intérieur | Jusqu'à 800 mm |
| Technologie d'assemblage | Soudage bout à bout, par emboîtement et électrosoudables |

Présentation du produit à double confinement

Aliaxis offre une grande variété de solutions de double confinement PVC-U, PP et PE à de nombreuses fins, qu'il s'agisse du drainage chimique des laboratoires, des canalisations isolées pour les fluides gras, ou des canalisations de protection de l'eau potable dans les terres contaminées. Chacun de ces systèmes est spécifiquement conçu pour répondre parfaitement aux besoins spécifiques à un coût minimum d'installation et de propriété totale.

Pour plus d'informations, veuillez contacter vos représentants commerciaux Aliaxis.

Applications types

- Traitement de l'eau et des eaux usées.
- Transport de liquides dangereux.
- Protection de l'environnement.
- Protection des locaux sensibles.
- Applications de drainage.
- Transport des déchets chimiques issus des laboratoires.

4.8 Air comprimé GIRAIR®

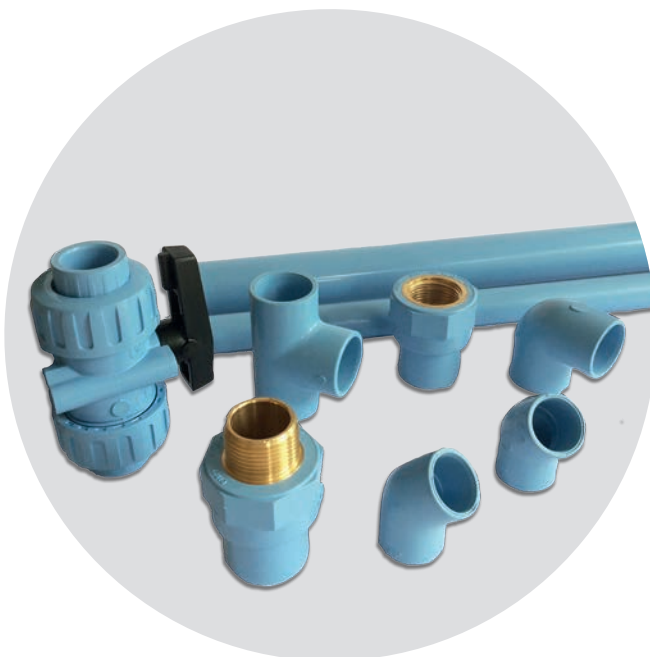
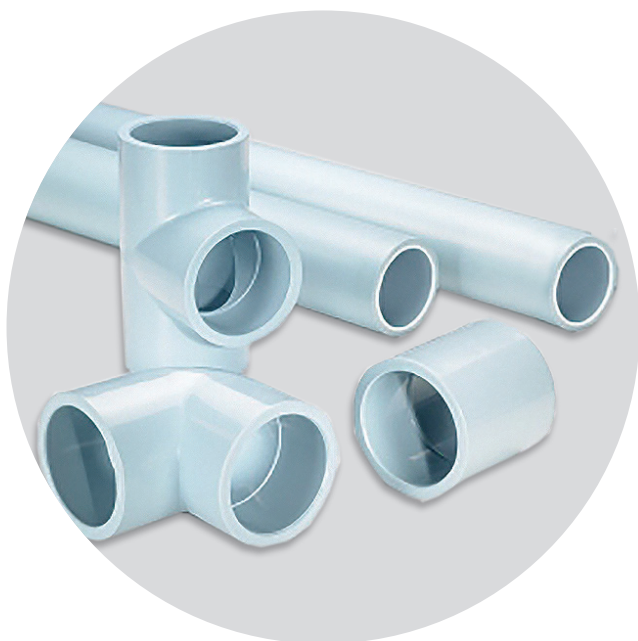
L'air comprimé, source majeure d'énergie industrielle, est de plus en plus utilisé dans les industries de fabrication et de transformation. Là, ses avantages distincts de propreté, de flexibilité, de sécurité et d'économie d'utilisation par rapport aux autres sources d'énergie sont pleinement exploités.

Le coût du réseau d'air comprimé dépend principalement de sa consommation d'énergie. Chaque fuite sur votre système alourdit votre facture énergétique.

Pour plus de sécurité et de tranquillité d'esprit, les propriétaires d'une installation doivent donc choisir un système de distribution d'air comprimé capable de résister aux nombreuses agressions provenant de son environnement.

Chez Aliaxis, nous proposons deux solutions de distribution d'air comprimé, chacune composée de matériaux différents :

- GIRAIR PVC-U.
- Air-Line Xtra ABS.



Applications types

- Distribution d'air comprimé.
- Distribution de gaz neutre.
- Réseaux centralisés.
- Aliments et boissons – Livraison de CO₂.
- Ventilation.
- Actionnement de vannes.
- Alimentation en air des usines.
- Machinerie pneumatique.

Données techniques

| | |
|---------------------------------|---|
| Pression nominale | Jusqu'à 12,5 bars |
| Plage de température | -20 °C à 50 °C |
| Gamme de tailles | 16 à 110 mm |
| Technologie d'assemblage | Joints au solvant et joints filetés |
| Normes et directives* | BS 4800, BS 1710, DIN 8062-8063, ISO 11359, EN ISO 1183-1, EN ISO13846, EN 13501-1, NF EN 921, NF EN 1452, NF T54-038 |
| Approbations | BSI, Bureau Veritas, DNV, certificat incendie LNE, Agrément national des organismes de certification |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

Aperçu du produit du système d'air comprimé

| De | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|-------------------|-------------------|----|-------------------|----|-----|
| DN | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 |
| Pouces | $\frac{3}{8}$ " | $\frac{1}{2}$ " | $\frac{3}{4}$ " | 1" | 1 $\frac{1}{4}$ " | 1 $\frac{1}{2}$ " | 2" | 2 $\frac{1}{2}$ " | 3" | 4" |
| Tuyaux | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Raccords | | | | | | | | | | |
| Raccords soudés au solvant | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Raccords filetés | • | • | • | • | • | • | • | | | |
| Raccords d'adaptation | • | • | • | • | • | • | • | | | |
| Vannes | | | | | | | | | | |
| | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Brides et joints | | | | | | | | | | |
| | | | | • | • | • | • | • | • | • |

4.10 Vulcathène **Vulcathene**

Vulcathène est un système de drainage de laboratoire spécialement conçu et fabriqué qui a été spécifié et installé comme une solution sûre pour le transport des déchets chimiques des laboratoires des écoles, universités, hôpitaux, installations de recherche et environnements industriels du monde entier depuis plus de 65 ans.

Seul système approuvé par BBA pour le drainage des laboratoires, Vulcathène propose la plus large gamme d'articles de paillasse, notamment des éviers, des gobelets d'égouttement et des pièges anti-siphon et de récupération de dilution pour permettre la conception et la spécification d'un système complet de laboratoire de drainage chimique.

Le choix de deux méthodes d'assemblage faciles, mécaniques pour les joints démontables et d'électrosoudage pour les joints soudés, permet une flexibilité dans la conception, l'efficacité de l'installation et la facilité d'extension et de maintenance du système.

Applications types

Les produits Vulcathène sont utilisés dans tous les applications qui doivent transporter des déchets chimiques, par exemple :

- Laboratoires dans les écoles.
- Laboratoires dans les universités et les collèges.
- Hôpitaux et cliniques.
- Entreprises pharmaceutiques.
- Organismes de recherche.



Données techniques

| | |
|-----------------------------|--|
| Gamme de tailles | 38 à 152 mm |
| Plage de température | -20 °C à 100 °C (Seulement intermittente à 100 °C) |
| Normes et directives | BS1710 |
| Approbations | BBA |

Présentation du produit Vulcathène

| De | 48,3 | 60,3 | 89 | 114,3 | 168,3 |
|----------------------------------|--------|------|----|-------|-------|
| DN | 38 | 51 | 76 | 102 | 152 |
| Pouces | 1 1/2" | 2" | 3" | 4" | 6" |
| Tuyaux | • | • | • | • | • |
| Raccords | | | | | |
| Raccords mécaniques | • | • | • | • | |
| Raccords électrosoudables | • | • | • | • | • |

4.11 Raccords mécaniques Straub

Le raccord mécanique Straub rapide, facile et fiable est une alternative au soudage ou aux assemblages à brides. Le raccord STRAUB d'origine a révolutionné la technologie de raccordement de tuyau puisqu'il s'agit d'un raccord de tuyau universel qui peut être appliqué très facilement et rapidement.

Les raccords STRAUB sont disponibles en différentes tailles et variétés. Le raccord le plus approprié peut être choisi en fonction de l'application.

Applications types

- Réseaux d'eau et d'eaux usées.
- Hydroélectricité.
- Travail préparatoire et industrie.
- Construction navale et offshore.



Données techniques

| | |
|------------------------------|---|
| Pression nominale | Jusqu'à PN16 (qualification maritime) |
| Gamme de tailles | 21 à 4064 mm |
| Plage de température | -20 °C à 100 °C |
| Normes et directives* | DIN 8074, EN 1254-3, ISO 19921, ISO 19922 |
| Approbations | ABS, BUREAU VERITAS, DNV-GL, KR – Korean Register, LR – Lloyd's Register, NSF, VdS, WRc |

*Ce tableau montre les principales normes et directives du système, il pourrait y avoir d'autres normes locales qui ne sont pas répertoriées ici mais qui sont toujours en vigueur.

Présentation du produit STRAUB

| De | 21,3 | 30 | 38 | 40 | 48,3 | 63 | 168,3 | 180 | 219 | 355 | 609,6 | 711,2 | 2032 | 4064 |
|--|------|----|----|----|------|----|-------|-----|-----|-----|-------|-------|------|------|
| Résistant à la traction axiale | | | | | | | | | | | | | | |
| METAL-GRIP (Raccordement des tuyaux métalliques et plastiques rigides) | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | | | |
| GRIP (Raccordement des tuyaux métalliques et plastiques rigides) | • | • | • | • | • | • | • | | | | | | | |
| GRIP-L (Raccordement des tuyaux métalliques et plastiques rigides) | | | | | | | | • | • | • | • | • | | |
| COMBI-GRIP (Raccordement entre tuyaux plastiques et métalliques) | | | • | • | • | • | • | • | • | • | | | | |
| PLAST-GRIP (Raccordement des tuyaux plastiques) | | | | • | • | • | • | • | • | • | | | | |
| PLAST-PRO (Raccordement des tuyaux plastiques) | | | | | | • | • | • | • | • | | | | |
| Flexibilité axiale | | | | | | | | | | | | | | |
| FLEX (Raccordement de matériaux de tuyaux identiques ou différents) | | | | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| OPEN-FLEX (Raccordement des tuyaux ou réparations sans dépose de tuyaux existants) | | | | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| STEP-FLEX (Raccordement de tuyaux de diamètres extérieurs différents) | | | | | | | | | • | • | • | • | • | |

4.12 Système sans silicone FIP

Le silicone est présent dans un grand nombre de produits industriels largement utilisés comme les huiles et les lubrifiants.

Les produits à base de silicone sont relativement inertes chimiquement : cela implique une grande attention de la part des clients pour éviter toute contamination en amont avec l'utilisation de produits sans silicone.

Les industries concernées sont celles où les traitements de surface ou autres opérations incluant l'utilisation d'encre ou des peintures sont réalisées, notamment dans le secteur automobile.

Dans les installations de production où ces travaux sont effectués, un soin strict est apporté à l'installation et à l'utilisation de composants garantis exempts de traces de silicone.

Aliaxis répond à ce besoin avec une salle blanche classée niveau ISO 5 (Classe 100) selon la norme ISO 14644-1. Dans cette salle blanche, les vannes manuelles FIP, les débitmètres à section variable et toute la gamme de raccords en plastique jusqu'à un diamètre de 160 mm peuvent être traités et livrés sans silicone.

La gamme de robinets à boisseau sphérique pour applications industrielles peut également être fournie sans silicone ni lubrifiant, car les vannes sont assemblées sans aucun lubrifiant.

Applications types

- Automobile.
- Traitement des surfaces métalliques.
- Pharmaceutique.
- Nourriture et boissons.
- Appareils électroménagers.



Données techniques

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| Pression nominale | Jusqu'à 16 bars |
| Gamme de tailles | 16 mm à 160 mm |
| Normes et directives | ISO 14644-1 |

4.13 FLS

Aliaxis propose une gamme complète de produits identifiés par la marque FLS, qui sont conçus pour fournir des données précises et fiables afin de soutenir le bon déroulement des opérations en permettant le contrôle des processus en direct et la maintenance prédictive.

Les appareils FLS sont utilisés pour une grande variété de processus et d'applications concernant la mesure du débit, du pH, de la conductivité et du potentiel d'oxydoréduction.

Ces solutions offrent plusieurs avantages, généraux et spécifiques, tels que la flexibilité d'installation, la facilité de mise en service et de maintenance.



Applications types

Les produits FLS sont utilisés dans toutes les applications qui nécessitent une mesure de débit ou des caractéristiques du liquide, par exemple :

- Systèmes de traitement de l'eau.
- Traitement et récupération des eaux usées industrielles.
- Piscines et spas.
- Industrie chimique.
- Traitement de surface.
- Mines et hydrométallurgie.
- Irrigation et fertirrigation.
- Détection de fuites.

Les tableaux suivants décrivent les principales données techniques des instruments de mesure du débit, de la pH, du potentiel d'oxydoréduction et de la conductivité : cela peut aider à une première identification rapide des dispositifs contenus dans la gamme FLS.

En particulier, pour chaque type de mesure à réaliser, le tableau suivant liste l'instrument le plus adapté, la valeur minimale et maximale que l'appareil peut évaluer et la plage de DN correspondante.

| Mesure | Instrument | Valeur minimale | Valeur maximale | Gamme DN |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|
| Débit | Capteur de débit | 1,5 (l/h) | 18.10 ⁶ (l/h) (*) | 10 à 900 (mm) (****) |
| | Débitmètre à section variable | 1,5 (l/h) | 50 000 (l/h) | 10 à 65 (mm) |
| pH | capteur pH | 0 | 14 | tous |
| Potentiel d'oxydoréduction | Capteur ORP | -2000 (mV) | +2000 (mV) | tous |
| Conductivité | Capteur de conductivité | 0,055 (µS/cm) | 1 (S/cm) (**) | tous |
| Pression et niveau | Transmetteur de niveau et de pression | 0 (bar) | 25 (bar) (***) | tous |

(*) Solutions spéciales pour des débits plus élevés.

(**) Solutions spéciales pour valeurs supérieures, jusqu'à 2 S/cm.

(***) Solutions spéciales pour des valeurs supérieures, jusqu'à 100 bars.

(****) Solutions spéciales pour les diamètres supérieurs.

De plus, le tableau ci-dessous décrit les principaux matériaux en contact avec le fluide pour chaque famille d'instruments.

| Principaux matériaux en contact avec le fluide | Instruments | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----|---------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------------|
| | Débitmètre à section variable | Capteur de roue à aubes | Capteur de débit électromagnétique | ULF | À engrenages ovales | Capteur pH/ORP | Capteur de conductivité | Transmetteur de niveau et de pression |
| PVC-U | • | | | | | | | |
| PVC-C | • | • | | | | • | | |
| ABS | | • | | | | | | |
| PP | • | | | | • | | • | |
| PVDF | • | • | • | | | | | • |
| PEEK | | | • | | | | | |
| Résine époxy | | | | | | • | • | |
| POM | | | | • | | | | |
| Trogamid | • | | | | | | | |
| Polysulfone | • | | | | | | | |
| Ryton | | | | | | • | | |
| Verre | | | | | | • | | |
| Graphite | | | | | | | • | |
| Platine | | | | | | • | • | |
| Céramique | | • | | | | | | • |
| Inox 316 | • | • | • | | • | | • | |
| Inox 304 | | | • | | | | | |
| ECTFE | | • | | • | • | | | |
| EPDM | • | • | • | | | | | • |
| FKM | • | • | • | • | • | | | • |
| FFKM | | | | • | | | | |

Les informations contenues dans cette notice sont fournies de bonne foi. Aucune responsabilité ne sera acceptée concernant des données techniques qui ne sont pas directement couvertes par des normes internationales reconnues. Aliaxis se réserve le droit de procéder à toute modification. Les produits doivent être installés et entretenus par du personnel qualifié.