

## Chapitre 7

### *Notions de tuyauteries industrielles*

Les tuyauteries sont essentielles dans une installation industrielle. Elles permettent de convoier les fluides depuis un point donné vers une ou plusieurs autres destinations.

Elles transportent l'énergie primaire (gaz naturel, fioul par exemple), l'énergie secondaire (de la vapeur, de l'eau chaude par exemple), les entrants dans le process (matières premières liquides ou gazeuses), les sortants du process (les effluents liquides ou gazeux)... Elles sont l'équivalent de nos veines et artères, c'est dire leur rôle capital dans une usine.

Malgré l'apparente simplicité du mot «tuyau», il ne s'agit pas seulement de bouts de tubes assemblés entre eux. Les tubes ne sont qu'un des nombreux composants possibles des tuyauteries.

En fonction du type de fluides (dangereux ou non dangereux/gazeux ou liquide), de la pression, du diamètre, l'encadrement réglementaire peut être strict ou sommaire. Cet encadrement peut couvrir la conception, la fabrication, la réception, l'exploitation et la surveillance des tuyauteries. Cet encadrement se nourrit du retour d'expérience qui montre que, dans un nombre très conséquent d'accidents industriels, des tuyauteries sont impliquées.

L'objectif de ce chapitre est de présenter quelques notions sur les tuyauteries industrielles.

#### **7.1 Tuyauteries industrielles**

##### **7.1.1 Un peu de terminologie**

Une tuyauterie est un ensemble fonctionnel de composants véhiculant un fluide. Elle se compose de tubes, d'accessoires de tuyauterie et de la robinetterie. Dans les accessoires de tuyauteries, on trouve les coudes, les téés, les raccords.

On parle de tronçon de tuyauterie pour un ensemble d'éléments de tuyauterie assemblés bout à bout.

On parle de section de tuyauterie pour un tronçon limité par un ou plusieurs organes de sectionnement (robinet par exemple).

En France, réglementairement, quand on parle d'une tuyauterie, c'est une tuyauterie qui reste dans le domaine privé (autrement dit au sein de l'usine). Quand on parle de canalisation, c'est une tuyauterie qui passe à un moment donné dans le domaine public. L'encadrement réglementaire n'est pas le même.

Une tuyauterie est dite aérienne quand elle est installée au-dessus du sol. Dans ce cas, elle est généralement installée sur des supports. Elle peut être enterrée si elle est audessous

du sol ou immergée si elle est sous un niveau de liquide (conduite d'air en fond de bassin par exemple).

Une tuyauterie peut être posée de différentes façons. Elle peut être :

- en caniveau : dans un ouvrage clos non visitable, généralement en béton, qui peut lui-même être enterré ou au-dessus du sol ;
- en galerie : dans un ouvrage visitable, enterré ou non, et entièrement clos, à l'exception des dispositifs d'accès ou de ventilation.

Une tuyauterie peut être sous enveloppe : elle peut être sous un calorifuge, sous un frigorigé, ou pré-isolée dans un tube en acier ou en matériau plastique (double paroi).

Pour assembler les composants entre eux, une désignation numérique commune a été créée : on parle de Dimension Nominale couramment appelé « le DN » par « erreur » pour signifier diamètre nominal. Le DN est une dimension commune à tous les éléments d'un système de tuyauterie. Il s'agit d'un nombre arrondi à des fins de référence.

<b>DN</b>	<b>Pouces</b>	<b>Diamètre extérieur plastique (mm)</b>	<b>Diamètre extérieur acier (m)</b>
10	3/8	16	17,1
15	1/2	20	21,3
20	3/4	25	26,7
25	1	32	33,4
32	1" 1/4	40	42,2
40	1" 1/2	50	48,3
50	2"	63	60,3
65	2" 1/2	75	73
80	3	90	88,9
100	4	110/125	114,3
125	5	125/140	141,3
150	6	160/180	168,3
200	8	250/280	273
250	10	250/280	273
300	12	315	323,8
350	14	355	355,6
400	16	400	406,4
450	18	450/500	457
500	20	500/560	508
600	24	630	609,6

Au sens strict, les tuyauteries en plastique ne sont pas désignées par des DN mais par des SDR (Standard Dimension Ratio). Dans la profession, les non-spécialistes ne s'embarrassent pas avec ce détail. Les diamètres externes du tableau ci-dessus sont exprimés en mm. On utilise aussi beaucoup les dénominations en pouces, surtout dans le domaine pétrolier et l'univers de l'industrie chimique (où les standards sont plutôt américains).

Chaque matériau, chaque nuance, peut amener des variations et ne pas être géométriquement de la même taille ni même être conforme à ce tableau. En revanche, logiquement, s'ils ont le même DN, alors il y aura une solution pour les raccorder !

Ensuite, pour la résistance à la pression et aux contraintes, les matériaux sont désignés, en théorie, par un diamètre extérieur et une épaisseur. Par contre, on fait souvent le raccourci avec la notion de PN (Pression Nominale) qui désigne les classes de brides (épaisseur de la bride, nombre de trous pour les boulons d'assemblage, etc.) afin de désigner la résistance à la pression des tuyauteries. Ces notions ne sont pas si éloignées l'une de l'autre mais il n'est pas strictement correct de désigner une tuyauterie par un PN. Maintenant que vous savez, vous ferez le raccourci en connaissance de cause et pourrez dialoguer avec les spécialistes sans trop les froisser.

Les PN les plus courants sont : PN 6, PN 10, PN 16, PN 25, PN 40, PN 50, PN 100, PN 150. Ces PN sont des désignations alphanumériques (comme les DN) qui indiquent une combinaison de paramètres mécaniques et dimensionnels des composants de tuyauterie.

À titre d'exemple, pour une matière plastique, ci-dessous quelques données relatives à l'épaisseur d'une tuyauterie en fonction du DN et du PN.

DN	PN 6	PN 10	PN 16
	Épaisseur minimale (mm)		
65	3,6	3,6	5,6
80	4,3	4,3	6,7
100	3,2	5,3	8,1
150	4,0	6,2	9,5
200	6,2	9,6	14,8

Le PN est une valeur donnée à 20°C qui désigne, à cette température, la pression maximale admissible dans la tuyauterie. Cette valeur décroît avec la température. Par exemple, pour un acier carbone commun, à 450°C un PN 6 ne tolère qu'une pression maximale admissible de 1,9 bar alors qu'elle vaut 6 à 20°C... Attention donc à la température !

Logiquement, si des éléments ont le même PN et le même DN, alors il y aura en théorie (car les surprises ne sont pas rares), un moyen de les raccorder.

### 7.1.2 Principaux critères de détermination

La tuyauterie devra répondre à un ensemble de contraintes conjuguées entre le procédé et l'environnement dans lequel elle se trouve.

Les critères suivants sont à considérer dans la détermination de la tuyauterie :

- caractéristiques des fluides véhiculés

T°, Pression, Agressivité...

Ces données vont déterminer le choix du matériau ainsi que l'épaisseur nécessaire des composants.

Généralement, on arbitre entre les aciers communs (dit aciers carbone) avec ou sans revêtement, les aciers inoxydables, les fontes, les thermoplastiques (PVC, PE, PP, PVDF), les thermodurcissables (GRP, GRV, GRE).

La pression et la température donnent l'épaisseur minimale de calcul à laquelle il convient d'ajouter une surépaisseur de corrosion si le fluide est agressif vis-à-vis des parois.

- caractéristiques process

Débit et vitesse du fluide par exemple.

Ces données vont permettre de dimensionner les sections de passage nécessaires et de choisir le DN (Dimension Nominale).

- les sollicitations

Couple pression/T° pénalisant, dilatation thermique, masse du fluide, neige & vent, séisme...

Ces données vont permettre de définir les hypothèses de calcul et par suite les contraintes mécaniques à prendre en compte. Cela permettra notamment de vérifier que l'épaisseur choisie est la bonne mais aussi de déterminer le supportage de la tuyauterie.

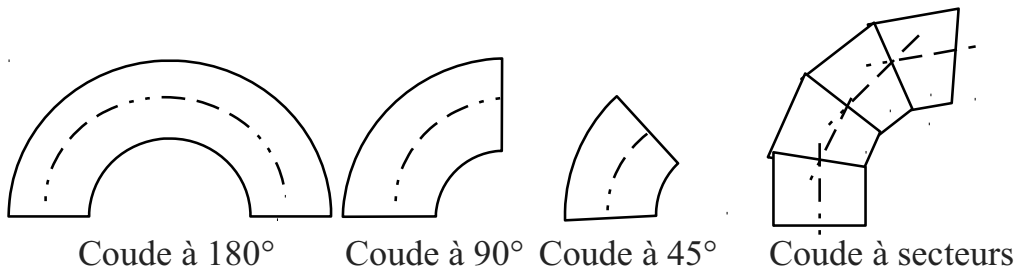
- optimisation du tracé

Cette étape permet de réduire les contraintes, le nombre de composants (baisse du coût CAPEX), diminuer les pertes de charge et donc de spécifier la puissance des pompes ou compresseurs (baisse du coût CAPEX et OPEX).

### 7.1.3 Éléments basiques : tubes, coudes, tés et réductions

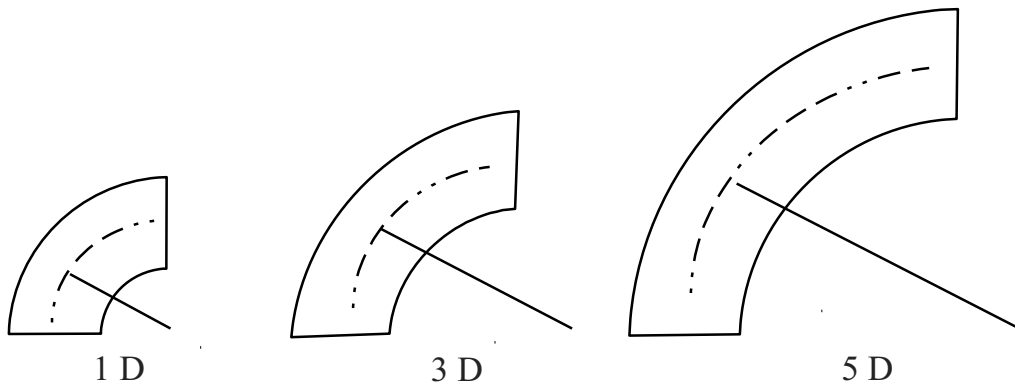
Comme indiqué plus haut, les tubes sont désignés par un DN qui permet de connaître le diamètre extérieur. On ajoute le paramètre d'épaisseur du tube en fonction des contraintes (pression, fluide corrosif, etc.). Pour les changements de direction, on utilise des coudes de différents types : à 45°, à 90° et à 180°. Ils peuvent être standards ou fabriqués sur mesure, parfois sur place.

Dans ce dernier cas, on parle de « coude à secteurs » puisque plusieurs secteurs de tubes (ou onglets) sont coupés sur mesure et assemblés ensuite par soudage.



*Illustration 7.1.3.1 : Accessoires de tuyauteries - coudes*

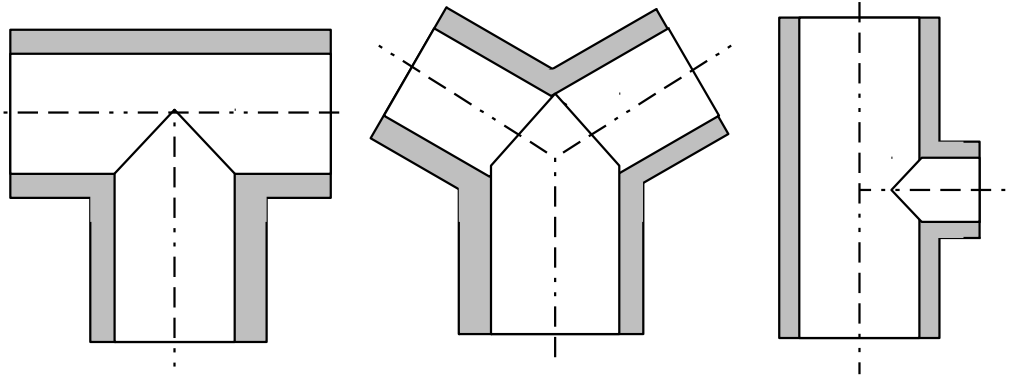
Si les coudes peuvent être triés selon leur angle, ils peuvent aussi l'être par leur rayon de courbure. Le rayon du coude est exprimé comme un multiple de son diamètre : 1.5D, 3D, 5D étant les plus courants. L'encombrement n'est pas le même. La preuve en images ! Pour un même angle (90°), vous pouvez constater la différence d'espace nécessaire au changement de direction.



*Illustration 7.1.3.2 : Accessoires de tuyauteries - coudes - rayon de courbure*

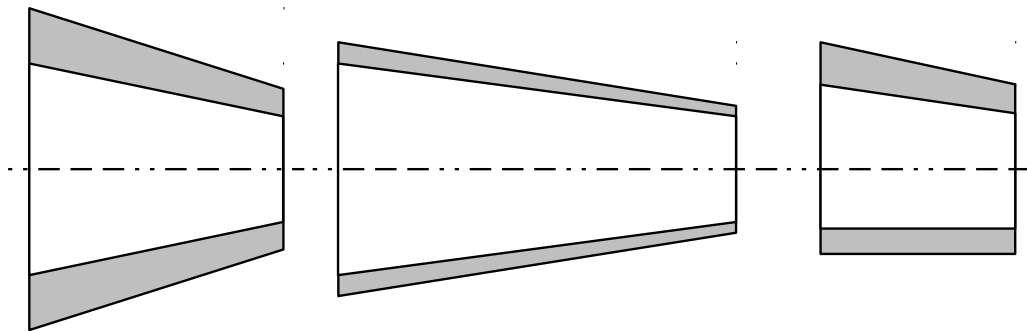
Pour certains fluides, la variation d'angle brutale cause trop d'inconvénients (liquide visqueux). On préfère des coudes à grands rayons. Pour d'autres, cela ne pose aucun problème (gaz par exemple) et on peut opter pour des coudes à faible rayon pour limiter l'encombrement de la tuyauterie.

Les tés permettent des jonctions ou des dérivations. Ils peuvent être symétriques (les 3 branches ont le même diamètre) ou asymétriques (les branches ont des diamètres différents). Les angles peuvent également varier.



*Illustration 7.1.3.3: Accessoires de tuyauteries - T *

Enfin, on parle de réduction quand une pièce permet de modifier le diamètre de la tuyauterie. Elle peut être concentrique ou excentrique.



*Illustration 7.1.3.4: Accessoires de tuyauteries - Réductions concentriques et excentriques*

## 7.2 Assemblages

On désigne par « assemblage » le raccordement entre deux composants de tuyauteries. On distingue d'un côté les assemblages permanents (qui ne peuvent être démontés), par exemple le soudage ; et d'un autre côté, les assemblages non permanents (qui peuvent être démontés), par exemple les raccords par brides ou par filetages.

Il existe d'autres assemblages tels que le dudgeonnage (permanent), le sertissage, les raccords mécaniques... Dans le cadre d'une introduction, nous nous intéresserons aux assemblages communs : le soudage, les raccords à brides, le filetage.

### 7.2.1 Quelques critères de choix

Il n'y a pas réellement de règles incontournables et immuables concernant les choix concernant d'assemblages. Voici néanmoins quelques éléments à avoir en tête au moment du choix :

- si le démontage est obligatoire (par exemple pour la maintenance) alors on préférera le raccord par brides. C'est généralement ce choix qui est préféré lorsqu'on raccorde des équipements et des accessoires (pompes, vannes...) sur le tracé d'une tuyauterie ;
- si le démontage est inutile ou si la tuyauterie contient des fluides dangereux, alors on préférera le soudage. Un jeu de bride a plus de probabilité de fuite qu'un soudage (mauvais serrage, vieillissement des joints...);
- pour les petites tuyauteries (DN < 50 voir 65) on préférera les raccords par filetage ;
- les raccords mécaniques permettent des démontages et des montages faciles. Ils seront utilisés dans le cas où les opérations de démontage sont récurrentes, par exemple sur des tuyauteries dont on sait qu'elles ont tendance à se boucher régulièrement (fluides visqueux tels que des boues, des graisses...qui peuvent figer en fonction des températures);
- le sertissage est une méthode rapide. Si les délais sont extrêmement contraints, alors ce mode de raccordement pourrait être envisagé. Gros bémol, le démontage est difficile sans détérioration.

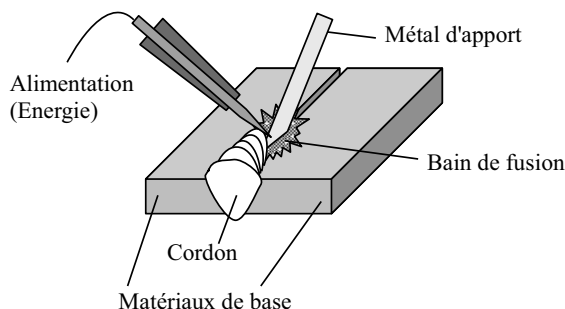
### 7.2.2 Soudage

Le soudage est un assemblage permanent. Il est préconisé si le démontage est inutile mais aussi et surtout si les conditions d'exploitation sont sévères : couple pression/température élevé, fluides dangereux. Il est à éviter pour les tuyauteries avec des traitements de surface externe ou interne (galvanisation, revêtement époxy...).

C'est un procédé d'assemblage encadré par un univers normatif important car le but est d'obtenir une jonction qui est au moins aussi résistante que le(s) matériau(x) à souder. La soudure s'opère selon des méthodes approuvées, des procédures documentées, par du personnel qualifié et elle est contrôlée par des tests en fin de fabrication.

Il existe une bonne dizaine de procédés de soudage courant et au moins autant qui sont eux « plus exotiques ». Le choix de la technique à employer est une affaire de spécialiste.

Pour une soudure, concrètement, on prend deux morceaux de matière (appelés matériaux de base), on apporte de l'énergie (sous forme de chaleur, d'électricité, par laser, par plasma...) avec parfois un matériau supplémentaire (matériau d'apport) dans l'objectif d'obtenir un mélange intime entre les matériaux appelée soudure.



*Illustration 7.2.2.1 : Soudage*

Les soudures peuvent être homogènes (même matériel de base pour les deux morceaux) ou hétérogènes (matériaux différents entre les deux morceaux).

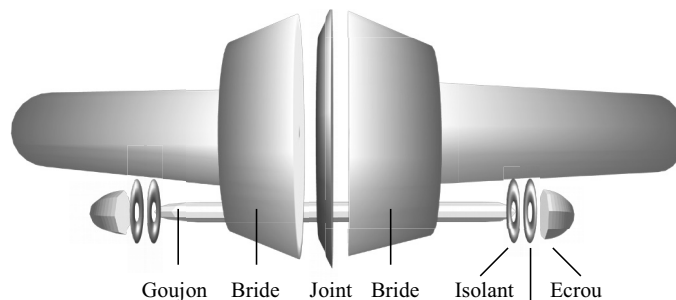
Les soudures peuvent être bout à bout (Butt Welding BW) ou emboîtée-soudée (socket welding SW) lorsqu'il y a un recouvrement partiel entre les composants.

Pour le raccordement de deux tubes on privilégie le BW. Ainsi, le SW, quand il est choisi, concerne généralement les autres composants d'une tuyauterie.

### 7.2.3 Assemblage par brides

L'assemblage par brides est un assemblage non permanent. Il est recommandé quand le démontage des composants est envisagé notamment lors des opérations de maintenance. Il n'est pas recommandé si les conditions d'exploitation sont sévères. Un assemblage par brides est plus sensible qu'un assemblage soudé (mauvais serrage des boulons, étanchéité, vieillissement des joints) et pourrait amener des défaillances s'il est utilisé sur des tuyauteries à forte pression, à température élevée, avec des fluides agressifs.

Concrètement, deux brides se font face et sont serrées l'une contre l'autre à l'aide de boulons dont le nombre dépend de beaucoup de paramètres (DN, PN notamment). Entre ces brides se trouve un joint (gasket en anglais).



*Illustration 7.2.3.1 : Vue éclatée d'un assemblage par brides*