

1ère partie  
Production  
de la vapeur

2ème partie  
Utilisation  
de la vapeur

3ème partie  
Production  
de glace

**4ème partie**  
**Memento**  
**technologique**

5ème partie  
vers d'autres  
horizons



**4ème Partie** Liste des chapitres:

Chap I – Vapeur et pertes thermiques

Chap II – Unités Anglo Saxonnnes

► **Chap III – Tubes toles miroirs etc**

Chap IV – Boulons Vis Rivets Forets

Chap V – Plomberie et Filetages

Chap VI – Le Brasage



Accédez à la  
documentation  
complète de

[www.soleil-vapeur.org](http://www.soleil-vapeur.org)

## Chapitre III TUBES, TÔLES, MATERIAUX SOUPLES

### TUYAUX, MIROIRS

Page

3	§ 1 Tubes ronds pour canalisations
3	A) Dénominations et dimensions
5	B) Les différentes catégories de tubes pour canalisation
7	C) Quel tube approvisionner pour le bouilleur ?
7	D) Les tubes "canalisation" aux Etats-Unis
8	§ 2 Tubes "construction"
8	A) en France
	1- tubes "construction" carrés et rectangulaires,
	2 tubes "construction" ronds
	3- quels tubes ronds "construction" approvisionner
9	B) aux Etats Unis
10	§ 3 Fers ronds
10	§ 4 Tôles minces
10	A) en France
	1-tôles pour platines et profils paraboliques:
	2- tôles laquées pour capots du concentrateur et supports de miroirs

- 11            B) aux Etats Unis
  - 1- tôles pour platines et profils paraboliques
  - 2 -tôles laquées
- 11    § 5 Tubes en cuivre
- 11            A) en France
  - 1- dimensions des tubes cuivre
  - 2- qualités du tube cuivre.
- 12            B) aux Etats-Unis,
  - 1- cuivre pour canalisation
  - 2 - cuivre pour réfrigération
  - 3 - quel tube cuivre approvisionner aux USA?
- 13    § 6 Quelques matériaux souples employés en plomberie
- 14    § 7 Tuyaux souples
- 14            A) la relation pression-température
- 14            B) tuyaux pour vapeur à pression atmosphérique,
- 15            C) tuyaux pour vapeur jusqu'à 6 bar
- 15            D) aux USA
- 16            E) protection thermique et mécanique pour tuyaux souples
- 16            F) vitesse de la vapeur et diamètre des canalisations
- 16    § 8 Miroirs
  - A) caractéristiques
  - B) approvisionnement

## § 1 TUBES RONDS POUR CANALISATIONS

On pénètre ici dans un domaine particulièrement déroutant pour le néophyte, dans un apparent méli-mélo de dénominations multiples, de normes qui évoluent,, de caractéristiques techniques bien précises, d'habitudes tenaces, etc...

On peut trouver des renseignements techniques dans les catalogues en ligne de plusieurs fournisseurs: [dhalluin.com](http://dhalluin.com) ou bien [pouchard.fr](http://pouchard.fr) ou bien [kdi.fr](http://kdi.fr) ou bien [dubocage.fr](http://dubocage.fr) ou bien [larobinetique.fr](http://larobinetique.fr)

Première précision importante: dans ce paragraphe il n'est question que des tubes "Canalisation", à l'exclusion des tubes ronds "construction" dont il sera question dans le paragraphe suivant. Les tubes "canalisation" sont prévus pour transporter des fluides et répondent à certaines normes d'étanchéité, de pression, de contrôles de fabrication, etc... Les tubes "construction" sont utilisés en serrurerie, constructions métalliques, échafaudages, mécanique, etc...(et pourtant, rien ne ressemble plus à un tube qu'un autre tube). Enfin, rien n'interdit d'utiliser un tube "canalisation" pour faire de la construction

Seconde précision: tout ce paragraphe consacré aux tubes ronds "canalisation" ne concerne que le bouilleur, c'est à dire, pour notre propos immédiat, un tronçon de tube de deux mètres.

### A) DÉNOMINATIONS ET DIMENSIONS DES TUBES "CANALISATIONS"

Pour préciser les dimensions d'un même tube en acier, il existe (au moins) trois dénominations différentes:

**1- Le Diamètre Nominal DN** qui indique *approximativement* le diamètre intérieur

Cette (très apparente) complication s'explique aisément: tous les tubes d'une même dimension ont un diamètre extérieur identique, pour pouvoir utiliser des raccords communs. L'épaisseur étant variable en fonction de la résistance demandée, c'est le diamètre intérieur qui varie. En pratique, la notion de DN est peu utilisée.

**2- la dénomination "Chauffage"**, qui utilise deux chiffres indiquant *approximativement* les diamètres extérieurs et intérieurs. Elle est usuelle en France, bien que théoriquement obsolète

**3- la dénomination en pouces**, anglo-saxonne, usuelle internationalement, qui indique *très approximativement* les diamètres extérieurs et intérieurs. La dénomination en pouces est également celle du filetage correspondant au tube (et donc aux raccords) en question.

Les préférences pour telle ou telle dénomination varient selon les lieux et les habitudes, il n'est que de s'adapter.

Dimensions des tubes pour canalisation					
Dénominations			Diamètre ext x épaisseur courante	Poids en Kg/ Ml	Volume int. en litres/Ml
DN	Pouce	"chauffage"			
DN 8	1/4"	8x13	<b>13.5</b> x 2	0.57	
DN 10	3/8"	12x17	<b>17.2</b> x 2	0.75	
DN 15	1/2"	15x21	<b>21.3</b> x 2,3	1.,08	0.22
DN 20	3/4"	20x27	<b>26.9</b> x 2.3	1.40	0.39
DN 25	1"	26x34	<b>33.7</b> x 2.9	2.20	0.61
DN 32	1 1/4"	33x42	<b>42.4</b> x 2.9	2.82	1.05
DN 40	1 1/2"	40x49	<b>48.3</b> x 2.9	3.25	1.42
DN 50	2"	50x60	<b>60.3</b> x 3.2	4.51	2.28
DN 60	2 1/4" *	60x70 *	<b>70.0</b> x 3;2	5.27	
DN 65	2 1/2"	66x76	<b>76.1</b> x 3.2	5.75	3.82
DN 80	3"	80x90	<b>88.9</b> x 3.2	6.76	5.35
DN 90	3 1/2"*	90x102	<b>101.6</b> x 3.6	8.70	7.00
DN100	4"	102x114	<b>114.3</b> x 3.6	9.83	9.01

\*Dimension usuellement non tenue en stock

En atelier ou en magasin, pour identifier un tube par sa dimension, utiliser un pried à coulisse et tenir compte de la colonne **Diamètre Extérieur**, puis contrôler l'épaisseur, et observer la présence éventuelle de la soudure

L'épaisseur prise en compte est l'épaisseur courante. Il existe d'autres épaisseurs, auquel cas le poids et le volume intérieur varient quelque peu.

On remarquera toutefois que, dans un tube d'un pouce, on ne trouve aucune dimension qui soit égale à 25.4 mm. Si, dans un document traduit de l'Anglais, il est question d'un "tube de 25,4 mm", il ne peut s'agir que d'une erreur de traduction.

De même, dans le cas d'un tube "40x49", ni le diamètre intérieur ni le diamètre extérieur ne correspondent à ces chiffres.

Seule consolation: en Europe et en Amérique, les tubes ont physiquement les mêmes dimensions en diamètres extérieurs, indépendamment des dénominations Mais les filetages, bien qu'ils soient exprimés en pouces de part et d'autre de l'Atlantique, sont incompatibles; voir plus loin la section consacrée à cette question.

Les longueurs varient quelque peu en France : 6,04m, ou 6,10 6,40m.

## B) LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE TUBES POUR CANALISATION

Il existe plusieurs catégories de tubes pour canalisation, on ne retient ici que les catégories usuellement disponibles chez les revendeurs, et qui suffisent largement pour notre besoin. En principe, un marquage permet d'identifier les tubes.

Au sujet des normes: les normes françaises NF sont remplacées par les normes européennes EN  
Au sujet du terme "Tarif " utilisé ci dessous: il s'agit d'une expression obsolète mais encore en usage, qui fait écho à la classification par Schedule (= barème, nomenclature) utilisée aux Etats Unis, qui est une variante du système de gauge;

Au sujet du filetage: le fait de fileter un tube diminue sa pression maximum autorisée. Toutefois pour notre propos, il n'est pas question de filetage (sauf pour les petits raccords de plomberie, mais c'est un tout autre domaine)

### 1) Tubes selon la norme EN 10 255 anciennement NF A 49 145, dite Tarif 1 et 2

Ces tubes sont soudés (c'est à dire confectionnés à partir d'un feuillard roulé puis soudé)

Tubes pour usage courant de transport de fluide

Température d'utilisation: entre -10°C et 110°C

Pression d'utilisation: inférieure à 10 bar pour les tubes filetés, et inférieure à 16 bar pour les tubes lisses (non filetés).

Ils peuvent être soudés.

Pression d'épreuve: 50 bar

Disponibles usuellement en noir ou en galva, bouts lisses ou filetés

### 2) Tubes selon la norme EN 10 255 anciennement NF A 49 115, dite Tarif 3

Ces tubes sont non soudés

Tubes pour usage courant de transport de fluide

Température d'utilisation: entre -10°C et 110°C

Pression d'utilisation: inférieure à 16 bar pour les tubes filetés, et inférieure à 25 bar pour les tubes lisses (non filetés).

Ils peuvent être soudés.

Pression d'épreuve: 60 bar

Disponibles usuellement en noir ou en galva, bouts lisses ou filetés

### 3 Tubes selon la norme EN 10 255 anciennement NF 49 141 dite Tarif 19

Ces tubes sont soudés (c'est à dire confectionnés à partir d'un feuillard roulé puis soudé)

Transport de fluides (vapeur, gaz, eau surchauffée)

Température d'utilisation: entre -10 et 300° C.

Pression maximum 36 bar à température ambiante, 30 bar à 200° C

Ils peuvent être soudés, et ne sont pas destinés à être filetés

Pression d'épreuve: 60 bar

Disponibles usuellement en noir bouts lisses

### 4 Tubes selon la norme EN 10 216-1 anciennement NF A 49 112 dite Tarif 10

Ces tubes sont non soudés

Transport de fluides (vapeur, gaz, eau surchauffée) à température entre -10 et 300° C.

Pression maximum 36 bar à température ambiante, 30 bar à 200° C

Ils peuvent être soudés, et ne sont pas destinés à être filetés  
 Pression d'épreuve: 70 bar  
 Disponibles usuellement en noir bouts lisses

En usine, l'épreuve hydraulique des tubes dure 6 secondes.

Epaisseurs des tubes "Canalisation"							
Dénominations				Epaisseurs des tubes			
DN	Pouce	chauffage	<b>Diam Ext.</b>	Tarif 1 et 2 NF A49 145	Tarif 3 NF A49 115	Tarif 19 NF A49 141	Tarif 10 NF A49 112
DN 8	1/4"	8x13	<b>13,5</b>	2,0	2,3		
DN 10	3/8"	12x17	<b>17,2</b>	2,0	2,3		
DN 15	1/2"	15x21	<b>21,3</b>	2,3	2,6		
DN 20	3/4"	20x27	<b>26,9</b>	2,3	2,6		2,3
DN 25	1"	26x34	<b>33,7</b>	2,9	3,2		2,6
DN 32	1 1/4"	33x42	<b>42,4</b>	2,9	3,2		2,6
DN 40	1 1/2"	40x49	<b>48,3</b>	2,9	3,2		2,6
DN 50	2"	50x60	<b>60,3</b>	3,2	3,6	2,9	2,9
DN 60	2 1/4"*	60x70 *	<b>70,0</b>	3,2	3,6	2,9	2,9
DN 65	2 1/2"	66x76	<b>76,1</b>	3,2	3,6	2,9	2,9
DN 80	3"	80x90	<b>88,9</b>	3,2	4,00	3,2	3,2
DN 90	3 1/2"	90x102	<b>101,6</b>	3,6	4,00	3,6	3,6
DN100	4"	102x114	<b>114,3</b>	3,6	4,5		3,6

\* dimension usuellement non tenue en stock

Pour notre propos, les variations d'épaisseur ne sont pas significatives, et ne sont pas un critère de choix. On constate (du moins en apparence) que les tubes les plus résistants ne sont pas les plus épais, mais les nuances d'acier et les procédés de fabrication sont différents, et de plus ils ne sont pas destinés à être filetés.

5- Attention: Parmi les tubes ronds "Construction", il y a une série dimensionnelle strictement identique, en diamètres extérieurs, aux tubes "Canalisation". Il s'agit des tubes ronds "Construction" selon la norme EN 10 219 anciennement NF A 49 541, dont il sera question au § 2.. Ces tubes ne sont pas éprouvés et ne sont pas garantis étanches.

6 Il existe d'autres normes concernant les tubes sans soudure en acier pour service sous pression avec des caractéristiques spécifiées à des températures élevées, notamment EN 10 216-2 (anciennement NF A 49 210, 211, 213 et 215)

## C) QUEL TUBE APPROVISIONNER POUR LE BOUILLEUR ?

### 1- quelles sont les contraintes subies par le bouilleur ?

Elles sont... variables:

- La pression maximale en service dépend de l'utilisation qui est faite du capteur, et donc du tarage de la soupape de sécurité.

S'il s'agit de faire de la cuisson à l'eau bouillante, une pression de 0,5 bar/112° C est suffisante

Pour la stérilisation, on monte à 3 bar manométriques / 141° C

Le bouilleur est un récipient soumis à la pression, de l'ordre de 6 bar en Pression Maximale en Service, auquel cas la température de la vapeur est de 165° C

- le bouilleur est une chaudière, mais ce n'est pas un récipient soumis à la flamme. Pour le capteur de 2 m<sup>2</sup>, la température maximale en cas d'à-sec de la chaudière est de l'ordre de 260° C

- s'il ne s'agit que de faire de la pasteurisation à 70°, ou de produire de la bière de mil, ou d'effectuer de la cuisson à la vapeur ordinaire, la température dans le bouilleur ne dépasse pas 100° C, à pression atmosphérique. Auquel cas il n'y a pas plus de pression dans le bouilleur que dans une casserole d'eau.

### 2- quel tube approvisionner ?

En définitive, on approvisionne.... le tube disponible chez le fournisseur

Si l'on s'en tient aux cuissons à l'eau (0,5 bar), même le tube "Construction" (non éprouvé et non garanti étanche) sera largement suffisant, la galvanisation se chargeant de le rendre définitivement étanche pour le cas hautement improbable où il ne le serait pas.

La sagesse recommande toutefois de s'approvisionner en tube canalisation.

Un tronçon de deux mètres de tube 40x49 (1 1/2") étant suffisant pour le bouilleur, le reste est utilisé pour la charpente du capteur; il est donc préférable d'approvisionner un tube galvanisé.

Prendre note, à toutes fins utiles, des marquages gravés ou imprimés sur le tube.

Finalement, tout ce casse-tête pour rien ? C'est probable, c'est possible; mais au moins la décision est prise en connaissance de cause: un homme averti en vaut deux.

## D ) LES TUBES "CANALISATION" AUX ETATS-UNIS

Pour documentation, on peut consulter le site [russelmetals.com](http://russelmetals.com) , puis centres de services, puis catalogue produits, puis tubes et tuyaux (en français et en anglais), notamment page 55

Les épaisseurs de tube ne sont pas rigoureusement identiques aux épaisseurs de tube en zone métrique. Elles sont exprimées selon un système de barème nommé "schedule" ("indice ? "classe de résistance ?"), différent du système de jauge nommé "gauge" ou "gage", utilisé pour les tôles.

Pour le bouilleur, le tube 1-1/2" (40x49) est disponible en épaisseur 2,8 mm (schedule 10), et 3,7mm (schedule 40)

Longueurs usuelles des tubes: 21'

Il existe aussi des tubes pour chaudières, dont les épaisseurs sont quasi identiques aux tubes "Canalisations", voir page 51 de la documentation Russel sur les tubes.

## § 2 TUBES "CONSTRUCTION"

Ce sont des tubes carrés, rectangulaires ou ronds, servant à la *construction*, dénommés aussi parfois "profils creux de construction" dont les caractéristiques sont différentes de celles des tubes ronds pour *canalisation* du § 2 suivant.

Les tubes "construction" sont confectionnés à partir de feuillards pliés ou roulés, puis soudés. Ils sont usuellement disponibles en "noir" ou en "galvanisé à chaud". La galvanisation à chaud consiste à tremper le métal dans un bain de zinc en fusion. (voir galvazinc.com)

### A) EN FRANCE

#### 1- tubes "construction" carrés et rectangulaires,

notamment selon la norme EN 10 305 (anciennement NFA 49 643 Q1)

Tableau des dimensions usuellement disponibles en stock pour les tubes "construction" galvanisés à chaud, sous réserve de vérification auprès du fournisseur:

section L x L x e	poids en kg/ml
16 x 16 x 1,5	0,68
20 x 20 x 2	1,13
25 x 25 x 2	1,44
30 x 30 x 2	1,76
35 x 35 x 2	2,07
40 x 40 x 2	2,39
45 x 45 x 2	2,70
30 x 20 x 2	1,60
40 x 27 x 2	1,98

L'épaisseur usuelle des tubes est de 2 mm; il existe également en catalogues des tubes non galvanisés épaisseur 1,5 mm, qui pourraient convenir pour notre usage, mais compte tenu des faibles quantités nécessaires dans le cadre d'une construction à l'unité, il est préférable de rester dans des dimensions usuellement disponibles

La longueur usuelle des barres est de 6,10 m, à vérifier auprès du fournisseur

#### 2 Tubes "construction" ronds

notamment: selon la norme EN 10 305 (anciennement NFA 49 643 Q1)

Les tubes ronds "construction", à ne pas confondre avec les tubes ronds "canalisation" peuvent être classés en deux catégories

- les tubes ronds "construction" aux dimensions métriques:

diamètres extérieurs Ø 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60 mm etc...

épaisseurs 1,5 - 2 - 2,5 mm; etc...

- les tubes ronds "construction" aux dimensions "chauffage", c'est à dire aux dimensions identiques

à celles des tubes pour canalisation, tant en diamètre qu'en épaisseur (voir § ci dessus) mais dont les caractéristiques techniques sont différentes: ils ne sont ni éprouvés ni garantis étanches. Les tubes ronds 40x49 sont parfois dénommés "tubes d'échafaudages"

**3- Quels tubes ronds "construction" approvisionner**, dans le cadre d'un capteur de e2 m<sup>2</sup> ?

- tube diam 40 x 49: approvisionner un tube "Canalisation" galvanisé pour le bouilleur, la chute étant utilisée pour le système d'ancrage au sol du capteur

- tube diam 50 x 60 pour l'ancrage au sol: approvisionner un tube "Construction" galvanisé, aux dimensions "chauffage". Ce tube 50x60 est destiné à être fiché dans le sol, il doit donc être assez épais pour ne pas trop se déformer sous les coups de masse. Une épaisseur de 2,9 mm est un minimum. Le cas échéant et par commodité, on peut approvisionner un tube 50x60 "Canalisation". Ne pas approvisionner un tube aux dimensions métriques, généralement moins épais.

## B) AUX USA

Sections usuellement disponibles pour les tubes carrés ou rectangulaires aux USA:

Section en pouces	équivalent métrique
5/8" (15,8 mm)	16*16
3/4" (19,05 mm)	20*20
1" (25,4 mm)	25*25
1 1/4" (31,75 mm)	30*30
1 3/4" (34,92 mm)	35*35
1 1/2" (38,10 mm)	40*40
1" * 2"	40*27

Longueur des barres: 24 '

Les épaisseurs de tôles servant à former les tubes carrés sont exprimées selon le même système de jauge que pour les tôles planes La jauge 16, correspondant à une épaisseur de 1,5 mm, et usuellement disponible, convient pour le capteur ( voir le tableau des jauges au § des toles minces).

Pour les tubes comme pour les tôles, la qualité de la galvanisation couramment disponible aux Etats-Unis semble être nettement inférieure à celle de la galvanisation à chaud

Tubes ronds "construction" aux Etats Unis: mêmes remarques que pour les tubes ronds aux dimensions "chauffage" en France.

### § 3 FERS RONDS

La construction du capteur nécessite quelques longueurs de fer rond "round bar" pour les entretoises de la charpente, et en renfort des rives des tôles support de miroir. L'acier le plus ordinaire convient, par exemple en France: le fer à béton dit "fer à béton doux", à l'exclusion de l'acier tors. Mais le fer doux à béton est parfois difficile à approvisionner.

Diamètre en mm	6	8	10	12	Longueur usuelle 6,00m
Diamètre en pouces	1/4"	5/16	3/8"	1/2"	Longueur usuelle 20'

Approvisionner des barres non galvanisées, à galvaniser ultérieurement après coupe et soudage.

Ne pas approvisionner d'acier rond pour mécanique, du type "acier Stub" ou autre, dont la gamme de prix est bien différente.

### § 4 TOLES MINCES

#### A) EN FRANCE

##### **1-Tôles pour la confection des platines et des profils paraboliques:**

Dimensions usuelles: les tôles sont usuellement disponibles en épaisseurs 0,8 - 1 - 1,2 - 1,5 - 2 - 2,5 mm, dans des dimensions 2000\*1000 - 1250\* 2500 et 1500 \* 3000.

Les tôles sont "noires", ou bien protégées par divers types de revêtement:

- Galvanisation à chaud, du type "Z 275" à 275g de zinc/m<sup>2</sup> double face, soit 137,5g par face. Ce type de galvanisation convient très bien pour notre usage. Voir [galvazinc.com](http://galvazinc.com)
- Revêtement "alu-zinc": voir informations complémentaires sur le site [galvalange.lu](http://galvalange.lu)
- Electrozinguage: les tôles électrozinguées ne conviennent pas pour notre usage, en raison de la faible épaisseur du revêtement.

Les découpeuses laser ne peuvent pas travailler sur de la tôle galvanisée. mais il est possible d'effectuer la découpe des platines et des profils paraboliques sur des tôles noires, qui sont ensuite galvanisées à chaud. La galvanisation à chaud ne déforme pas les profils paraboliques

##### **2- Tôles laquées pour la confection des capots du concentrateur parabolique, et des tôles de support de miroirs:**

Les tôles planes laquées pour bardage, usuellement destinées à la confection d'accessoires de couverture pour bâtiments industriels, sont généralement disponibles en épaisseur 0,75 mm, parfois en 0,63 mm (ce qui devrait également convenir). Largeur standard: 1,25 m, Longueur des tôles: 2, 3 ou 4 m

Chez certains fournisseurs, la tôle plane de bardage est disponible en 1,22m. Il faut donc adapter les profils paraboliques (voir ci dessous § B)

Lors du pliage des tôle pour le Concentrateur, veiller à ce que le rayon de courbure des plis ne soit pas trop faible, afin de ne pas blesser le revêtement.

## B) AUX ETATS UNIS

Aux Etats- unis, les épaisseurs de tôles sont exprimées selon un système de jauge (Gauge, ou Gage, en anglais, parfois abrégé "ga", ou traduit par le terme "calibre"). La jauge est un nombre a-dimensionnel; plus il est élevé, plus la tôle est fine. L'épaisseur des tôles est aussi exprimée en pouces décimaux, et également, en plus, selon le système métrique, mondialisation oblige. Sur un même document, l'épaisseur de tôle peut donc être indiquée sous trois formes différentes.

<b>Epaisseurs des toles USA</b>		
Gauge	En pouces	En mm
24	,024	,6
22	,030	,7
20	,036	,9
18	,048	1,2
16	,060	1,5
14	,075	1,9
13	,090	2,3
12	,105	2,6
11	,120	3,0
10	,134	3,4
7	,179	4,5

### 1- Tôles pour platines et profils paraboliques:

largeurs disponibles: 3' - 4' - 5' - 6' soit, 914 - 1219 - 1524 - et 1829

Longueurs disponibles: 8' - 10' et 12' soit 2438 - 3048 et 3657 mm

Usuellement: 4' \* 8' ; soit 1,22mx 2,44m

La qualité de la galvanisation couramment disponible semble être nettement inférieure à celle de la galvanisation à chaud

Pour les profils paraboliques, le ga 20 convient

### 2 -Tôles laquées "prépainted steel sheet", disponible en ga 24 (le ga 26 serait trop faible)

Largeur: 4' - 1,22 m. Il faut donc diminuer la longueur des miroirs et adapter la longueur des profils paraboliques, en raccourcissant de 3 cm l'extrémité Sud du profil (qui est moins rentable, optiquement, que l'extrémité Nord, en raison de l'angle d'incidence du rayonnement solaire.)

## § 5 TUBES EN CUIVRE

### A) EN FRANCE

#### 1) dimensions des tubes cuivre

En plomberie, les tubes cuivre sont désignés par leur diamètre extérieur: 10, 12, 14, 16, 18, 22 et 28 mm, avec une épaisseur constante de 1 mm. Ces dimensions sont usuellement disponibles en rayon plomberie des grandes surfaces. Sur tous les tubes sont gravés, entre autres, le diamètre extérieur et l'épaisseur

Le tube Ø 8 mm est assez difficile à approvisionner, il faut s'adresser à des revendeurs grossistes

professionnels.

Le tube Ø ext 4.8 mm est également difficile à approvisionner. Il est utilisé en mécanique automobile pour les circuits de freinage. Si besoin, on en trouvera quelques décimètres dans tout garage de réparation automobile. S'il en faut une couronne, on peut s'adresser à un revendeur professionnel de pièces auto, ou dans un atelier « freins » de garage poids lourds.

## 2) Qualités du tube cuivre.

Il n'existe qu'une seule qualité de tube cuivre. Dans les petits diamètres de 8 ou 10 mm qui nous intéressent, plusieurs centaines de bars sont nécessaires pour éclater un tube.

Le tube cuivre présenté en couronne est recuit, il est donc facile à travailler

Le tube cuivre présenté en barre est écroui, il est difficilement cintrable.

Approvisionner de préférence du tube recuit en couronne. À défaut, il est nécessaire de recuire le tube en barre: chauffer le tube au chalumeau monogaz jusqu'au rouge cerise, puis le tremper rapidement dans de l'eau, ou bien l'entourer d'un linge bien mouillé. Si besoin, on procède par tronçons d'une quinzaine de centimètres

## B ) AUX ETATS-UNIS,

On a le choix entre plusieurs qualités de tube cuivre en couronne

**1 - cuivre pour canalisations:** La dimension du tube s'exprime alors en Diamètre Nominal "Nominal Size", en pouces, qui diffère du diamètre extérieur OD (Outside Diameter).

Le diamètre extérieur est constant (de façon à pouvoir utiliser des raccords communs) mais pour chaque dimension nominale il y a trois épaisseurs de tube différentes:

M- Thin wall tubing, signalé par une bande rouge

L – Medium wall tubing, signalé par une bande bleue

K- High pressure tubing signalé par une rainure

et de plus l'épaisseur du tube varie avec le diamètre nominal (conformément aux nécessités de résistance des matériaux), alors qu'en France l'épaisseur des tubes est de 1 mm quelque soit le diamètre, (voir MSCdirect.com références 65177594 et connexes)

Pour notre usage, la Nominal Size 1/4"-OD 3/8" en qualité Médium correspondrait au tube Ø 10 mm

**2 - cuivre pour réfrigération** la dimension s'exprime en OD Outside Diameter, les épaisseurs sont également variables en fonction du diamètre, mais d'une façon différente que pour les tubes de cuivre pour canalisation..

La différence avec les tubes pour canalisation provient d'une exigence de déshydratation relative à la réfrigération, mais pas d'une différence de qualité du cuivre. Il est donc possible d'utiliser, pour notre usage, du tube "réfrigération".

## 3 - quel tube cuivre approvisionner aux USA?

Pour un capteur de 2m<sup>2</sup>, le diamètre usuel est de 10 mm, soit pour les Etats-Unis un diamètre extérieur OD de 3/8" - 9,52 mm.

Les raccords à souder préconisés pour le capteur n'étant pas usuellement disponibles aux Etats-Unis, il faut s'approvisionner en raccords à souder européens, aux dimensions métriques. Mais il est toujours possible d'augmenter de 9,52 à 10 mm le diamètre d'un tube de cuivre recuit, à l'aide d'un mandrin légèrement conique confectionné pour l'occasion sur un tour ou simplement à la lime.

## § 6 QUELQUES MATERIAUX SOUPLES EMPLOYES EN PLOMBERIE

**1) L'EPDM** est le matériau utilisé pour les tubes vapeur industriels, conjointement avec une tresse textile

**2) Le PTFE**, plus connu sous la dénomination commerciale « Téflon » supporte une température supérieure à 260° C.. C'est un excellent matériau pour la vapeur, que l'on rencontrera

- sous forme de ruban blanc, pour étancher des filetages

- dans les sièges des robinets sphériques expressément prévus pour des températures de l'ordre de 160° C, par exemple la référence 4810 de chez Legris.

Toutefois, à proximité immédiate du bouilleur, on pourra préférer un matériau de qualité supérieure, en raison de la montée en température en cas d'à-sec.

**3) Les joints plats CNK** de couleur bleue, à base de Kevlar et de nitrile, sans amiante, résistent à une température de 350 à 400°. Ils conviennent très bien pour notre utilisation, et sont disponibles sur le présentoir des joints dans les grandes surfaces de bricolage. On les réservera pour l'étanchéité des raccords à proximité immédiate du bouilleur, c'est à dire pour des raccords non accessibles usuellement à l'utilisateur final.

**4) Les joints plats CSC** à base de fibres cellulosiques et de nitrile, de couleur rouge, résistent à une température de 180° C. Ils conviennent donc pour notre utilisation, notamment pour le raccord entre le tube chaudière et le récipient, qui est le seul raccord couramment accessible à l'utilisateur final

Ne pas confondre le joint CSC avec le « joint fibre eau froide» dont la présentation est assez similaire

**5) Les joints plats en cuir** ont l'avantage d'une grande disponibilité: une chute de cuir et un couteau feront l'affaire, si l'on ne dispose pas de joint CSC. Le passage vapeur du joint plat n'a pas besoin d'être parfaitement rond ni parfaitement centré (ni très grand).

**6) Les joints plats en plomb** pourraient très bien remplacer les joints CNK si ce n'était le problème du plomb qui n'est pas alimentaire. Toutefois, dans le cas d'utilisations de la vapeur via un serpent, donc sans contact direct avec les aliments à cuire, on pourra s'en contenter. (noter qu'il existe encore des dizaines de milliers de raccordements d'eau potable avec canalisation en plomb, dont l'effet est sans commune mesure avec celui d'un joint plat).

On peut approvisionner du plomb en feuilles épaisseur 1 mm, tous les couvreurs en ont une chute dans le fond de leur atelier. On peut aussi s'approvisionner en plomb en quantité plus que suffisante dans tous les ateliers de montage de pneumatiques automobiles (dans une boîte à côté de la machine à équilibrer les roues).

**7) Le nitrile** ne convient pas pour des applications utilisant de la vapeur (120° C maxi)

**8) les joints silicone** sont utilisables à une température de 250°C On peut se procurer très facilement du silicone en plaque dans tous les rayons "articles ménagers" des grandes surfaces, sous forme de moules à pâtisserie, et c'est alimentaire !

**9) le Viton** est utilisable jusqu'à 200° en service continu, et 250 ° en pointe.

voir [fouilleul.com](http://fouilleul.com), ou [nortec-france.com](http://nortec-france.com), tableau des propriétés générales des élastomères.

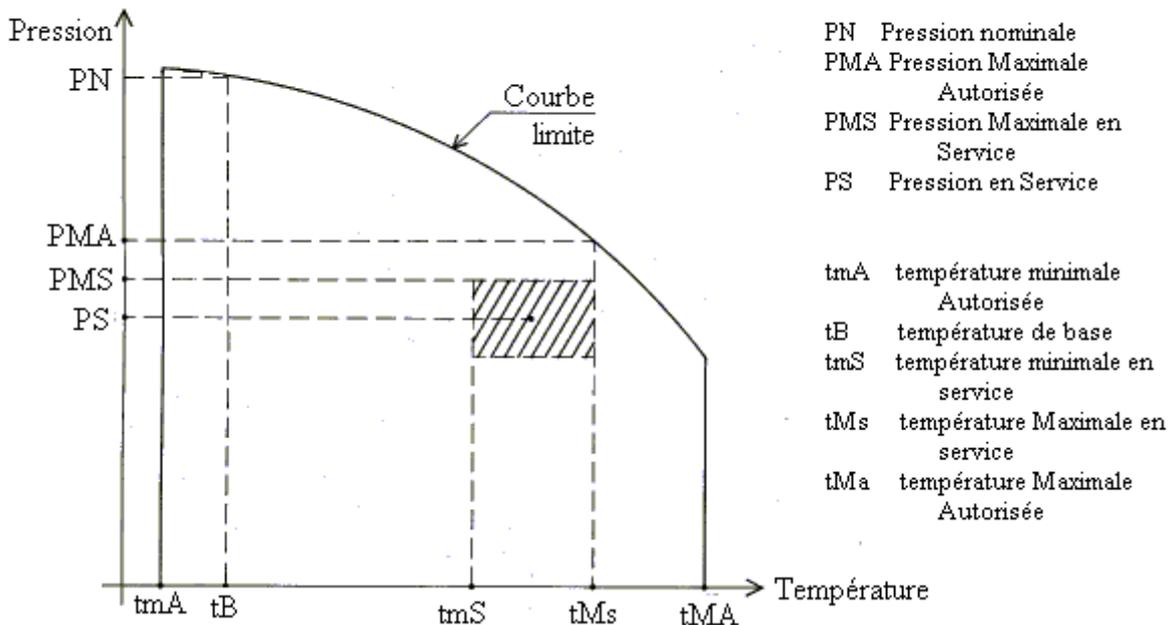
## § 7 TUYAUX SOUPLES

Usuellement, on utilise le terme « Tube » pour les tubes rigides, par exemple en acier, et le terme « tuyau » pour les flexibles. C'est utile à savoir lorsque l'on fait des recherches sur le Web.

### A) LA RELATION PRESSION-TEMPÉRATURE

Le domaine d'utilisation d'un appareil, d'un tube, d'un tuyau, d'un matériau etc... est défini à l'intérieur d'une courbe limite pression - température

#### La courbe pression-température, selon la norme française NFE 29-002



Pour tous les flexibles, la Pression Maximum de Service varie en fonction de la température Maximum de service du fluide transporté. Il en va d'ailleurs de même pour tous les composants soumis à la vapeur: tubes acier, bouilleur, tubes cuivre, robinetterie, raccords, etc.. mais compte tenu du périmètre de la zone température-pression qui nous intéresse, leur courbe-limite se situe bien au delà de celle des matériaux souples.

### B) TUYAUX POUR VAPEUR À PRESSION ATMOSPHÉRIQUE,

la vapeur ne dépassant pas les 100° C, il suffit de disposer d'un tuyau résistant à la chaleur.

On trouve du tuyau vapeur Ø int 4 mm, ext 8.5 mm environ en pièce détachée ( ou en récupération ?) sur les centrales à vapeur de fer à repasser ménager ou de pressing, ou sur les nettoyeurs à vapeur ménagers. Ils ne sont pas renforcés par une tresse textile.

Par ailleurs, il semblerait à l'usage qu'un flexible d'air comprimé supporte, du moins pendant quelque temps, une température de 100°, cf les flexibles d'air comprimé Ø 6 mm/10 bar

À voir: Chez Auraboutique.free.fr tube téflon ref 642

Attention: un tuyau souple non prévu pour la pression ne doit être utilisé que sur une installation ne

comportant aucun robinet en sortie du circuit de vapeur, par exemple: cuisson à vapeur vive à pression atmosphérique, ou pasteurisation d'eau à 70° C (cf le chapitre "Utilisation de la vapeur), de façon à ce qu'aucun composant de l'installation ne monte en pression

### C) TUYAUX POUR VAPEUR JUSQU'À 6 BAR

il est beaucoup moins aisé de s'approvisionner. On peut s'adresser chez

- Aura, matériel de pressing, 10440 Torvilliers (France), avec plusieurs sites: [centralevapeur.com](http://centralevapeur.com), [nettoyagevapeur.com](http://nettoyagevapeur.com), [aurablanchisserie.com](http://aurablanchisserie.com)
- sur le site [lecaoutchouc.com](http://lecaoutchouc.com) , à la rubrique « guide et annuaire- guide des industriels du caoutchouc », on peut effectuer une recherche sur « tuyau vapeur », et obtenir une liste de fabricants avec leurs site, entre autres:
- Audebertcaoutchouc.com, catalogue page 18,
  - Tuyau Sodivat ISO 1307 Ø 10 intérieur, couronnes de 20 mètres
  - Tuyau Soditherm ISO 1307 Ø 13 intérieur, couronnes de 40 m
  - Dans catalogue Audebert, voir également les durites, par coupes de 4 mètres
- Trelleborg.com
  - Tuyau Bergalav , alimentaire, Ø 10 intérieur, couronnes de 20 m
  - Tuyau Biovast, alimentaire, Ø 13 intérieur, couronnes de 20 m
  - Tuyau Trelvast, Ø 13 intérieur
- Revol-sonier.fr, Grouperevol.fr
- Hutchinsontfi.com/ nos produits/tuyaux et flexibles industriels/ eau chaude et vapeur.
  - Tuyau Netwash Ø 13 Intérieur, alimentaire, couronnes de 20 mètres
  - Tuyau Netwash 20 bars, idem
- Larobinetique.fr/robinetterie générale/ tuyaux industriels/ tuyaux vapeur
  - Tuyau 13 mm, sur demande, et par coupes de 30 m

- un bon choix: les Ets Anfray et Cie à 76-Dieppe peuvent faire fabriquer, sur commande ,du flexible vapeur alimentaire 6 bar Ø 6mm, par couronnes de 40 mètres. Ce serait le meilleur choix. Les couronnes de 20 mètres ne se détaillent pas, mais un achat groupé est toujours possible, ce serait une occasion pour prendre contact avec Soleil-Vapeur.

- Qu'en serait-il des flexibles de nettoyeur vapeur à haute pression utilisés en ravalement de façade ?

- à voir: [Auraboutique.free.fr](http://Auraboutique.free.fr) tuyau téflon gainé inox ref 645

### D) AUX USA

Chez MSCdirect:

Tube vapeur Goodyear 250 PSI (17 bars) 232 ° C 1/2", 150\$ les 25 ' ref 48589006

Tube Parker 1/4" mais 120 PSI) C 80\$ les 50 ' ref 88581798

## E) PROTECTION THERMIQUE ET MÉCANIQUE POUR TUYAUX SOUPLES

Une parfaite maîtrise de l'isolation est une des clés d'un fonctionnement satisfaisant du capteur, y compris pour la petite portion de tuyau souple entre le bouilleur et l'appareil utilisateur.

Certains manchons isolants pour canalisations d'eau chaude semblent résister à aux températures de 100° et plus.

Si l'on désire renforcer la protection mécanique, on peut en plus gagner le tube souple dans un tube du type durite de radiateur automobile (ou de moto, ou de cyclomoteur)

## F) VITESSE DE LA VAPEUR ET DIAMÈTRE DES CANALISATIONS

Dans les installations industrielles (ce qui est loin d'être notre cas) on peut admettre

Pour la vapeur d'échappement d'une machine: 15 à 20 mètre/seconde

Pour la vapeur saturée humide: 20 à 40 mètres/seconde (d'après le Sergot)

Compte tenu, dans notre cas, du très faible diamètre des tuyaux, il faut envisager des vitesses maxi beaucoup plus faibles.

Masse volumique de la vapeur: # 0.6 Kg/m<sup>3</sup> à 0 bar manométriques

# 0.8 kg/m<sup>3</sup> à 0.5 bar mano

# 3.6 kg/m<sup>3</sup> à 6 bar mano

## § 8 MIROIRS

Les miroirs utilisés pour les capteurs de 2 m<sup>2</sup> sont des tôles d'aluminium anodisé poli provenant d'une usine de Goncelin dans l'Isère (France).

### A) CARACTÉRISTIQUES

après traitement, les tôles d'aluminium sont conditionnées en rouleaux d'une largeur de 1,25 m, puis découpées à la demande par l'utilisateur. Epaisseur de la tôle: 0,5 mm L'aluminium étant un métal mou, il est nécessaire de supporter la tôle miroir par une tôle acier du type tôle plane laquée pour bardage.

**Réfectivité:** l'usine de Goncelin produit différentes sortes de tôles aluminium électropolies, utilisées entre autres pour confectionner les réflecteurs d'éclairages au néon: on trouve ce genre de produit dans une grande partie des éclairages de lieux publics. La qualité utilisée pour les capteurs est "1380 SG", Voir documentation sur [Almecco.it/en/](http://Almecco.it/en/) puis onglet 'Business area', puis choix Alulite puis rubrique 'Anodized' On a alors accès à une brochure pdf de 5 pages

Ces tôles ne sont pas prévues pour un usage extérieur, mais leur tenue, pour l'usage qui en est fait dans le cadre du capteur, est satisfaisante, compte tenu de la mise à l'abri des miroirs pendant les périodes de non utilisation

### B) APPROVISIONNEMENT (Décembre 2009)

L'approvisionnement des miroirs n'est pas aisé. L'usine de Goncelin, sous le nom de Satma, faisait

partie du groupe Pechiney, et commercialisait ses produits sous la marque Bandoxal. Après le rachat de Pachiney par Alcan, la Satma a été reprise par le groupe Italien Almeco, qui poursuit la commercialisation sous la marque Bandoxal. Les produits Bandoxal sont présentés sous deux gammes: la gamme "Bandoxal Optic", et la gamme "Bandoxal décor"

La référence des tôles miroir utilisées pour le capteur est "Optic 1280 SG",. Depuis la reprise de la Satma par Almeco, il n'est plus possible d'acheter à l'usine de Goncelin quelques tôles dans le cadre d'une construction de capteur à l'unité. Il est par contre possible de s'approvisionner chez des revendeurs de la gamme "Bandoxal Décor". Voir le catalogue ". Dans la gamme de produits présentés sous l'étiquette "Bandoxal Décor", le Miroir-Grand Brillant correspond à l'Optic 1280 SG.

Le service commercial de Bandoxal peut indiquer les adresses des revendeurs, qui sont usuellement des fournisseurs de produits pour étagistes, agences de magasins, etc. Les revendeurs sont livrés en tôles planes de 1,25 de large par 2,00 ou 2,50 m de long. Ils ne disposent pas de matériel de découpe

Pour approvisionner des tôles miroir, la "procédure" serait donc

- définir la dimension définitive des tôles miroirs, compte tenu de la largeur de 1,25m des bobines, et des longueurs disponibles chez les revendeurs (2,00 m ou 2,50 m)
- préparer une caisse de transport aux dimensions des grande toles, à confectionner avec deux très grands panneaux et quelques tasseaux.
- une fois les grandes tôles-miroirs emballées chez le revendeur, (prévoir tout le matériel !) il est possible de les transporter à chant (dans un fourgon) ou à plat sur une galerie de voiture (attention à la prise au vent !), ou sur une petite remorque, la caisse reposant à plat au dessus des ridelles.

Par ailleurs le groupe Almeco produit en Allemagne des tôles-miroirs en aluminium VEGA plus spécifiquement adaptés à l'énergie solaire, voir [Almeco.it/en/](http://Almeco.it/en/) puis onglet 'Business Area', puis choix Solar puis rubrique 'Reflection'. On peut alors accéder à une documentation PDF de 6 pages. Les tôles VEGA sont utilisables en extérieur ce qui n'est pas le cas pour les produits Bandoxal. Elles sont notamment utilisées comme réflecteurs sous forme (approximative ?) de CPC installés en dessous des tubes à vide chinois dans les batteries de capteurs pour eau chaude sanitaire, cf les photos de la documentation VEGA. Et il est peut être plus aisé de s'approvisionner en Allemagne qu'en France: à voir.