

**choix  
des  
produits**

**choix  
des  
produits**

## 2. choix des produits

Le choix d'une canalisation dépend en premier lieu de l'application à laquelle elle est destinée.

Ainsi, la méthode de choix de la canalisation diffère selon qu'elle transporte un liquide sous pression ou par gravité. Cette méthode permet de choisir le produit Alphacan adapté.

### 2.1. Pour le transport de fluides sous pression

Alphacan propose une gamme complète de diamètres de tubes dans différentes séries de pression : les tubes LUCOFLEX (du Ø 16 mm au Ø 500 mm). Ils permettent de répondre aux exigences relatives aux réseaux d'adduction d'eau potable, d'assainissement avec refoulement, de distribution d'eaux brutes et de liquides industriels. Ils sont conformes à la norme européenne NF EN 1452, et bénéficient de la marque **NF P**. Ces tubes disposent d'une Attestation de Conformité Sanitaire.

La gamme LUCOFLEX Irrigation (bénéficiant de la marque **NF I** selon la norme NF T 54-086) transporte également des fluides sous pression, et est alimentaire.

#### 2.1.1. Notions principales : PN, PMS, TMS, PFA

L'élément déterminant dans le choix d'une canalisation destinée à transporter des fluides sous pression est sa capacité à résister à la pression intérieure exercée par ce fluide. Plusieurs notions sont utilisées dans ce domaine :

- La **pression nominale, PN** : la PN est la désignation numérique d'un composant d'un système de canalisation utilisée à des fins de référence, liée aux caractéristiques mécaniques.

Pour les systèmes de canalisations en plastique, elle correspond à la pression de service admissible, en bar, pour le transport de l'eau à 20 °C.

Elle se calcule grâce à la connaissance des caractéristiques géométriques de la canalisation et de la valeur de la contrainte admissible dans la paroi (voir chapitre 2.1.3. formule de Lamé).

- La **pression de fonctionnement, PFA** : la PFA est la pression hydrostatique maximale sans surpression, qui est admise en utilisation continue avec de l'eau, dans la plage de température concernée.

La PFA est liée à la PN en fonction du service envisagé : elle est souvent inférieure à la PN lorsque les conditions de service sont plus sévères que les conditions de référence.

Son calcul est expliqué au chapitre 2.1.3.4. Détimbrage des pressions.

- La **pression maximale en service, PMS** : la PMS d'un élément de canalisation est la pression intérieure maximale admissible en service dans cet élément, pour le type d'application envisagé. La PMS est liée à la PN en fonction du service envisagé : elle est souvent inférieure à la PN lorsque les conditions de service sont plus sévères que les conditions de référence. Son calcul est expliqué au chapitre 2.1.3.4. Détimbrage des pressions.

- la **TMS est la température maximale en service** du fluide véhiculé et/ou ambiante qui ne doit être dépassée en aucun cas, même accidentellement, au risque d'endommager la canalisation. L'utilisation de la notion de TMS est rattachée à l'utilisation de la notion de PMS. Par ailleurs, pour une température de service supérieure à 25 °C ou dans le cas de canalisations soumises à des pulsations, il y a lieu d'appliquer un détimbrage de la PMS par rapport à la PN.

*Nota : l'utilisation de la notion de PMS (et de la notion de TMS), présente dans la norme NF T 54-016 : « Plastiques. Tubes et raccords en polychlorure de vinyle non plastifié pour la conduite de liquides avec pression », fait place aujourd'hui, pour des applications eaux potables, à l'utilisation de la notion de PFA, présentée dans les normes européennes NF EN 1452 et NF EN 805.*

#### 2.1.2. Principe de calcul

Le choix du tube adapté à la situation passe par le calcul de la **pression de service**. Cette pression peut être différente d'un tronçon à l'autre du réseau, et donc conduire au choix de produits différents selon les tronçons. Elle dépend des **caractéristiques géométriques du tracé** de la canalisation et des **pertes de charges** tout au long de la conduite.

Aux pertes de charges le long des tubes s'ajoutent les pertes de charges dans des pièces particulières comme les coudes.

Le choix du tube adapté à chaque cas particulier sera fait de manière à obtenir une PFA ou une PMS supérieure à la pression de service.

La pression de service est calculée selon la méthode indiquée aux chapitres 2.1.3.2. Pertes de charges et 2.1.3.3. Coups de bélier, et la détermination de la

PFA (ou de la PMS) d'un tube se fait selon les indications du chapitre 2.1.3.4. Détimbrage des pressions.

#### 2.1.3. Dimensionnement de la canalisation

##### 2.1.3.1. Épaisseur et pression nominale

L'épaisseur minimale des tubes est déterminée par la formule de LAME :

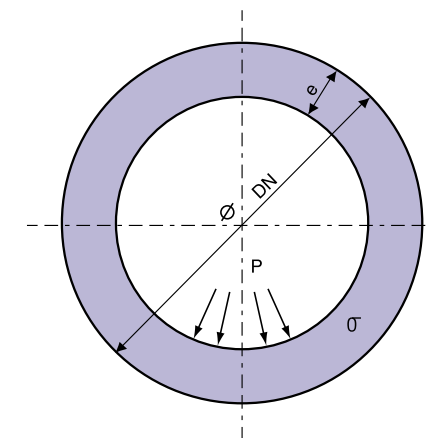
$$e = \frac{P \times DN}{2\sigma + P}$$

où **e** = épaisseur de la paroi du tube, en mm

**P** = pression intérieure, en MPa  
(correspondant à la PN qui est exprimée en bars)

**σ** = contrainte de calcul dans la paroi du tube, en MPa

**DN** = diamètre extérieur nominal du tube, en mm.



- Les valeurs de **σ** sont déterminées par le règlement de la marque **NF P**.

- Les Pressions Nominales PN des tubes adduction d'eau sont calculées selon cette relation.

### 2.1.3.2. Pertes de charges

L'abaque « perte de charges » joint permet de calculer la perte de charge correspondant à un débit donné, pour un certain diamètre ou une vitesse d'écoulement particulière (en général, les vitesses d'eau à prendre en compte pour le calcul se situent entre 0,5 et 2 m/s).

Le calcul repose sur une formule établie par **Darcy-Weisbach** :

$$J = \frac{\lambda V^2}{(2gD)}$$

où **J** = perte de charge mètre par mètre  
**λ** = coefficient de Colebrook  
**V** = vitesse de l'eau (m/s)  
**g** = accélération de la gravité (m/s<sup>2</sup>)  
**D** = diamètre intérieur du tube (mm).

λ est calculé à l'aide de la formule de **Colebrook** :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right)$$

où **k** = coefficient de rugosité absolu (hauteur maximale des aspérités de la surface intérieure). La valeur de **k** pour le PVC est particulièrement faible car sa surface est « idéalement lisse ».

Matériau	k (mm)
PVC ou PVC biorienté	0,001
Donnée couramment indiquée pour les tubes fonte revêtus de mortier de ciment	0,03

**Re** = nombre de Reynolds

$$= VD/\nu$$

où **ν** est la viscosité cinématique de l'eau (m<sup>2</sup>/s) qui dépend de la température :

T (°C)	ν 10 <sup>-6</sup>
0	1,7920
5	1,5200
10	1,3080
15	1,1420
20	1,0070
25	0,8970
30	0,8040
35	0,7270
40	0,6610
50	0,5560
65	0,4420

La relation avec le débit **Q** vient de la formule :

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

### 2.1.3.3. Coups de bélier

La fermeture de la circulation du liquide dans une canalisation entraîne une surpression momentanée (coup de bélier) qu'il faut prendre en compte dans le choix du tube.

La surpression due aux coups de bélier peut être évaluée grâce à l'abaque « Calcul des coups de bélier » joint (établi à partir de la formule d'Alliévi, correspondant à une fermeture presque instantanée de la circulation du liquide dans la conduite).

Analytiquement, la surpression due aux coups de bélier se calcule par la méthode suivante :

### 1 - Calcul de la célérité « a » de l'onde se propageant dans la canalisation

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{K' \times D}{e}}}$$

où **K'** = 10<sup>6</sup>/E où **E** est le module d'élasticité du matériau (E = 30 000 kg/cm<sup>2</sup> pour le PVC)  
**D** = diamètre intérieur du tube (mm)  
**e** = épaisseur du tube (mm).

### 2 - Calcul de la surpression

Les coups de bélier provoquant les surpressions les plus importantes correspondent à une fermeture rapide de la circulation de liquide.

Dans ces conditions, la surpression est calculée par la formule d'**Alliévi** :  
 pour **T < 2 L / a** (où **T** est le temps de fermeture et **L** la longueur de la conduite), on a :

$$\Delta H = \pm \frac{a \times V}{g}$$

où **ΔH** = ΔP surpression dans la conduite  
**a** = célérité de l'onde se propageant dans la canalisation (m/s)  
**V** = vitesse du liquide dans la canalisation avant la fermeture de la circulation du liquide (m/s)  
**g** = 9,81 m/s<sup>2</sup> accélération de la pesanteur.

### 3 - Vérification de la tenue du tube LUCOFLEX à la surpression provenant du coup de bélier

connaissant la pression dans la conduite : **P**  
 et la surpression : **ΔP**  
 il suffit de vérifier la relation : **P + ΔP < 2 × PMS** (pression maximale Service)  
 comme **P ≤ PMS**

une première vérification de la relation **ΔP < PMS** suffit pour vérifier la tenue du tube.

**C'est pratiquement toujours le cas.**

D'autres formules du coup de bélier peuvent être consultées dans l'EN 805.

### 4 - Application : calcul d'un cas particulier

Grâce à leur module d'élasticité moins élevé que celui de matériaux rigides utilisés dans les canalisations, les conduites en PVC limitent naturellement les surpressions dues aux coups de bélier. La souplesse et la déformation momentanée du tube en PVC amortissent l'effet du coup de bélier au lieu de le transmettre intégralement le long de la canalisation comme le font les conduites de module d'élasticité supérieur.

L'exemple numérique suivant permet de comparer la surpression due au même coup de bélier, dans une conduite en PVC et dans une conduite de module d'élasticité supérieur (cas de la fonte). Le calcul est effectué pour des tubes de DN 250.

Tube fonte	Tube PVC
K-9	LUCOFLEX à joint AS PN 16
e = 6,8 mm	e = 14,8 mm
DI = 250 mm	DI = 220,4 mm
E = 1 700 000 kg/cm <sup>2</sup>	E = 30 000 kg/cm <sup>2</sup>
$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{10^6 \times 250}{1,7 \times 10^6 \times 6,8}}}$	$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \frac{10^6 \times 220,4}{3 \times 10^4 \times 6,8}}}$
= 1 184 m/s	= 424 m/s
donc pour V = 1 m/s	donc pour V = 1,29 m/s*
$\Delta H = \frac{1184 \times 1}{9,81}$	$\Delta H = \frac{424 \times 1,29}{9,81}$
= 127 m	= 55,8 m
<b>ΔP (= ΔH) = 12,7 bar</b>	<b>ΔP (= ΔH) = 5,58 bar</b>

\* Nota : Les vitesses du calcul sont choisies de manière à obtenir un débit identique dans les deux canalisations prises en exemple. Ces vitesses sont différentes puisque les diamètres intérieurs de ces conduites sont différents.

**Conclusion**

a - La surpression due au coup de bélier est parfaitement admissible par cette conduite en PVC :

$$\Delta P = 5,58 \text{ bar} < PMS = 16 \text{ bar}$$

b - La surpression dans la conduite en PVC est plus faible que dans la conduite en Fonte (souplesse avantageuse du plastique).

**2.1.3.4. Détimbrage des pressions (selon la norme XPT 54 034)**

Lorsque des paramètres, connus ou mal connus, ajoutent leurs effets à ceux de la pression statique, la durée de vie de la canalisation risque de s'en trouver diminuée par rapport aux conditions de référence normalisées. Si l'on veut conserver une durée de vie identique, il y a lieu d'effectuer un « détimbrage ». Comme les tubes sont classés en séries homogènes de pressions nominales PN et comme ces séries sont échelonnées de façon logique (série de Renard : 25 - 16 - 10 - 6,3 - 4 - 2,5 bar), le moyen le plus simple pour détimbrer est de décider que la PFA ou PMS des tubes sera inférieure à la PN d'une ou de plusieurs séries : cela revient à faire glisser la PFA ou PMS par rapport à la PN. Ce détimbrage est fait à l'aide de coefficients pour le calcul de la PFA ou PMS (voir paragraphe suivant). Les critères qui amènent à effectuer un détimbrage sont les suivants :

- **les pulsations** : conduite soumise à des coups de bélier ou à de larges fluctuations répétées de pression ou de débit. C'est le cas par exemple des conduites d'adduction d'eau alimentées par refoulement d'une pompe;
- **la température** du fluide transporté;

*Nota : les différents critères susceptibles d'entraîner un détimbrage sont additifs, ce qui revient à dire que l'on peut être amené à détimbrer en cascade.*

Le détimbrage est effectué de la manière suivante :

- **PN et PFA** : (selon la norme XPT 54 034)

La relation entre PN et PFA est liée à un détimbrage en température :

$$PFA = f_A \times f_T \times PN$$

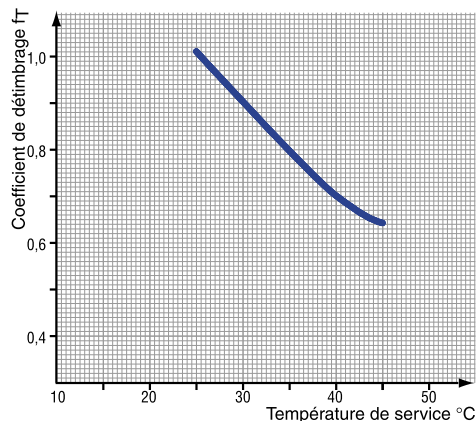
**PFA** : pression de fonctionnement admissible  
**f<sub>T</sub>** : coefficient de détimbrage en fonction de la température de service maximale

**f<sub>A</sub>** : coefficient de détimbrage en fonction de l'application

**PN** : pression nominale

**PFA et PN** : sont exprimées avec la même unité de pression (bar de préférence)

où **f<sub>T</sub>** = coefficient de détimbrage dépendant de la température de l'eau, et appliqué pour des températures supérieures à 25 °C (la valeur de **f<sub>T</sub>** est obtenue grâce au graphique donné ci-après).



Lorsque la température de service maximale n'est pas connue de manière précise, le coefficient de détimbrage **f<sub>T</sub>** doit être déterminée conformément au tableau ci-dessous.

Plage de température de service	f <sub>T</sub> PVC-U	f <sub>T</sub> PVC-BO
≥ 5 ≤ 25	1	1
> 25 ≤ 35	0,8	0,8
> 35 ≤ 45	0,63	0,63
> 45 ≤ 60	0,40	

**f<sub>A</sub>** : coefficient lié à l'application. Le coefficient **f<sub>A</sub>** à prendre en considération est égal à 1 dans presque tous les cas. En effet, des études ont montré que des tubes ovalisés ne sont nullement affectés dans leur tenue à la pression par cette déformation.

**Coefficient de détimbrage f<sub>A</sub> fonction de l'application**

Le coefficient de détimbrage **f<sub>A</sub>** à appliquer en fonction de l'application est spécifié au tableau suivant :

Fluide transporté	Application		Type d'assemblage	Risque de pulsation a	Coefficient de détimbrage f <sub>A</sub>
Eau destinée à la consommation humaine	Adduction gravitaire	Aérien	par collage	Non	1
		Enterré	à joint	Non	1
Eaux brutes	Branchement	Enterré	à joint	Non	1
Eau pour l'irrigation	Distribution	Aérien	par collage	Oui Non	0,63 1
		Enterré	par collage DN<63	Non	1
	à joint		Non	1	
	à joint		Non	1	
	Liquides alimentaires Eaux thermales et minérales Liquides industriels	Refoulement	Pas de risque de pulsation		
Tous les autres cas				0,63	

a Les phénomènes de pulsation sont susceptibles d'intervenir pour les canalisations insuffisamment protégées contre les coups de bélier et les fluctuations de pression.

### 2.1.4. Règles, conception des réseaux

Pour la conception des réseaux, les règles de l'art habituelles s'appliquent aux canalisations en PVC ainsi que bien entendu le fascicule 71 pour l'Adduction d'Eau Potable.

### 2.1.5. Tenue au vide

L'abaque « tenue au vide » joint précise la tenue au vide des canalisations LUCOFLEX et ALPHACAN BriO. La tenue de ces joints AS selon la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du tube est précisée au chapitre 5.3.3.

L'assainissement sous vide (ou par dépression) avec le Lucoflex à joint offre plusieurs avantages :

- résistance à l'abrasion (vitesse importante) ;
- surface intérieure lisse, non microporeuse ;
- résistance à la corrosion : eaux usées, eaux vannes, H<sub>2</sub>S ;
- inertie électrique : aucune destruction due aux courants telluriques et vagabonds n'est à craindre ;
- souplesse ;
- étanchéité parfaite à la dépression.

## 2.2. Pour le transport des fluides sans pression

Les tuyaux d'assainissement Alphacan BIPEAU sont dimensionnés conformément aux règles du fascicule 70.

Les tubes BIPEAU en PVC destinés au transport de fluides sans pression sont conformes à la norme XP P 16-362 et bénéficient de la Marque de Qualité



### 2.2.1. Rigidité annulaire

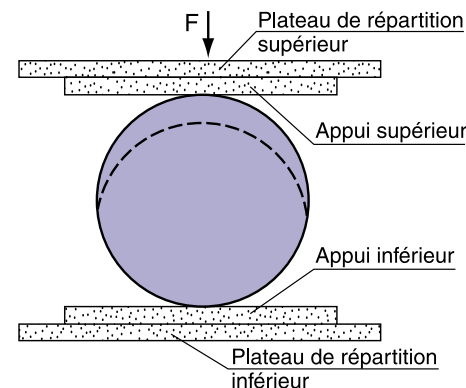
Le critère de classification des tubes en fonction de leur rigidité est la classe de rigidité (CR) du tube. La connaissance de la classe de rigidité d'un tube PVC permet de déterminer les conditions dans lesquelles il peut être utilisé. En particulier, elle permet de connaître la profondeur à laquelle le tube peut être enterré, en fonction de critères liés à la nature du sol (présence d'une nappe phréatique...), aux conditions de remblaiement (qualité de compactage...) ainsi qu'aux charges exercées sur le terrain (importance des charges roulantes...). Ces résultats sont indiqués dans le chapitre consacré au BIPEAU (chapitre 7.1).

Les matériaux rigides, tels que le béton et la fonte dans certains cas, supportent seuls les sollicitations, car leur déformation sous l'effet d'une charge est inférieure à celle d'un terrain, même compacté.

La classe de rigidité du BIPEAU permet d'exploiter pleinement les qualités du tube PVC, qui fait participer le sol à la résistance aux charges extérieures tout en reprenant dans ses propres parois une contrainte importante.

C'est en fait le couple « tube/terrain » qui s'oppose à la contrainte reçue. Ainsi, les contraintes n'entraînent jamais la rupture mécanique du tube (fracture...).

L'essai suivant, réalisé selon la norme NF EN 9967, permet de mesurer le module de rigidité d'un tube en PVC. La classe de rigidité est déduite de ce module\*.



\* Cet essai est répété sur trois éprouvettes, ce qui permettra de calculer un module de rigidité moyen. À partir de cette valeur, on peut répartir les tubes dans des classes normalisées correspondant chacune à une classe de rigidité. Les classes de rigidités sont nommées CR4 ou CR8, selon le module de rigidité (MR) du tube.

L'essai consiste à placer un échantillon de tube, conditionné au préalable à 23 °C, entre deux plateaux horizontaux que l'on resserre jusqu'à obtenir une déformation égale à 3 % du diamètre intérieur du tube. On mesure alors la force appliquée sur les plateaux pour obtenir cette déformation, et on calcule le module de rigidité (en kN/m<sup>2</sup>) par la formule suivante :

$$\text{Module de rigidité} = \frac{\left(0,0186 + 0,025 \frac{\partial}{d_i}\right) \times f}{L \times \partial}$$

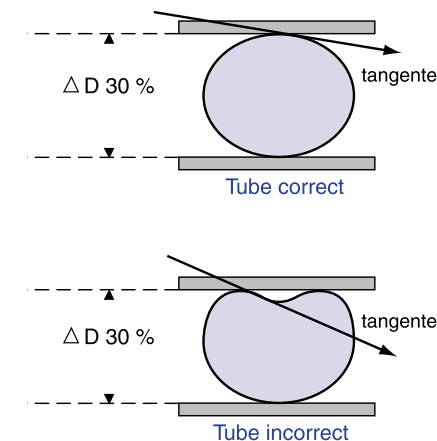
- avec  $\partial$  = déformation (m)  
 $d_i$  = diamètre intérieur du tube (m)  
 $f$  = force d'écrasement (kN)  
 $L$  = longueur de l'éprouvette (m)

Nous obtenons la classification suivante selon le Module de Rigidité :

- Si  $MR \geq 4 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow CR = 4$ .
- Si  $MR \geq 8 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow CR = 8$ .

### ► Vérification de la flexibilité annulaire

L'essai de tenue sous charge est prolongé jusqu'à une déformation du tube égale à 30 % du diamètre intérieur, à vitesse constante, conformément à la norme NF EN 1446 « Systèmes de canalisations et de gaines plastiques. Tubes thermoplastiques. Détermination d'essai de flexibilité annulaire ». Les tubes coextrudés BIPEAU passent cet essai sans difficulté.




Cette déformation de 30 % est bien supérieure à la valeur limite de 10 % d'ovalisation à long terme retenue dans le Fascicule 70.

De plus :

- La capacité d'évacuation des tubes en PVC n'est pas sensiblement affectée par cette ovalisation. L'ovalisation maximale de 10 % du diamètre des

tubes en PVC n'entraîne qu'une diminution du débit de 2,5 %. On notera, par ailleurs, que le fascicule 70 distingue les déformations à court terme et à long terme. Le taux de fluage (coefficient  $r_{s/ras}$ ), égal à 2 est à prendre en considération pour le BIPEAU, alors que certains produits plastique ont des valeurs de 4 voire 5 (voir ces valeurs dans les Avis Techniques délivrés par le CSTB).

Ainsi, selon cette caractéristiques, un BIPEAU CR8 peut être comparé à un CR16 ou un SN16 pour d'autres produits. Il convient donc d'être vigilant et d'appliquer correctement le fascicule 70 en comparant, non seulement les résultats à court terme, mais aussi à long terme.

- Les assemblages des tubes BIPEAU sont testés sous déformation selon la norme NF EN 1277. Cette qualité est vérifiée dans le cadre de la Marque de Qualité  A.

### 2.2.2. Dimensionnement hydraulique du réseau

Les calculs suivants concernent des collecteurs de moyens et gros diamètres qui, enterrés ou en élévation, transportent par gravité des effluents pluviaux ou usés.

Dans le cas d'effluents domestiques dont la température, au niveau de branchement, ne dépasse pas 35 °C (fascicule 70), on peut utiliser la formule de Bazin :

$$Q = \frac{87R \times S \times \sqrt{I}}{\gamma + \sqrt{R}}$$

On a en général plutôt recours à la formule de **Manning-Strickler** pour l'assainissement enterré :

$$Q = K \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

- où
- Q** = le débit (m<sup>3</sup>/s)
  - S** = la section mouillée (m<sup>2</sup>)
  - R** = le rayon hydraulique, égal à la surface mouillée divisée par le périmètre mouillé (en mètres, m)
  - I** = la pente moyenne (m/m)
  - K** = le coefficient de Manning-Strickler

Pour les canalisations d'eaux usées, on consultera la norme EN 752-4. Les valeurs de coefficient k utilisées dans ce document sont très conservatrices. Les tubes en PVC d'ALPHACAN ont donc des surfaces très lisses. En particulier, il résulte de cette faible rugosité une **capacité d'autocurage** permanent et un entretien réduit au minimum, sans les risques d'engorgement ni d'obstruction des autres réseaux (valeur limite d'autocurage du BIPEAU V = 0,4 m/s).



# transport et stockage

# transport et stockage