Capacité d'écoulement et perte de charge pour tuyauterie thermoplastique Schedule 40 par 100 pieds

Gallons par minute	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de fric on (pieds)	Perte de pression (PSI)
		1/4"Tuyau			1/2"Tuyau			3/4"Tuyau																
1/2	1.73	4.90	2.12																					
3/4	2.59	10.38	4.50																					
1	3.45	17.68	7.66	1.13	1.16	.50	1.26	1.03	.45		1" Tuyau			1 1/4"Tuyau										
2	6.90	63.82	27.66	2.25	4.19	1.82	3.16	5.60	2.43								1 1/2"Tuyau							
5	17.26	348.29	150.93	5.64	22.88	9.92	4.42	10.44	4.52	1.93	1.69	0.73	1.1	0.43	0.19									
7				7.89	42.66	18.49	6.32	20.21	8.76	2.70	3.14	1.36	1.55	0.81	0.35	1.13	0.38	0.16		2" Tuyau			2 1/2"Tuyau	
10				11.27	82.59	35.79	9.48	42.82	18.56	3.86	6.08	2.63	2.21	1.57	0.68	1.62	0.73	0.32						
15		3" Tuyau		16.91	175.01	75.84	12.64	72.95	31.61	5.79	12.89	5.59	3.31	3.32	1.44	2.42	1.55	0.67	1.46	0.45	0.2	1.02	0.19	0.08
20							15.80	110.29	47.80	7.72	21.96	9.52	4.42	5.65	2.45	3.23	2.64	1.14	1.95	0.77	0.33	1.38	0.33	0.14
25	1.10	.17	.07							9.64	33.20	14.39	5.52	8.55	3.71	4.04	4	1.73	2.44	1.17	0.51	1.71	0.49	0.21
30	1.32	0.24	0.1		4" Tuyau					11.57	46.54	20.17	6.63	11.98	5.19	4.85	5.6	2.43	2.92	1.64	0.71	2.05	0.69	0.3
35	1.54	.32	.14							13.50	61.91	26.83	7.73	15.94	6.91	5.65	7.45	3.23	3.41	2.18	0.94	2.39	0.92	0.4
40	1.77	.41	.18	1.02	.11	.05				15.43	79.28	34.36	8.83	20.41	8.84	6.46	9.54	4.13	3.9	2.79	1.21	2.73	1.18	0.51
45	1.99	.51	.22	1.15	.13	.06							9.94	25.39	11	7.27	11.87	5.14	4.39	3.47	1.5	3.07	1.46	0.63
50	2.21	.61	.26	1.28	.16	.07							11.04	30.86	13.37	8.08	14.43	6.25	4.87	4.22	1.83	3.42	1.78	0.77
60	2.65	.86	.37	1.53	.23	.10							13.25	43.25	18.74	9.69	20.22	8.76	5.85	5.92	2.57	4.1	2.49	1.08
70	3.09	1.15	.50	1.79	.30	.13							15.46	57.54	24.94	11.31	26.9	11.66	6.82	7.87	3.41	4.78	3.32	1.44
75	3.31	1.30	.56	1.92	.34	.15		6" Tuyau								12.12	30.57	13.25	7.31	8.94	3.87	5.12	3.77	1.63
80	3.53	1.47	.64	2.04	.39	.17										12.93	34.45	14.93	7.8	10.08	4.37	5.47	4.25	1.84
90	3.97	1.82	.79	2.30	.48	.21	1.01	.07	.03							14.54	42.85	18.57	8.77	12.53	5.43	6.15	5.28	2.29
100	4.41	2.22	.96	2.56	.59	.26	1.12	.08	.03							16.16	52.08	22.57	9.75	15.23	6.6	6.83	6.42	2.78
125	5.52	3.35	1.45	3.19	.89	.39	1.40	.12	.05		8" Tuyau								12.18	23.03	9.98	8.54	9.7	4.2
150	6.62	4.70	2.04	3.83	1.24	.54	1.68	.17	.07										14.62	32.28	13.99	10.25	13.6	5.89
175	7.72	6.25	2.71	4.47	1.65	.72	1.97	.22	.10	1.13	.06	0.03		10" Tuyau					17.06	42.95	18.61	11.96	18.09	7.84
200	8.83	8.00	3.47	5.11	2.12	.92	2.25	.29	0.13	1.3	0.08	0.03										13.67	23.17	10.04
250	11.03	12.10	5.24	6.39	3.20	1.39	2.81	.43	0.19	1.62	0.11	0.05	1.03	0.04	0.02		12" Tuyau					17.08	35.03	15.18
300	13.24	16.96	7.35	7.67	4.49	1.95	3.37	.61	0.26	1.94	0.16	0.07	1.23	0.05	0.02									
350	15.45	22.56	9.78	8.94	5.97	2.59	3.93	.81	0.35	2.27	0.21	0.09	1.44	0.07	0.03	1.01	0.03	0.01						
400				10.22	7.64	3.31	4.49	1.03	0.45	2.59	0.27	0.12	1.64	0.09	0.04	1.16	0.04	0.02						
450				11.50	9.51	4.12	5.05	1.29	0.56	2.91	0.34	0.15	1.85	0.11	0.04	1.3	0.05	0.02						
500				12.78	11.54	5.01	5.61	1.56	0.68	3.24	0.41	0.18	2.05	0.14	0.06	1.44	0.06	0.03						
750				19.17	24.49	10.61	8.42	3.31	1.43	4.86	0.87	0.38	3.08	0.29	0.13	2.17	0.12	0.05						
1000							11.23	5.64	2.44	6.48	1.48	0.64	4.1	0.49	0.21	2.89	0.21	0.09						
1250							14.04	8.53	3.7	8.09	2.24	0.97	5.13	0.74	0.32	3.61	0.31	0.13						
1500							16.84	11.96	5.18	9.71	3.13	1.36	6.16	1.03	0.45	4.33	0.44	0.19						
2000										12.95	5.34	2.31	8.21	1.76	0.76	5.78	0.75	0.33						
2500										16.19	8.07	3.5	10.26	2.66	1.15	7.22	1.13	0.49						
3000													12.31	3.73	1.62	8.67	1.58	0.68						
3500													14.36	4.96	2.15	10.11	2.11	0.92						
4000													16.42	6.36	2.87	11.56	2.71	1.17						

Données techniques

Capacité d'écoulement et perte de charge pour tuyauterie thermoplastique de calibre 80 (par 100 pieds)

Gallons par minute	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)	Vitesse (pieds par seconde)	Hauteur de friction (pieds)	Perte de pression (PSI)
		1/4"Tuyau			1/2"Tuyau			3/4"Tuyau			1"Tuyau			1 1/4"Tuyau			1 1/2"Tuyau			2"Tuyau			2 1/2"Tuyau	
1/4	1.28	3.57	1.55																					
1/2	2.57	12.88	5.58																					
3/4	3.85	27.29	11.83	1.11	1.31	.57																		
1	5.14	46.49	20.15	1.48	2.24	.97	.78	.48	.21															
3	15.41	355.60	154.20	4.43	17.13	7.43	2.35	3.65	1.59	1.40	1.04	.45												
5				7.38	44.12	19.12	3.92	9.45	4.10	2.33	9.45	1.16	1.30	.64	.28									
7				10.33	82.27	35.65	5.48	17.62	7.64	3.26	4.98	2.16	1.82	1.20	.52	1.31	.54	.23						
10		3"Tuyau		14.76	159.26	69.02	7.84	34.11	14.78	4.66	9.65	4.18	2.59	2.32	1.01	1.87	1.05	.46	1.12	.30	.13			
15							11.75	72.27	31.32	6.99	20.44	8.86	3.89	4.91	2.13	2.81	2.23	.97	1.67	.63	.27	1.17	.26	.11
20	1.00	.15	.07				15.67	123.13	53.36	9.32	34.82	15.09	5.19	8.36	3.62	3.75	3.80	1.65	2.23	1.07	.46	1.56	.45	.20
25	1.24	.23	.10		4" Tuyau					11.66	52.64	22.81	6.48	12.64	5.48	4.69	5.74	2.49	2.79	1.63	.71	1.92	.68	.29
30	1.49	.32	.14							13.99	78.78	31.97	7.78	17.71	7.67	5.62	8.04	3.48	3.35	2.28	.99	2.34	.95	.41
35	1.74	.43	.19	1.00	.11	.05				16.32	98.16	42.54	9.08	23.56	10.21	6.56	10.70	4.64	3.91	3.03	1.31	2.73	1.26	.55
40	1.99	.54	.23	1.14	.14	.06							10.37	30.17	13.07	7.50	13.71	5.94	4.46	3.88	1.68	3.12	1.62	.70
45	2.24	.68	.29	1.28	.17	.07							11.67	37.53	16.26	8.44	17.05	7.39	5.02	4.38	2.09	3.50	2.01	.87
50	2.49	.82	.36	1.42	.21	.09							12.97	45.62	19.77	9.37	20.72	8.98	5.58	5.87	2.54	3.89	2.45	1.06
60	2.99	1.15	.50	1.71	.30	.13							15.56	69.94	27.71	11.25	29.04	12.58	6.07	8.22	3.56	4.67	3.43	1.49
70	3.49	1.54	.67	1.99	.39	.17		6" Tuyau								13.12	38.64	16.74	7.81	10.94	4.74	5.45	4.56	1.98
75	3.73	1.74	.75	2.14	.45	.20										14.06	43.90	19.02	8.37	12.43	5.39	5.84	5.18	2.24
80	3.98	1.97	.85	2.28	.51	.22	1.00	.07	.03							15.00	49.48	21.44	8.93	14.01	6.07	6.23	5.84	2.53
90	4.48	2.45	1.06	2.56	.63	.27	1.13	.63	.27							16.87	61.54	26.67	10.05	17.42	7.55	7.01	7.26	3.15
100	4.98	2.97	1.29	2.85	.76	.33	1.25	.10	.04		8"Tuyau								11.16	21.18	9.18	7.79	8.83	3.83
125	6.22	4.49	1.95	3.56	1.16	.50	1.57	.16	.07										13.95	32.02	13.88	9.74	13.34	5.78
150	7.47	6.30	2.73	4.27	1.62	.70	1.88	.22	.10	1.07	.06	.03							16.74	44.88	19.45	11.68	18.70	8.10
175	8.71	8.38	3.63	4.99	2.16	.94	2.19	.29	.13	1.25	.07	.03		10"Tuyau								13.63	24.88	10.78
200	9.96	10.73	4.65	5.70	2.76	1.20	2.51	.37	.16	1.43	.10	.04										15.58	31.86	13.81
250	12.45	16.22	7.03	7.12	4.17	1.81	3.13	.57	.25	1.78	.14	.06	1.13	.05	.02		12"Tuyau								
300	14.94	22.74	9.85	8.55	5.85	2.54	3.76	.79	.34	2.14	.20	.09	1.36	.07	.03									
350	17.43	30.25	13.11	9.97	7.78	3.37	4.39	1.05	.46	2.50	.27	.12	1.59	.09	.04	1.12	.04	.02						
400				11.40	9.96	4.32	5.01	1.35	.59	2.85	.34	.15	1.81	.11	.05	1.28	.05	.02						
450				12.85	12.39	5.37	5.64	1.68	.73	3.21	.43	.19	2.04	.14	.06	1.44	.06	.03						
500				14.25	15.06	6.53	6.27	2.04	.88	3.57	.52	.23	2.27	.17	.07	1.60	.07	.03						
750				21.37	31.92	13.83	9.40	4.33	1.88	5.35	1.10	.48	3.40	.36	.16	2.40	.16	.07						
1000							12.53	7.37	3.19	7.14	1.87	.81	4.53	.62	.27	3.20	.27	.12						
1250							15.67	11.14	4.83	8.92	2.83	1.23	5.67	.94	.41	4.00	.40	.17						
1500										10.71	3.97	1.72	6.80	1.32	.57	4.81	.57	.25						
2000										14.27	6.76	2.93	9.07	2.24	.97	6.41	.96	.42						
2500										17.84	10.23	4.43	11.33	3.39	1.47	8.01	1.46	.63						
3000													13.60	4.74	2.06	9.45	1.96	.85						
3500													15.86	6.23	2.74	11.03	2.61	1.13						
4000																12.60	3.34	1.45						

Température nominale des produits Fabco

Puisque la résistance des tuyaux en plastique est sensible à la température, la même méthode d'essai est utilisée pour déterminer la résistance du matériau à des températures élevées. Le facteur de correction pour chaque température est le rapport entre la résistance à cette température et la résistance de base à 73 °F. Comme la contrainte circonférentielle est directement proportionnelle à la pression interne qui génère cette contrainte dans le tuyau, les facteurs de correction peuvent être utilisés pour ajuster la pression ainsi que la contrainte en fonction de la température. Pour les applications de tuyaux et de raccords à des températures supérieures à 73 °F, veuillez vous référer au tableau ci-dessous des facteurs de correction de température. Pour déterminer la pression nominale maximale sans choc à une température élevée, il suffit de multiplier la pression de base obtenue dans le tableau de la colonne précédente par le facteur de correction tiré du tableau ci-dessous. La pression admissible reste identique à la pression de base pour toutes les températures inférieures à 73 °F.

FACTEURS DE CORRECTION DE TEMPÉRATURE

TEMPÉRATURE DE FONCTIONNEMENT (°F)	FACTEURS			
	PVC	CPVC	PP	PVDF
70	1.00	1.00	1.00	1.00
80	0.90	0.96	0.97	0.95
90	0.75	0.92	0.91	0.87
100	0.62	0.85	0.85	0.80
110	0.50	0.77	0.80	0.75
115	0.45	0.74	0.77	0.71
120	0.40	0.70	0.75	0.68
125	0.35	0.66	0.71	0.66
130	0.30	0.62	0.68	0.62
140	0.22	0.55	0.65	0.58
150	N.R.	0.47	0.57	0.52
160	N.R.	0.40	0.50	0.49
170	N.R.	0.32	0.26	0.45
180	N.R.	0.25	*	0.42
200	N.R.	0.18	N.R.	0.36
210	N.R.	0.15	N.R.	0.33
240	N.R.	N.R.	N.R.	0.25
280	N.R.	N.R.	N.R.	0.18

** Recommandé pour un drainage intermittent avec une pression ne dépassant pas 20 psi.*
N.R. = Non recommandé.

Pression nominale des produits Fabco

La capacité de pression d'un tuyau donné à une température donnée dépend de la résistance du matériau dont il est fabriqué ainsi que de la géométrie du tuyau, définie par son diamètre et l'épaisseur de sa paroi. L'expression suivante, communément appelée équation ISO, est utilisée dans les spécifications de tuyauterie thermoplastique pour relier ces facteurs :

$$P = 2S / (Do/t - 1)$$

où : P = pression maximale admissible, psi
S = contrainte maximale de conception hydraulique (résistance maximale de service), psi
Do = diamètre extérieur moyen du tuyau, en pouces
t = épaisseur minimale de paroi, en pouces

La contrainte de conception admissible, qui est la contrainte de traction dans le sens circonférentiel du tuyau, est déterminée pour chaque matériau selon la norme ASTM D 2837, Standard Test Method for Obtaining Hydrostatic Design Basis for Thermoplastic Pipe Materials, à 73 °F. Les pressions nominales ci-dessous ont été calculées à partir de la contrainte de conception hydraulique de base pour chacun des matériaux.

Tuyaux et raccords
Pour déterminer la pression nominale d'un système de produits, commencez par repérer le matériau plastique et le calibre (schedule) des tuyaux et raccords dans l'en-tête du tableau de la pression maximale de fonctionnement sans choc ci-dessous. Ensuite, repérez la méthode d'assemblage choisie dans le sous-titre du tableau et descendez dans la colonne jusqu'à la valeur qui se trouve en face de la taille de tuyau indiquée dans la colonne la plus à gauche. Cette valeur représentera la pression maximale de fonctionnement sans choc à 73 °F pour le système défini.

PRESSION MAX. DE FONCTIONNEMENT SANS CHOC (PSI) À 73 °F

	PVC ET CPVC CALIBRE 40	PVC ET CPVC CALIBRE 80	
TAILLE NOMI. DU TUYAU	EXTREMITE À EMBOÎTER	EXTREMITE À EMBOÎTER	EXTREMITE FILETÉE
1/2	600	850	420
3/4	480	690	340
1	450	630	320
1 1/4	370	520	260
1 1/2	330	470	240
2	280	400	200
2 1/2	300	420	210
3	260	370	190
4	220	320	160
6	180	280	N.R.
8	160	250	N.R.
10	140	230	N.R.
12	130	230	N.R.

	POLYPROPYLÈNE CALIBRE 80		PVDF CALIBRE 80	
TAILLE NOMINALE DU TUYAU	JOINT THERMOFUSIBLE	FILETÉ	JOINT THERMOFUSIBLE	FILETÉ
1/2	410	20	580	290
3/4	330	20	470	230
1	310	20	430	210
1 1/4	260	20	—	—
1 1/2	230	20	326	160
2	200	20	270	140
2 1/2	—	—	—	—
3	190	20	250	N.R.
4	160	20	220	N.R
6	140	N.R.	190	N.R.

N.R. = Non recommandé.

1. Pour un usage plus intensif, un facteur de correction supplémentaire peut être nécessaire.

2. Les Tés, coudes à 90° et à 45° en CPVC de 8 po sont évalués à la moitié de la valeur indiquée. Une pression nominale de 175 psi peut être obtenue par un renforcement en usine avec fibre de verre et polyester. Veuillez consulter le service à la clientèle pour les délais de livraison.

3. Recommandé pour un drainage intermittent sous pression n'excédant pas 20 psi.

Vannes, unions et brides
La pression nominale maximale pour les vannes, les brides et les unions, peu importe leur dimension, est de 150 psi à 73 °F. Comme pour tous les autres composants thermoplastiques, la pression de fonctionnement maximale (hors choc) est reliée à la température. Au-dessus de 100 °F, veuillez vous référer au tableau ci-dessous.

PRESSION DE FONCTIONNEMENT MAXIMALE (HORS CHOC) (PSI) EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

TEMPERATURE (º F)	PVC	CPVC	PP	PVDF
100	150	150	150	150
110	135	140	140	150
120	110	130	130	150
130	75	120	118	150
140	50	110	105	150
150	N.R.	100	93	140
160	N.R.	90	80	133
170	N.R.	80	70	125
180	N.R.	70	50	115
190	N.R.	60	N.R.	106
200	N.R.	50	N.R.	97
250	N.R.	N.R.	N.R.	50
280	N.R.	N.R.	N.R.	25

N.R. = Non recommandé.

Produits Fabco en situations de vide ou de charge externe

Les tuyaux thermoplastiques sont souvent utilisés dans des applications où la pression extérieure excède la pression intérieure du tuyau. Les lignes de suction (aspiration) ou les tuyaux enterrés en sont des exemples typiques. En pratique, les manomètres indiquent la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique. Cependant, les scientifiques et ingénieurs utilisent souvent une échelle absolue, où zéro représente un vide parfait théorique et la pression atmosphérique standard est de 14,6959 psia.

Les joints collés au solvant ou par fusion thermique sont particulièrement recommandés pour les applications sous vide. Dans les systèmes en PVC, CPVC, PP ou PVDF, les composants mécaniques comme les vannes ou raccords de transition aux équipements représentent généralement un risque d'intrusion plus élevé que le système de tuyauterie lui-même. L'expérience montre que les systèmes sous vide en PVC peuvent être évacués à des pressions aussi basses que 5 microns avec une pompe en continu. Toutefois, lorsque le système est arrêté, la pression remontera et se stabilisera autour de 10 000 microns, soit environ 10 mmHg à 73 °F.

Le tableau suivant indique la capacité de résistance à la charge externe pour des tuyaux en plastique à 73 °F. Il démontre à quel point la pression extérieure admissible peut dépasser la pression intérieure. (Par exemple, un tuyau avec une pression intérieure de 100 psi peut supporter 100 psi de plus en pression extérieure qu'un tuyau à 0 psi interne.) Pour des températures différentes de 73 °F, multipliez les valeurs du tableau par les facteurs de correction de température listés à la page précédente. Ce tableau s'applique également aux systèmes sous vide, où la pression externe est généralement atmosphérique (0,0 psig) et la pression interne est souvent négative (vacuum). Cette valeur ne dépassera jamais −14,7 psig. Par conséquent, si la pression admissible indiquée (corrigée pour la température) est supérieure à la différence entre la pression interne et externe, le système en plastique est jugé acceptable.

Taille (po)	SCH. 40 PVC	SCH. 80 PVC	SCH. 80 CPVC	SCH. 80 PP	SCH. 80 PVDF
1/2	450	575	575	230	391
3/4	285	499	499	200	339
1	245	469	469	188	319
1 1/4	160	340	340	136	—
1 1/2	120	270	270	108	183
2	75	190	190	76	129
2 1/2	100	220	220	—	—
3	70	155	155	62	105
4	45	115	115	46	78
6	25	80	80	32	54
8	16	50	50	—	—
10	12	43	—	—	—
12	9	39	—	—	—

Pertes de pression dans un système de tuyauterie

Calculs de tuyauterie

Lorsqu'un fluide circule dans un système de tuyauterie, il subit une perte de charge dépendant, entre autres, de la vitesse du fluide, de la rugosité des parois du tuyau et de la surface intérieure du tuyau. Les tableaux des pages 9 et 10 donnent les données de perte de charge et de vitesse pour les tuyaux thermoplastiques Schedule 40 et Schedule 80, selon la formule de Williams et Hazen :

$$H = 0.2083 \times (100 / C)^{1.852} \times (q^{1.852} / d^{4.8655})$$

Où : H = perte de charge en pieds d'eau / 100 pieds de tuyauterie
C = constante de rugosité de surface (150 pour tous les tuyaux thermoplastiques)
q = débit du fluide (gallons/minute)
d = diamètre intérieur du tuyau

Les raccords et vannes, en raison de leurs formes plus complexes, ajoutent des pertes de charge significatives dans un système de tuyauterie. Une méthode courante pour exprimer ces pertes consiste à les convertir en longueurs de tuyau équivalentes. Cela représente la longueur de tuyau produisant la même perte de charge qu'un raccord de même taille. Des tableaux sont disponibles indiquant la longueur équivalente (en pieds) pour divers types de raccords usuels, selon leur dimension. En combinant ces tableaux avec les tableaux de perte de charge, la perte totale de pression dans un système en plastique peut être calculée pour n'importe quelle vitesse de fluide.

Exemple :
Supposons que nous voulions déterminer la perte de pression à travers un coude de 90° en PVC Schedule 40 de 2 po, avec un débit de 75 GPM. D'après le tableau, la longueur équivalente d'un coude de 90° en 2 po est de 5,5 pieds. Le tableau des tuyaux Schedule 40 indique une perte de charge de 3,87 psi par 100 pieds de tuyau pour un débit de 75 GPM.

Solution : 5,5 pi (coude 90°) × 3,87 psi / 100 pi
= 0,21 psi de perte de pression par coude 90°

Si maintenant il s'agissait d'un coude de 2 po en Schedule 80, et que nous voulions connaître la perte de charge exprimée en pieds, la démarche est similaire, sauf qu'on consulte le tableau du Schedule 80, qui indique 12,43 pieds de perte par 100 pieds de tuyau à 75 GPM.

Solution : 5,5 pi (coude 90°) × 12,43 pi / 100 pi
= 0,68 pi de perte de charge pour ce coude de 90°

Pour obtenir une copie des tableaux mentionnés dans cette section, veuillez contacter le service à la clientèle.

Calculs pour les vannes

Pour aider à la conception des systèmes, les valeurs de dimensionnement de débit (Cv) sont indiquées pour les vannes, lorsque disponible. Ces valeurs représentent le débit (en GPM) requis pour générer une perte de pression de 1 psi à travers la vanne. La formule pour déterminer la perte de pression dans une condition donnée est :

$$P = (Q^2 \times S.G.) / Cv^2$$

Où : P = perte de pression à travers la vanne (en psi)
Q = débit à travers la vanne (en GPM)
S.G. = gravité spécifique du liquide (eau = 1.0)
Cv = coefficient de débit

Pour connaître les valeurs Cv des vannes spécifiques, contactez le service à la clientèle ou consultez le catalogue du fabricant.

EXEMPLE :
Trouver la perte de pression à travers une vanne de retenue à bille en PVC de 1 ½ po, avec un débit d'eau de 50 GPM. Le Cv est de 56.

$P = (50^2 \times 1.0) / 56^2$
$P = (50 / 56)^2$
$P = 0,797$ psi

Choc hydraulique

Le choc hydraulique est le terme utilisé pour décrire la montée soudaine de pression dans un système de tuyauterie lorsqu'un liquide est démarré ou arrêté rapidement. Cette augmentation de pression est causée par la poussée d'inertie du fluide ; ainsi, elle augmente avec la vitesse du liquide, la longueur du système depuis la source du fluide, ou encore avec la rapidité du démarrage ou de l'arrêt. Des exemples de situations où un choc hydraulique peut se produire incluent des vannes qui s'ouvrent ou se ferment rapidement ou des pompes qui démarrent avec une ligne de refoulement vide. Un choc hydraulique peut même survenir lorsqu'une vague de liquide à haute vitesse (comme celle générée par une pompe qui démarre) frappe un changement brusque de direction dans la tuyauterie, comme un coude. La montée de pression causée par l'effet de choc hydraulique s'ajoute à la pression existante dans le système. Et bien que ce phénomène soit de courte durée, cette charge de choc peut suffire à faire éclater un tuyau ou à briser des raccords ou des vannes.

Une conception adéquate du système de tuyauterie réduit le risque de dommages causés par le choc hydraulique.

Conseils pour limiter les problèmes :

1. Dans un système de tuyauterie en plastique, maintenir une vitesse du fluide ≤ 5 pi/s minimise les effets de choc hydraulique, même avec des vannes à fermeture rapide comme les électrovannes. Le débit est normalement exprimé en gallons par minute — GPM. Pour déterminer la vitesse du fluide dans une section de tuyauterie, utilisez la formule suivante :

$$V = (0,4085 \times GPM) / Di^2$$

Où : v = vitesse du fluide en pieds par seconde
Di = diamètre intérieur
GPM = débit en gallons par minute

Des tableaux de capacité d'écoulement sont disponibles pour les vitesses de fluide résultant de débits spécifiques dans des tuyaux Schedule 40 et Schedule 80. Le débit maximal recommandé pour un tuyau donné peut être déterminé en remplaçant la vitesse du fluide par 5 pi/s dans la formule ci-dessus et en résolvant pour GPM.

Débit maximal recommandé (GPM) = $12.24 \times Di^2$

2. L'utilisation de vannes motorisées, qui ont un temps de fermeture défini, éliminera le risque qu'une personne ouvre ou ferme une vanne trop rapidement par inadvertance. Pour les actionneurs pneumatiques (air/air ou air/ressort), il sera probablement nécessaire d'installer une vanne de régulation de débit dans la ligne d'air afin de ralentir le cycle de fonctionnement, en particulier pour les vannes de plus de 1 ½ po.
3. Si possible, lors du démarrage d'une pompe, fermez partiellement la vanne dans la ligne de refoulement pour minimiser le volume de liquide accélérant rapidement dans le système. Une fois que la pompe a atteint sa pleine vitesse et que la ligne est complètement remplie, la vanne peut être ouverte.
4. Une clapet anti-retour installé près de la pompe dans la ligne de refoulement maintiendra la ligne pleine et aidera à prévenir les coups de bélier excessifs lors du démarrage de la pompe. Avant le premier démarrage, la ligne de refoulement doit être purgée de tout l'air. L'air emprisonné dans la tuyauterie réduit considérablement la capacité des tuyaux en plastique à résister aux chocs hydrauliques.

Onde de choc hydraulique

Si tout l'air est retiré du système concerné, une formule théorique peut prédire de manière assez précise l'effet d'un coup de bélier :

Où : p = pression maximale de surpression, en psi
v = vitesse du fluide, en pieds par seconde
C = constante d'onde de surpression pour l'eau à 73 °F
*SG = gravité spécifique du liquide (si SG = 1, alors p = v × C)

EXEMPLE :

Un tuyau en PVC Schedule 80 de 2 po transporte un fluide avec une gravité spécifique de 1,2, à un débit de 30 GPM, sous une pression de 160 psi. Quelle serait la pression de surpression si une vanne était fermée soudainement ?

Selon le tableau: C = 24,2, v = 3,35
p = 3,35 × 26,6 = 90 psi
Pression totale dans la ligne = 160 + 90 = 250 psi

Le PVC Schedule 80 de 2 po a une pression nominale de 400 psi à température ambiante. Par conséquent, ce tuyau est acceptable pour cette application.

CONSTANTE D'ONDE DE SURPRESSION (C)

Diamètre	PVC		CPVC		PP	PVDF
	SCH.40	SCH.80	SCH.40	SCH.80	SCH.80	SCH.80
1/4	31.3	34.7	33.2	37.3	—	—
3/8	29.3	32.7	31.0	34.7	—	—
1/2	28.7	31.7	30.3	33.7	25.9	28.3
3/4	26.3	29.8	27.8	31.6	23.1	25.2
1	25.7	29.2	27.0	30.7	21.7	24.0
1 1/4	23.2	27.0	24.5	28.6	19.8	—
1 1/2	22.0	25.8	23.2	27.3	18.8	20.6
2	20.2	24.2	21.3	25.3	17.3	19.0
2 1/2	21.1	24.7	22.2	26.0	—	—
3	19.5	23.2	20.6	24.5	16.6	18.3
4	17.8	21.8	18.8	22.9	15.4	17.0
6	15.7	20.2	16.8	21.3	14.2	15.8
8	14.8	18.8	15.8	19.8		
10	14.0	18.3	15.1	19.3		
12	13.7	18.0	14.7	19.2		
14	13.4	17.9	14.4	19.2		

ATTENTION : Le retrait complet de l'air du système est essentiel pour que la méthode d'analyse des ondes de surpression soit valable, comme indiqué au début de cette section. Toutefois, cela est plus facile à dire qu'à faire. Il est donc déconseillé de se fier uniquement à cette méthode d'analyse. D'après notre expérience, la meilleure approche pour garantir une installation réussie consiste à prévoir des purgeurs d'air bien placés et à maintenir la vitesse du fluide près ou en dessous de la limite recommandée de 5 pi/s.

Dilatation et contraction thermique des tuyaux en plastique

Calcul de la variation dimensionnelle

Tous les matériaux subissent une variation dimensionnelle en raison des changements de température au-dessus ou en dessous de la température d'installation. L'ampleur de l'expansion ou de la contraction dépend du coefficient de dilatation linéaire du matériau de tuyauterie. Ces coefficients sont indiqués ci-dessous pour les principaux matériaux plastiques utilisés en tuyauterie industrielle, selon la forme conventionnelle : pouces de variation dimensionnelle par degré Fahrenheit de variation de température, par pouce de longueur. Ils sont également présentés sous une forme plus pratique à utiliser, soit : pouces de variation dimensionnelle par tranche de 10 °F de variation de température, par 100 pieds de tuyau.

COEFFICIENTS DE DILATATION

MATÉRIAU	C (po/po/°F × 10^{-5})	Y (po/10 °F/100 pi)
PVC	3.0	.360
CPVC	3.8	.456
PP	5.0	.600
PVDF	7.9	.948

La formule permettant de calculer la variation dimensionnelle due à la température, en utilisant le coefficient pratique (Y), dépend de la variation de température à laquelle le système peut être exposé — entre la température d'installation et l'écart le plus important vers la température maximale ou minimale — ainsi que de la longueur du tuyau entre les changements de direction ou les points d'ancrage.

Un tableau pratique est présenté ci-dessous, qui donne une approximation de la variation dimensionnelle en fonction du changement de température et de la longueur du tuyau.

$$L = Y \times (T1 - T2) / 10 \times L / 100$$

L = variation dimensionnelle due à l'expansion ou à la contraction thermique (en po)
Y = coefficient de dilatation (voir le tableau ci-dessus) (po/10 °F/100 pi)
(T1 – T2) = écart de température entre la température d'installation et la température maximale ou minimale du système, selon celle qui donne l'écart le plus important (°F)
L = longueur du tronçon de tuyau entre deux changements de direction (pi)

EXEMPLE 1 :
Quelle expansion peut-on prévoir dans un tronçon droit de 200 pi de tuyau en PVC de 3 po installé à 75 °F, lorsque le système de tuyauterie sera utilisé à une température maximale de 120 °F et minimale de 40 °F ?
L = (120 – 75)/10 × 200/100 = 0.360 × 4.50 × 2.0 = 3.24 po

TEMP	LONGUEUR DU TUYAU JUSQU'AU POINT D'ANCRAGE LE PLUS PROCHE (pi)									
T(°F)	10'	20'	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'	100'
10°	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	0.36
20°	0.07	0.14	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50	0.58	0.65	0.72
30°	0.11	0.22	0.32	0.43	0.54	0.65	0.76	0.86	0.97	1.08
40°	0.14	0.29	0.43	0.58	0.72	0.86	1.00	1.15	1.30	1.44
50°	0.18	0.36	0.54	0.72	0.90	1.08	1.26	1.44	1.62	1.80
60°	0.22	0.43	0.65	0.86	1.08	1.30	1.51	1.73	1.94	2.16
70°	0.25	0.50	0.76	1.01	1.26	1.51	1.76	2.02	2.27	2.52
80°	0.29	0.58	0.86	1.15	1.44	1.73	2.02	2.30	2.59	2.88
90°	0.32	0.65	0.97	1.30	1.62	1.94	2.27	2.59	2.92	3.24
100°	0.36	0.72	1.08	1.44	1.80	2.16	2.52	2.88	3.24	3.60
110°	0.40	0.79	1.19	1.58	1.98	2.38	2.77	3.17	3.56	3.96
120°	0.43	0.86	1.30	1.73	2.16	2.59	3.02	3.46	3.89	4.32

Remarque : la variation de température (T) est calculée à partir de la température d'installation jusqu'à la plus grande des limites (maximale ou minimale).
Pour déterminer l'expansion ou la contraction pour un matériau autre que le PVC, multipliez la variation de longueur indiquée pour le PVC dans le tableau ci-dessus par : 1.2667 pour le CPVC, 1.6667 pour le PP, 2.6333 pour le PVDF.

Calcul des contraintes
Si le mouvement résultant de changements thermiques est restreint par le système de support de tuyauterie ou par l'équipement auquel il est raccordé, les forces résultantes peuvent endommager cet équipement ou le tuyau lui-même. Il est donc recommandé d'ancrer les tuyaux indépendamment à ces raccords. Si le système de tuyauterie est maintenu rigide ou bloqué aux deux extrémités sans compensation pour la dilatation ou contraction thermique du tuyau, la contrainte résultante peut être calculée avec la formule suivante :

St = EC (T1 – T2)
St = contrainte (psi)
E = module d'élasticité (psi) (voir le tableau ci-dessous pour les valeurs selon la température)
C = coefficient de dilatation (po/po/°F × 10^5)
(T1–T2) = Variation de température (°F) entre la température d'installation et la température maximale ou minimale du système, selon celle qui présente l'écart le plus important.

MODULE D'ÉLASTICITÉ

	73°F	90°F	100°F	140°F	180°F	210°F	250°F
PVC	4.20	3.75	3.60	2.70	N/D	N/D	N/D
CPVC	4.23	4.00	3.85	3.25	2.69	2.20	N/D
PP	1.79	1.25	1.15	.72	.50	N/D	N/D
PVDF	2.19	1.88	1.74	1.32	1.12	.81	.59

N/D = Non disponible

La force longitudinale résultante peut être déterminée en multipliant la contrainte thermique par la surface de la section transversale du tuyau plastique.

F = St × A
F = force (lb)
St = contrainte (psi)
A = aire de la section transversale (po²)

EXEMPLE 2 :
Quelle serait la force générée dans un tuyau en PVC de 2 po de série 80 si celui-ci est maintenu rigide et bloqué aux deux extrémités ? Supposons un écart de température de 70 °F à 100 °F.

St = EC (T1 – T2)
St = EC (100 – 70)
St = (3.60 × 10^5) × (3.0 × 10⊠^{5}) × 30
St = 324 psi

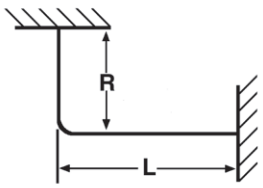
Pour le calcul de la surface transversale (A), on utilise les diamètres extérieur (OD) et intérieur (ID) du tuyau :

$$A = \pi/4 (OD^2 - ID^2) = 3.1416/4 \times (2.375^2 - 1.913^2) = 1.556 \text{ po}^2$$

La force exercée par le tuyau de 2 po, qui est contraint, est simplement la contrainte de compression multipliée par sa surface transversale :

F = St × A
F = 324 psi × 1.556 po²
F = 504 lb

Gestion de l'expansion/contraction dans la conception
Les contraintes et forces résultant de l'expansion ou contraction thermique peuvent être réduites ou éliminées en intégrant de la flexibilité dans le système de tuyauterie par des changements fréquents de direction ou par l'ajout de boucles, comme illustré graphiquement sur cette page.



Les systèmes de tuyauterie sont normalement conçus avec suffisamment de changements de direction, ce qui leur confère une flexibilité inhérente, afin de compenser l'expansion et la contraction. Pour déterminer si une flexibilité adéquate existe dans la section (R) (voir Fig. 1) afin d'accommoder l'expansion et la contraction prévues dans la section adjacente (L), utilisez la formule suivante :

$$R = 2.877\sqrt{D\ L}$$ — FORMULE DE DÉCALAGE SIMPLE

Où : R = longueur de la section opposée à fléchir (pi)
D = diamètre extérieur réel du tuyau (po)
L = variation dimensionnelle de la section adjacente due à l'expansion ou la contraction thermique (po)

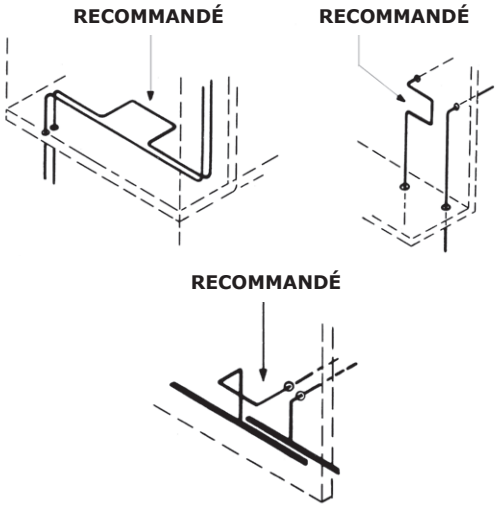
Gardez à l'esprit que les deux sections du tuyau s'étendront et se contracteront. Par conséquent, la section la plus courte doit être sélectionnée pour le test de validation lors de l'analyse de la flexibilité inhérente dans les décalages naturellement présents.

EXEMPLE 3 :
Quelle serait la longueur minimale d'une section en angle droit nécessaire pour compenser l'expansion si elle était située à l'extrémité non ancrée d'un tronçon de 200 pi de tuyau, comme dans l'exemple 1 à la page précédente ?

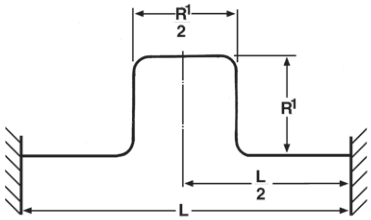
$$R = 2.877\sqrt{3.500 \times 3.24} = 9.69 \text{ pi}$$

La flexibilité doit être intégrée dans un système de tuyauterie par l'introduction de décalages de flexion dans les situations suivantes :
1. Lorsque les tronçons droits de tuyauterie sont longs.
2. Lorsque les extrémités d'un tronçon droit sont empêchées de bouger.
3. Lorsque le système est contraint au niveau des embranchements et/ou des coudes.

Plusieurs exemples de méthodes permettant d'introduire de la flexibilité dans ces situations sont présentés graphiquement ci-dessous. Dans chaque cas, des supports rigides ou des dispositifs de retenue ne doivent pas être placés sur une section flexible d'une boucle d'expansion, d'un décalage ou d'un coude.



Une boucle d'expansion (fabriquée avec des coudes à 90° et des tuyaux droits, comme illustré dans la figure ci-dessus) est simplement un double décalage intégré dans un tronçon droit de tuyauterie.



La longueur requise pour chaque section de la boucle (R'), nécessaire pour accommoder l'expansion et la contraction attendues dans le tronçon de tuyau (L), peut être déterminée en modifiant la FORMULE DE DÉCALAGE SIMPLE pour obtenir la FORMULE DE BOUCLE, comme indiqué ci-dessous :

$$R' = 2.041\sqrt{D\ L}$$ — FORMULE DE BOUCLE

EXEMPLE 4 :
Quelle devrait être la longueur des sections de la boucle d'expansion afin de compenser l'expansion dans l'exemple 1 de la page précédente ?

$$R' = 2.041\sqrt{3.500 \times 3.24} = 6.87 \text{ pi}$$

Rayon minimal de cintrage à froid
Les formules ci-dessus pour les décalages simples et les boucles dans les tuyaux, qui sont conçues pour compenser l'expansion ou la contraction, sont dérivées de l'équation fondamentale pour une poutre en porte-à-faux — dans ce cas, un tuyau fixé à une extrémité. Une formule peut être dérivée de la même équation pour calculer le rayon minimal de cintrage à froid pour un diamètre donné de tuyau thermoplastique.

$$RB = DO\ (0.6999\ E/SB - 0.5)$$

Où : RB = rayon minimal de cintrage à froid (po)
DO = diamètre extérieur du tuyau (po)
E* = module d'élasticité à la température de service maximale (psi)
SB* = contrainte de flexion maximale admissible à la température de service maximale (psi)

*Les trois formules de cette page tiennent compte de la courbure maximale du tuyau pendant que celui-ci fonctionne à la pression interne maximale à long terme, créant une contrainte de conception hydrostatique admissible maximale (contrainte de traction dans la direction circonférentielle). En conséquence, la contrainte de flexion maximale admissible sera égale à la moitié de la contrainte de conception hydraulique de base à 73 °F, corrigée en fonction de la température de service maximale. Le module d'élasticité corrigé en fonction de la température peut être trouvé dans le tableau de la deuxième colonne de la page précédente.

EXEMPLE 5 :
Quel serait le rayon minimal de cintrage à froid que l'installateur pourrait réaliser à l'extrémité ancrée du tronçon droit de 200 pi de tuyauterie utilisé dans les exemples 1 et 3, si la température de service maximale est de 100 °F au lieu de 140 °F ?
RB = 3.500 (0.6999 × 360,000 / (1/2 × 2000 × 0.62) – 0.5) = 1,420.8 po ou 118.4 pi

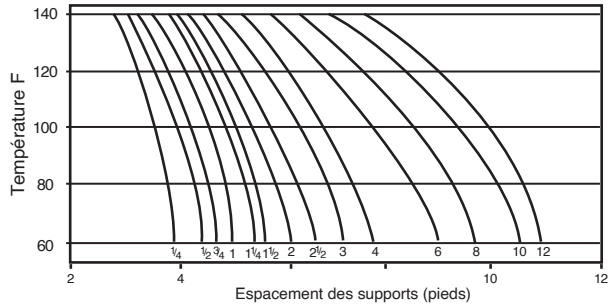
Espacement des supports de tuyauterie

Un soutien approprié d'un système de tuyauterie est essentiel pour éviter les contraintes de flexion excessives et limiter l'affaissement de la conduite à un niveau acceptable. Les tuyaux horizontaux doivent être soutenus à intervalles réguliers, déterminés en fonction du diamètre du tuyau, de l'épaisseur (schedule), de la température, de la charge et du matériau. Le soutien ponctuel ne doit pas être utilisé pour les tuyauteries thermoplastiques et, en général, plus la surface d'appui du support est large, mieux c'est. Les supports ne doivent pas être serrés de manière à restreindre le mouvement axial des tuyaux, mouvement qui se produit normalement en raison de la dilatation et de la contraction thermiques. Les charges concentrées dans un système de tuyauterie, comme les vannes, doivent être soutenues séparément.

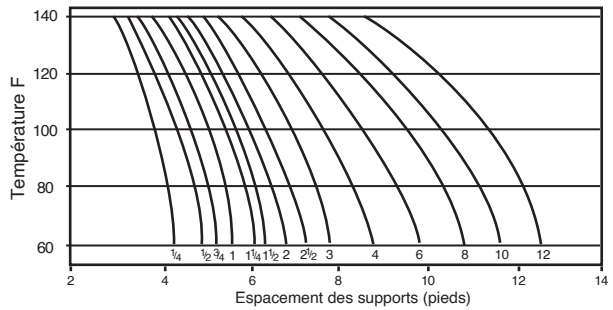
Les graphiques de cette page indiquent l'espacement recommandé des supports pour les matériaux de tuyauterie thermoplastique Chemtrol à diverses températures. Les données sont basées sur des fluides ayant une densité spécifique de 1,0 et permettent un affaissement de moins de 0,1 po entre les supports. Pour les fluides plus lourds, l'espacement des supports indiqué dans les graphiques doit être multiplié par le facteur de correction dans le tableau ci-dessous.

DENSITÉ SPÉCIFIQUE	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	2.0	2.5
FACTEUR DE CORRECTION	1.0	.98	.96	.93	.90	.85	.80

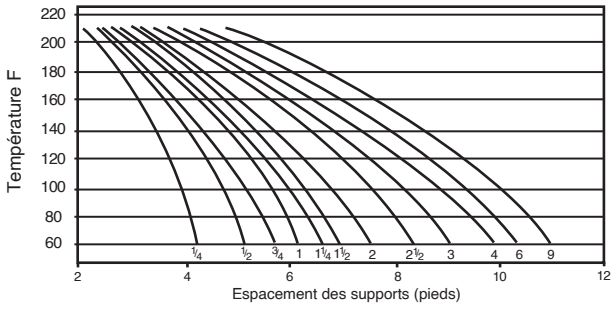
PVC Schedule 40



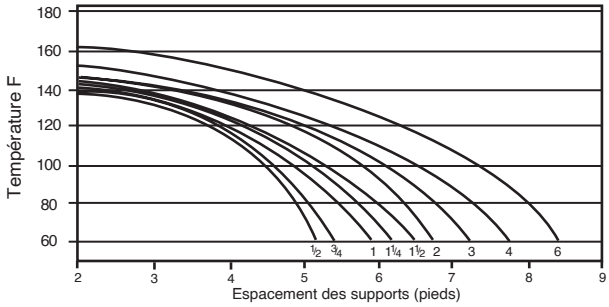
PVC Schedule 80



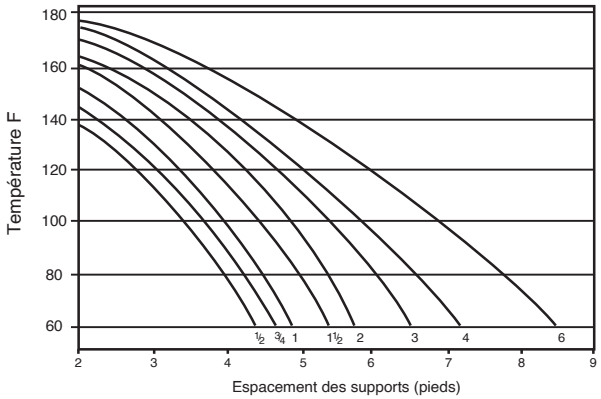
CPVC Schedule 80



Polypropylène Schedule 80



PVDF Schedule 80



Les données ci-dessus concernent les conduites non isolées. Pour les conduites isolées, réduire les portées à 70 % des valeurs du graphique. Pour les portées de moins de 2 pieds, un support continu doit être utilisé.