

**Les pertes de charge
dans les installations**

**Le dimensionnement
des mitigeurs**



CALEFFI



Directeur de la publication :
Marco Caleffi

Responsable de la Rédaction :
Fabrizio Guidetti

Ont collaboré à ce numéro :
Mario Doninelli
Marco Doninelli
Claudio Ardissoia
Jérôme Carlier
Roland Meskel

Hydraulique est une publication
éditée par Caleffi France
Imprimée par:
Poligrafica Moderna - Novara - Italie
Dépôt légal: octobre 2005
ISSN 1769-0609

CALEFFI S.P.A.
S.R. 229, n.25
28010 Fontaneto d'Agogna (NO)
Tel. +39 0322 8491
Fax +39 0322 863305
info@caleffi.com
www.caleffi.com

CALEFFI FRANCE
La Masaltière · Quartier Pélingron
26120 Montmeyran
Tel. +33 (0)4 75 59 95 86
Fax +33 (0)4 75 84 15 61
france.consulting@caleffi.fr
www.caleffi.fr

Copyright Hydraulique Caleffi. Tous
droits réservés. Il est strictement interdit
de publier, reproduire ou diffuser une
quelconque partie de la revue sans
l'accord écrit de Caleffi France.

Sommaire

3 Introduction

4 Les pertes de charge dans les installations hydrauliques et aérauliques

Les pertes de charge dans les conduites d'eau
Formule de calcul des pertes de charge linéiques

7 Tables et diagrammes des pertes de charge linéiques

8 Exemple de table proposée pour les pertes de charge linéiques - tubes en acier

9 Exemple de diagramme proposé pour les pertes de charge linéiques - tubes en acier

10 Formules de calcul des pertes de charge singulières Tables des pertes de charge singulières

11 Exemple de table proposée pour déterminer les pertes de charge singulières

12 Pertes de charge dans les conduites aérauliques Formules de calcul des pertes de charge linéiques

13 Tables et diagrammes des pertes de charge linéiques

15 Exemple de diagramme proposé pour les pertes de charge linéiques - conduites cylindriques lisses

16 Exemple de la première table proposée pour déterminer les diamètres équivalents des conduites rectangulaires

17 Pertes de charge singulières - Formules de calcul Pertes de charge singulières - Tables

18 Exemple de table proposée avec valeur des coefficients ξ pour les canalisations cylindriques - dérivations et jonctions

19 Exemple de table proposée pour déterminer les pertes de charge singulières

20 Dimensionnement des mitigeurs d'eau chaude sanitaire

22 Mitigeurs thermostatiques pour petites installations

23 Dimensionnement

24 Mitigeurs thermostatiques pour moyennes et grandes installations

25 Dimensionnement

26 Mitigeurs thermostatiques périphériques antibrûlures Dimensionnement

28 Mitigeurs électroniques à désinfection thermique Dimensionnement

30 Mitigeurs thermostatiques intégrés dans un "Système Carlier-Meskel"

31 Traitement des Pseudomonas

32 Mitigeurs thermostatiques pour installations solaires

34 Séparateurs et purgeurs d'air pour installations solaires

35 Soupapes de sécurité température-pression pour installations solaires

LES PERTES DE CHARGE DANS LES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES ET AÉRAULIQUES ET LE DIMENSIONNEMENT DES MITIGEURS POUR EAU CHAUDE SANITAIRE

Marco et Mario Doninelli, ingénieurs du bureau d'étude S.T.C.

Version française par Jérôme Carlier et Roland Meskel de Caleffi France Consulting

Dans ce numéro, nous aborderons **la question des pertes de charge** essentiellement **pour revoir et mettre à jour les données et les tables** (pour les pertes de charge hydrauliques) **du 1^{er} Cahier Caleffi**. Ces données et ces tables **se réfèrent à des produits commercialisés il y a 15 ans** et à des tubes qui ne sont plus fabriqués depuis longtemps (par ex. les tubes en acier doux), par contre, ils ignorent tout ce qui est apparu au cours de ces dernières années (par ex. les multicouches ou les tubes en acier inox).

Dans le cadre de cette révision, nous **aborderons également les pertes de charge des canalisations aérauliques**. Notre objectif est de **mettre à disposition des tables et des diagrammes de pertes de charge pour les deux fluides les plus intéressants sur le plan thermique**.

Les nouvelles tables et les nouveaux diagrammes seront regroupés dans une publication spécifique, qui sera aussi accessible sur le site Internet Caleffi (www.caleffi.fr).

Nous aborderons aussi la question du **dimensionnement des mitigeurs** qui jouent un rôle croissant dans la conception des installations sanitaires. On leur demande **désormais de régler la température de l'eau chaude mais aussi d'assurer la sécurité antibrûlures et antilégionelles** (voir Hydraulique n°1).

En outre, nous présenterons (sur le site *Internet* Caleffi) un programme spécifique destiné à faciliter le dimensionnement de ces composants tout en réduisant le risque d'erreur.



LES PERTES DE CHARGE DANS LES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES ET AÉRAULIQUES

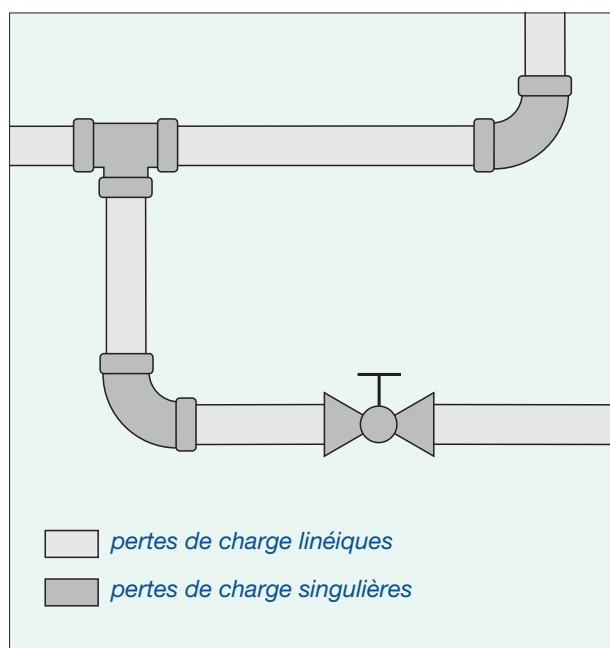
Il s'agit de pertes de pression dues à la résistance que rencontre le fluide en mouvement. Connaître leur valeur est utile pour :

1. dimensionner les conduites qui acheminent les fluides;
2. calculer les caractéristiques des pompes et des ventilateurs qui maintiennent les fluides en circulation.

Les pertes de charge peuvent être **linéiques** ou **singulières** :

- les pertes linéiques apparaissent le long des conduites;
- les pertes singulières se manifestent quant à elles sur des pièces spéciales qui modifient la direction ou la section de passage du fluide (par ex. réductions, dérivations, raccords, jonctions, soupapes, filtres, etc...).

Nous verrons plus loin comment calculer ces pertes.



Bien que les bases théoriques soient les mêmes pour tous les fluides, pour éviter toute confusion, nous aborderons séparément la question des conduites d'eau et celle des conduites d'air.

LES PERTES DE CHARGE DANS LES CONDUITES D'EAU

Nous aborderons d'abord le calcul des pertes de charge linéiques puis celui des pertes de charge singulières.

FORMULES DE CALCUL DES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES

Pour chaque mètre de tube, les pertes de charge linéiques peuvent être calculées avec la formule :

$$r = F_a \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (1)$$

où :

r = perte de charge linéique unitaire, Pa/m

F_a = coefficient de frottement, sans unité

$\rho^{(1)}$ = masse volumique de l'eau, Kg/m³

v = vitesse moyenne de l'eau, m/s

D = diamètre interne du tube, m

Quand on connaît le diamètre du tube, la vitesse de l'eau et sa masse volumique, le seul paramètre à déterminer reste le **coefficient de frottement** : coefficient qui varie en fonction (1) du régime d'écoulement du fluide et (2) de la rugosité des tubes.

Régime d'écoulement du fluide

Il peut être :

- **laminaire**, quand les particules du fluide ont des trajectoires ordonnées et parallèles (le mouvement est calme et régulier);
- **turbulent**, quand les particules du fluide se déplacent de façon irrégulière et variable dans le temps (le mouvement est désordonné et instable);
- **critique**, quand le mouvement n'est pas clairement laminaire ou turbulent.

Remarque⁽¹⁾ – pour la masse volumique et la viscosité de l'eau voir les chapitres correspondants du 1^{er} Cahier Caleffi

Le régime d'écoulement d'un fluide peut se calculer avec le **nombre de Reynolds** :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (2)$$

où:

Re = nombre de Reynolds, sans unité

v = vitesse moyenne du fluide, m/s

D = diamètre interne du tube, m

$\nu^{(1)}$ = viscosité cinématique du fluide, m^2/s

En fonction de ce nombre, le mouvement du fluide peut être considéré comme :

- **laminaire** si Re est inférieur à **2.000**
- **critique** si Re est compris entre **2.000** et **2.500**
- **turbulent** si Re est supérieur à **2.500**

Pour le calcul des pertes de charge, le **régime critique** - dont le domaine de validité est très limité et qui n'est pas toujours compris avec certitude dans les limites ci-dessous - **est généralement assimilé au régime turbulent** : régime le plus désordonné et qui présente les pertes de charge les plus importantes.

Si on pose $Re = 2.000$ dans la formule (2), on obtient l'équation (3) qui permet de calculer les vitesses (dites **critiques**) au-delà desquelles le mouvement n'est plus laminaire.

$$v^* = \frac{2.000 \cdot \nu}{D} \quad (3)$$

Il est facile de constater que ces vitesses sont **inversement proportionnelles** au diamètre des tubes : elles sont plus élevées pour des petits tubes que pour des grands.

Néanmoins, même avec de petits tubes (voir tab. 1), **il s'agit de vitesses bien inférieures à celles qu'on constate habituellement dans les installations hydrauliques**. Nous nous **intéresserons donc surtout aux pertes de charge linéiques en régime turbulent**.

Tab. 1 - vitesses critiques de l'eau [m/s]

t	v	1/2"	1"	2"
[°C]	[m²/s]	16,4 mm	27,4 mm	53,2 mm
10°C	$1,30 \cdot 10^{-6}$	0,16	0,09	0,05
50°C	$0,54 \cdot 10^{-6}$	0,07	0,04	0,02
80°C	$0,39 \cdot 10^{-6}$	0,05	0,03	0,01

Rugosité

En ce qui concerne les conduites d'eau, **il existe deux classes de rugosité**:

- la **rugosité faible** est celle des **tubes en cuivre, en acier inox et en matière plastique**;
- la **rugosité moyenne** est celle des **tubes en acier noir et en zinc**.

Calcul du coefficient de frottement [F_a]

En régime laminaire, on peut calculer [F_a] avec la formule suivante :

$$F_a = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

En régime turbulent on peut le calculer avec la formule de **Colebrook** : cette formule **oblige cependant à utiliser des méthodes de calcul par approximations successives plutôt complexes**. Dans la pratique, on utilise donc des formules plus simples.

Les mesures effectuées en laboratoire et les vérifications correspondantes nous ont conduits à utiliser la **formule de Blasius** ci-dessous **pour les tubes à faible rugosité** :

$$F_a = 0,316 \cdot Re^{-0,25} \quad (5)$$

et à élaborer **une équation spéciale pour les tubes à rugosité moyenne** :

$$F_a = 0,07 \cdot Re^{-0,13} \cdot D^{-0,14} \quad (6)$$

Formules de calcul des pertes de charge linéiques

En posant dans l'équation (1) les valeurs de [F_a] ci-dessus, on obtient donc des formules qui **permettent de calculer les pertes de charge linéiques à partir de paramètres directement connus ou déterminables**.

En pratique, **on remplace dans ces formules la vitesse du fluide par le débit correspondant**. Les pertes de charge linéiques sont, en effet, généralement calculées en fonction des débits et non des vitesses.

Les formules ainsi obtenues sont répertoriées dans le 1^{er} Cahier Caleffi.

Remarque⁽¹⁾ – pour la masse volumique et la viscosité de l'eau voir les chapitres correspondants du 1^{er} Cahier Caleffi

Tableau récapitulatif des Formules de calcul des Pertes de Charges Linéiques pour les canalisations d'eau

Formule de calcul des Pertes de Charge Linéiques

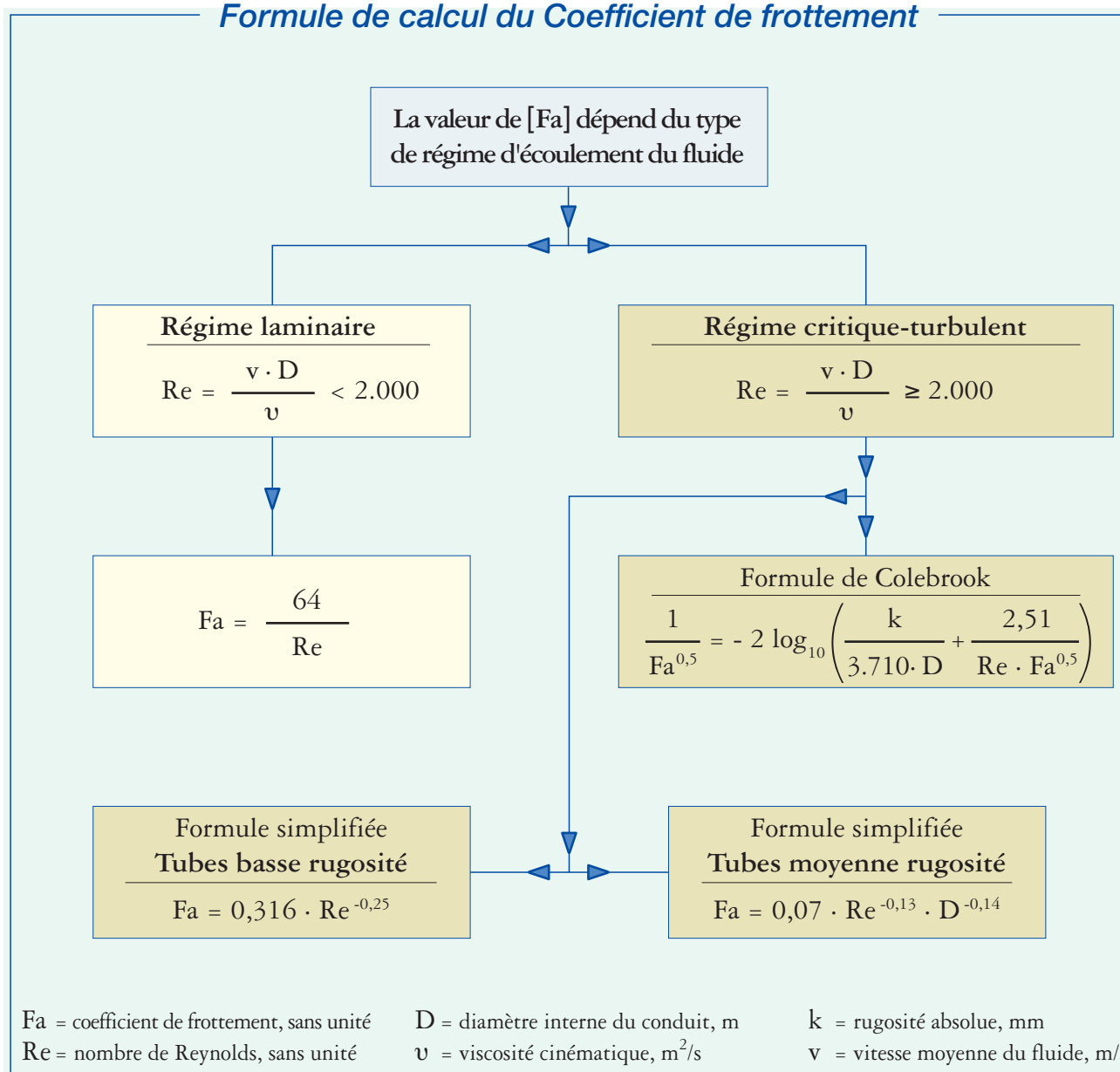
$$r = F_a \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

r = pertes de charge unitaire, Pa/m
 F_a = coefficient de frottement, sans unité

D = diamètre interne du conduit, m
 ρ = masse volumique du fluide, kg/m³

v = vitesse moyenne du fluide, m/s

Formule de calcul du Coefficient de frottement



TABLES ET DIAGRAMMES

DES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES

On peut utiliser les formules que nous venons de voir pour dresser des tables et des diagrammes de dimensionnement manuel des tubes.

Tables des pertes de charge linéiques [r]

Ces tables donnent les pertes de charge linéiques de l'eau [r] en fonction du diamètre des tubes [D] et des débits [G].

En général, ces tables donnent aussi les vitesses servant à **calculer les pertes de charge singulières** (comme nous le verrons par la suite), ou à **contrôler les limites** au-delà desquelles l'écoulement de l'eau peut devenir trop bruyant et provoquer des vibrations.

Le 1^{er} Cahier Caleffi comporte 18 tables de ce type :

- 1 tab. pour tubes en polyéthylène à haute densité PN 6
- 1 tab. pour tubes en polyéthylène à haute densité PN 10
- 1 tab. pour tubes en polyéthylène à haute densité PN 16
- 3 tab. pour tubes en acier noir et zingué (pouces)
- 3 tab. pour tubes en acier noir et zingué (mm)
- 3 tab. pour tubes en acier doux
- 3 tab. pour tubes en cuivre
- 3 tab. pour tubes en polyéthylène réticulé

Nous ne proposons qu'une **seule table** (à 10°C) **pour les tubes uniquement d'eau froide**.

En revanche, nous proposons des groupes de trois tables (à 10, 50 et 80°C) **pour les conduites d'eau froide et chaude**.

Les groupes de plusieurs tables pour le même type de tubes permettent de tenir compte (on peut le déduire des formules précédentes) de la **variation des pertes de charge linéiques en fonction de la température**. En effet, l'augmentation de la température fait diminuer à la fois la densité et la viscosité de l'eau : elle circule donc dans les tubes plus facilement, c'est à dire avec moins de pertes de charge.

Par exemple (voir 1^{er} Cahier) pour un tube à faible rugosité avec un diamètre interne de 20 mm et un débit de 800 l/h, les pertes de charge linéiques unitaires sont :

- pour **t = 10°C** $r_{10} = 39,4$ mm C.E./m

- pour **t = 80°C** $r_{80} = 28,3$ mm C.E./m

Ces valeurs montrent bien que l'influence de la température sur le calcul des pertes de charge linéiques de l'eau n'est pas à négliger.

Disposer de groupes de trois tables (à 10, 50 et 80°C) pour chaque type de tube est un bon compromis entre l'exigence de cohérence et la volonté de ne pas trop compliquer les choses.

Comme nous l'avons indiqué en introduction, nous avons mis à jour toutes les tables du 1^{er} Cahier, à l'exception des tables concernant les tubes en acier doux qui ne sont plus aujourd'hui commercialisés.

Nous avons en outre élaboré de nouvelles tables pour les tubes en :

- **acier à sertir,**
- **acier inox à sertir,**
- **polyéthylène random (PPR),**
- **multicouche.**

On peut voir un exemple de ces tables avec leur nouvelle présentation graphique page 8.

Diagrammes des pertes de charge linéiques [r]

On peut déterminer les pertes de charge linéiques avec des tables mais aussi avec des diagrammes.

En général, les diagrammes qui traitent de cette question sont élaborés à partir d'une échelle logarithmique **avec les pertes de charge linéiques en abscisses et les débits en ordonnées**. Des faisceaux de droites perpendiculaires les unes aux autres représentent le **diamètre des tubes et la vitesse de l'eau**.

Le 1^{er} Cahier Caleffi ne comporte pas de diagrammes de ce type. Néanmoins, dans le cadre de cette révision, nous avons pensé qu'il serait utile de les juxtaposer aux tables correspondantes (voir exemple page 9).

Tables avec facteurs de correction

Les tables (du 1^{er} Cahier) ont été mises à jour à l'aide de facteurs de correction permettant de calculer l'incrémentation des pertes de charge avec un **mélange antigel eau-éthylène glycol** ou pour des **installations anciennes avec des tubes entartrés et rouillés**.

EXEMPLE DE TABLE PROPOSÉE POUR LES PERTES DE CHARGE LINÉAIQUES - TUBES ACIER

r
Pertes de charge linéiques
(ou résistance) unitaire
 $1\ 1/4''$
Diamètre du tube
14.015
0,45
Débit
Vitesse

Pertes de charge linéiques TUBES ACIER (pouces) - Température d'eau = 80°C

r = pertes de charge linéiques, en mm C.E./m														G = débit, l/h		v = vitesse, m/s	
r	\emptyset	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	\emptyset			r
2	G	49	97	208	383	802	1.204	2.267	4.516	6.924	14.015	24.582	39.720	G	2		
	v	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,24	0,28	0,34	0,38	0,45	0,52	0,59	v			
4	G	71	140	301	555	1.162	1.744	3.285	6.542	10.030	20.304	35.612	57.542	G	4		
	v	0,16	0,18	0,22	0,26	0,32	0,35	0,41	0,49	0,54	0,65	0,75	0,85	v			
6	G	88	174	374	690	1.444	2.166	4.080	8.126	12.459	25.220	44.235	71.474	G	6		
	v	0,19	0,23	0,28	0,32	0,39	0,43	0,51	0,61	0,68	0,81	0,93	1,05	v			
8	G	103	203	436	804	1.684	2.526	4.758	9.477	14.531	29.414	51.591	83.361	G	8		
	v	0,22	0,27	0,32	0,38	0,46	0,51	0,59	0,71	0,79	0,94	1,09	1,23	v			
10	G	115	229	491	906	1.897	2.846	5.362	10.678	16.372	33.142	58.130	93.926	G	10		
	v	0,25	0,30	0,37	0,43	0,51	0,57	0,67	0,80	0,89	1,06	1,23	1,38	v			
12	G	127	253	541	999	2.091	3.138	5.911	11.771	18.049	36.536	64.083	103.545	G	12		
	v	0,28	0,33	0,40	0,47	0,57	0,63	0,74	0,88	0,98	1,17	1,35	1,53	v			
14	G	138	274	588	1.085	2.271	3.407	6.418	12.783	19.600	39.676	69.589	112.442	G	14		
	v	0,30	0,36	0,44	0,51	0,62	0,68	0,80	0,96	1,06	1,27	1,47	1,66	v			
16	G	149	295	632	1.165	2.439	3.659	6.894	13.729	21.051	42.612	74.740	120.765	G	16		
	v	0,33	0,39	0,47	0,55	0,66	0,73	0,86	1,03	1,14	1,37	1,58	1,78	v			
18	G	158	314	673	1.241	2.598	3.897	7.342	14.622	22.419	45.383	79.599	128.616	G	18		
	v	0,35	0,41	0,50	0,58	0,71	0,78	0,92	1,09	1,22	1,46	1,68	1,90	v			
20	G	167	332	712	1.313	2.748	4.123	7.767	15.469	23.719	48.013	84.212	136.071	G	20		
	v	0,37	0,44	0,53	0,62	0,75	0,83	0,97	1,16	1,29	1,54	1,78	2,01	v			
22	G	176	349	749	1.382	2.892	4.339	8.173	16.278	24.959	50.524	88.616	143.186	G	22		
	v	0,39	0,46	0,56	0,65	0,78	0,87	1,02	1,22	1,36	1,62	1,87	2,11	v			
24	G	184	366	784	1.447	3.030	4.545	8.563	17.053	26.148	52.930	92.837	150.006	G	24		
	v	0,40	0,48	0,58	0,68	0,82	0,91	1,07	1,27	1,42	1,70	1,96	2,21	v			
26	G	193	382	819	1.511	3.162	4.744	8.937	17.799	27.291	55.245	96.897	156.566	G	26		
	v	0,42	0,50	0,61	0,71	0,86	0,95	1,12	1,33	1,48	1,77	2,04	2,31	v			
28	G	200	397	852	1.572	3.290	4.936	9.298	18.519	28.394	57.478	100.814	162.895	G	28		
	v	0,44	0,52	0,63	0,74	0,89	0,99	1,16	1,38	1,54	1,84	2,13	2,40	v			
30	G	208	412	884	1.631	3.414	5.121	9.648	19.215	29.462	59.638	104.603	169.017	G	30		
	v	0,46	0,54	0,66	0,77	0,93	1,03	1,21	1,44	1,60	1,91	2,21	2,49	v			
35	G	226	448	960	1.771	3.707	5.561	10.477	20.866	31.993	64.763	113.591	183.540	G	35		
	v	0,49	0,59	0,71	0,83	1,01	1,12	1,31	1,56	1,74	2,08	2,40	2,71	v			
40	G	242	481	1.031	1.902	3.982	5.973	11.252	22.410	34.361	69.556	121.999	197.126	G	40		
	v	0,53	0,63	0,77	0,90	1,08	1,20	1,41	1,67	1,87	2,23	2,57	2,91	v			
45	G	258	512	1.098	2.026	4.241	6.361	11.984	23.867	36.595	74.078	129.930	209.941	G	45		
	v	0,57	0,67	0,82	0,95	1,15	1,28	1,50	1,78	1,99	2,38	2,74	3,09	v			
50	G	273	542	1.162	2.143	4.486	6.730	12.679	25.250	38.716	78.372	137.461	222.109	G	50		
	v	0,60	0,71	0,86	1,01	1,22	1,35	1,58	1,89	2,10	2,51	2,90	3,27	v			
60	G	301	597	1.280	2.363	4.946	7.419	13.977	27.836	42.681	86.398	151.538	244.855	G	60		
	v	0,66	0,79	0,95	1,11	1,34	1,49	1,75	2,08	2,32	2,77	3,20	3,61	v			
70	G	327	649	1.390	2.566	5.371	8.057	15.178	30.228	46.348	93.822	164.559	265.895	G	70		
	v	0,72	0,85	1,03	1,21	1,46	1,62	1,90	2,26	2,52	3,01	3,47	3,92	v			
80	G	351	697	1.493	2.755	5.768	8.653	16.301	32.466	49.779	100.766	176.739	285.576	G	80		
	v	0,77	0,92	1,11	1,30	1,57	1,73	2,04	2,43	2,70	3,23	3,73	4,21	v			
90	G	374	742	1.590	2.935	6.143	9.216	17.361	34.576	53.015	107.317	188.230	304.142	G	90		
	v	0,82	0,98	1,18	1,38	1,67	1,85	2,17	2,58	2,88	3,44	3,97	4,48	v			
100	G	396	785	1.683	3.105	6.499	9.750	18.367	36.580	56.088	113.537	199.139	321.770	G	100		
	v	0,87	1,03	1,25	1,46	1,76	1,95	2,30	2,73	3,05	3,64	4,20	4,74	v			

\emptyset	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	\emptyset
\emptyset_e [mm]	16,7	21	26,4	33,2	41,9	47,8	59,6	75,2	87,9	113	138,5	163,9	\emptyset_e [mm]
\emptyset_i [mm]	12,7	16,4	21,8	27,4	36,1	42	53,2	68,8	80,7	105	129,5	154,9	\emptyset_i [mm]
Se [m²/m]	0,052	0,066	0,083	0,104	0,132	0,150	0,187	0,236	0,276	0,355	0,435	0,515	Se [m²/m]
Si [mm²]	127	211	373	590	1.024	1.385	2.223	3.718	5.115	8.659	13.171	18.845	Si [mm²]
V [l/m]	0,13	0,21	0,37	0,59	1,02	1,39	2,22	3,72	5,11	8,66	13,17	18,84	V [l/m]
P [kg/m]	0,72	1,06	1,37	2,17	2,79	3,21	4,45	5,68	7,48	10,75	14,86	17,68	P [kg/m]
P^* [kg/m]	0,78	1,16	1,48	2,30	2,95	3,40	4,77	6,12	8,03	11,58	16,88	20,02	P^* [kg/m]

10-5

CALEFFI

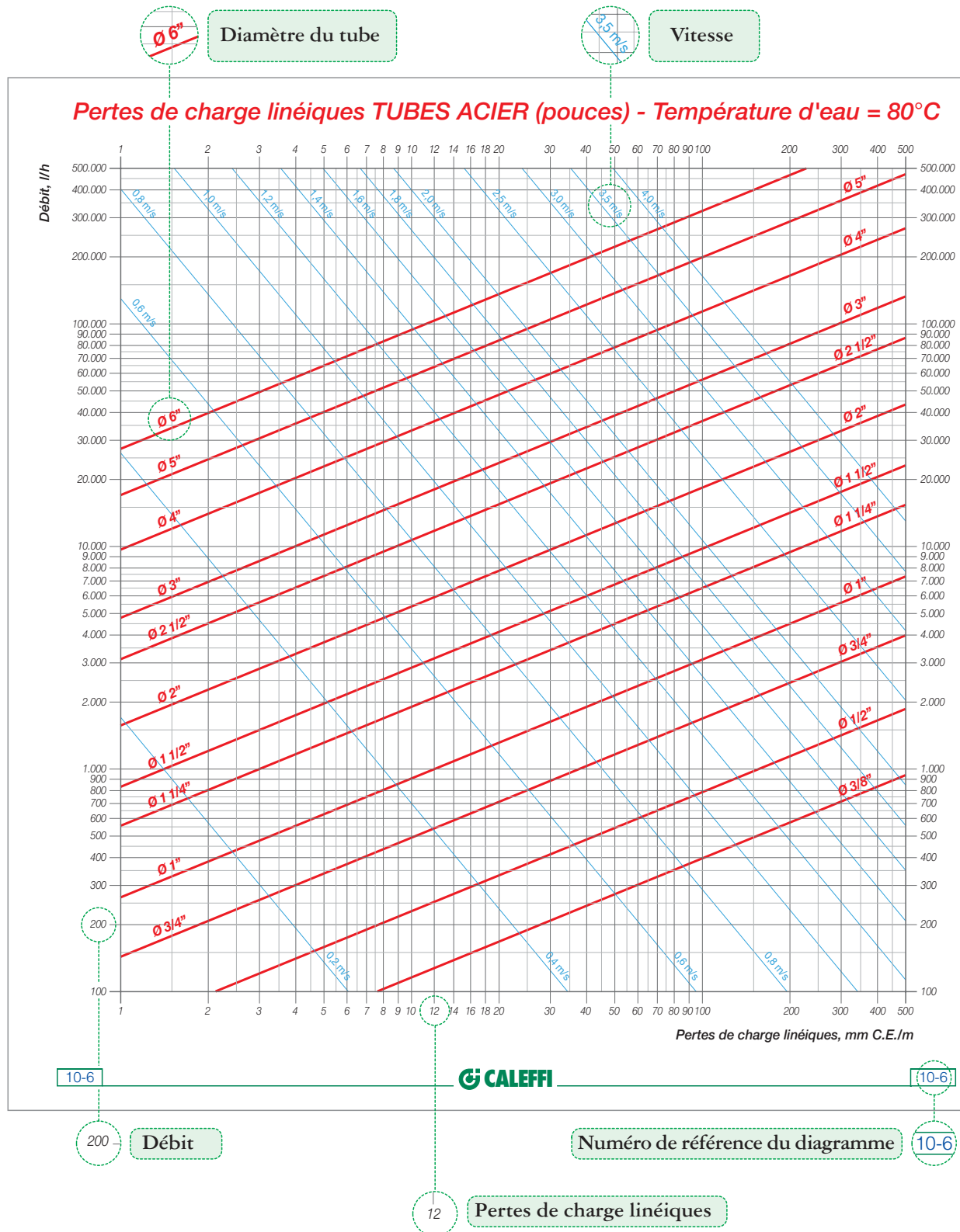
10-5

\emptyset	Diamètre nominal des tubes
\emptyset_e [mm]	Diamètre extérieur des tubes
\emptyset_i [mm]	Diamètre intérieur des tubes
Se [m²/m]	Surface extérieure
Si [mm²]	Section intérieure
V [l/m]	Volume d'eau
P [kg/m]	Poids tube acier noir
P^* [kg/m]	Poids tube acier zingué

Numéro de référence de la table

10-5

EXEMPLE DE DIAGRAMME PROPOSÉ POUR LES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES - TUBES ACIER



FORMULES DE CALCUL DES PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

Comme nous l'avons déjà dit, ces pertes de charge sont dues à des pièces spéciales qui modifient la direction ou la section de passage du fluide. On peut les calculer avec une des méthodes suivantes :

- **méthode directe**,
elle utilise des coefficients qui varient avec la forme et les dimensions des pièces spéciales;
- **méthode du débit nominal**,
elle utilise, pour chaque pièce spéciale, la valeur de son débit nominal : c'est à dire le débit qui correspond à une perte de pression unitaire prédéfinie (par exemple 1 bar);
- **méthode des longueurs équivalentes**,
elle remplace chaque pièce spéciale par un segment de tube linéaire susceptible de générer les mêmes pertes de charge.

On trouvera les formules et les relations entre les différentes méthodes de calcul sur le 1^{er} Cahier Caleffi.

On utilise **généralement la méthode directe, suffisamment précise et simple**, pour le dimensionnement des tubes et des pompes. Cette méthode donne les pertes de charge singulières avec la formule :

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (7)$$

où :

- z = perte de charge singulière, Pa
- ξ = coefficient de perte singulière sans unité
- ρ = masse volumique de l'eau, Kg/m³
- v = vitesse moyenne de l'eau, m/s

Si on exprime les pertes de charge singulières en unité de mesure pratique (soit en mm C.E.) l'équation (7) devient:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81} \quad (8)$$

On peut calculer la valeur des coefficients [ξ] avec des formules (dans les cas de géométrie simple) ou la déterminer par des essais en laboratoire.

TABLES DES PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

Pour calculer la valeur des pertes de charge singulières, on utilise en général les types de tables suivantes :

Tables des coefficients de pertes de charge singulières [ξ]

Ils donnent la valeur des coefficients [ξ] pour les raccords et les composants les plus utilisés dans les installations hydrauliques.

Pour certains composants (par exemple : les échangeurs, les collecteurs, les vannes de régulation), il est conseillé d'extraire directement les valeurs de [ξ] des spécifications techniques du fabricant, car elles varient beaucoup d'un produit à l'autre.

En ce qui concerne ces tables, nous nous sommes limités à reproduire, avec un nouveau graphisme, celles du 1^{er} Cahier Caleffi.

Tables des pertes de charge singulières [z]

Ces tables permettent de calculer les pertes de charge singulières [z] à partir des coefficients connus [ξ] et de la vitesse de l'eau [v].

Les pertes de charge singulières varient elles aussi en fonction de la température mais de façon moins sensible que les pertes de charge linéiques.

Pour tenir compte de ces variations, nous avons proposé deux tables dans le 1^{er} Cahier Caleffi : la première avec des valeurs de [z] se référant à une température de 80°C, la seconde avec des facteurs correctifs corrélés à la température effective de l'eau.

Nous proposons désormais deux tables, plus faciles à utiliser et comportant moins de risques d'erreurs, basées sur des **valeurs [z] à 10 et 80°C**.

Pour les températures d'eau intermédiaires (entre 10 et 80°C), on utilisera la table la plus proche. Il n'est pas nécessaire de faire d'autres ajustements : les écarts en jeu ne sont pas très élevés puisqu'ils dépendent seulement de la masse volumique de l'eau.

EXEMPLE DE TABLE PROPOSÉE POUR DÉTERMINER LES PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

v
Vitesse
4
Somme des coefficients $\Sigma \xi$
5,9
Pertes de charge singulières

Pertes de charge singulières pour $\Sigma \xi = 1+15$ (température d'eau = 80°C)

v = vitesse, m/s		$\Sigma \xi$ = somme des coefficients de pertes singulières, sans dimension															z = pertes de charge singulières, mm C.E.	
v	$\Sigma \xi$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\Sigma \xi$	v
0,10	z	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	z	0,10
0,12	z	0,7	1,4	2,1	2,9	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	8,6	9,3	10	11	z	0,12
0,14	z	1,0	1,9	2,9	3,9	4,9	5,8	6,8	7,8	8,7	9,7	11	12	13	14	15	z	0,14
0,16	z	1,3	2,5	3,8	5,1	6,3	7,6	8,9	10	11	13	14	15	16	18	19	z	0,16
0,18	z	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11	13	14	16	18	19	21	22	24	z	0,18
0,20	z	2,0	4,0	5,9	7,9	9,9	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	z	0,20
0,22	z	2,4	4,8	7,2	9,6	12	14	17	19	22	24	26	29	31	34	36	z	0,22
0,24	z	2,9	5,7	8,6	11	14	17	20	23	26	29	31	34	37	40	43	z	0,24
0,26	z	3,3	6,7	10	13	17	20	23	27	30	33	37	40	44	47	50	z	0,26
0,28	z	3,9	7,8	12	16	19	23	27	31	35	39	43	47	50	54	58	z	0,28
0,30	z	4,5	8,9	13	18	22	27	31	36	40	45	49	53	58	62	67	z	0,30
0,32	z	5,1	10	15	20	25	30	35	41	46	51	56	61	66	71	76	z	0,32
0,34	z	5,7	11	17	23	29	34	40	46	52	57	63	69	74	80	86	z	0,34
0,36	z	6,4	13	19	26	32	39	45	51	58	64	71	77	83	90	96	z	0,36
0,38	z	7,2	14	21	29	36	43	50	57	64	72	79	86	93	100	107	z	0,38
0,40	z	7,9	16	24	32	40	48	55	63	71	79	87	95	103	111	119	z	0,40
0,42	z	8,7	17	26	35	44	52	61	70	79	87	96	105	114	122	131	z	0,42
0,44	z	9,6	19	29	38	48	58	67	77	86	96	105	115	125	134	144	z	0,44
0,46	z	10	21	31	42	52	63	73	84	94	105	115	126	136	147	157	z	0,46
0,48	z	11	23	34	46	57	68	80	91	103	114	126	137	148	160	171	z	0,48
0,50	z	12	25	37	50	62	74	87	99	111	124	136	149	161	173	186	z	0,50
0,52	z	13	27	40	54	67	80	94	107	121	134	147	161	174	187	201	z	0,52
0,54	z	14	29	43	58	72	87	101	116	130	144	159	173	188	202	217	z	0,54
0,56	z	16	31	47	62	78	93	109	124	140	155	171	186	202	217	233	z	0,56
0,58	z	17	33	50	67	83	100	117	133	150	167	183	200	217	233	250	z	0,58
0,60	z	18	36	53	71	89	107	125	143	160	178	196	214	232	250	267	z	0,60
0,62	z	19	38	57	76	95	114	133	152	171	190	209	228	247	267	286	z	0,62
0,64	z	20	41	61	81	101	122	142	162	183	203	223	243	264	284	304	z	0,64
0,66	z	22	43	65	86	108	129	151	173	194	216	237	259	280	302	324	z	0,66
0,68	z	23	46	69	92	115	137	160	183	206	229	252	275	298	321	344	z	0,68
0,70	z	24	49	73	97	121	146	170	194	218	243	267	291	315	340	364	z	0,70
0,72	z	26	51	77	103	128	154	180	205	231	257	282	308	334	359	385	z	0,72
0,74	z	27	54	81	108	136	163	190	217	244	271	298	325	353	380	407	z	0,74
0,76	z	29	57	86	114	143	172	200	229	257	286	315	343	372	400	429	z	0,76
0,78	z	30	60	90	121	151	181	211	241	271	301	331	362	392	422	452	z	0,78
0,80	z	32	63	95	127	158	190	222	254	285	317	349	380	412	444	475	z	0,80
0,82	z	33	67	100	133	167	200	233	266	300	333	366	400	433	466	500	z	0,82
0,84	z	35	70	105	140	175	210	245	280	315	349	384	419	454	489	524	z	0,84
0,86	z	37	73	110	147	183	220	256	293	330	366	403	440	476	513	549	z	0,86
0,88	z	38	77	115	153	192	230	268	307	345	384	422	460	499	537	575	z	0,88
0,90	z	40	80	120	160	201	241	281	321	361	401	441	481	521	562	602	z	0,90
0,92	z	42	84	126	168	210	252	293	335	377	419	461	503	545	587	629	z	0,92
0,94	z	44	88	131	175	219	263	306	350	394	438	481	525	569	613	656	z	0,94
0,96	z	46	91	137	183	228	274	319	365	411	456	502	548	593	639	685	z	0,96
0,98	z	48	95	143	190	238	285	333	381	428	476	523	571	618	666	713	z	0,98
1,00	z	50	99	149	198	248	297	347	396	446	495	545	594	644	693	743	z	1,00

46-2a

CALEFFI

46-2a

Numéro de référence de la table

46-2a

PERTES DE CHARGE DANS LES CONDUITES AÉRAULIQUES

Comme nous l'avons fait pour l'eau, nous examinerons tout d'abord comment déterminer les pertes de charge linéiques puis les pertes de charge singulières.

FORMULES DE CALCUL DES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES

On peut calculer, pour chaque mètre de **conduite cylindrique**, les pertes de charge linéiques de l'air avec la formule suivante :

$$r = F_a \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (9)$$

où:

- r = perte de charge linéique unitaire, Pa/m
- F_a = coefficient de frottement sans unité
- ρ = masse volumique de l'air, Kg/m³
- v = vitesse moyenne de l'eau, m/s
- D = diamètre interne de la conduite cylindrique, m

Le coefficient de frottement varie en fonction (1) du régime d'écoulement du fluide et (2) de la rugosité des tubes.

Régime d'écoulement du fluide

On peut appliquer ici les définitions, équations et remarques qui viennent d'être évoquées pour l'eau.

Le tab. 2 (élaboré par analogie avec le tab. 1) montre que, de la même façon, dans **les installations aérauliques, il est surtout intéressant de calculer les pertes de charge linéiques en régime turbulent.**

Tab. 2
vitesse critique de l'air [m/s]
 $H = 0$ m (au niveau de la mer)

t [°C]	v [m ² /s]	D [mm] 200	D [mm] 300	D [mm] 400
10°C	$1,38 \cdot 10^{-5}$	0,14	0,09	0,07
30°C	$1,57 \cdot 10^{-5}$	0,16	0,10	0,08
50°C	$1,76 \cdot 10^{-5}$	0,18	0,12	0,09

Rugosité

Pour les conduites aérauliques, on peut distinguer les classes de rugosité suivantes :

Tab. 3 Classes de rugosité pour conduites aérauliques		
Matériaux	Classes de rugosité	ϵ [mm]
Canalisations en PVC Canalisations en aluminium	très lisses	0,03
Canalisations en acier zingué Canalisations en acier inox	lisses	0,09
Canalisations avec revêtement interne en polyéthylène Conduites en ciment lisse	rugueux	0,90
Tubes flexibles métalliques Tubes flexibles non métalliques Conduites en ciment non lisses	très rugueux	3,00

Dans laquelle $[\epsilon]$ représente la valeur de **rugosité absolue des conduites** : c'est à dire la valeur moyenne de l'irrégularité de leur surface (voir 1^{er} Cahier Caleffi).

Formules de calcul de la masse volumique
et de la viscosité cinématique de l'air:

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{P_b}{1.013} \cdot \frac{273}{273 + t}$$

$$P_b = -0,1125 \cdot H + 1.011,5$$

$$v = \frac{1,53}{\rho} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(273 + t)^{1,5}}{413 + t}$$

- ρ = masse volumique de l'air, Kg/m³
- t = température de l'air, °C
- P_b = pression barométrique, mbar
- H = altitude, m
- v = viscosité cinématique de l'air, m²/s

Calcul du coefficient de frottement $[F_a]$

En régime laminaire, on peut calculer $[F_a]$ en utilisant la même formule que pour l'eau.

En régime turbulent, on peut les calculer avec la formule de Colebrook qui impose, comme nous l'avons déjà signalé, des calculs très complexes.

Dans la pratique, on utilise donc des formules plus simples. Nous proposons ci-dessous la formule de Altshul- Tsal :

$$F_a^* = 0,11 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (10)$$

où:

$$\text{si } F_a^* \geq 0,018 \quad F_a = F_a^*$$

$$\text{si } F_a^* < 0,018 \quad F_a = 0,85 \cdot F_a^* + 0,0028$$

F_a = coefficient de frottement, sans unité

Formules de calcul des pertes de charge linéiques

Si on pose dans l'équation (9) les valeurs de $[F_a]$ ci-dessus, on obtient des formules permettant de calculer les pertes de charge linéiques dans les conduites aérauliques cylindriques.

Il convient de simplifier ces formules en exprimant les différents paramètres dans des unités de mesure courantes.

Conduites rectangulaires - Diamètres équivalents

Les formules ci-dessus s'appliquent aux conduites cylindriques. Elles peuvent être étendues aux conduites rectangulaires.

Pour cela, il faut convertir la section rectangulaire de la canalisation en section circulaire équivalente : soit une section qui, avec le même débit, génère les mêmes pertes de charge.

On peut faire cette conversion avec la formule de Huebscher:

$$De = 1,30 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,250}} \quad (11)$$

où:

De = diamètre d'une canalisation cylindrique équivalente à une canalisation rectangulaire, mm

a, b = côtés de la section rectangulaire, mm

TABLES ET DIAGRAMMES DES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES

Nous avons créé les diagrammes et tables suivants, pour permettre le calcul manuel de ces pertes de charge :

Diagrammes des pertes de charge linéiques $[r]$

Ils sont élaborés à partir d'une échelle logarithmique, avec les débits sur l'axe des abscisses et les pertes de charge sur l'axe des ordonnées. Des faisceaux de droites perpendiculaires les unes aux autres représentent le diamètre des conduites et la vitesse de l'air.

Nous proposons quatre groupes de diagrammes, divisés en fonction des classes de rugosité définies au Tab. 3. Chaque groupe est subdivisé en quatre sous-groupes en fonction des températures et des altitudes par rapport au niveau de la mer ci-dessous :

□ $t = 20^\circ\text{C}; H = 0 \text{ m}$

le diagramme est valable pour :

- une température entre $+5^\circ\text{C}$ et $+35^\circ\text{C}$;
- une altitude ne dépassant pas 500 m.

□ $t = 50^\circ\text{C}; H = 0 \text{ m}$

le diagramme est valable pour :

- une température entre $+35^\circ\text{C}$ et $+65^\circ\text{C}$;
- une altitude ne dépassant pas 500 m.

□ $t = 20^\circ\text{C}; H = 1.000 \text{ m}$

le diagramme est valable pour :

- une température entre $+5^\circ\text{C}$ et $+35^\circ\text{C}$;
- une altitude entre 500 et 1.500 m.

□ $t = 50^\circ\text{C}; H = 1.000 \text{ m}$

le diagramme est valable pour :

- une température entre $+35^\circ\text{C}$ et $+65^\circ\text{C}$;
- une altitude entre 500 et 1.500 m.

Les cas étudiés permettent de tenir compte du fait que les pertes de charge linéiques varient sensiblement en fonction de la température de l'air et de l'altitude au-dessus du niveau de la mer : paramètres qui influent sur la densité et la viscosité de l'air.

Tables des diamètres équivalents

Ils permettent de calculer les diamètres équivalents des conduites rectangulaires (voir exemple page 16). Ils donnent aussi les facteurs de corrélation entre la vitesse de l'air dans les conduites équivalentes et dans les conduites rectangulaires.

Tableau récapitulatif des Formules de calcul des Pertes de Charges Linéiques pour les canalisations d'air

Formule de calcul des Pertes de Charge Linéiques

$$r = F_a \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

r = perte de charge unitaire, Pa/m
 F_a = coefficient de frottement, sans unité

D = diamètre intérieur du conduit, m
 ρ = masse volumique du fluide, kg/m³

v = vitesse moyenne du fluide, m/s

Formule de calcul du Coefficient de frottement

La valeur de $[F_a]$ dépend du type de régime d'écoulement du fluide

Régime laminaire

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} < 2.000$$

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

Régime critique-turbulent

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \geq 2.000$$

Formule de Colebrook

$$\frac{1}{F_a^{0,5}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3.710 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot F_a^{0,5}} \right)$$

Formule simplifiée

$$F_a^* = 0,11 \cdot \left(\frac{\epsilon}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

se: $F_a^* \geq 0,018$: $F_a = F_a^*$

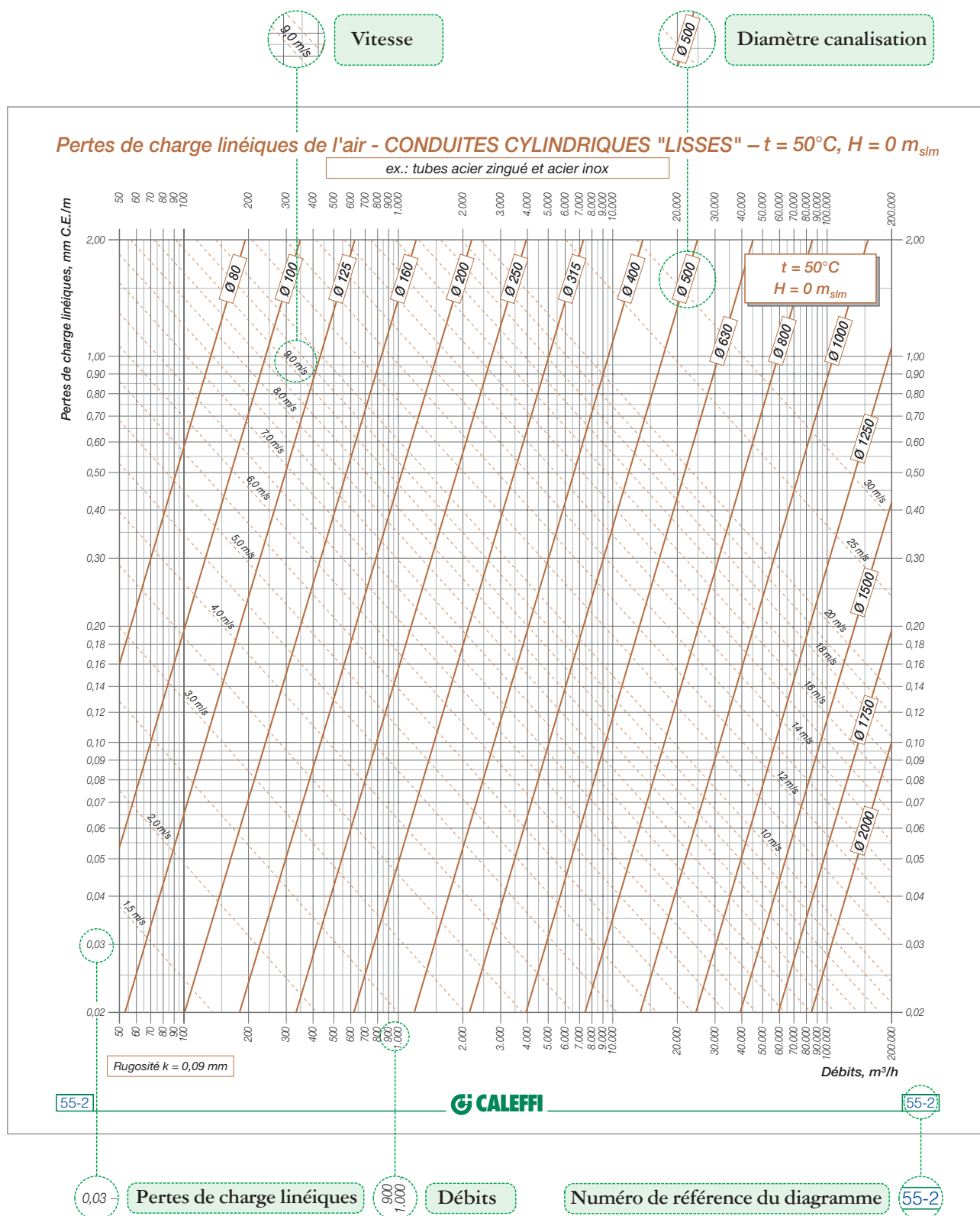
se: $F_a^* < 0,018$: $F_a = F_a^* \cdot 0,85 + 0,0028$

F_a = coefficient de frottement, sans unité
 Re = nombre de Reynolds, sans unité

D = diamètre intérieur du conduit, m
 ν = viscosité cinématique, m²/s

ϵ = rugosité absolue, mm
 v = vitesse moyenne du fluide, m/s

EXEMPLE DE DIAGRAMME PROPOSÉ POUR LES PERTES DE CHARGE LINÉIQUES - CONDUITES CYLINDRIQUES LISSES



EXEMPLE DE LA PREMIÈRE TABLE PROPOSÉE POUR DÉTERMINER LE DIAMÈTRE DES CONDUITES RECTANGULAIRES

b

Base section
rectangulaire

650

Hauteur section
rectangulaire

Conduites rectangulaires : diamètres équivalents pour la détermination des pertes de charge linéiques

a, b = dimensions rectangles/carrés, mm					Ø _e = diamètre équivalent, mm												f = facteur correctif de vitesse				
b	a	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	a	b			
100	Ø _e	109	133	152	169	183	195	207	217	227	236	245	253	261	268	275	Ø _e	100			
	f	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	f				
150	Ø _e	133	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321	331	341	350	Ø _e	150			
	f	0,93	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	f				
200	Ø _e	152	189	219	244	266	286	305	321	337	352	365	378	391	402	414	Ø _e	200			
	f	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	f				
250	Ø _e	169	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	429	443	457	470	Ø _e	250			
	f	0,89	0,92	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	f				
300	Ø _e	183	229	266	299	328	354	378	400	420	439	457	474	490	506	520	Ø _e	300			
	f	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	f				
350	Ø _e	195	245	286	322	354	383	409	433	455	477	496	515	533	550	567	Ø _e	350			
	f	0,86	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	f				
400	Ø _e	207	260	305	343	378	409	437	464	488	511	533	553	573	592	609	Ø _e	400			
	f	0,84	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	f				
450	Ø _e	217	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589	610	630	649	Ø _e	450			
	f	0,82	0,87	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	f				
500	Ø _e	227	287	337	381	420	455	488	518	547	573	598	622	644	666	687	Ø _e	500			
	f	0,81	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	f				
550	Ø _e	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653	677	700	722	Ø _e	550			
	f	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	f				
600	Ø _e	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	683	708	732	755	Ø _e	600			
	f	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	f				
650	Ø _e	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	737	763	787	Ø _e	650			
	f	0,77	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f				
700	Ø _e	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	792	818	Ø _e	700			
	f	0,76	0,82	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f				
750	Ø _e	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	847	Ø _e	750			
	f	0,75	0,81	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f				
800	Ø _e	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	Ø _e	800			
	f	0,74	0,80	0,84	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f				
850	Ø _e	282	359	424	482	534	582	626	668	706	743	778	811	842	872	901	Ø _e	850			
	f	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	f				
900	Ø _e	289	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	Ø _e	900			
	f	0,73	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f				
950	Ø _e	295	376	445	506	561	612	659	703	744	783	820	855	889	921	952	Ø _e	950			
	f	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f				
1000	Ø _e	301	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	Ø _e	1000			
	f	0,71	0,77	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	f				
1100	Ø _e	313	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1.022	Ø _e	1100			
	f	0,70	0,76	0,80	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	f				
1200	Ø _e	324	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1.030	1.066	Ø _e	1200			
	f	0,69	0,74	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	f				
1300	Ø _e	334	426	506	577	642	701	757	808	857	904	948	990	1.031	1.069	1.107	Ø _e	1300			
	f	0,67	0,73	0,77	0,80	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	f				
1400	Ø _e	344	439	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1.024	1.066	1.107	1.146	Ø _e	1400			
	f	0,66	0,72	0,76	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	f				
1500	Ø _e	353	452	536	612	681	745	805	860	913	963	1.011	1.057	1.100	1.143	1.183	Ø _e	1500			
	f	0,65	0,71	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	f				
1600	Ø _e	362	463	551	629	700	766	827	885	939	991	1.041	1.088	1.133	1.177	1.219	Ø _e	1600			
	f	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	f				
1700	Ø _e	371	475	564	644	718	785	849	908	964	1.018	1.069	1.118	1.164	1.209	1.253	Ø _e	1700			
	f	0,64	0,69	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	f				
1800	Ø _e	379	485	577	660	735	804	869	930	988	1.043	1.096	1.146	1.195	1.241	1.286	Ø _e	1800			
	f	0,63	0,69	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	f				
1900	Ø _e	387	496	590	674	751	823	889	952	1.012	1.068	1.122	1.174	1.224	1.271	1.318	Ø _e	1900			
	f	0,62	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	f				
2000	Ø _e	395	506	602	688	767	840	908	973	1.034	1.092	1.147	1.200	1.252	1.301	1.348	Ø _e	2000			
	f	0,61	0,67	0,71	0,74	0,77	0,79	0,8	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	f				
2200	Ø _e	410	525	625	715	797	874	945	1.013	1.076	1.137	1.195	1.251	1.305	1.356	1.406	Ø _e	2200			
	f	0,60	0,66	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	f				

80-1a

CALEFFI

80-1a

525
0,66

Diamètre équivalent
Facteur correctif de vitesse

Numéro de référence de la table

80-1a

PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

FORMULES DE CALCUL

Pour les conduites aérauliques, les pertes de charge singulières peuvent être calculées avec une des trois méthodes déjà évoquées ci-dessus pour l'eau. **Comme pour l'eau, la méthode la plus utilisée est la méthode directe.** Elle permet de calculer les pertes de charge singulières avec la formule suivante :

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (12)$$

où:

- z = perte de charge singulière, Pa
- ξ = coefficient de perte singulière, sans unité,
- ρ = masse volumique de l'air, Kg/m³
- v = vitesse moyenne de l'air, m/s

Si on exprime les pertes de charge singulières en unité de mesure courante (soit en mm C.E.) l'équation (12) devient:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81} \quad (13)$$

On peut calculer les valeurs de $[\xi]$ avec des formules ou les trouver par des essais en laboratoire.

PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

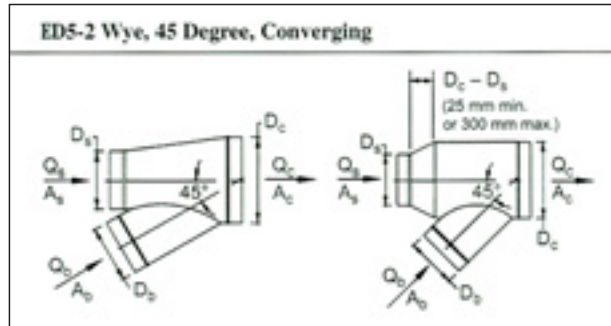
TABLES

Pour déterminer manuellement ces pertes de charge, nous avons créé des tables spécifiques.

Tables des coefficients de pertes de charge singulières $[\xi]$

Nous avons hésité avant d'élaborer des tables proposant des valeurs de $[\xi]$ pour les principales pièces spéciales des installations aérauliques. Il existe déjà, en effet, des tables complètes et tout à fait sûres sur le plan technique : celles d'**ASHRAE** (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers). **Ces tables présentent cependant dans la pratique des inconvénients non négligeables.**

Rappelons que les tables ASHRAE répertorient plus de deux cent pièces spéciales et pour chacune d'elles, elles proposent en général un nombre élevé de $[\xi]$. Par exemple, rien que pour la jonction à 45° ci-dessous (par rapport au débit d'air et aux sections des canalisations) elles proposent 1.458 valeurs de $[\xi]$.



Il est évident qu'un nombre de données aussi considérable signifie un temps de recherche assez long et expose à des erreurs.

L'excès de données rend souvent le choix difficile. **Il est pourtant nécessaire d'avoir une idée claire des pertes de charge pour la juste élaboration du projet et sa mise en oeuvre sur le chantier.**

D'autre part, chercher à obtenir avec les tables ASHRAE le maximum de précision théorique possible **n'a pas beaucoup de sens sur le plan pratique puisque les pièces spéciales de référence sont souvent très différentes de celles qui sont fabriquées dans nos pays.**

Toutes ces raisons nous ont conduits à proposer de nouvelles tables. Nous les utilisons dans notre travail et elles sont élaborées, par comparaisons et intégrations, à partir des sources suivantes : Manuel Marelli Aeraulica, Rietschell-Rais, Kraft-Kurth, Missenard, Porcher, Perrenoud.

Tables des pertes de charge singulières $[z]$

Elles permettent de calculer les pertes de charge singulières $[z]$ en fonction des coefficients connus $[\xi]$ et de la vitesse de l'air $[v]$.

Pour tenir compte **de l'influence de la température et de l'altitude par rapport au niveau de la mer** sur ces pertes de charge, nous proposons quatre tables qui se réfèrent aux mêmes conditions que les tables des pertes de charge linéiques.

Remarque :

Pour les canalisations rectangulaires, il faut déterminer $[z]$ **à partir des vitesses effectives et non de celles des sections équivalentes.**

EXEMPLE DE TABLE PROPOSÉE POUR LES COEFFICIENTS ξ DES CONDUITES CYLINDRIQUES - DÉRIVATIONS ET JONCTIONS

Conduites cylindriques - valeurs indicatives des coefficients ξ - variation de sections et de réglages

Restriction sans amorce

A_2/A_1	ξ
0,2	0,5
0,4	0,4
0,6	0,3
0,8	0,2

Restriction avec amorce

$$\xi = 0,2$$

Élargissement sans amorce

A_2/A_1	ξ
0,1	0,9
0,2	0,7
0,4	0,4
0,6	0,2

Élargissement avec amorce

A_2/A_1	ξ
0,1	0,5
0,2	0,3
0,4	0,2
0,6	0,2

Diaphragme d'équilibrage

A = aire section du tube

A^* = aire section du diaphragme

A^*/A	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
ξ	50	30	20	15	8	7	4	3	2

tubes et barres traversant une conduite

Tubes

e/d	0,10	0,25	0,50
ξ	0,2	0,6	2,0

Barres

h/d	0,10	0,25	0,50
ξ	0,7	1,4	4,0

Régulateur à volet

α	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	55°	60°
ξ	0,2	0,6	1,8	4,4	11	21	35	65	105

Régulateur à guillotine

h/d	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
ξ	30	11	5,2	2,2	1,3	0,5

Grille de protection

A = aire section du tube

A^* = aire nette passage d'air

A^*/A	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
ξ	17	6,5	3,0	1,7	1,0	0,8

Tôle percée

A = aire section du tube

A^* = aire nette passage d'air

A^*/A	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
ξ	60	22	9,0	4,0	2,2	1,0

90-4

CALEFFI

90-4

EXEMPLE DE TABLE PROPOSÉE POUR DÉTERMINER LES PERTES DE CHARGE SINGULIÈRES

v Vitesse
 3 Sommes des coefficients $\Sigma \xi$
 0,40 Pertes de charge singulières

Pertes de charge singulières pour $\Sigma \xi = 1 \div 10$ (température d'air = 50°C - H = 1.000 m_{slm})

v = vitesse, m/s												
$\Sigma \xi$ = somme coefficient pertes singulières, sans unité												
z = pertes de charge singulières, mm C.E.												
v	$\Sigma \xi$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	v
1,0	z	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,44	0,49	z
1,5	z	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	z
2,0	z	0,20	0,40	0,59	0,79	0,99	1,19	1,38	1,58	1,78	1,98	z
2,5	z	0,31	0,62	0,93	1,24	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09	z
3,0	z	0,44	0,89	1,33	1,78	2,22	2,67	3,11	3,56	4,00	4,45	z
3,2	z	0,51	1,01	1,52	2,02	2,53	3,04	3,54	4,05	4,56	5,06	z
3,4	z	0,57	1,14	1,71	2,29	2,86	3,43	4,00	4,57	5,14	5,71	z
3,6	z	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,13	5,77	6,41	z
3,8	z	0,71	1,43	2,14	2,86	3,57	4,28	5,00	5,71	6,42	7,14	z
4,0	z	0,79	1,58	2,37	3,16	3,95	4,75	5,54	6,33	7,12	7,91	z
4,2	z	0,87	1,74	2,62	3,49	4,36	5,23	6,10	6,98	7,85	8,72	z
4,4	z	0,96	1,91	2,87	3,83	4,79	5,74	6,70	7,66	8,61	9,57	z
4,6	z	1,05	2,09	3,14	4,18	5,23	6,28	7,32	8,37	9,41	10,5	z
4,8	z	1,14	2,28	3,42	4,56	5,70	6,83	7,97	9,11	10,3	11,4	z
5,0	z	1,24	2,47	3,71	4,94	6,18	7,42	8,65	9,89	11,1	12,4	z
5,2	z	1,34	2,67	4,01	5,35	6,68	8,02	9,36	10,7	12,0	13,4	z
5,4	z	1,44	2,88	4,32	5,77	7,21	8,65	10,1	11,5	13,0	14,4	z
5,6	z	1,55	3,10	4,65	6,20	7,75	9,30	10,9	12,4	14,0	15,5	z
5,8	z	1,66	3,33	4,99	6,65	8,32	9,98	11,6	13,3	15,0	16,6	z
6,0	z	1,78	3,56	5,34	7,12	8,90	10,7	12,5	14,2	16,0	17,8	z
6,2	z	1,90	3,80	5,70	7,60	9,50	11,4	13,3	15,2	17,1	19,0	z
6,4	z	2,02	4,05	6,07	8,10	10,1	12,1	14,2	16,2	18,2	20,2	z
6,6	z	2,15	4,31	6,46	8,61	10,8	12,9	15,1	17,2	19,4	21,5	z
6,8	z	2,29	4,57	6,86	9,14	11,4	13,7	16,0	18,3	20,6	22,9	z
7,0	z	2,42	4,84	7,27	9,69	12,1	14,5	17,0	19,4	21,8	24,2	z
7,2	z	2,56	5,13	7,69	10,3	12,8	15,4	17,9	20,5	23,1	25,6	z
7,4	z	2,71	5,41	8,12	10,8	13,5	16,2	18,9	21,7	24,4	27,1	z
7,6	z	2,86	5,71	8,57	11,4	14,3	17,1	20,0	22,8	25,7	28,6	z
7,8	z	3,01	6,02	9,02	12,0	15,0	18,0	21,1	24,1	27,1	30,1	z
8,0	z	3,16	6,33	9,49	12,7	15,8	19,0	22,1	25,3	28,5	31,6	z
8,5	z	3,57	7,14	10,7	14,3	17,9	21,4	25,0	28,6	32,1	35,7	z
9,0	z	4,00	8,01	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	z
9,5	z	4,46	8,92	13,4	17,8	22,3	26,8	31,2	35,7	40,2	44,6	z
10,0	z	4,94	9,89	14,8	19,8	24,7	29,7	34,6	39,5	44,5	49,4	z
10,5	z	5,45	10,9	16,4	21,8	27,3	32,7	38,2	43,6	49,1	54,5	z
11,0	z	5,98	12,0	17,9	23,9	29,9	35,9	41,9	47,9	53,8	59,8	z
11,5	z	6,54	13,1	19,6	26,2	32,7	39,2	45,8	52,3	58,8	65,4	z
12,0	z	7,12	14,2	21,4	28,5	35,6	42,7	49,8	57,0	64,1	71,2	z
12,5	z	7,72	15,4	23,2	30,9	38,6	46,3	54,1	61,8	69,5	77,2	z
13,0	z	8,35	16,7	25,1	33,4	41,8	50,1	58,5	66,8	75,2	83,5	z
13,5	z	9,01	18,0	27,0	36,0	45,0	54,1	63,1	72,1	81,1	90,1	z
14,0	z	9,69	19,4	29,1	38,8	48,4	58,1	67,8	77,5	87,2	96,9	z
14,5	z	10,4	20,8	31,2	41,6	52,0	62,4	72,8	83,2	93,5	104	z
15,0	z	11,1	22,2	33,4	44,5	55,6	66,7	77,9	89,0	100	111	z
15,5	z	11,9	23,8	35,6	47,5	59,4	71,3	83,1	95,0	107	119	z
16,0	z	12,7	25,3	38,0	50,6	63,3	75,9	88,6	101	114	127	z

98-1b

CALEFFI

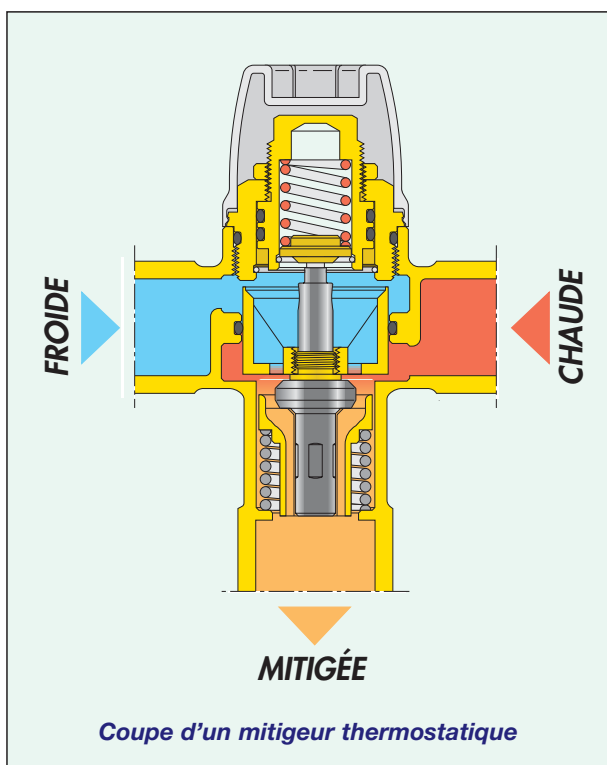
98-1b

Numéro de référence de la table

98-1b

DIMENSIONNEMENT DES MITIGEURS POUR EAU CHAUDE SANITAIRE

Le rôle d'un mitigeur est essentiellement de mélanger l'eau froide et l'eau chaude pour amener l'eau à la température (intermédiaire) désirée.



Pour remplir ce rôle correctement, le mitigeur ne doit être ni trop grand ni trop petit. En termes techniques, il **ne doit être ni sous dimensionné ni surdimensionné**.

Il est évident qu'il ne doit pas être sous dimensionné sous peine de **ne pas pouvoir fournir le débit voulu**. En outre, dans le mitigeur, l'eau **pourrait atteindre des vitesses trop élevées**, et alors provoquer (1) des **vibrations**, (2) des **coups de bélier**, (3) des **bruits** et (4) une usure par **abrasion**, susceptibles de compromettre le bon fonctionnement de l'installation et la durée de vie du mitigeur.

Le mitigeur ne doit pas non plus être **surdimensionné**, ce qui donnerait **une vitesse interne de l'eau trop basse**, ne permettant pas un bon mélange de l'eau froide et de l'eau chaude et donc un **réglage rapide et précis de la température**.

Dimensionner correctement un mitigeur est donc indispensable pour :

- obtenir de l'eau mitigée, à la température précisément désirée, et en toute sécurité;
- éviter le danger de vibration, de bruit et de coups de bélier;
- prolonger la durée de vie du mitigeur.

On comprendra facilement qu'il faut connaître, pour dimensionner correctement un mitigeur, le **débit maximal (ou débit de projet) demandé** et la **pression disponible** pour obtenir un tel débit :

- le débit maximal ou débit de projet est celui que le mitigeur doit fournir en période d'utilisation de pointe de l'installation.

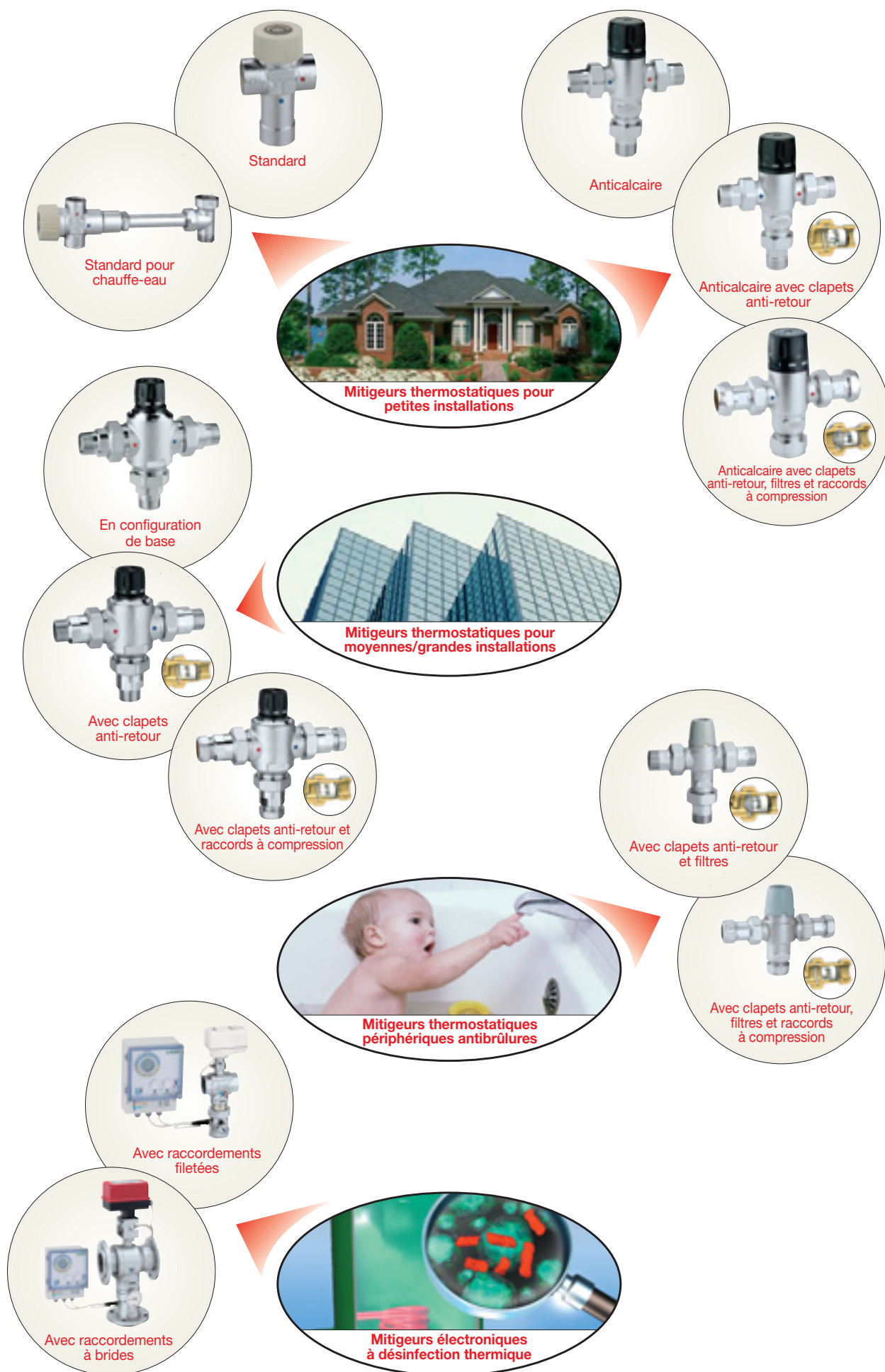
C'est un débit qui dépend (1) du type de robinets, (2) de leur nombre, (3) de la fréquence d'utilisation et (4) du volume de l'installation. En général, on le calcule à l'aide d'une norme spécifique (voir 5^{ème} Cahier Caleffi);

- la pression disponible est celle qui peut être utilisée pour que le débit de projet traverse le mitigeur.

Logiquement, cette pression dépend de celle qui est fournie par le réseau d'eau ou par le système de mise sous pression. Elle ne doit pas être trop basse sous peine de ne pas pouvoir fournir un bon mélange entre l'eau froide et l'eau chaude (voir les valeurs conseillées ci-après).

Après avoir déterminé le débit de projet et la pression disponible, **il faut chercher parmi les différents mitigeurs disponibles celui dont les prestations s'approchent le plus de celles demandées**.

Le calcul de débit de projet et la comparaison entre les prestations demandées et celles que l'on peut obtenir des mitigeurs sont des opérations qui peuvent prendre beaucoup de temps et demander beaucoup de travail. **Un programme qui exécute automatiquement ces opérations peut donc s'avérer utile**. Celui que nous proposons plus loin (disponible sur le site *Internet* Caleffi) permet de dimensionner les mitigeurs représentés sur la page ci-contre.



MITIGEURS THERMOSTATIQUES POUR PETITES INSTALLATIONS

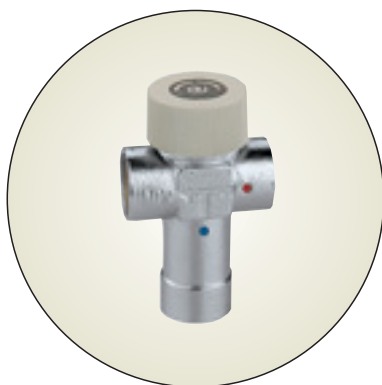
Ils sont utilisés surtout en appartement ou en maisons individuelles.



Le programme divise ce groupe de mitigeurs en sous-groupes :

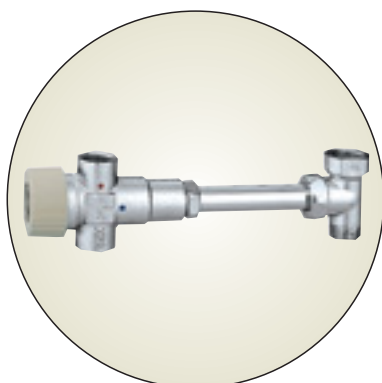
Mitigeurs standard

Ils peuvent être utilisés dans les logements qui n'exigent pas de prestations particulières.



Mitigeurs standard pour chauffe-eau

En pratique, ce sont des mitigeurs standard avec raccords à entraxes réglables pour installation sous chauffe-eau.



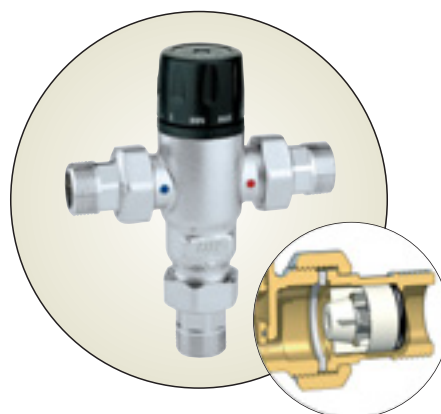
Mitigeurs anticalcaires

Leurs pièces internes sont fabriquées avec des matériaux à bas coefficient de frottement pour empêcher la formation de dépôts de calcaire.



Mitigeurs anticalcaires avec clapet anti-retour

Outre le fait d'être anticalcaire, ils possèdent des clapets anti-retour empêchant les inversions de débit dans les circuits d'alimentation.



Mitigeurs anticalcaires avec clapets anti-retour, filtres et raccords à compression

Anticalcaires avec clapets anti-retour, ils possèdent en plus des filtres (pour éviter toute détérioration due aux impuretés) et des raccords à compression.



DIMENSIONNEMENT

Après la sélection du sous-groupe de mitigeurs le mieux adapté, le programme propose les tables suivantes :

Table des débits pratiques de projet

Pour les petites installations, nous proposons les tableaux suivants qui donnent les **valeurs pratiques des débits de projet**.

Valeurs des débits pratiques de projet

1 logement avec 1 salle de bains	0.20 l/s
1 logement avec 2 salles de bains	0.25 l/s
1 logement avec 3 salles de bains	0.30 l/s

Nous proposons des valeurs pratiques et non des valeurs dérivées des normes nationales ou européennes, trop élevées pour les usages domestiques (voir page 49, 5^{ème} Cahier et notes dans l'encadré, colonne ci-contre).

Tables des débits des mitigeurs et des pressions requises

Pour les différents mitigeurs du sous-groupe choisi, le programme donne les **tables des débits possibles des mitigeurs et des pressions requises correspondantes**.

Mitigeur de diamètre 1/2"

Δp	2	3	4	5	6	7
G	0.16	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30

Mitigeur de diamètre 3/4"

Δp	2	3	4	5	6	7
G	0.22	0.27	0.31	0.35	0.38	0.41

Mitigeur de diamètre 1"

Δp	2	3	4	5	6	7
G	0.34	0.41	0.48	0.53	0.59	0.63

dans lesquels :

Δp = Pressions requises, m C.E.

G = Débits des mitigeurs, l/s

Choix du mitigeur

Ces tables permettent de choisir le mitigeur de la façon suivante :

1. **déterminer d'abord le débit de projet** avec le tableau ci-contre;
2. **définir ensuite la pression disponible** qui, pour ces mitigeurs, doit être comprise de préférence entre **3 et 7 m C.E.** (il est conseillé de ne pas descendre sous **2 m C.E.**);
3. enfin, avec les tables débit/pression, **choisir le mitigeur correspondant au débit de projet et dont la pression est la plus proche de la pression disponible**.

Remarque : le programme permet de dimensionner ces mitigeurs même quand leur **débit de projet est défini par les normes** (par ex. UNI ou EN). Il suffit alors de choisir le mitigeur en fonction de ce débit.

REMARQUES SUR LES DÉBITS DE PROJET PROPOSÉS

Les débits de projet proposés ont été obtenus essentiellement à partir d'évaluations pratiques. Si on considère par exemple, que le robinet d'eau chaude doivent débiter :

- évier	0,20 l/s
- lavabo	0,10 l/s
- bidet	0,10 l/s
- douche	0,15 l/s
- baignoire	0,20 l/s

on peut en déduire facilement (pour un logement avec 1 salle de bains) qu'un débit de projet égal à 0,2 l/s signifie que les deux robinets les plus petits sont ouverts en même temps ou un seul des deux plus grands (évier ou baignoire). Ce constat pourrait faire penser à première vue à un sous dimensionnement.

Cependant, un simple calcul nous permet de montrer que pour chauffer une telle quantité d'eau (par exemple de 10 à 45°C) il faut une puissance thermique de :

$$(0,2 \cdot 3.600) \cdot (45 - 10) = 25.200 \text{ kcal/h}$$

soit une puissance thermique plus ou moins égale à la puissance maximale d'une petite chaudière murale.

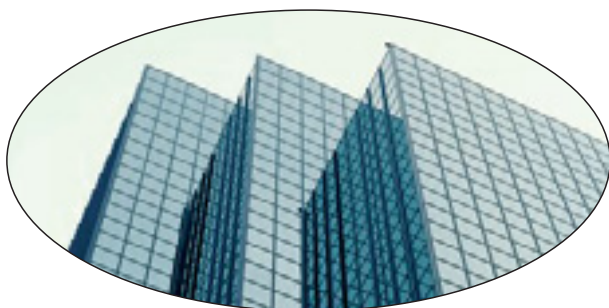
Si le débit proposé de 0,2 l/s est insuffisant, **la demande d'eau chaude sanitaire ne peut pas être satisfaite avec une chaudière murale, même dans un logement avec une seule salle de bains.**

Ce type de raisonnement peut servir aussi à une vérification pratique (indirecte mais efficace) des débits de projet proposés pour les logements comportant plusieurs salles de bains.

MITIGEURS THERMOSTATIQUES POUR MOYENNES ET GRANDES INSTALLATIONS

Grâce à leurs prestations et aux nombreuses dimensions disponibles, ils peuvent être utilisés avec tous les types d'installations d'eau chaude sanitaire :

- immeubles résidentiels;
- bureaux et assimilés;
- hôpitaux, cliniques, maisons de retraites, hospices;
- hôtels, pensions, *résidences*, casernes, campings;
- écoles, collèges et *campus* universitaires;
- centres sportifs, salles de sport, piscines;
- vestiaires d'ateliers et industries.



Le programme divise ce groupe de mitigeurs en sous-groupes :

Mitigeurs en configuration de base

La gamme va du diamètre 1/2" au 2". Ils sont équipés d'un système de blocage de la température et de cartouches thermostatiques interchangeables.



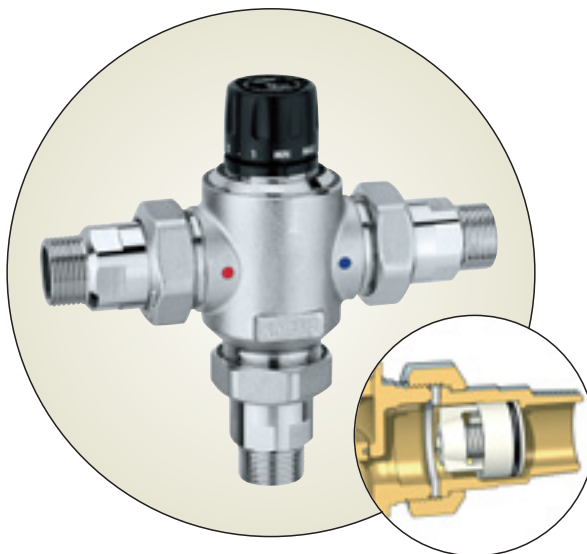
Mitigeurs avec clapets anti-retour

Trois diamètres disponibles:
3/4" - 1" - 1 1/4".

Comme dans la configuration de base, ils sont équipés d'un système de blocage de la température et de cartouches thermostatiques interchangeables.

De plus, des clapets anti-retour placés sur les arrivées d'eau chaude et froide permettent d'éviter tout risque d'inversion du débit dans les circuits d'alimentation.

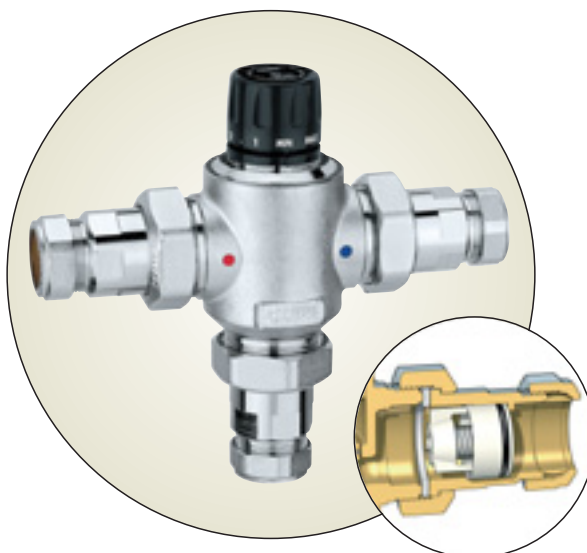
(voir les schémas correspondants 5° Cahier Caleffi et Solutions d'Hydraulique)



Mitigeurs avec clapets anti-retour et raccords à compression

Deux diamètres disponibles :
pour tube de 22 et 28 mm.

Ils possèdent les caractéristiques des mitigeurs ci-dessus, plus des raccords à compression spéciaux.



DIMENSIONNEMENT

Comme dans le cas précédent, le programme demande d'abord de sélectionner le sous-groupe de mitigeurs. Puis il propose les étapes suivantes : (1) **demande de saisie des données de projet**, (2) **élaboration des données et solutions proposées**, (3) **choix du mitigeur**.

Demande de saisie des données de projet

Le programme demande la saisie des données de projet de base : c'est-à-dire la pression disponible et le débit de projet.

☐ Pression disponible

Pour ces mitigeurs (toujours pour assurer un bon mélange entre l'eau chaude et l'eau froide) il est préférable que la pression disponible soit comprise entre **5 et 10 m C.E.**. Éviter les pressions inférieures à **2 m C.E.**.

☐ Débit de projet

Pour connaître ce débit, le programme envisage trois cas :

- **le débit de projet est connu**,
il a déjà été calculé pour dimensionner le réseau de distribution. Dans ce cas, le programme se borne à demander la valeur de ce débit;
- **le débit total est connu**,
c'est-à-dire la somme des débits qu'on obtient en ouvrant tous les robinets. Dans ce cas, le programme demande la valeur de ce débit et le type de bâtiment auquel il est destiné;
- **on ne connaît que le type et le nombre de robinets**,
dans ce dernier cas, le programme demande le type et le nombre de robinets et aussi le type de bâtiment.

L'encadré ci-dessous se rapporte à la demande de saisie des données de projet, quand on ne connaît que le nombre et le type de robinets.

Pression disponible	<input type="text"/>	m C.E.
Points de puisage	Nombre	Débit
Éviers	<input type="text"/>	0,20 l/s
Lavabos	<input type="text"/>	0,10 l/s
Bidets	<input type="text"/>	0,10 l/s
Douches	<input type="text"/>	0,15 l/s
Baignoires	<input type="text"/>	0,20 l/s
Autres robinets	<input type="text"/>	<input type="text"/> l/s
Type de bâtiment	<input type="text"/>	

Élaboration des données et solutions proposées

Lorsqu'il dispose des données de projet, le programme peut calculer le **débit de projet**, s'il n'a pas été saisi directement.

il calcule ensuite, pour le mitigeurs du sous-groupe choisi, **les pressions requises pour ce débit**.

Il propose enfin **les deux mitigeurs dont les pressions sont les plus proches** (par défaut ou par excès) **de la pression disponible**. La correspondance exacte entre les prestations demandées et celles qu'on peut attendre des mitigeurs est exceptionnelle.

Choix du mitigeur

Le choix du mitigeur est laissé au chef de projet, qui a deux options :

- **choisir le mitigeur ayant le plus petit diamètre**, demandant alors une pression plus élevée que celle qui est proposée comme pression disponible;
- **choisir le mitigeur ayant le plus grand diamètre**, utilisant dans ce cas une pression plus basse.

Par exemple, si on considère les mitigeurs en configuration de base avec les données de projet suivantes :

Pression disponible	<input type="text" value="6,00"/>	m C.E.
Débit de projet	<input type="text" value="2,2"/>	l/s

le programme propose le couple de mitigeurs suivant :

Solut. 1	Diamètre mitigeur	<input type="text" value="1 1/4"/>
	Pression requise	<input type="text" value="7,72"/> m C.E.
Solut. 2	Diamètre mitigeur	<input type="text" value="1 1/2"/>
	Pression requise	<input type="text" value="3,04"/> m C.E.

Sur la base de la pression du réseau et des valeurs conseillées pour faire fonctionner correctement les mitigeurs, il est donc possible de faire le choix le plus cohérent.

Le programme permet aussi d'imprimer les **données du mitigeur choisi**, avec un résultat similaire à l'exemple donné page 29 pour les mitigeurs électroniques à désinfection thermique.

MITIGEURS THERMOSTATIQUESS PÉRIPHÉRIQUES ANTIBRÛLURES

On peut les utiliser (par exemple : dans les hôpitaux, les cliniques, les hôtels, les crèches, les habitations individuelles) pour éviter les distributions d'eau trop chaude et les brûlures : **les personnes affaiblies et fragiles y sont particulièrement exposées notamment** : les personnes handicapées, les enfants, les personnes âgées.



Ils peuvent être utilisés **pour protéger les installations sanitaires et les appareils périphériques** dans les installations où, pour éviter le développement et la diffusion de la *légionelle*, **l'eau chaude est distribuée à une température supérieure à 50°C** (voir les schémas de fonctionnement sur Hydraulique n°1).

Le table ci-dessous donnent les températures de l'eau et les durées d'exposition qui **peuvent provoquer des brûlures au second degré**.

Température	Adultes	Enfants 0-5 ans
65°C	2 sec	0,5 sec
60°C	5 sec	1 sec
55°C	30 sec	10 sec
50°C	5 min	2,5 min

Comme le préconisent les normes internationales les plus avancées, il est préférable d'utiliser exclusivement des mitigeurs antibrûlures du type :

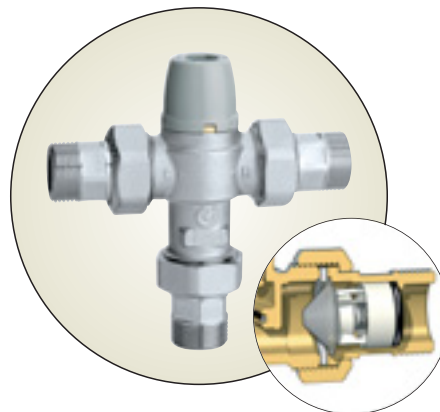
- **anticalcaire** pour éviter les anomalies de réglage dues à des dépôts calcaires;
- **avec dispositifs de blocage des débits en l'absence d'eau froide.**

Sans ces caractéristiques, la **sécurité effective antibrûlures des mitigeurs est partielle ou incertaine**.

Le programme divise ce groupe de mitigeurs en sous-groupe :

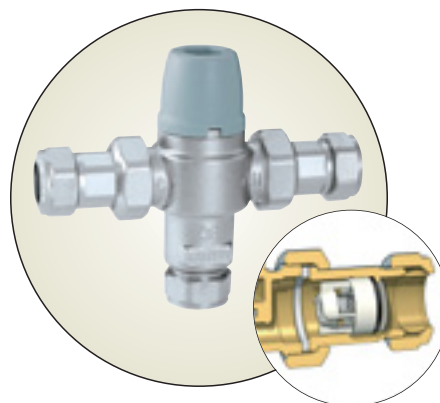
Mitigeurs avec clapets anti-retour et filtres

Anticalcaires, avec clapets anti-retour et filtres. Ils sont aussi équipés d'un dispositif de blocage du débit d'eau mitigée en l'absence aussi bien d'eau chaude que d'eau froide.



Mitigeurs avec clapets anti-retour, filtres et raccords à compression

Ils ont des caractéristiques et des performances identiques à celles des mitigeurs mentionnés ci-dessus. Ils sont en outre équipés de raccords à compression.



DIMENSIONNEMENT

Pour le dimensionnement de ces mitigeurs, le programme propose un **système assez semblable à celui des mitigeurs destinés aux petites installations**.

Le page ci-contre donne un exemple d'impression (aux fins de dimensionnement) qui résume les données de projet et les caractéristiques principales du mitigeur sélectionné.

EXEMPLE D'IMPRESSION DE DIMENSIONNEMENT DES MITIGEURS THERMOSTATIQUES
PÉRIPHÉRIQUES ANTIBRÛLURES



CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DES MITIGEURS D'EAU SANITAIRE

MITIGEURS THERMOSTATIQUES PÉRIPHÉRIQUES ANTIBRÛLURES

MITIGEURS RÉGLABLES, AVEC CLAPETS ANTI-RETOUR, FILTRES ET RACCORDS À COMPRESSION

Choix effectué:

Diamètre	Code	Kv [m³/h]	Débit minimum [l/s]	Débit maximum [l/s]	Plage de réglage
DN 15	521315	1.5	0.08	0.42	30-50°C

Perte de charge [m C.E.]	2	3	4	5	6	7
Débit [l/s]	0.18	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35

Valeurs pratiques de débit simultané:

Un logement avec une salle de bain	0.20 l/s
Un logement avec deux salles de bain	0.25 l/s
Un logement avec trois salles de bain	0.30 l/s

Débit de chaque point de puisage [l/s]:

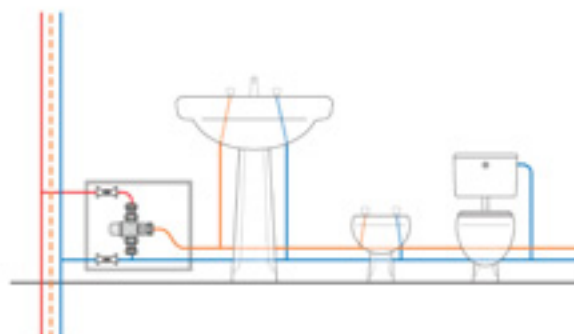
Evier cuisine	Lavabo	Bidet	Douche	Baignoire
0.20 l/s	0.10 l/s	0.10 l/s	0.15 l/s	0.20 l/s

SÉRIE 5213

depl. 01092



Exemple d'application:



13/10/05
Page 1/1

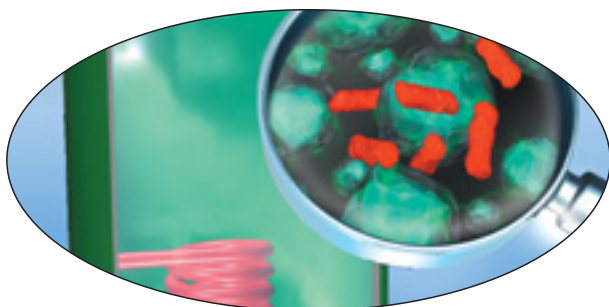
ÔCHE Aude
Rue MIX
AIX LES BAINS

CACHET:

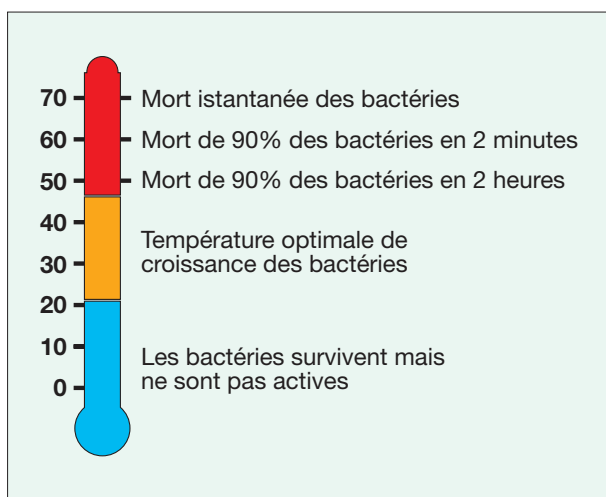
NOTE: Caleffi S.p.A. décline toute responsabilité en cas d'utilisation inappropriée des données contenues dans ce document.

MITIGEURS ÉLECTRONIQUES À DÉSINFECTION THERMIQUE

Ces mitigeurs peuvent être réglés pour fonctionner à différentes températures. Ils peuvent donc être facilement utilisés pour la **désinfection thermique périodique** des réseaux de distribution d'eau chaude sanitaire dont le principal objectif est d' **empêcher la diffusion de la légionelle** : bactérie qui provoque des infections pulmonaires graves comme la *fièvre de Pontiac* et la *légionellose* (voir Hydraulique n°1).



Le dessin ci-dessous (extrait d'une recherche menée par J.M. HODGSON et B.J. CASEY) montre les conditions de développement et la durée de survie de la *légionelle* en fonction de la température de l'eau.



Pour la désinfection thermique, la température ne doit pas être inférieure à 60°C. Il est donc conseillé de vérifier que le réseau (de distribution et de bouclage) ne comporte pas de zones où la température de l'eau est inférieure à 55-56°C.

Le programme divise ces mitigeurs en deux sous-groupes :

Mitigeurs avec raccords filetés

La gamme de diamètres va de 3/4" à 2".



Mitigeurs anticalcaires avec raccordement à brides

Leurs caractéristiques et leurs performances sont les mêmes que celles des mitigeurs mentionnés ci-dessus.



DIMENSIONNEMENT

Pour le dimensionnement de ces mitigeurs, le programme propose un système assez semblable à celui des mitigeurs destinés aux moyennes et grandes installations.

La page ci-contre donne un exemple d'impression (aux fins de dimensionnement) qui résume les données de projet et les caractéristiques principales du mitigeur sélectionné.

**EXEMPLE D'IMPRESSION DE DIMENSIONNEMENT DES MITIGEURS ÉLECTRONIQUES
À DÉSINFECTION THERMIQUE**



CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DES MITIGEURS D'EAU SANITAIRE

**MITIGEURS ÉLECTRONIQUES À DÉSINFECTION THERMIQUE
MITIGEURS ÉLECTRONIQUES À DÉSINFECTION THERMIQUE PROGRAMMABLE**

Données rentrées:

Perte de charge (valeurs de projet) [m C.E.]	6.00
Débit de projet (ou simultané) [l/s]	3.60

Choix effectué:

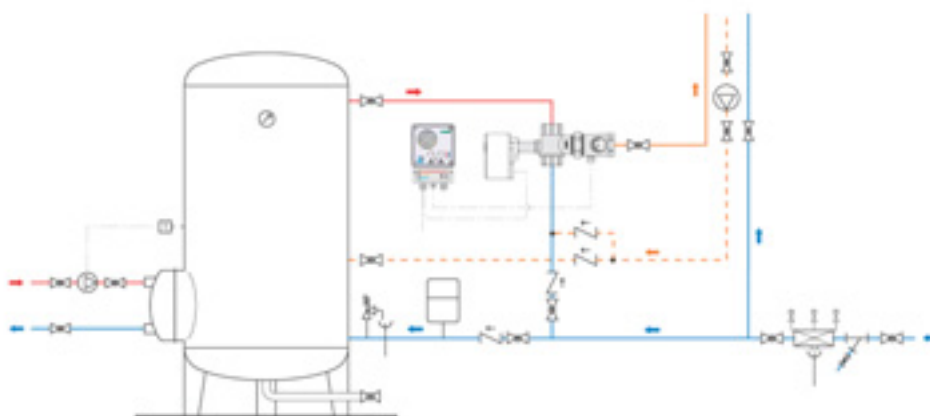
Diamètre	Code	Kv [m³/h]	Débit minimum [l/s]	Débit maximum [l/s]	Plage de réglage
1 1/4"	600070	14.5	0.28	4.93	20-80°C
Perte de charge (mitigeur) [m C.E.]					8.14
Nombre de mitigeurs à installer					1

SÉRIE 6000

depl. 01066



Exemple d'application:



12/10/05
Page 1/1

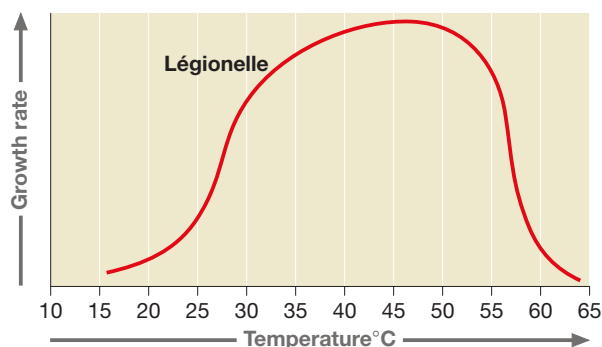
ÔCHE Aude
Rue MIX
AIX LES BAINS

CACHET:

NOTE: Caleffi S.p.A. décline toute responsabilité en cas d'utilisation inappropriée des données contenues dans ce document.

MITIGEURS THERMOSTATIQUES INTÉGRÉS DANS UN « SYSTÈME CARLIER-MESKEL »

Dans la revue Hydraulique N°1, nous avons indiqué que l'éradication des légionelles dans les circuits d'eau sanitaire commence par la prise en compte de l'eau froide. Rappelons ici quelques faits.



Le taux de croissance de la bactérie est fonction de la température :

- **Croissance** faible à partir de 16°C,
- moyenne à partir de 20°C
- maximale à partir de 25°C
- à nouveau moyenne entre 32 et 47°C
- **Décroissance** moyenne de 47°C à 55°C
- forte au-delà de 55°C

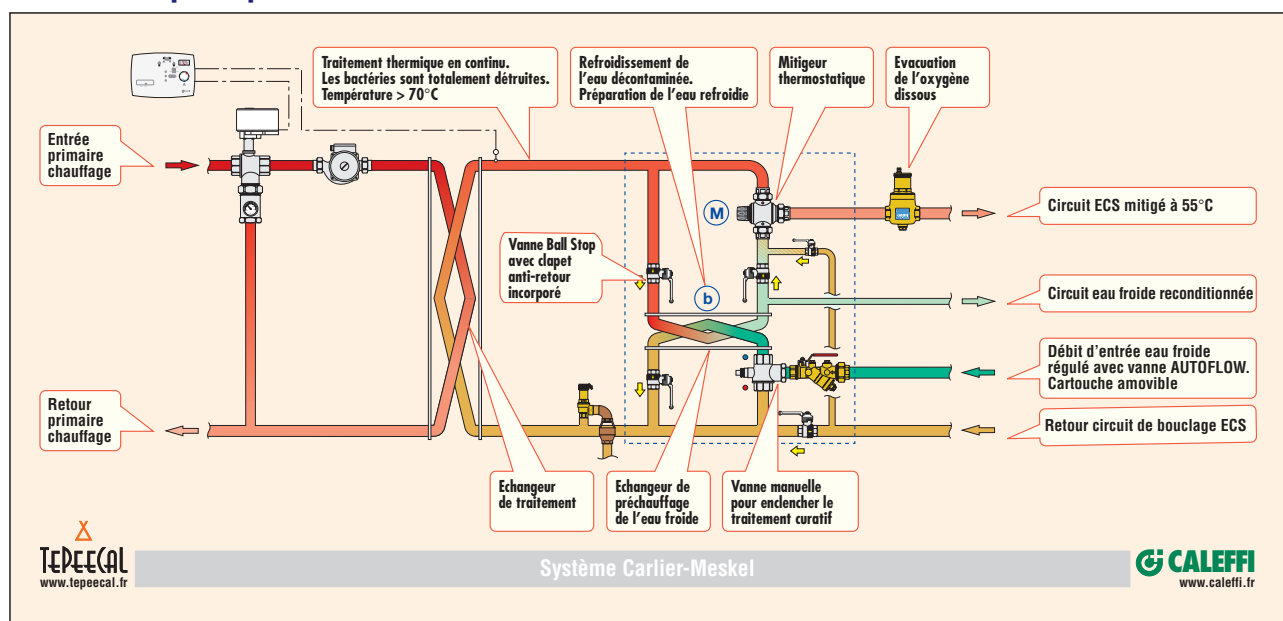
Si la bactérie trouve de bonnes conditions d'environnement (nourriture, température, oxygène...) sa multiplication peut être très rapide (exemple : à partir d'une bactérie, il faut moins de 2 jours pour dépasser le seuil de 1000 ufc/l.).

Les possibilités de conjuguer températures et temps suffisants sont nombreuses dans nos installations sanitaires :

- l'eau froide arrive en été au compteur à une température comprise entre 14°C et 19°C (guide 2004 Eau chaude sanitaire de l'AICVF). A l'intérieur des bâtiments elle subit un réchauffement de plusieurs degrés;
- une absence prolongée (congelés...) fait de l'installation une zone morte temporaire;
- l'eau chaude et l'eau froide se mélangent pour faire de l'eau tiède où les bactéries présentes dans l'eau froide vont se développer rapidement;
- l'eau qui reste entre le point de mélange et le robinet de soutirage est favorable au développement bactérien;
- un soutirage trop important de l'eau dans les ballons d'ECS peut conduire à une température et une durée d'exposition trop basse pour détruire la bactérie.

La prise en compte des légionelles uniquement sur l'eau chaude est donc insuffisante. Dans cette optique, nous avons présenté dans la revue Hydraulique n°1, le « **système Carlier-Meskel** » qui permet, par la mise en place de composants adéquats dont le mitigeur thermostatique, **le traitement global des installations d'eau sanitaire, chaude et froide.**

Schéma de principe



Pour permettre une installation simple et sûre du « système Carlier-Meskel », la société Tepeeecal en collaboration avec Caleffi a mis au point un ensemble prémonté intégrant tous les composants nécessaires : **le module CALOVIV** (voir photo). La grande facilité du montage, sa compacité et l'absence d'électronique en fait un système **économe en énergie** car les calories pour traiter l'eau froide sont récupérées. Avec ou sans bouclage d'eau chaude sanitaire le procédé reste efficace sur le neuf comme sur l'existant.



Le choix du système et donc du mitigeur se fait **en fonction des débits demandés en eau chaude ET en eau froide**. Le calcul des puissances des échangeurs est primordial pour le bon fonctionnement du système.

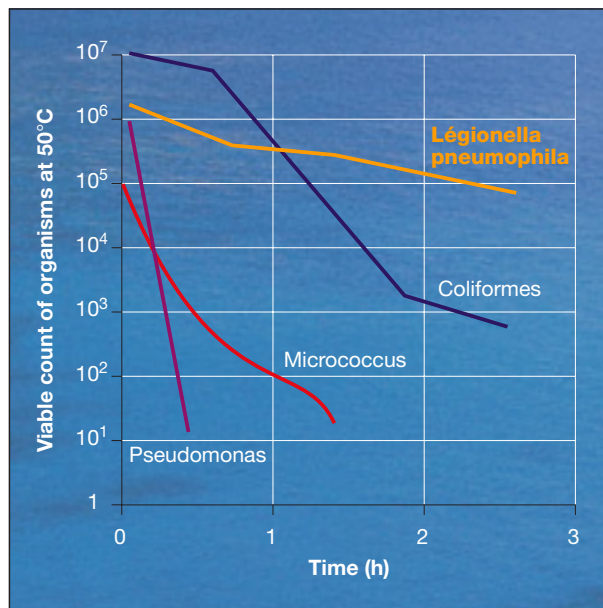
TRAITEMENT DES PSEUDOMONAS

En traitant par voie thermique l'eau chaude et l'eau froide pour éradiquer les légionelles ont détruit d'autres bactéries indésirables comme les pseudomonas.

Cette bactérie psychotrope (température de croissance proche de 0°C avec un optimum à 37°C) compte 60 espèces. Elle est responsable de 10% des infections nosocomiales qui affectent particulièrement les personnes immunodéprimées :

- Infections locales de l'œil ou de l'oreille.
- Infections de plaies ou de brûlures.
- Infections urinaires.
- Infections pulmonaires.
- Gastro-entérites.
- Septicémies.
- Méningites.
- Etc.

L'eau potable ne doit pas en contenir, les règlements en vigueur **imposent zéro bactérie de type pseudomonas dans l'eau de consommation.**



Le graphique ci-dessus montre qu'il faut 1/2 heure à 50°C pour faire passer le nombre de pseudomonas de un million d'unités à dix unités.

En traitant l'eau chaude et l'eau froide à plus de 70°C le "système Carlier-Meskel" de Caleffi détruit **instantanément** les bactéries psychotropes (ex. : pseudomonas) et mésophiles (ex. : Légionella).

Les connaissances dans ce domaine sont en constante évolution, aussi nous invitons nos lecteurs à visiter notre site internet www.caleffi.fr dans lequel nous avons inséré une rubrique spécifique, régulièrement actualisée.

Mitigeurs thermostatiques pour installations solaires série 2521 - 2523

CALEFFI
SOLAR



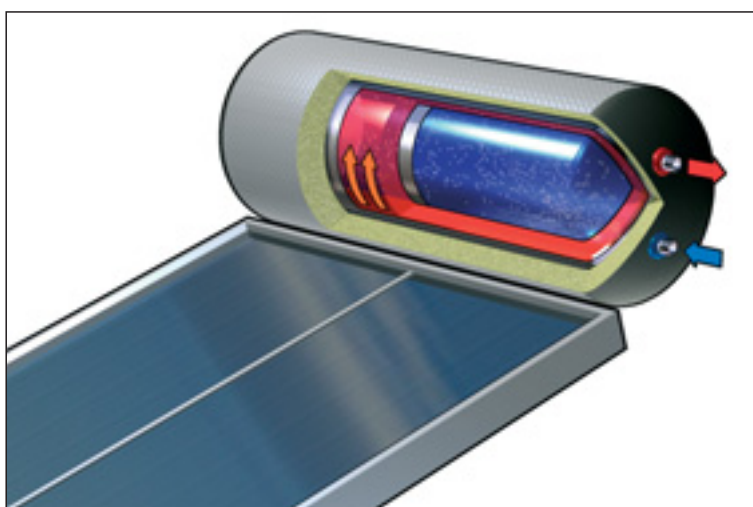
Installations solaires-hautes températures

Dans les installations solaires avec circulation naturelle (thermosiphon) primaire et chauffe-eau à bain-marie, la température de l'eau sanitaire contenue dans le chauffe-eau peut varier considérablement en fonction du rayonnement solaire et atteindre des valeurs très élevées sur de longues périodes. En plein été, quand les prélèvements sont faibles, l'eau chaude en sortie de chauffe-eau peut atteindre une température d'environ 98°C avant que les soupapes de sécurité pression-température ne se déclenchent.

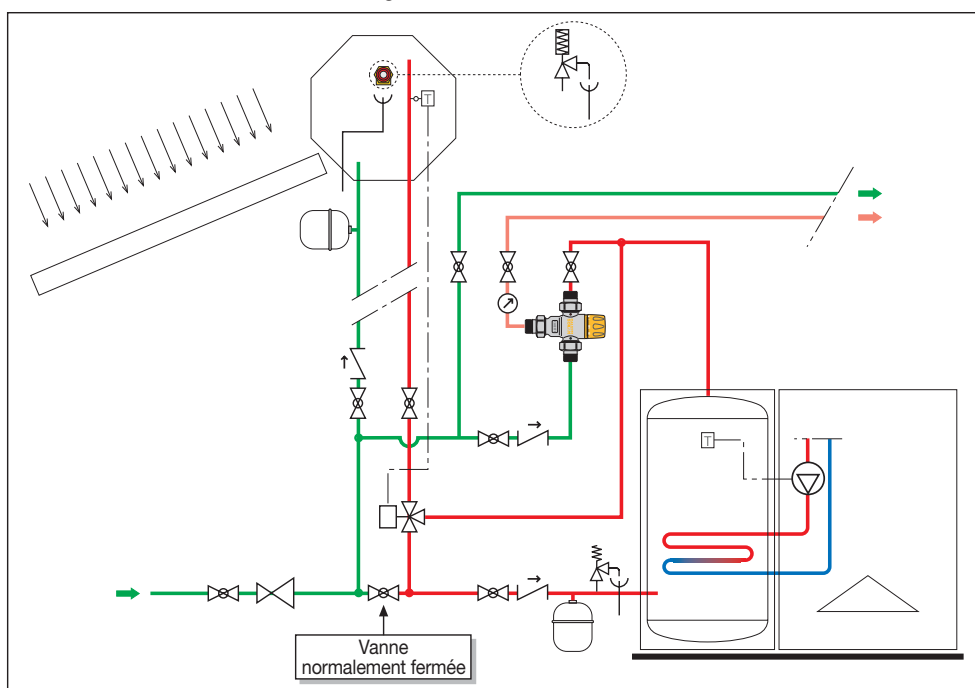
A cette température, l'eau chaude peut provoquer de graves brûlures, elle ne peut donc pas être utilisée directement. En effet, les températures supérieures à 50°C peuvent provoquer des brûlures très rapidement. À 55°C par exemple, une brûlure superficielle peut apparaître en 30 secondes et à 60°C en 5 secondes.

Pour toutes ces raisons, il est nécessaire d'installer un mitigeur thermostatique en mesure :

- d'amener l'eau au point de puisage à une température inférieure à celle du chauffe-eau, sans danger pour l'utilisateur. Pour des motifs de sécurité et selon les prescriptions en vigueur, il est conseillé de régler la température pour que l'eau mitigée soit au point de puisage en dessous de 50°C.
- maintenir constante, à la valeur réglée, la température de l'eau mitigée même si les conditions de température et de pression aux entrées du mitigeur changent.
- assurer un fonctionnement et des performances durables, en évitant les problèmes liés à la température continuellement élevée de l'eau chaude à l'entrée de l'appareil.
- économiser l'eau chaude accumulée en limitant la température de l'eau du réseau d'alimentation en eau chaude.



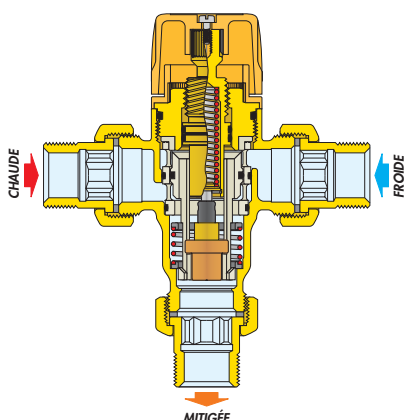
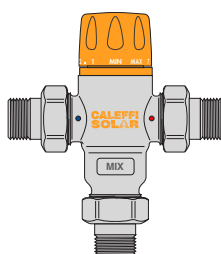
Schémas d'installations - Sans bouclage



	Vanne d'arrêt
	Réducteur de pression
	Entonnoir de vidange
	Clapet anti-retour
	Soupape de sûreté T/P
	Thermomètre
	Vase d'expansion
	Vanne déviatrice automatique
	Thermostat
	Pompe
	Groupe de sécurité

Mitigeurs thermostatiques pour installations solaires série 2521 - 2523

CALEFFI
SOLAR



Série 2521

Caractéristiques techniques et de construction

Matériaux : - Corps : laiton anti-dé zincification CR
EN 12165 CW602N, chromé
- Obturateur : PSU
- Ressorts : acier inox
- Joints d'étanchéité : EPDM

Plage de réglage : 30÷65°C
Précision : ±2°C

Pression maxi d'exercice (statique) : 14 bar
Pression maxi d'exercice (dynamique) : 5 bar
Pression minimale d'exercice (dynamique) : 0,2 bar

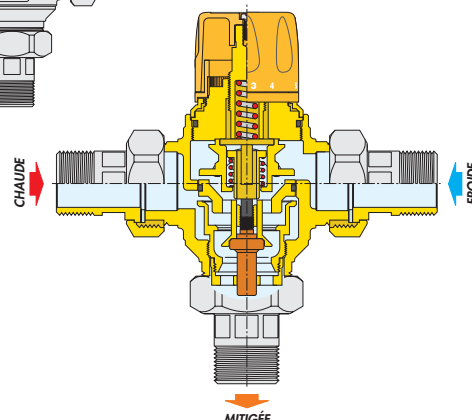
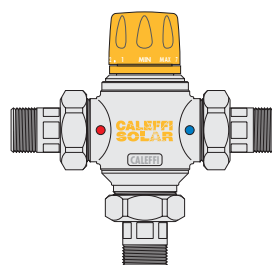
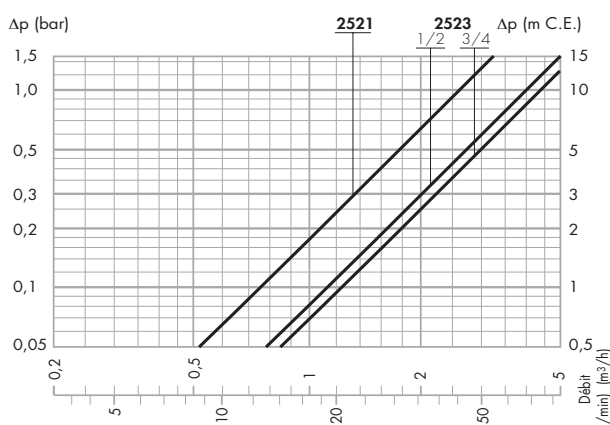
Température maxi en entrée : 100°C

Rapport maximum entre les pressions en entrée (chaude/froide ou froide/chaude) : 2:1

Débit minimal pour assurer le maintien de la température : 5 l/min

Raccordements : raccords union 1/2" et 3/4" M

Caractéristiques hydrauliques



Série 2523

Caractéristiques techniques et de construction

Matériaux : - Corps : laiton EN 12165 CW617N, chromé
- Cartouche et obturateur : laiton EN 12164 CW614N
- Ressorts : acier inox
- Joints d'étanchéité : EPDM

Plage de réglage : 30÷65°C
Précision : ±2°C

Pression maxi d'exercice (statique) : 14 bar
Pression maxi d'exercice (dynamique) : 5 bar
Pression minimale d'exercice (dynamique) : 0,2 bar

Température maxi en entrée : 110°C

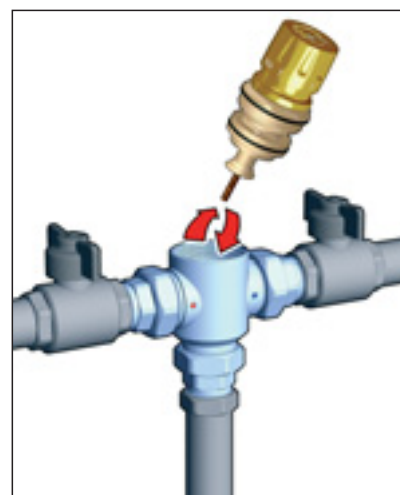
Rapport maximum entre les pressions en entrée (chaude/froide ou froide/chaude) : 2:1

Débit minimal pour assurer le maintien de la température :
1/2" : 6,7 l/min
3/4" : 8,4 l/min

Raccordements : raccords union 1/2" et 3/4" M

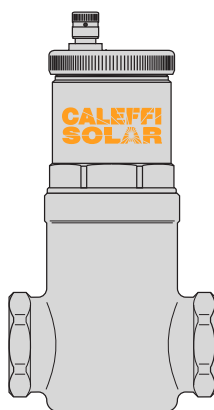
Remplacement de la cartouche

La cartouche interne contenant tous les composants de réglage peut être inspectée et éventuellement remplacée sans démonter le corps du mitigeur de la tuyauterie.

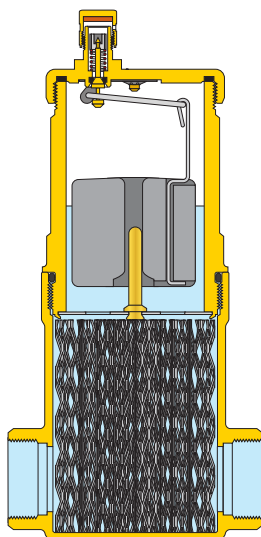


Séparateur et purgeur d'air pour installations solaires série 251

CALEFFI
SOLAR



Série 251
DISCAL SOLAR



Fonction

Les dispositifs Discal et Discalair version SOLAR éliminent en continu, automatiquement, l'air contenu dans les circuits fermés des installations solaires. Cette série de dispositifs a été réalisée spécialement pour résister aux hautes températures et aux fluides glycolés.

Gamme de produits

Code 251003 DISCAL SOLAR _____ dimension 3/4"
Code 251004 DISCALAIR SOLAR _____ dimension 1/2"

Caractéristiques techniques et de construction

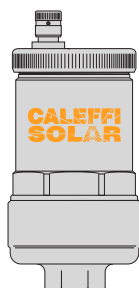
Matériaux : - Corps : laiton EN 12165 CW617N, chromé
- Élément séparateur : acier inox
- Flotteur : polymère à haute résistance
- Joint d'étanchéité : élastomère à haute résistance

Fluides admissibles : eau, solutions au glycol
Pourcentage maxi de glycol : 50%

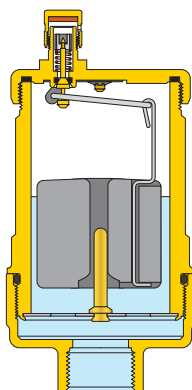
Plage température d'exercice : -30÷200°C

Pression maxi d'exercice : 10 bar

Pression maxi de vidange : 10 bar



Série 251
DISCALAIR SOLAR



Fonction

La vanne d'arrêt est habituellement utilisée accouplée au purgeur d'air automatique, permettant de l'isoler après le remplissage du circuit de l'installation solaire. Ce composant peut être utilisé pour opérer à haute température avec des solutions au glycol.

Caractéristiques techniques et de construction

Matériaux : - Corps :
- Sphère :
- Joint d'étanchéité :

laiton EN 12165 CW617N, chromé
laiton EN 12164 CW614N, chromé
élastomère à haute résistance

Fluides admissibles :
Pourcentage maxi de glycol :

eau, solutions au glycol
50%

Plage température d'exercice :

-30÷200°C

Pression maxi d'exercice :

10 bar

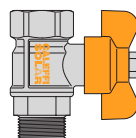
Raccordements :

3/8" F x 3/8" M

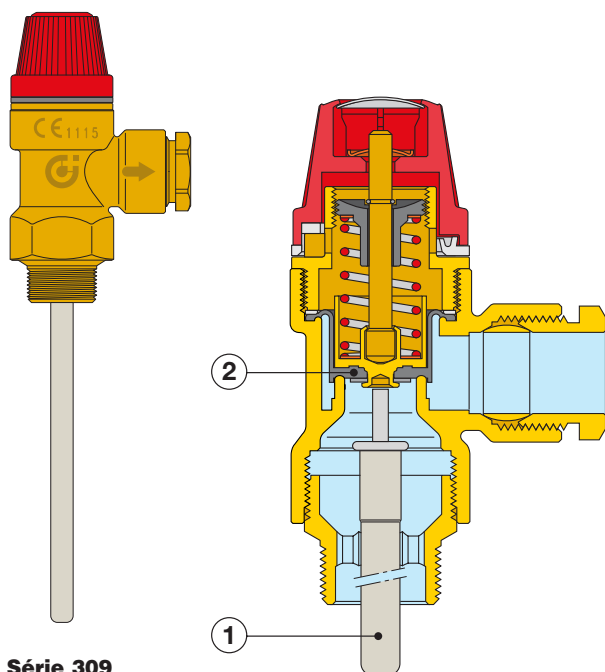
Série 250
SOLAR



Code R29284



Soupapes de sécurité température-pression pour installations solaires série 309



Série 309

Fonction

La soupape de sécurité température-pression contrôle et limite la température et la pression de l'eau chaude contenue dans le chauffe-eau. Elle empêche l'eau dans le chauffe-eau d'atteindre une température supérieure à 100°C et de se transformer en vapeur.

Lorsque la valeur de tarage est atteinte, la soupape évacue à l'extérieur une quantité d'eau suffisante pour que la température et la pression reviennent aux limites de fonctionnement de l'installation.

Cette série spéciale de soupapes est certifiée conforme à la norme européenne EN 1490.

Gamme de produits

Série 309 Soupape de sécurité TP :

1/2" x Ø 15 mm _____ tarages 90°C et 4, 7, 10 bar

3/4" x Ø 22 mm _____ tarages 90°C et 4, 7, 10 bar

Principe de fonctionnement

La soupape s'ouvre lorsque les valeurs de tarage sont atteintes en :

- **température** : le fluide thermostatique qui remplit la sonde 1) immergée dans le chauffe-eau se dilate quand la température augmente. Cette dilatation provoque le mouvement de l'axe de commande qui agit sur l'obturateur 2) et ouvre la soupape. La soupape est réglée pour s'ouvrir à une température supérieure à 90°C.
- **pression** : l'obturateur est commandé par un ressort taré. Lorsque la pression de tarage est atteinte, grâce au mouvement de la membrane, il ouvre entièrement l'orifice d'évacuation. La pression de tarage est choisie en fonction de la pression maximale admissible de l'installation.

Lorsque la température et la pression baissent, les mécanismes agissent de façon inverse et ferment la soupape dans les tolérances pré-établies.

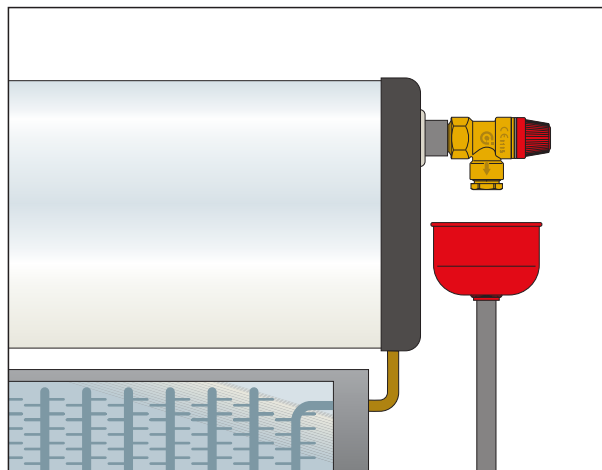
Caractéristiques techniques et de construction

Matériaux : - Corps :	laiton antidézincification CR
	EN 12165 CW602N
- Axe :	laiton EN 12164 CW614N
- Obturateur et membrane :	EPDM
- Ressort :	acier
- Volant de manœuvre :	PA6GF

Pression nominale : PN 10

Capacité d'évacuation : - 1/2" : 10 kW
- 3/4" : 25 kW

Schéma d'application



CAPTER L'ÉNERGIE NE SUFFIT PAS. IL FAUT SAVOIR LA MAÎTRISER.



Composants pour installations solaires - CALEFFI SOLAR

www.caleffi.fr

Les séries de produits Caleffi Solar ont été spécialement réalisées pour les installations solaires dans lesquelles les fluides atteignent des hautes températures.

- Soupapes de sécurité
- Purgeurs d'air automatiques avec dispositif d'arrêt
- Dégazeurs
- Mitigeurs thermostatiques

CALEFFI SOLUTIONS MADE IN ITALY

CALEFFI
Hydronic Solutions