

# Eau chaude

valable à partir du: 08 août 2025



**NUSSBAUM<sub>RN</sub>**

Gut installiert Bien installé Ben installato

Applications et solutions

# Table des matières

1	Introduction .....	5
2	Principes de base et exigences.....	6
2.1	Températures .....	6
2.2	Temps de soutirage .....	7
2.3	Prescriptions légales .....	7
2.3.1	Lois fédérales suisses .....	7
2.3.2	Ordonnances cantonales sur l'énergie (OCEn).....	7
2.3.3	Modèles de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC).....	7
2.4	Normes et directives.....	8
3	Besoin en eau chaude .....	9
4	Profils de soutirage .....	11
5	Profils de charge .....	12
6	Types d'énergie pour le chauffage de l'eau.....	13
6.1	Energie chimique.....	13
6.2	Energie électrique .....	13
6.3	Energie rayonnante.....	14
6.4	Chaleur environnementale .....	14
6.5	Chaleur perdue.....	14
7	Production de chaleur .....	15
7.1	Echangeurs de chaleur .....	15
7.2	Appareils de chauffage à résistance.....	16
7.3	Pompe à chaleur .....	17
7.4	Installation solaire thermique .....	19
7.5	Installation photovoltaïque (power-to-heat) .....	20
7.5.1	Utilisation power-to-heat avec chauffage à résistance.....	20
7.5.2	Utilisation power-to-heat avec pompe à chaleur.....	21
8	Chauffe-eau .....	22
8.1	Chauffe-eau à accumulation .....	22
8.1.1	Chauffe-eau à accumulation et chauffage direct.....	22
8.1.2	Chauffe-eau à accumulation et chauffage indirect, avec échangeur de chaleur interne ...	23
8.1.3	Chauffe-eau à accumulation chauffé indirectement avec un échangeur de chaleur externe .	24
8.1.4	Chauffe-eau à accumulation avec accumulateur tampon (accumulateur mixte) .....	25
8.1.5	Raccordement en série de chauffe-eau à accumulation .....	26
8.1.6	Stratification.....	27
8.1.7	Protection contre la corrosion .....	28

8.2	Chauffe-eau instantanés .....	30
8.3	Station ECS instantanée .....	31
<b>9</b>	<b>Systèmes de distribution d'eau chaude.....</b>	<b>32</b>
9.1	Approvisionnement individuel.....	32
9.2	Approvisionnement en eau chaude décentralisée.....	33
9.2.1	Alimentation groupée avec chauffe-eau instantanés .....	33
9.2.2	Alimentation groupée avec chauffe-eau à accumulation .....	34
9.3	Approvisionnement en eau chaude centralisé.....	35
9.4	Thermosiphon .....	36
<b>10</b>	<b>Exigences hygiéniques pour l'approvisionnement en eau chaude .....</b>	<b>38</b>
<b>11</b>	<b>Maintien à une température élevée dans les conduites de circulation d'eau chaude .....</b>	<b>39</b>
11.1	Système de circulation .....	39
11.1.1	Conduites de circulation.....	39
11.1.2	Pompes de circulation .....	41
11.2	Ruban chauffant .....	42
<b>12</b>	<b>Protection contre les brûlures .....</b>	<b>43</b>
<b>13</b>	<b>Isolation thermique.....</b>	<b>44</b>
13.1	Consignes pour le dimensionnement de l'isolation thermique.....	44
13.2	Conduites d'eau chaude.....	45
13.3	Conduites d'eau froide .....	46
13.4	Retardement du chauffage de l'eau froide dans les colonnes montantes.....	47
13.4.1	Les enjeux.....	47
13.4.2	Solutions .....	47
13.4.3	Flocage de gaine .....	51
13.4.4	Résumé.....	52
13.5	Protection antigel.....	52
<b>14</b>	<b>Dimensionnement des approvisionnements en eau chaude.....</b>	<b>53</b>
14.1	Démarche à adopter.....	53
14.1.1	Dimensionnement général .....	53
14.1.2	Planification fine .....	53
14.2	Chauffe-eau à accumulation .....	53
14.2.1	Besoin en eau chaude .....	53
14.2.2	Besoins thermiques pour l'eau chaude.....	55
14.2.3	Valeur initiale du volume d'eau chaude .....	55
14.2.4	Valeur initiale du volume de couverture de pointe.....	55
14.2.5	Valeur initiale du volume de commande .....	56
14.2.6	Valeur initiale du volume de l'accumulateur .....	57

14.2.7	Pertes de chaleur de l'accumulateur .....	57
14.2.8	Pertes de chaleur des conduites maintenues chaudes.....	58
14.2.9	Pertes de chaleur des conduites de soutirage .....	58
14.2.10	Besoins thermiques de l'approvisionnement en eau chaude.....	59
14.2.11	Valeur finale du volume d'eau chaude .....	59
14.2.12	Valeur finale du volume de couverture de pointe.....	59
14.2.13	Valeur finale du volume de commande .....	60
14.2.14	Valeur finale du volume de l'accumulateur .....	60
14.2.15	Contrôle hygiénique du volume de l'accumulateur .....	60
<b>14.3</b>	<b>Systèmes de circulation .....</b>	<b>61</b>
14.3.1	Calcul des pertes de chaleur dans les conduites de circulation .....	61
14.3.2	Débit de refoulement de la pompe de circulation .....	62
14.3.3	Débits volumiques.....	62
14.3.4	Diamètres nominaux des conduites de circulation .....	63
14.3.5	Pertes de charge par des frottements dans les conduites et des résistances individuelles.....	63
14.3.6	Choix de la pompe de circulation .....	64
14.3.7	Exemple de dimensionnement (SIA 385/2:2025) .....	65
<b>14.4</b>	<b>Temps de soutirage .....</b>	<b>74</b>
14.4.1	Calcul du temps de soutirage .....	74
14.4.2	Evolution de la température sur un point de soutirage d'eau chaude.....	75
14.4.3	Mesure du temps de soutirage.....	75
<b>15</b>	<b>Homologations et certifications .....</b>	<b>77</b>
15.1	Règlements de certification SVGW .....	77
15.2	Indication de la consommation d'énergie (étiquette-énergie).....	77
<b>16</b>	<b>Solutions Nussbaum.....</b>	<b>78</b>
<b>17</b>	<b>Informations complémentaires .....</b>	<b>81</b>
	Lexique.....	82
	Annexe .....	85
	Exemples de lecture pour les échelles logarithmiques .....	85
	Tableau des pertes de charge tuyaux Optipress.....	86
	Tableau des pertes de charge tuyaux Optiflex .....	89
	Bibliographie.....	93

# 1 Introduction

Les systèmes d’approvisionnement en eau chaude font partie intégrante des équipements de base dans les habitations et bâtiments commerciaux et publics. L’utilisateur prend pour acquis de disposer à tout moment d’une eau chaude hygiéniquement irréprochable, en quantité suffisante et à la température souhaitée. Le défi que l’installateur doit relever est le suivant: installer un système d’approvisionnement en eau chaude qui couvre les besoins avec un minimum d’énergie, en faisant en sorte que l’eau n’atteigne jamais des températures critiques au niveau de l’hygiène.

Le présent document offre un aperçu des divers systèmes d’approvisionnement en eau chaude. On y trouvera aussi des informations relatives aux exigences normatives et au dimensionnement des chauffe-eau et des systèmes de distribution d’eau chaude. Seront ensuite présentées les solutions que propose R. Nussbaum AG dans ce domaine.

## 2 Principes de base et exigences

### 2.1 Températures

Conformément aux règles de la technique généralement reconnues, la température de l'eau de boisson chaude qui circule dans une installation d'eau de boisson devrait être de 55 °C au minimum, afin de réduire autant que possible le risque de contamination par des légionelles. A la sortie d'un chauffe-eau, l'eau devrait être à une température d'au moins 60 °C.

Le tableau suivant présente un aperçu des températures prescrites par les directives pour la distribution d'eau chaude:

Point de mesure	SIA 385/1	SVGW W3/C3
Chauffe-eau à accumulation	—	60 °C
Système de distribution d'eau chaude	55 °C	55 °C
Point de soutirage	50 °C	50 °C
Eau froide	≤ 25 °C	≤ 25 °C

Tab. 1: Températures de la distribution d'eau chaude par des conduites maintenues chaudes

La norme SIA 385/1 ne définit pas de température pour l'eau chaude dans l'accumulateur. En effet, selon la configuration de l'installation, une température de 58 °C p. ex. peut être suffisante. Ce qui importe, c'est de respecter la température minimale de 55 °C sur toute la longueur du système de distribution d'eau chaude.

La température est une valeur critique lorsqu'il est question de l'hygiène de l'eau de boisson. Il convient d'éviter des températures comprises entre 25 °C et 45 °C, car elles sont très favorables à la prolifération de micro-organismes pathogènes.

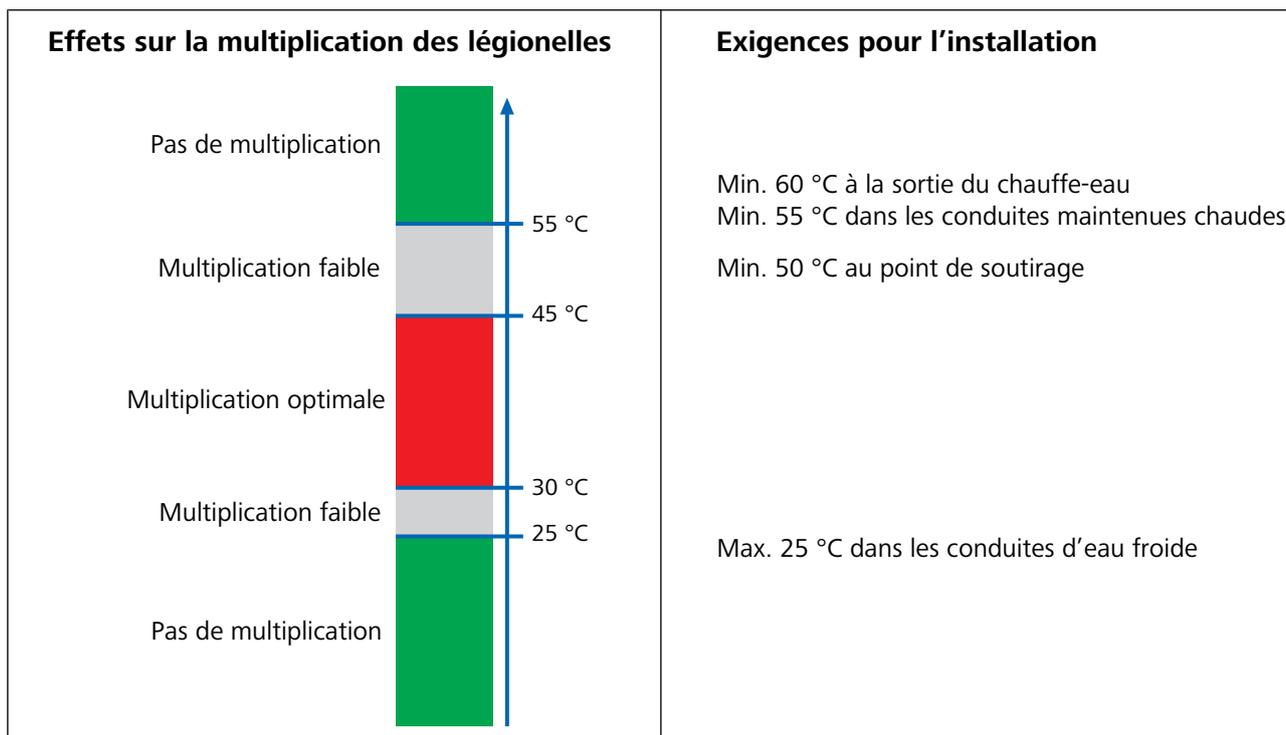


Fig. 1: Conséquences de la température sur la prolifération des légionelles et exigences auxquelles doit répondre l'installation (W3/C3:2020, 6.1.6)

Dans l'accumulateur, le chauffage périodique du volume d'attente jusqu'à 60 °C (dit protection anti-légionelle) pendant une heure n'est plus recommandé.

## 2.2 Temps de soutirage

Le temps de soutirage correspond au laps de temps qui s'écoule jusqu'à ce que la température utile (40 °C) soit atteinte au point de soutirage. Les temps de soutirage courts correspondent aux exigences de confort de l'utilisateur ainsi qu'à ses préoccupations pour une faible consommation d'énergie.

Les paramètres suivants ont une incidence sur le temps de soutirage:

- Technique de pose de la distribution d'eau chaude
- Disposition des appareils sanitaires
- Dimension des tuyaux et longueur des conduites
- Température de l'eau chaude
- Débit volumique

Appareil sanitaire	Temps de soutirage sans maintien en température	Temps de soutirage avec maintien en température
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavabo</li> <li>• Lave-mains</li> <li>• Bidet</li> <li>• Douche</li> <li>• Baignoire</li> <li>• Evier</li> <li>• Vidoir</li> </ul>	15 s	10 s

## 2.3 Prescriptions légales

### 2.3.1 Lois fédérales suisses

L'article constitutionnel sur l'énergie, la loi sur l'énergie, la loi sur le CO<sub>2</sub>, la loi sur l'énergie nucléaire, la loi sur l'approvisionnement en électricité et la loi sur les forces hydrauliques sont les volets d'une politique énergétique moderne s'inscrivant dans la durée. Aux bases légales de la politique énergétique de la Confédération et des cantons viennent se greffer des perspectives, des stratégies, des programmes de mise en œuvre et des évaluations des mesures politiques en termes d'énergie au niveau des communes, des cantons et de la Confédération.

### 2.3.2 Ordonnances cantonales sur l'énergie (OCEn)

Les réglementations légales sur l'approvisionnement en eau chaude (chauffe-eau) dans les bâtiments varient d'un canton à l'autre. Les cantons coordonnent leurs activités relatives à l'énergie dans le cadre de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK). Cette dernière réunit les membres des gouvernements cantonaux responsables de l'énergie dans leur canton respectif. A l'EnDK se trouve rattachée la Conférence des services cantonaux de l'énergie (EnFK), qui traite des questions techniques.

### 2.3.3 Modèles de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC)

Les MoPEC ont pour but d'harmoniser la législation des cantons sur l'approvisionnement en énergie dans les bâtiments. Le module de base du MoPEC contient les exigences suivantes sur la distribution d'eau chaude:

- Températures de service maximales des chauffe-eau.
- Epaisseurs minimales pour l'isolation des tronçons de conduites dans les distributions d'eau chaude.
- Conditions de mise en œuvre des chauffe-eau électriques dans les immeubles résidentiels
- Indications sur la consommation maximale d'énergie pour la production d'eau chaude.
- Prescriptions pour le calcul de la consommation d'énergie en tenant compte de la production propre de courant.
- Proportions minimales d'énergie renouvelable pour la production de chaleur, avec indication de différentes variantes de système.
- Exigences relatives à la mesure de la consommation d'énergie.

## 2.4 Normes et directives

Les normes suivantes forment la base de la planification et de l'exécution d'un approvisionnement en eau chaude:

- DIN EN 1988 (toutes les parties), Règles techniques pour les installations d'eau potable.
- DIN EN 806 (toutes les parties), Règles techniques pour les installations d'eau potable.
- EN 12831-3:2017 Evaluation énergétique de bâtiments – Calcul des exigences énergétiques et taux d'utilisation des installations – Partie 3: Dimensionnement des installations de production d'eau chaude sanitaire et détermination des besoins
- SIA 385/1 Installations d'eau potable dans les bâtiments – Bases et exigences
- SIA 385/2 Installations d'eau potable dans les bâtiments – Besoins en eau chaude, exigences globales et dimensionnement
- SVGW W3 Directives pour installations d'eau potable
- SVGW W3/C3 d Directive pour l'hygiène dans les installations d'eau potable

### 3 Besoin en eau chaude

Unité d'utilisation	Caractéristique	Unité de référence	Litres normalisés/jour $V_{W,u,i,avg}$	$\sigma_{V,i}$ <sup>1)</sup>	Besoin en énergie $Q_{W,u,i,avg}$ <sup>2)</sup>	$\sigma_{Q,i}$ <sup>3)</sup>	
<b>Bâtiment d'habitation</b>	Standard simple	Personne	40	5.0	2.32	0.29	
Maison individuelle	Standard moyen		45	7.5	2.61	0.44	
Logement en propriété	standing élevé		55	7.5	3.19	0.44	
Maison plurifamiliale	Construction de logements en général		35	5.0	2.03	0.29	
	Construction de logements de standing élevé		45	7.5	2.61	0.44	
Bureaux	Pas de cantine pour employés	Personne	3	0.5	0.17	0.029	
<b>Restauration</b> (cuisson, rinçage, lavage vaisselle)							
Cafétéria, Tea Room	Occupation moyenne	Place assise	20	5.0	1.16	0.29	
	Occupation élevée		30	5.0	1.74	0.29	
<b>Hébergement</b>							
Standard sans cuisine ni buanderie:							
maison d'hôtes, hôtel, maison d'appartements	Simple (pièce avec douche)	Lit	40	5.0	2.32	0.29	
	Classe moyenne (pièce avec douche)		50	10.0	2.90	0.58	
	Classe élevée		80	10.0	4.64	0.58	
	Luxe		100	25.0	5.80	1.45	
Besoin global avec cuisine et buanderie:							
Foyer pour enfants	Standard simple	Lit	50	5.0	2.90	0.29	
Maison de retraite			40	5.0	2.32	0.29	
Maison de retraite et de soins			50	7.5	2.90	0.44	
Hôpital, clinique	Installation médico-technique:	Lit					
	Simple		60	10.0	3.48	0.58	
	Moyenne		80	10.0	4.64	0.58	
	Etendue		120	15.0	6.96	0.87	
Restaurant	Repas simples, plats divers	Repas	8	1.0	0.46	0.058	
	Repas à plusieurs plats		10	2.5	0.58	0.145	
Buanderie	Lavage à sec	kg	4	0.5	0.23	0.029	
Douche	Ecoliers	Douche par personne	20	2.5	1.16	0.145	
	Sportifs		25	2.5	1.45	0.145	
	Travailleurs en usine:						
	Moyennement sale		30	2.5	1.74	0.145	
	Fortement sale		35	2.5	2.03	0.145	
Baignoire	Baignoire normale	Bain par personne	90	10.0	5.22	0.58	
	Grande baignoire		110	5.0	6.38	0.29	
	Baignoire spacieuse		300	30.0	17.40	1.74	
1) Ecart standard litres normalisés/jour							
2) Besoin en énergie utile par jour [kWh]							
3) Ecart standard besoin en énergie utile par jour							

Tab. 2: Besoin en eau chaude et en énergie utile par unité de référence (selon SIA 385/2:2025)

L'écart standard  $\sigma_{v,i}$  s'utilise pour le calcul du besoin en eau chaude lorsque le nombre de personnes (ou unités de référence) dans l'unité d'utilisation est supérieur à 10. On empêche ainsi un surdimensionnement de la distribution d'eau chaude.

Le litre normalisé correspond à 1 litre d'une eau chaude à 60 °C portée à cette température à partir d'une eau froide de 10 °C ( $\Delta\theta = 50$  °C). L'enthalpie correspondante est de 0.058 kWh.

## 4 Profils de soutirage

Les profils de soutirage (profils de puisage) indiquent la distribution des soutirages d’eau chaude dans un cycle journalier.

Les profils de soutirage suivants pour immeubles résidentiels indiquent les soutirages d’eau chaude durant les jours ouvrables et les week-ends.

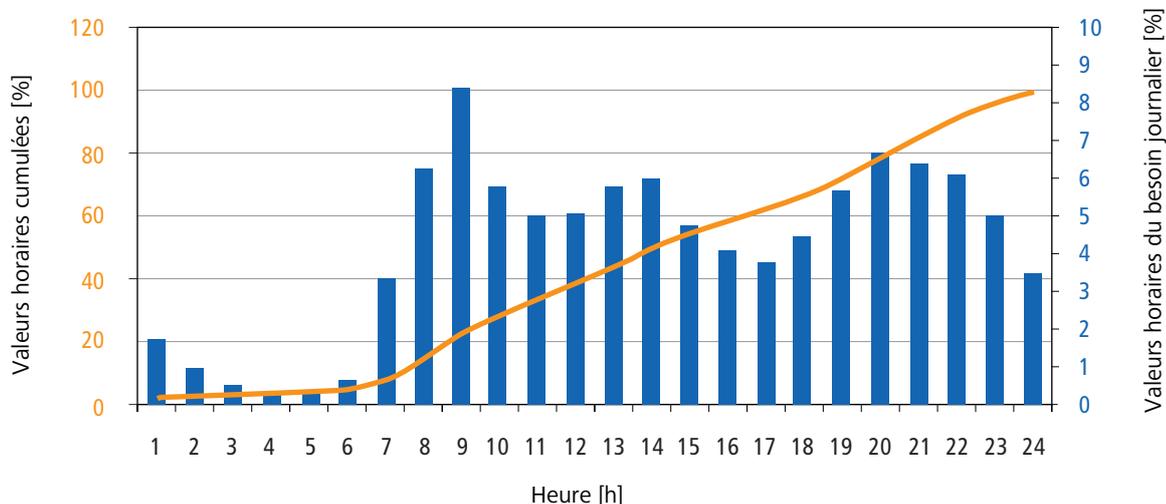


Fig. 2: Soutirages d’eau chaude dans les immeubles résidentiels de lundi à vendredi (selon SIA 385/2)

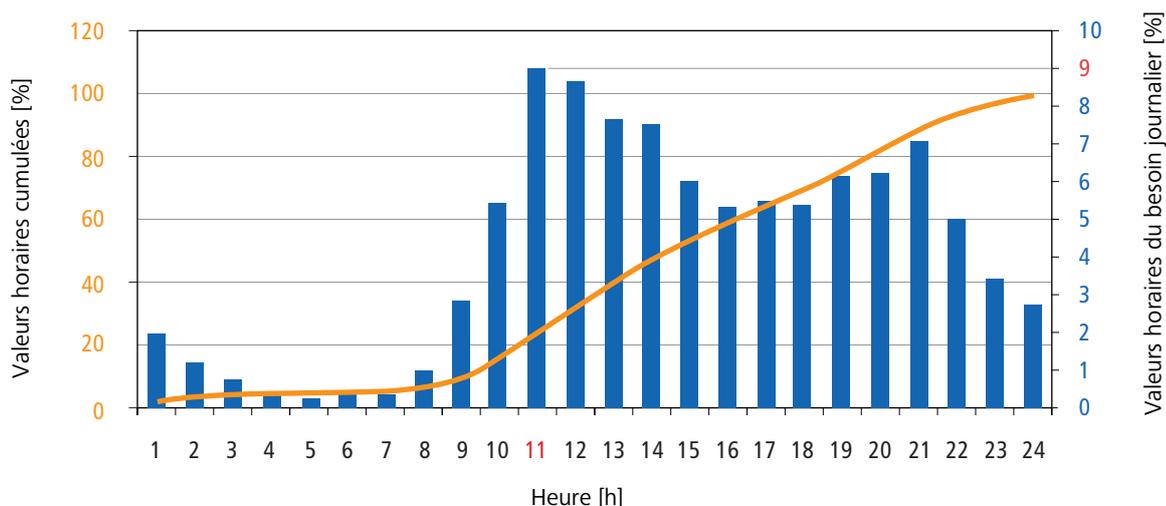


Fig. 3: Soutirages d’eau chaude dans les immeubles résidentiels durant les week-ends (selon SIA 385/2)

On fait intervenir les profils de soutirage pour vérifier le dimensionnement de l’accumulateur et calculer le besoin de puissance thermique de la distribution d’eau chaude. Pour ce faire, on indique en général des valeurs horaires moyennes. Ces valeurs moyennes ne doivent pas être utilisées pour calculer le besoin de chaleur de pointe.

## 5 Profils de charge

Les profils de charge indiquent la distribution de l'énergie thermique nécessaire pour la production d'eau chaude sur un cycle journalier.

Pour les chauffe-eau à pompe à chaleur, la norme SN EN 16147 définit divers profils de charge pour une consommation d'eau chaude faible à élevée. Les profils de charge sont désignés comme suit: 3SX, XXS, XS, S, M L, XL, XXL, 3XL et 4XL.

Le tableau suivant montre le profilé de charge L, qui couvre le besoin en eau chaude journalier d'un ménage (bain et douche inclus).

N°	Heure [hh:mm]	Quantité de chaleur [kWh]	Débit volumique [l/min]	Valeur de température initiale [°C]	Valeur de température finale min. [°C]
1	07:00	0.105	3	25	
2	07:05	1.400	6	40	
3	07:30	0.105	3	25	
4	07:45	0.105	3	25	
5	08:05	3.605	10	10	40
6	08:25	0.105	3	25	
7	08:30	0.105	3	25	
8	08:45	0.105	3	25	
9	09:00	0.105	3	25	
10	09:30	0.105	3	25	
11	10:30	0.105	3	10	40
12	11:30	0.105	3	25	
13	11:45	0.105	3	25	
14	12:45	0.315	4	10	55
15	14:30	0.105	3	25	
16	15:30	0.105	3	25	
17	16:30	0.105	3	25	
18	18:00	0.105	3	25	
19	18:15	0.105	3	40	
20	18:30	0.105	3	40	
21	19:00	0.105	3	25	
22	20:30	0.735	4	10	55
23	21:00	3.605	10	10	40
24	21:30	0.105	3	25	
<b>Somme</b>		<b>11.665</b>			

Tab. 3: Profil de charge L (selon SN EN 16147)

## 6 Types d'énergie pour le chauffage de l'eau

La production d'eau chaude nécessite beaucoup d'énergie. En effet, par rapport à toutes les autres matières connues, c'est l'eau qui nécessite le plus d'énergie pour en accroître la température. La capacité thermique spécifique d'une matière indique la quantité d'énergie requise pour accroître de 1 °C la température de 1 kg de matière.

Matière	Capacité thermique [J/(kg·K)]
Eau	4180
Béton	880*
Air	1010
Plâtre	1090*
Verre	700*
Acier	490*
* Valeurs indicatives	

Tab. 4: Capacité thermique spécifique de matières

La chaleur est produite par la conversion d'autres types d'énergie. Ce processus n'induit pas de perte d'énergie, mais une production de chaleur accompagnée de pertes (sous-produits) (conservation de l'énergie, 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique). Les formes d'énergie suivantes sont utilisées pour la production de chaleur:

- Energie chimique
- Energie électrique
- Energie rayonnante
- Chaleur environnementale

### 6.1 Energie chimique

Les processus de combustion (oxydation) transforment l'énergie emmagasinée dans les matières en chaleur et sous-produits. Ces processus font intervenir divers agents énergétiques à valeurs calorifiques spécifiques.

Combustible	Valeur calorifique
Houille	8 kWh/kg
Pétrole	10 kWh/l
Gaz naturel	11 kWh/m <sup>3</sup>
Gaz liquéfiés propane/butane	14 kWh/kg
Bois	4 kWh/kg

Tab. 5: Combustibles et valeurs calorifiques (valeurs moyennes)

Parmi les sous-produits de la combustion, on compte le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> et d'autres gaz qui, émis en grosses quantités, retiennent le rayonnement thermique infrarouge sur la Terre au lieu de le laisser s'échapper dans l'espace, ce qui a pour effet d'accroître la température de l'atmosphère (dans le langage de tous les jours, on parle d'effet de serre).

### 6.2 Energie électrique

Avec une résistance chauffante, l'énergie électrique est convertie complètement en chaleur, c'est-à-dire avec un rendement de 100 %. Il s'agit cependant de la conversion d'une énergie précieuse (électricité) en une énergie moins précieuse (chaleur). En effet, non seulement l'investissement technique pour la production d'électricité est élevé, mais le rendement est mauvais. En outre, il faut une importante quantité d'énergie électrique pour chauffer 200 litres d'eau à 60 °C.

Avantages du chauffage de l'eau avec de l'énergie électrique:

- Encombrement faible des éléments de chauffage
- Transport et réglage faciles, disponibilité en toutes circonstances de l'énergie électrique
- Ni résidus, ni émissions gazeuses

## 6.3 Energie rayonnante

Le rayonnement solaire peut servir à produire directement de la chaleur (solaire thermique) ou de l'électricité (photovoltaïque). La conversion de rayons en chaleur résulte de l'emmagasinage des rayons dans des matières. Dans les installations solaires thermiques, le rayonnement solaire est transformé en chaleur par des capteurs solaires. Le rendement thermique peut en être élevé. Les déperditions avec les capteurs solaires résultent de la réflexion de la lumière, du rayonnement thermique, de la convection et de la conduction thermique. En plus, elles augmentent avec la température des matières irradiées.

Le rayonnement solaire est disponible en quantités illimitées. La constante solaire, autrement dit le rayonnement moyen que reçoit la Terre, s'élève à 1361 watts/m<sup>2</sup>. Dans le Mittelland suisse, le rendement thermique annuel se situe entre 350 et 700 kWh/m<sup>2</sup>. Une installation dotée de capteurs solaires peut couvrir jusqu'à 70 % des besoins annuels en énergie pour la production d'eau chaude (source: ouvrage technique suissetec sur la production d'eau chaude).

Les capteurs solaires ont comme désavantage que la disponibilité et l'intensité des rayons solaires varie en fonction de l'heure et de la météo. Pour le dimensionnement de ces capteurs solaires, il faut tenir compte de la formation de vapeur d'eau lorsque les valeurs de rayonnement sont élevées. L'eau présente dans les capteurs solaires est ce que l'on appelle eau d'exploitation. Pour stocker l'énergie thermique, il faut disposer d'un (grand) réservoir d'eau d'exploitation, la chaleur étant transférée à la distribution d'eau de boisson au moyen d'un échangeur de chaleur.

## 6.4 Chaleur environnementale

Chaque matière qui possède une température supérieure au point zéro absolu de 0 Kelvin ou -273 °C contient de l'énergie thermique. L'énergie thermique dans l'air, l'eau ou le sol peut être exploitée par des pompes à chaleur et des installations de géothermie en vue de produire de la chaleur pour la production d'eau chaude. Les sources thermales chaudes approvisionnent directement les bains, ou bien on met en place des pompes à chaleur qui en extraient la chaleur pour le chauffage de locaux, la température restante étant alors suffisante pour la prise de bains. On parle ici d'une exploitation en cascade, avec une eau dont la température diminue par étapes (source: Géothermie Suisse). Les grandes installations de géothermie exploitent la chaleur géothermique jusqu'à 3500 mètres de profondeur pour produire de l'électricité avec des turbines à vapeur.

La chaleur environnementale est considérée comme étant une énergie renouvelable et est disponible en quantités pratiquement illimitées. Les émissions de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sont très réduites par rapport aux installations à combustibles fossiles.

Pour un particulier, la géothermie présente comme désavantage des coûts d'acquisition relativement élevés par rapport au chauffage au gaz ou au mazout. A cela s'ajoutent les risques inhérents à la viabilisation du sol pour de grandes installations et l'absence d'un cadre juridique uniforme.

## 6.5 Chaleur perdue

Les usines d'incinération des ordures ménagères génèrent de grandes quantités de chaleur. Cette chaleur peut circuler dans des réseaux de distribution de chauffage urbain en vue de la production d'eau chaude dans les foyers.

## 7 Production de chaleur

### 7.1 Echangeurs de chaleur

Dans les systèmes thermiques, les échangeurs de chaleur servent à transférer la chaleur d'un fluide à un autre fluide plus froid. Dans le même temps, les caloporteurs impliqués sont découplés par d'autres matières. Les échangeurs de chaleur pour la production d'eau chaude répondent à des exigences différentes en ce qui concerne le transfert optimal de la chaleur, la protection contre la corrosion et les accès pour la maintenance en cas d'entartrage. Selon l'emplacement et le caloporteur, on distingue différents types de construction. Les échangeurs de chaleur internes sont montés dans l'accumulateur d'eau chaude. Quant aux échangeurs de chaleur externes, ils interviennent dans de grandes installations et sont installés à l'extérieur de l'accumulateur d'eau chaude. Pour des raisons hygiéniques, on préfère les échangeurs de chaleur externes (directive SVGW W3/C3). En outre, ils assurent une meilleure stratification dans les accumulateurs d'eau chaude.

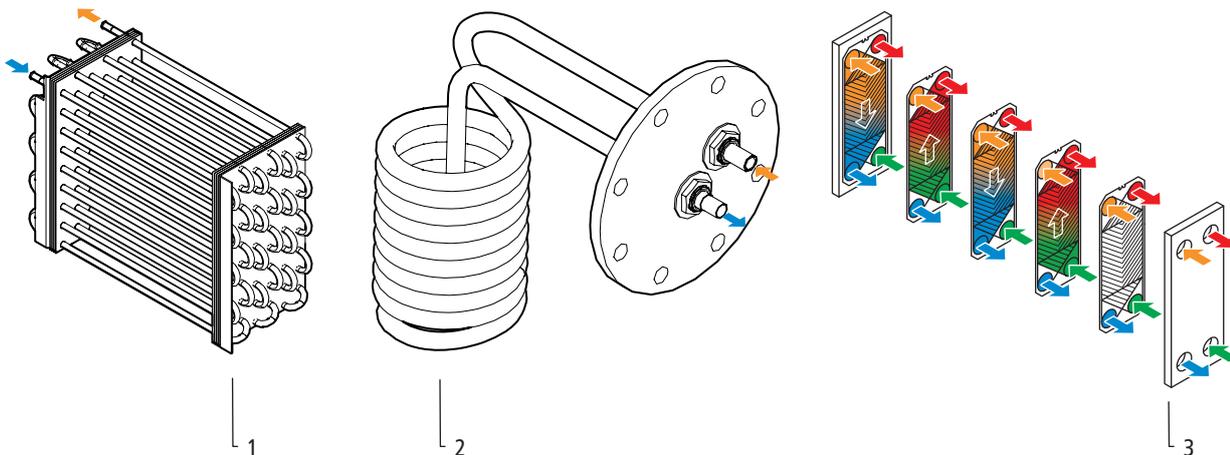


Fig. 4: Echangeurs de chaleur

1	Echangeur de chaleur à tubes lisses
2	Echangeur de chaleur à tubes à ailettes
3	Echangeurs de chaleur à plaques (vue éclatée)

Les échangeurs de chaleur à tubes lisses servent à transférer la chaleur d'un gaz ou de mélanges gazeux dans des fluides.

Les échangeurs de chaleur à tubes à ailettes ont des tubes dont la surface est optimisée pour répondre aux exigences spécifiques du transfert de chaleur.

Les échangeurs de chaleur à plaques sont constitués de plaques pourvues de canaux des deux côtés, de telle sorte que chaque plaque est parcourue par le fluide caloporteur sur un côté et, sur l'autre côté, par le fluide froid en contre-sens (principe du contre-courant).

## 7.2 Appareils de chauffage à résistance

Les appareils de chauffage à résistance exploitent le phénomène physique selon lequel un courant électrique produit de la chaleur par son passage dans un conducteur électrique.

Dans les chauffe-eau à accumulation, des éléments de chauffage électrique servent au post-chauffage. Les chauffe-eau instantanés utilisent, quant à eux, un système de chauffage à fil nu. L'élément de chauffage est constitué d'un fil métallique au contact direct avec l'eau de boisson. La faible masse des fils métalliques permet un chauffage rapide. Et comme les fils métalliques s'allongent sous l'effet du chauffage, le calcaire de l'eau peut difficilement s'y déposer. Il n'est plus autorisé d'utiliser des appareils de chauffage à résistance pour chauffer entièrement à l'électricité les chauffe-eau à accumulation.

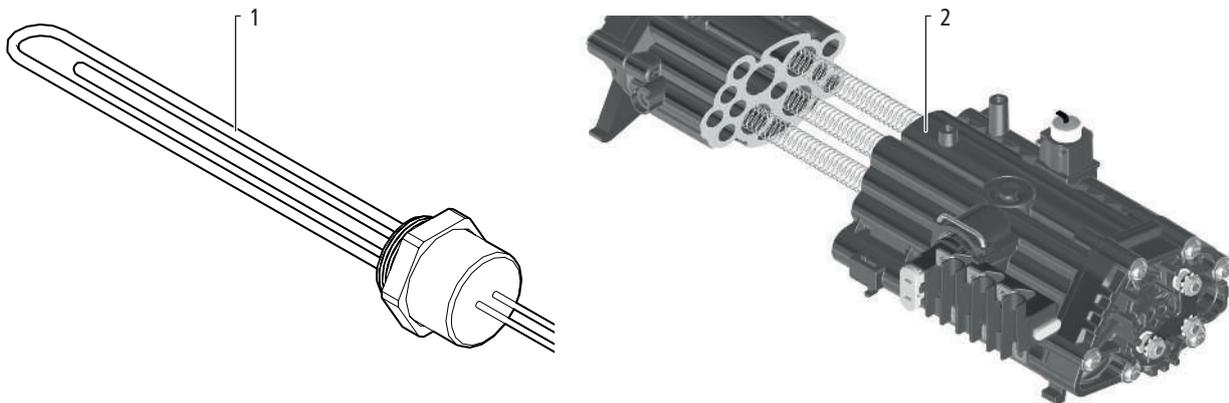


Fig. 5: Appareils de chauffage à résistance

1	Élément de chauffage électrique
2	Système de chauffage à fil nu (vue en coupe)

### 7.3 Pompe à chaleur

Une pompe à chaleur utilise la chaleur de transformation lors du changement d'état d'un réfrigérant à basse pression de vapeur. La chaleur, issue p. ex. de l'air ambiant, est conduite par l'évaporateur jusqu'au réfrigérant, lequel passe alors de l'état liquide à l'état gazeux. Ce faisant, le réfrigérant absorbe la chaleur de l'air ambiant. Dans le compresseur, le réfrigérant continue de se réchauffer suite à une pression croissante, pour ensuite entrer dans le condenseur. Dans le condenseur, le réfrigérant restitue la chaleur absorbée (latente) pour chauffer l'eau. Le réfrigérant retrouve son état liquide. Ensuite, la pression du réfrigérant est baissée encore plus par le détendeur, de telle sorte que le réfrigérant retrouve sa température d'origine et arrive dans l'évaporateur. Le cycle de l'évaporation et de la condensation reprend depuis le début. Le compresseur est entraîné par un moteur électrique.

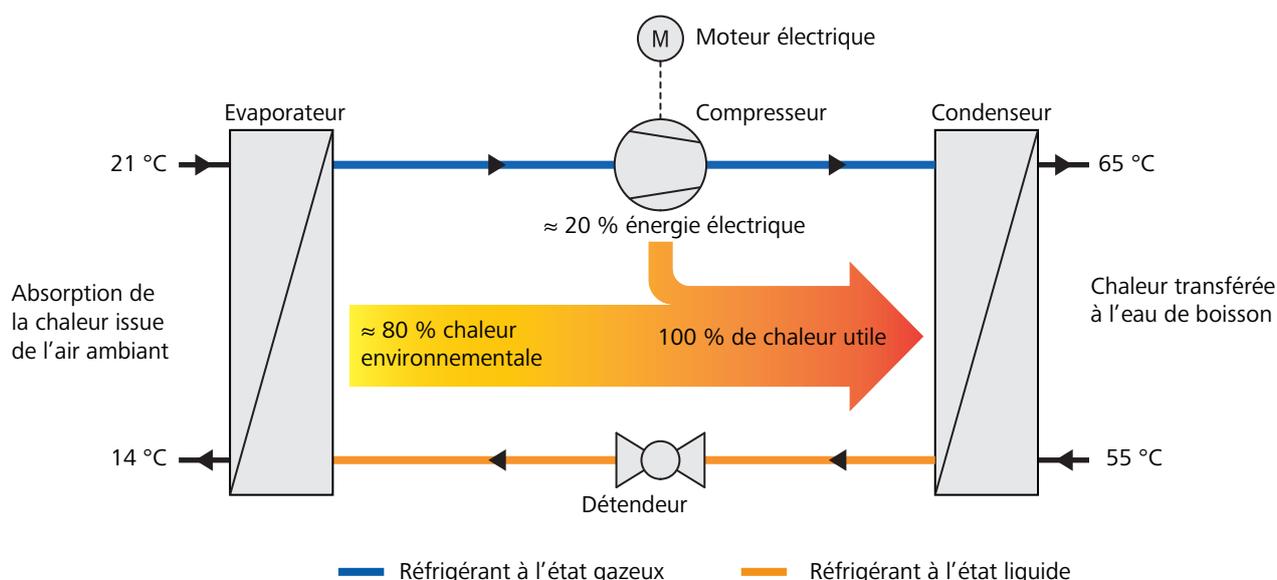


Fig. 6: Principe de fonctionnement de la pompe à chaleur air/eau

La pompe à chaleur génère beaucoup plus d'énergie thermique que la consommation correspondante d'énergie électrique. Le rapport entre énergie électrique consommée et chaleur restituée est exprimé par le coefficient de performance COP. Le coefficient de performance COP est une valeur instantanée. Le coefficient de performance annuel est plus pertinent car il indique le rapport entre la consommation d'énergie et le rendement calorifique sur une année.

Les pompes à chaleur permettent de réduire fortement les émissions de CO<sub>2</sub>, jusqu'à 80 % par rapport à un chauffage au fioul et jusqu'à 70 % par rapport à un chauffage au gaz (source: Géothermie Suisse).

Les pompes à chaleur se distinguent dans leur conception selon leur source thermique. Il en existe trois types, leur désignation se rapportant à la source thermique utilisée.

Type	Photo	Description
Pompe à chaleur air/eau		<p>Une pompe à chaleur air/eau utilise comme source thermique la chaleur de l'air ambiant qui, moyennant un ventilateur, est introduite dans le cycle réfrigérant de la pompe à chaleur.</p> <p>La pompe à chaleur air/eau peut être installée à l'intérieur comme à l'extérieur d'un bâtiment.</p>
Pompe à chaleur saumure/eau (sol/eau)		<p>Une pompe à chaleur saumure/eau utilise comme source thermique la chaleur du sous-sol (géothermie). La chaleur est introduite dans le cycle réfrigérant de la pompe à chaleur par une sonde géothermique enfouie dans le sol, à une profondeur pouvant atteindre 400 m.</p>
Pompe à chaleur eau/eau	—	<p>Une pompe à chaleur eau/eau utilise comme source thermique la chaleur de l'eau de surface ou de l'eau souterraine. La chaleur passe p. ex. par un système de conduites pour être introduite dans le cycle réfrigérant de la pompe à chaleur.</p>

Tab. 6: Types de pompes à chaleur

## 7.4 Installation solaire thermique

Les installations solaires thermiques sont des systèmes qui convertissent l'énergie du rayonnement solaire en chaleur. Comme elles utilisent exclusivement de l'énergie renouvelable, ces installations sont particulièrement durables. Composées de capteurs solaires individuels, les installations solaires peuvent être montées sur des toits, façades ou hors des secteurs urbanisés. Les installations solaires thermiques peuvent être équipées de divers capteurs solaires:

- Capteurs plans thermiques
- Capteurs tubulaires sous vide (vacuum)

Les capteurs absorbent une grande partie de l'énergie solaire, ce qui a pour effet de les chauffer. Cette chaleur absorbée est transmise à un fluide caloporteur du circuit solaire puis est véhiculée jusqu'à un accumulateur de chaleur par une pompe solaire. Cette chaleur assiste à son tour la production d'eau chaude et le chauffage. On économise ainsi des coûts de chauffage, et l'utilisation d'énergie non renouvelable s'en trouve réduite.

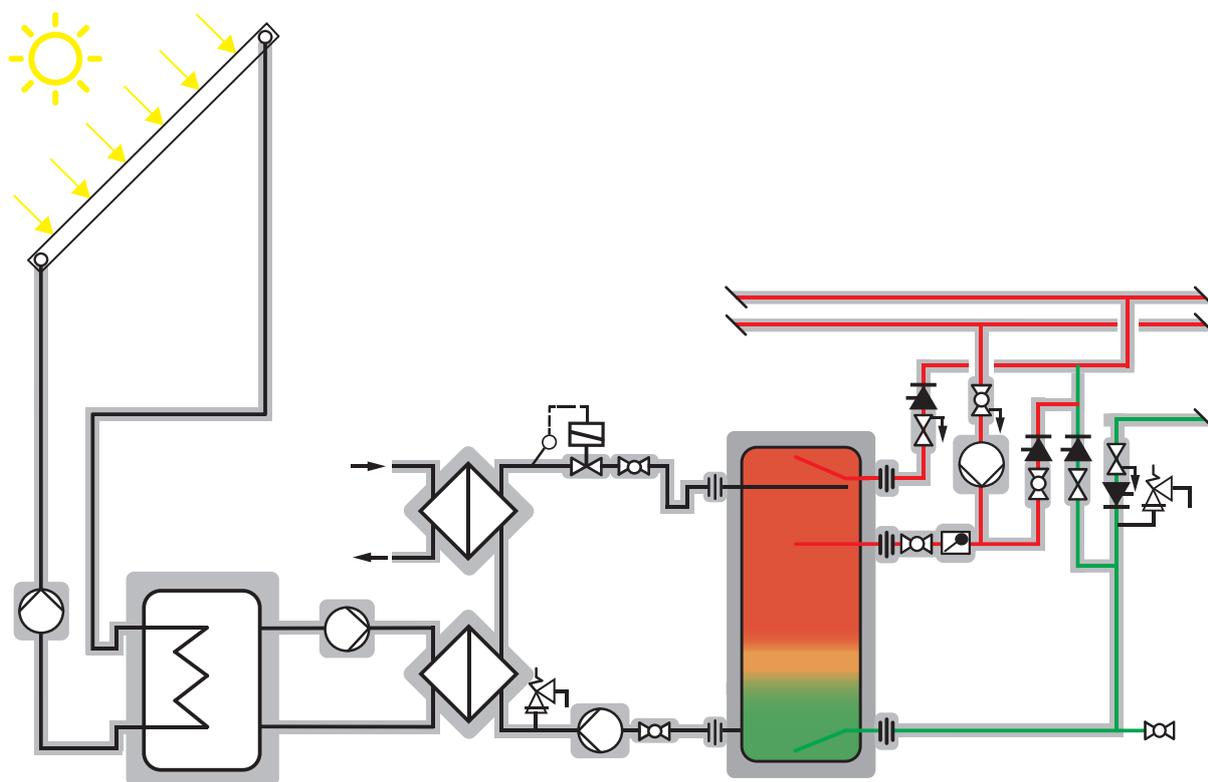


Fig. 7: Installation solaire thermique

Le schéma montre une installation solaire servant au préchauffage de l'eau chaude. Elle est constituée d'un accumulateur d'eau industrielle, auquel s'ajoutent un échangeur de chaleur interne et une production d'eau chaude avec un échangeur de chaleur externe pour le préchauffage de l'eau. Un échangeur de chaleur externe supplémentaire sert au réchauffement ultérieur, avec par exemple à l'aide d'une pompe à chaleur. La pompe de charge est à vitesse régulée.

## 7.5 Installation photovoltaïque (power-to-heat)

Les installations photovoltaïques (installations PV) sont des systèmes qui transforment l'énergie du rayonnement solaire en électricité. Les installations PV peuvent servir à la production d'eau chaude en les associant à des pompes à chaleur ou à des chauffages à résistance, ce pour accroître la consommation propre (power-to-heat).

### 7.5.1 Utilisation power-to-heat avec chauffage à résistance

Pour les petites installations PV ou une utilisation power-to-heat occasionnelle, on peut mettre en place un élément de chauffage.

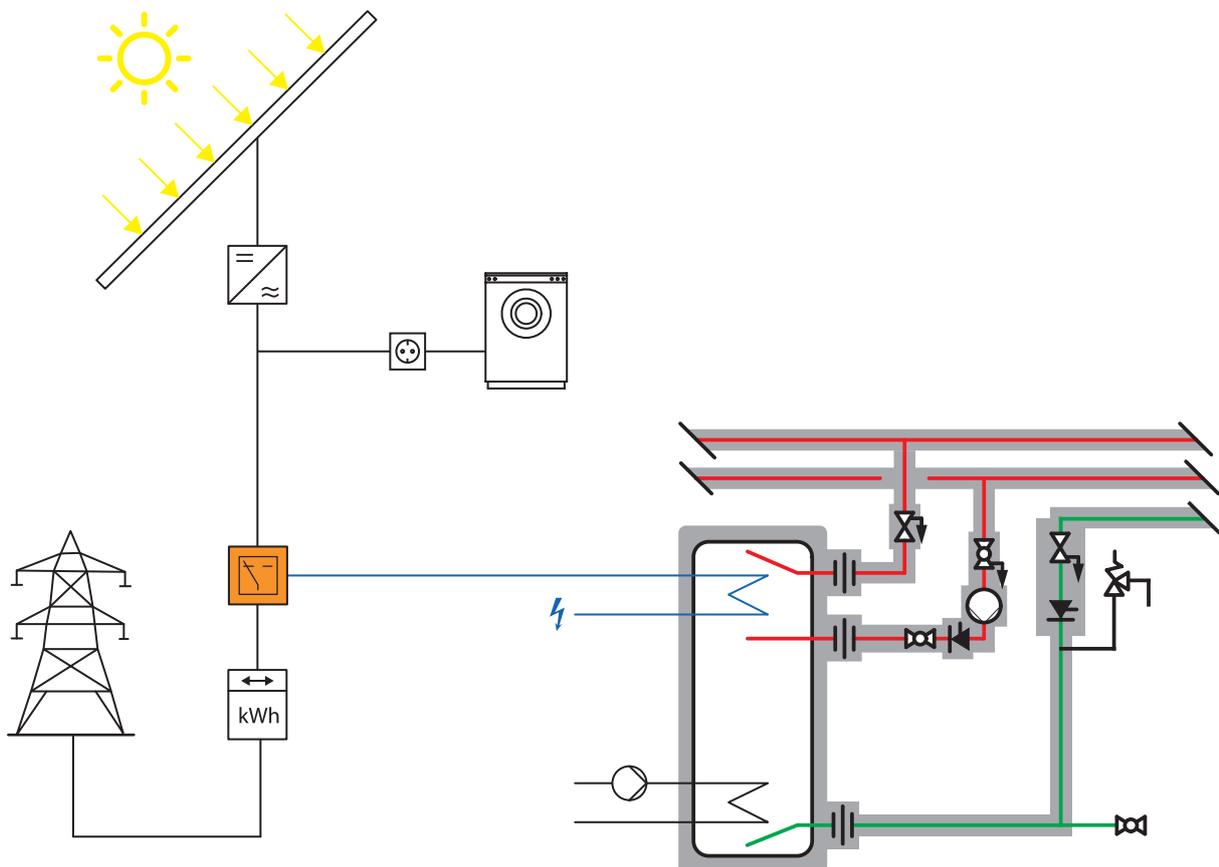


Fig. 8: Utilisation power-to-heat avec chauffage à résistance

Une commande (symbole orange) active au besoin l'élément de chauffage (symbole bleu) pour assurer le post-chauffage de l'eau de boisson.

### 7.5.2 Utilisation power-to-heat avec pompe à chaleur

Lorsque l'installation PV fait l'objet d'une utilisation power-to-heat régulière, on peut utiliser une pompe à chaleur associée à un échangeur thermique installé dans un accumulateur d'eau chaude.

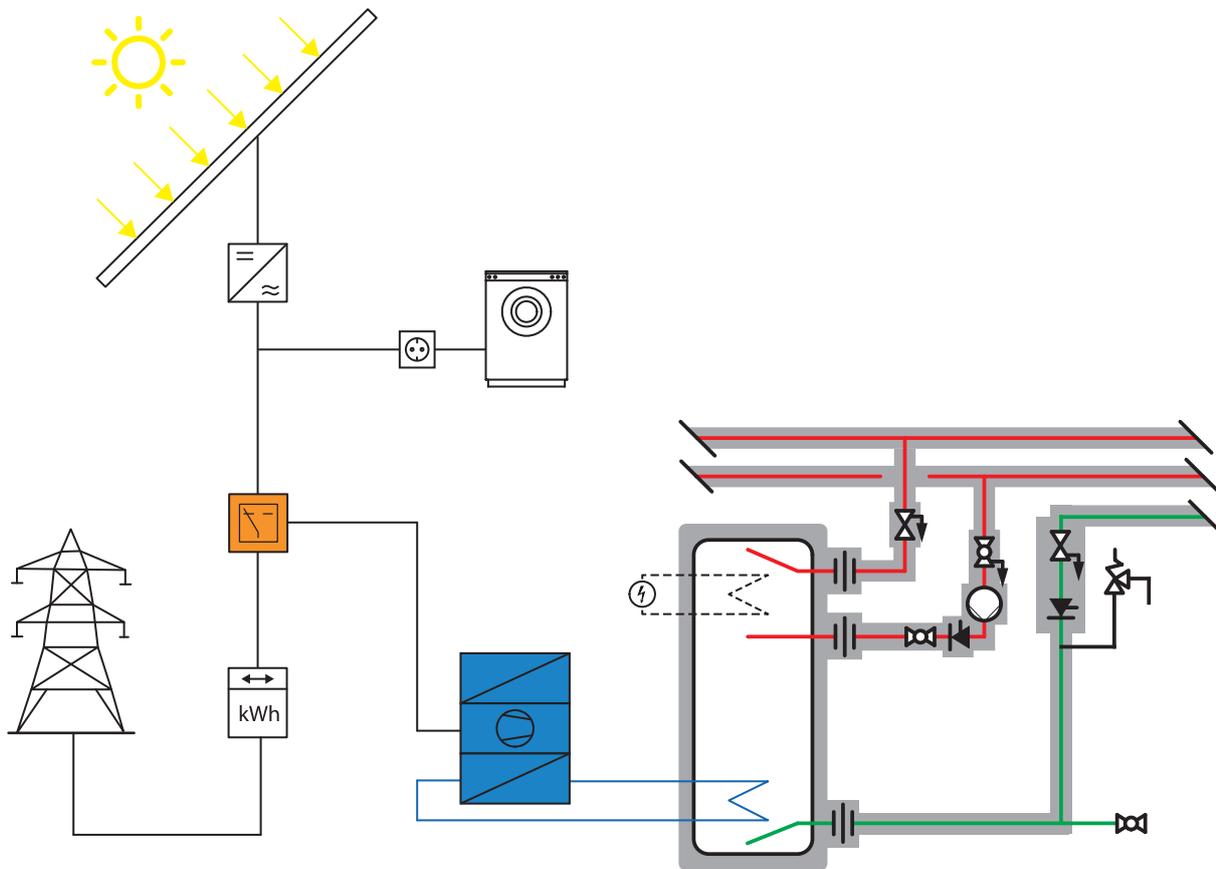


Fig. 9: Utilisation power-to-heat avec pompe à chaleur

Une commande (symbole orange) active au besoin la pompe à chaleur (symbole bleu) pour assurer la production d'eau chaude sanitaire.

## 8 Chauffe-eau

Les chauffe-eau fonctionnent selon le principe de l'accumulation ou de l'écoulement.

### 8.1 Chauffe-eau à accumulation

Dans le cas du chauffe-eau à accumulation, l'eau de boisson est chauffée dans un réservoir et est maintenue à la température requise jusqu'à son utilisation. Les chauffe-eau à accumulation permettent d'approvisionner plusieurs points de soutirage pour des débits volumiques importants et à des températures de sortie constantes. Le chauffage de l'accumulateur ne nécessite qu'une faible puissance, dès lors que la température requise est atteinte à chaque soutirage. La taille de l'accumulateur est déterminée en grande partie par la valeur max. du besoin en eau chaude et le temps de chauffe.

En raison de la stagnation de l'eau de boisson dans l'accumulateur, les chauffe-eau à accumulation requièrent les mesures suivantes pour garantir l'hygiène de l'eau de boisson:

- Matériaux de construction adéquats
- Dimensionnement correct du volume de l'accumulateur pour un renouvellement rapide de l'eau
- A la sortie de l'accumulateur, la température de l'eau chaude doit être garantie à au moins 60 °C

Le maintien en température de l'accumulateur implique des pertes, appelées pertes de maintien, qui ne peuvent être évitées qu'en partie grâce à l'isolation thermique de l'accumulateur. D'autres pertes de chaleur sont causées par les conduites de la distribution d'eau chaude.

#### 8.1.1 Chauffe-eau à accumulation et chauffage direct

La transformation de l'énergie en énergie thermique a lieu dans l'accumulateur, p. ex. par un brûleur à gaz ou un élément de chauffage électrique. Dans les immeubles constamment habités et dans les constructions neuves, il n'est pas permis d'utiliser la seule énergie électrique pour la production directe de chaleur dans des accumulateurs, ☞ «Modèles de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC)», page 7.

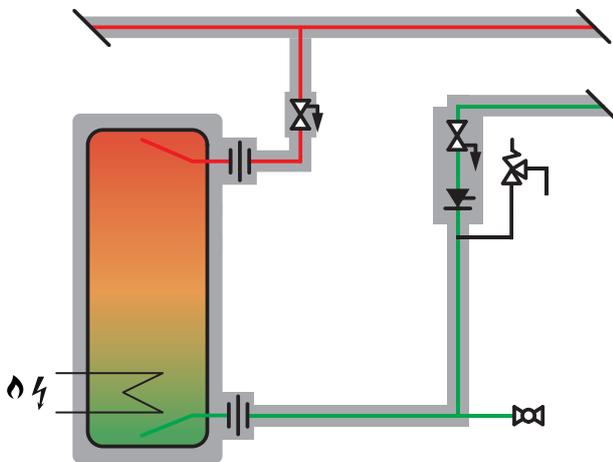


Fig. 10: Chauffe-eau à accumulation à chauffage direct

### 8.1.2 Chauffe-eau à accumulation et chauffage indirect, avec échangeur de chaleur interne

La transformation de l'énergie en énergie thermique s'opère à l'extérieur de l'accumulateur. La transmission de la chaleur à l'eau de boisson est assurée par un échangeur de chaleur situé dans la partie basse de l'accumulateur. Cela induit une stratification dans l'accumulateur, où les températures augmentent degré par degré du bas vers le haut (stratification par paliers). Une fois que l'accumulateur est entièrement chauffé, l'eau chaude est prête à l'usage.

Ce type de chauffe-eau s'utilise bien avec une eau de boisson calcaire, et il est simple au niveau de la technologie et de la réglementation. La stratification dans l'accumulateur comporte généralement une grande zone froide et de mélange.

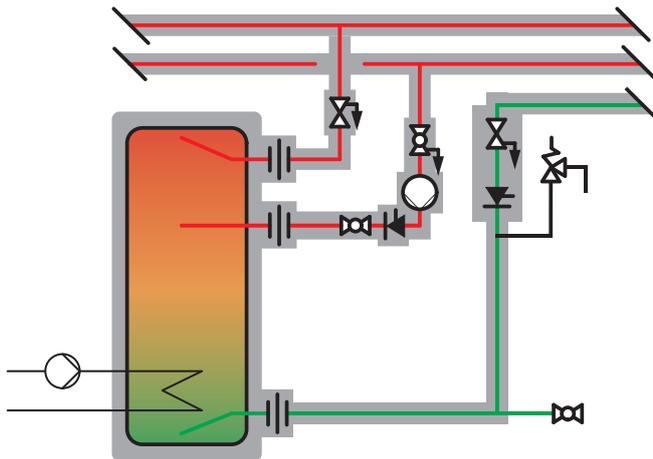


Fig. 11: Chauffe-eau à accumulation et chauffage indirect, avec échangeur de chaleur interne

### 8.1.3 Chauffe-eau à accumulation chauffé indirectement avec un échangeur de chaleur externe

Le chauffe-eau à accumulation avec échangeur de chaleur externe est doté d'une pompe de charge qui fait transiter l'eau froide de la partie basse de l'accumulateur par l'échangeur de chaleur, pour ensuite stocker l'eau chauffée dans la partie supérieure de l'accumulateur. On obtient ainsi une stratification de charge. Les capteurs de température qui enregistrent les zones de température dans le réservoir peuvent être déplacés verticalement. La hauteur de la couche d'eau chaude, autrement dit la réserve d'eau chaude dans l'accumulateur, peut ainsi être adaptée aux besoins en eau chaude. Ce type de chauffe-eau présente les avantages suivants:

- La température utile est atteinte après un court laps de temps.
- Le temps de chauffe de l'accumulateur est réduit.
- L'eau de boisson dans l'accumulateur est fréquemment remplacée.
- Les pertes de maintien sont plus faibles.
- Les zones froides et de mélange sont réduites au minimum.
- Les chauffe-eau sont d'une maintenance facile.

Ils ont comme désavantage d'être encombrants et de nécessiter un équipement de protection supplémentaire contre l'entartrage.

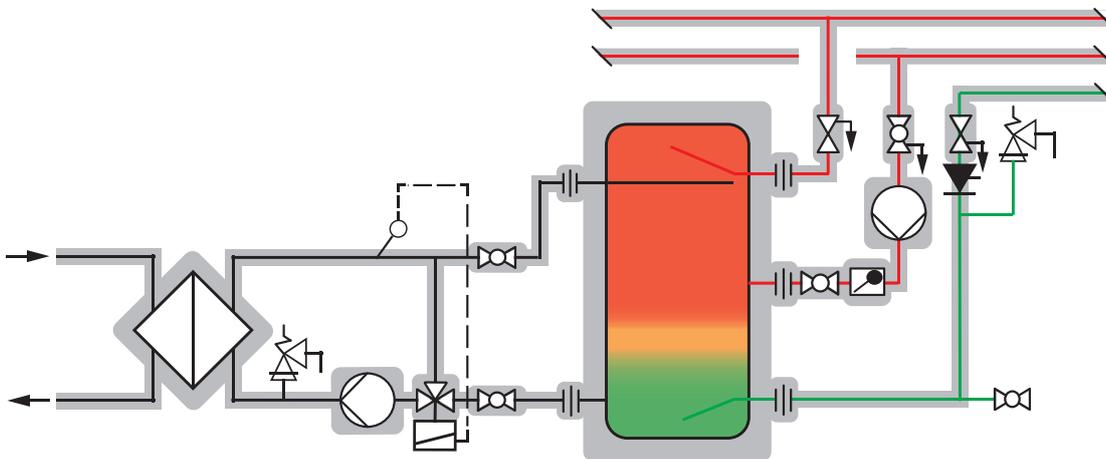


Fig. 12: Chauffe-eau à accumulation chauffé indirectement avec un échangeur de chaleur externe

Le schéma montre une installation de chauffage d'eau avec échangeur de chaleur externe, un accumulateur d'eau chaude avec chargement à stratification et cycle de chargement avec robinet trois voies et pompe de charge sans vitesse réglée. Autres variantes pour le chargement de l'accumulateur:

- Réglage de l'ajout d'eau par le mélangeur thermique
- Pompe à vitesse réglée (réglage du débit volumique)
- Soupape d'étranglement

### 8.1.4 Chauffe-eau à accumulation avec accumulateur tampon (accumulateur mixte)

Lorsqu'il y a un accumulateur mixte, l'accumulateur d'eau chaude se trouve logé dans l'accumulateur tampon. La chaleur de l'eau de chauffage qui s'y trouve est transmise dans l'accumulateur tampon à travers la paroi du réservoir de l'accumulateur d'eau chaude. Pour chauffer l'eau de chauffage, on peut envisager n'importe quel type d'énergie.

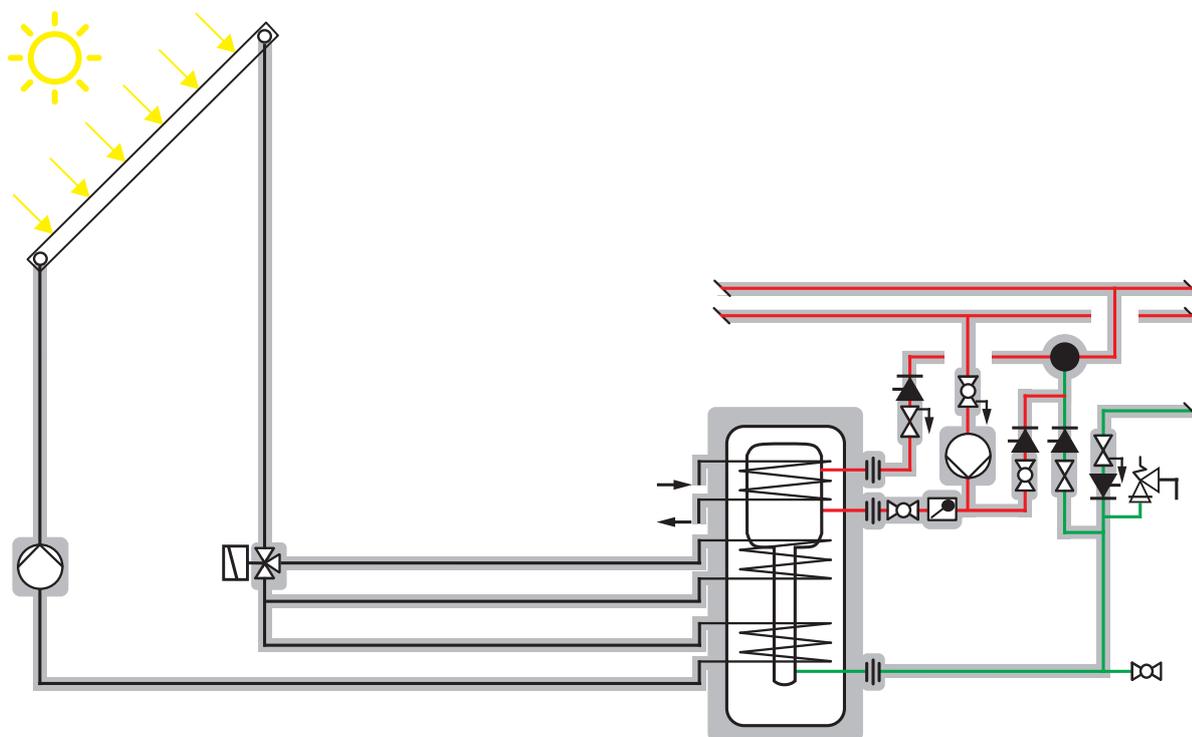


Fig. 13: Chauffe-eau à accumulation avec accumulateur tampon (accumulateur mixte)

Le schéma montre une installation solaire avec accumulateur mixte et deux échangeurs de chaleur internes qui assurent une stratification favorable dans l'accumulateur. Un échangeur de chaleur interne supplémentaire est utilisé pour le réchauffage à l'aide d'une autre source d'énergie.

Comme les installations solaires peuvent générer des températures maximales élevées dans l'accumulateur tampon, il faut prévoir une protection anti-échaudage. Un mitigeur thermostatique empêche les brûlures en réduisant la température de l'eau chaude à la température maximale définie, ce par l'ajout d'eau froide ou d'eau de boisson issue de la circulation d'eau chaude.

### 8.1.5 Raccordement en série de chauffe-eau à accumulation

Pour accroître la production d'eau chaude, on peut raccorder en série les chauffe-eau à accumulation conventionnels. Les chauffe-eau à accumulation raccordés en série présentent les caractéristiques suivantes:

- Simplicité des passages de conduites
- Après le chauffage, la température de l'eau chaude est identique dans tous les accumulateurs.
- Eau chaude à température de sortie constante

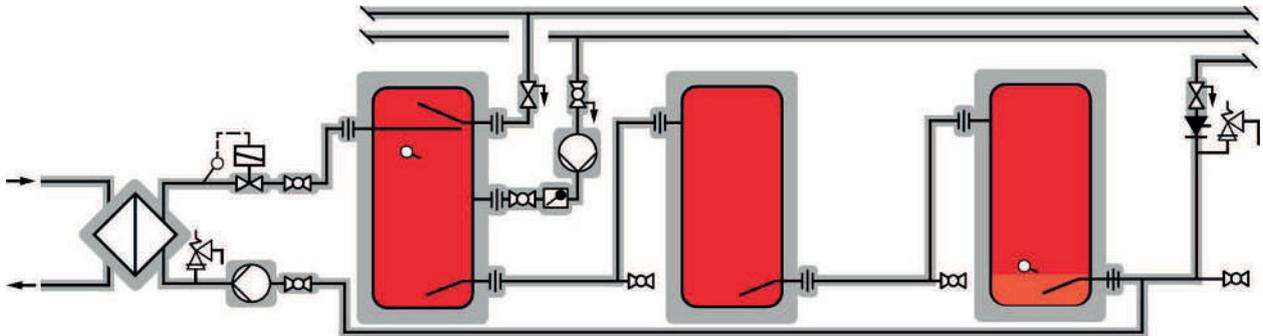


Fig. 14: Raccordement en série de trois chauffe-eau à accumulation

Dans les bâtiments où l'on exige un haut niveau de sécurité d'approvisionnement, le raccordement en série ne convient pas toujours puisque tous les accumulateurs sont hors service durant des travaux de maintenance. Les solutions munies de dérivations et de vannes ne sont pas recommandées en raison du risque d'altération de l'hygiène de l'eau de boisson.

De manière générale, le raccordement en série de chauffe-eau à accumulation n'est pas recommandé. Ce type d'installation risque d'induire un comportement différent des accumulateurs individuels, p. ex. des accumulateurs qui se vident à des heures différentes. En présence d'une redondance de l'approvisionnement, on peut toutefois envisager un raccordement en série dans des bâtiments à besoin important en eau chaude et nécessitant un haut niveau de sécurité d'approvisionnement (un hôpital p. ex.). La planification de ce type d'installations de chauffe-eau nécessite cependant une grande expertise.

### 8.1.6 Stratification

En raison des propriétés physiques de l'eau, l'eau chaude des accumulateurs présente une stratification plus ou moins importante en zones de températures:

- L'eau chauffée perd en densité et monte progressivement dans l'accumulateur.
- Faible conductivité thermique, donc faible échange thermique entre zones de température.

La stratification est due essentiellement à la nature de la transmission thermique, selon que l'échangeur de chaleur est à l'intérieur ou à l'extérieur. Les zones de mélange sont minimales lorsque le rapport du diamètre et de la hauteur de l'accumulateur est de 1:3. La stratification a des effets sur l'approvisionnement des points de soutirage et l'efficacité énergétique. Une stratification défavorable entraîne des temps de chauffage longs, un faible rendement de l'échangeur de chaleur et, dans le pire des cas, une eau à température insuffisante aux points de soutirage.

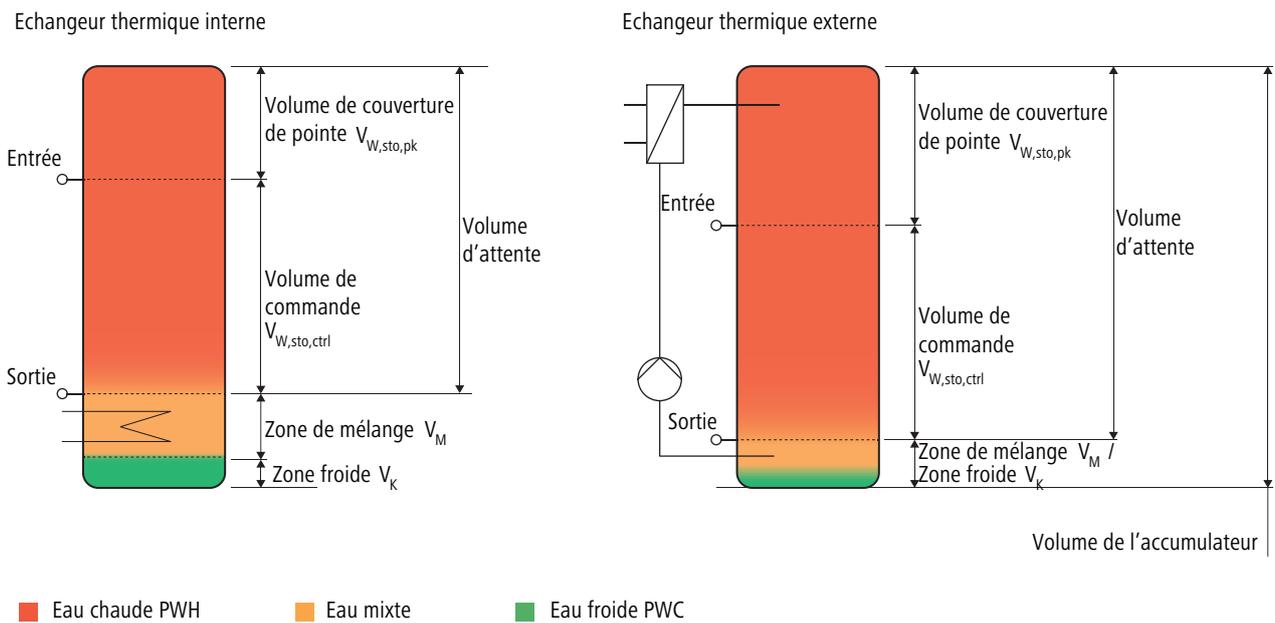


Fig. 15: Stratification dans le chauffe-eau à accumulation avec échangeur de chaleur interne et externe

Le volume de couverture de pointe se trouve au-dessus du capteur d'entrée. Pour les immeubles résidentiels, le volume de couverture de pointe correspond à une pointe horaire. Selon l'immeuble (p. ex. construction industrielle), le volume de couverture de pointe doit être défini pour une période autre qu'une heure.

Le volume de commande est situé entre le capteur d'entrée et le capteur de sortie. C'est dans cette partie que s'opère le réchauffage.

Le volume d'attente est la somme du volume de couverture de pointe et du volume de commande.

## 8.1.7 Protection contre la corrosion

### 8.1.7.1 Anode de protection

Les anodes de protection sont utilisées pour la protection cathodique contre la corrosion de constructions métalliques qui se trouvent dans de l'eau ou dans le sol.

Les accumulateurs d'eau chaude sont en général constitués d'un récipient en acier dont l'intérieur est revêtu d'une couche d'émail protectrice. A la fabrication de cette couche, on ne peut cependant exclure l'apparition de fissures. Dans cette couche d'émail, il suffit de minuscules fissures pour que se forment des éléments galvaniques et donc des courants de corrosion, l'eau chaude dans l'accumulateur ayant une action électrolytique. L'anode de protection en magnésium non noble se dissout à la place de l'acier (d'où le nom d'«anode sacrificielle»). Les ions de magnésium dissous se déposent dans les fissures de l'acier inoxydable du récipient (cathode) et forment une couche protectrice. Les qualités hygiéniques de l'eau ne sont pas altérées par les ions de magnésium dissous dans l'eau.

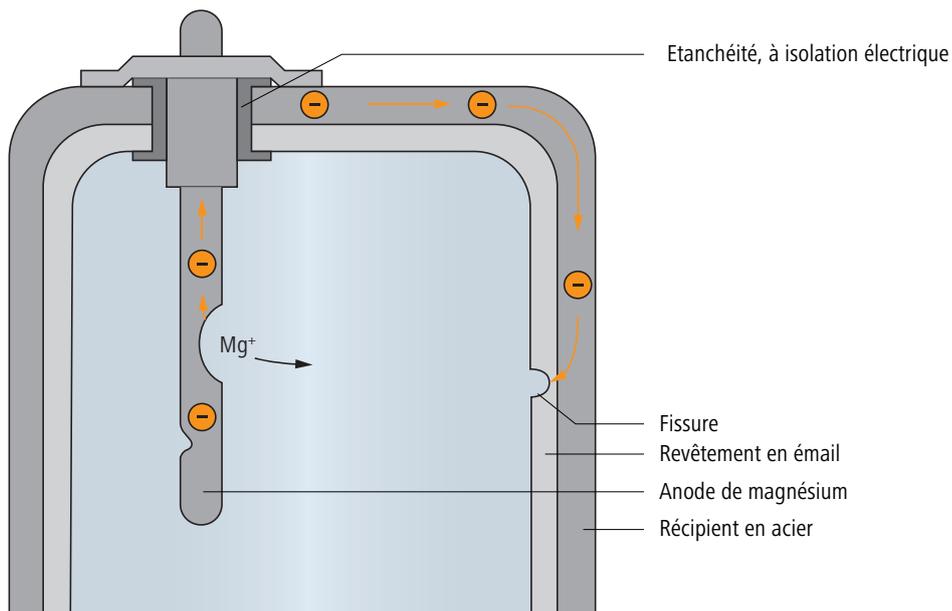


Fig. 16: Principe de fonctionnement de l'anode de protection (schéma: Blickle, Technique d'installation)

### 8.1.7.2 Anode à courant vagabond

L'anode à courant vagabond protège les ballons en acier à revêtement en émail contre la corrosion électrochimique. En présence de minuscules fissures dans le revêtement en émail, l'anode à courant vagabond fournit le courant de protection issu d'une source de courant externe (protection contre le courant de fuite). Contrairement à l'anode sacrificielle, l'anode à courant vagabond ne nécessite pas de maintenance.

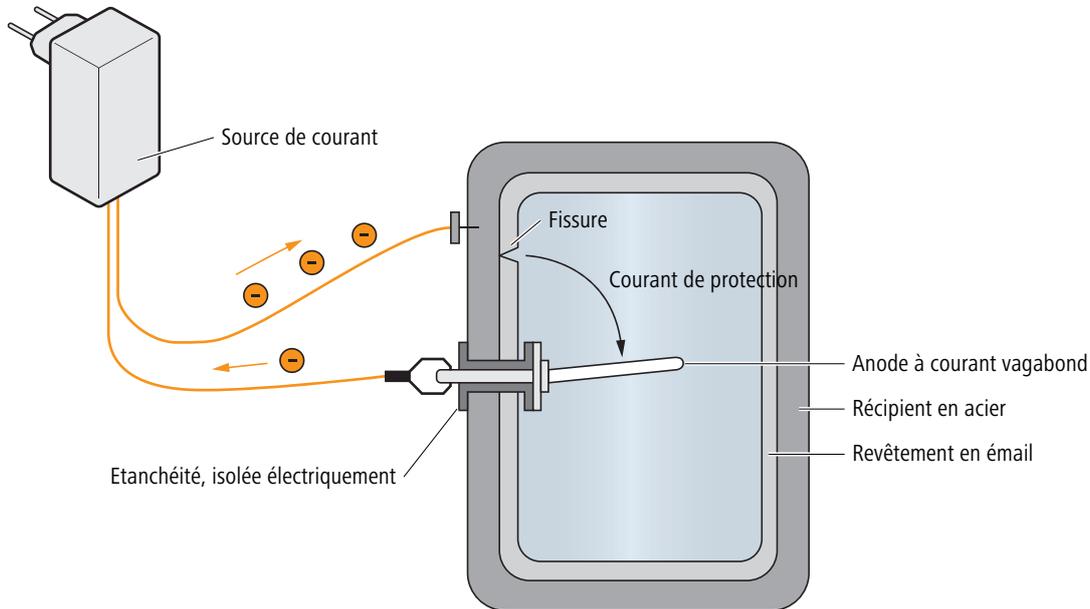


Fig. 17: Anode à courant vagabond (schéma: Blickle, Technique d'installation)

### 8.1.7.3 Protection contre les courants vagabonds

Les courants vagabonds peuvent provoquer de la corrosion dans les chauffe-eau à accumulation. Il existe plusieurs solutions pour protéger les appareils contre les courants vagabonds.

Pour des informations détaillées à ce sujet, consulter le document «Thématiques corrosion» de Nussbaum, Thématique 261.0.053.

## 8.2 Chauffe-eau instantanés

Le chauffe-eau instantané chauffe l'eau de boisson uniquement lors du soutirage au robinet. Durant cette opération, un échangeur de chaleur transfère l'énergie thermique requise à l'eau. Sur un chauffe-eau instantané électrique, c'est un système de chauffage à fil nu qui fait fonction d'échangeur de chaleur.

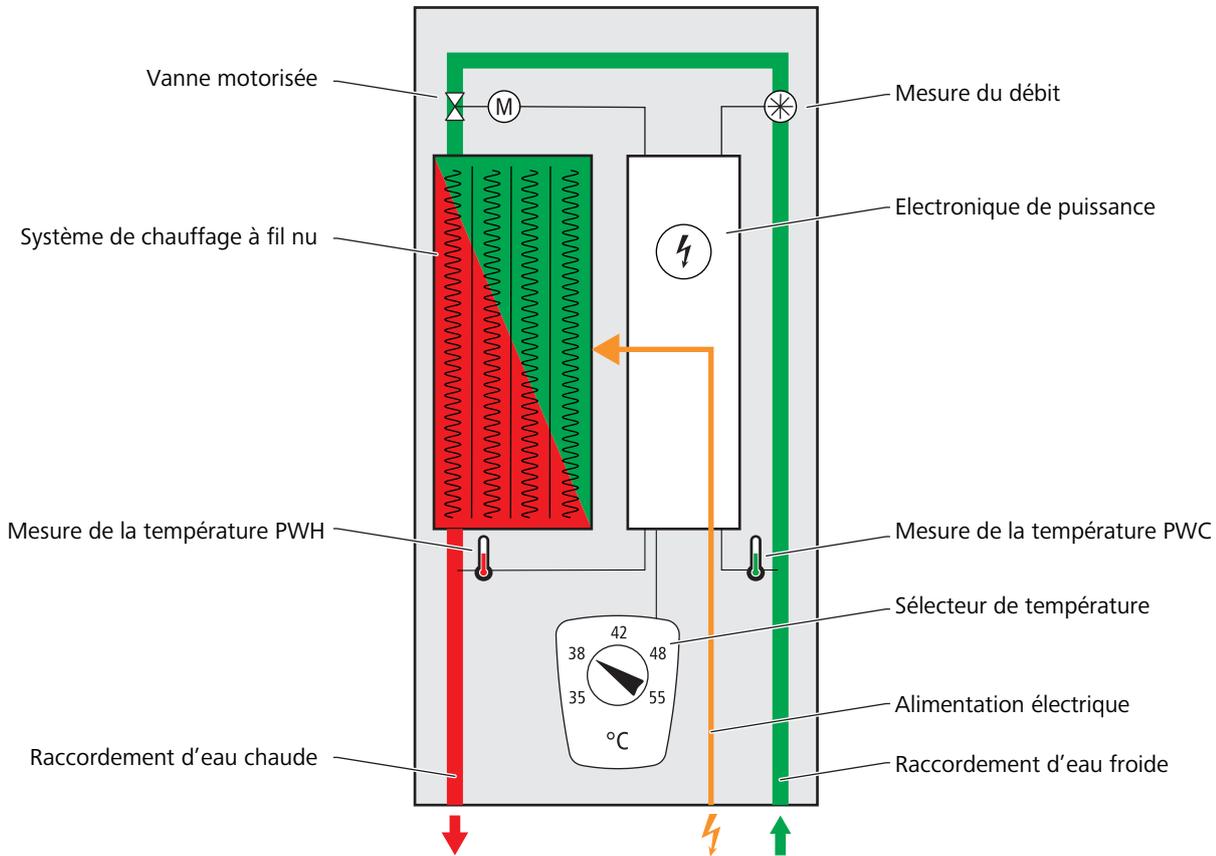


Fig. 18: Principe de fonctionnement d'un chauffe-eau instantané à régulation électronique

L'énergie thermique requise est fonction du débit volumique, à savoir de la quantité d'eau chaude tirée du robinet. Les chauffe-eau instantanés à régulation électronique règlent le débit volumique, ce qui permet d'obtenir une température de sortie constante. La figure suivante montre la courbe caractéristique d'un chauffe-eau instantané. La température atteinte par les débits volumiques importants est moins forte que pour les petits débits.

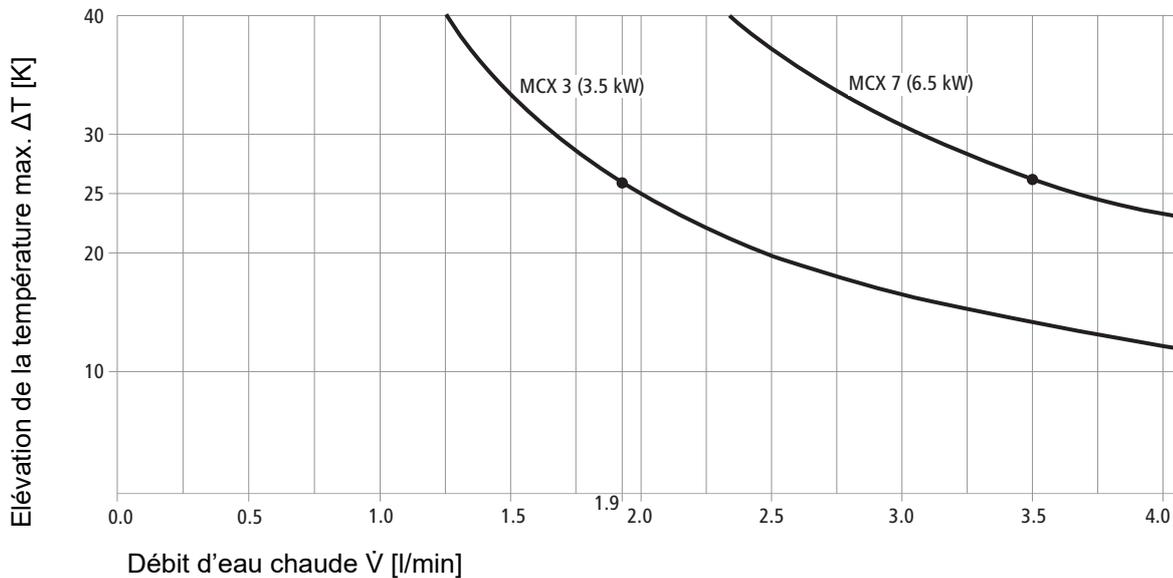


Fig. 19: Diagramme de performance d'un chauffe-eau instantané (exemple)

Lorsque les débits volumiques sont faibles, il y a un risque de surchauffe du chauffe-eau instantané, et donc de brûlure pour l'utilisateur. C'est pourquoi un chauffe-eau instantané n'allume son élément de chauffe que lorsque le débit volumique atteint une valeur minimale (point d'activation). Pour les chauffe-eau instantanés à commande hydraulique, autrement dit via le débit volumique, il ne faut pas utiliser d'eau préchauffée en raison d'un risque de surchauffe.

De par sa conception, un chauffe-eau instantané peut fonctionner sans pression ou être résistant à la pression. Caractéristiques des chauffe-eau instantanés:

- Faible gabarit
- Très faible risque de contamination par des légionelles
- Faible perte de chaleur (appareil et conduite d'eau de boisson)

Les chauffe-eau instantanés (de même que ceux à régulation électronique) ont comme inconvénients des fluctuations au niveau de la température d'écoulement et du débit volumique. A cela s'ajoute le fait que leur consommation électrique est relativement élevée.

### 8.3 Station ECS instantanée

Une station ECS permet d'obtenir une eau chaude sur plusieurs points de soutirage d'un bâtiment. L'énergie thermique utilisée provient du réservoir tampon du chauffage central, sans stockage d'eau chaude. Un échangeur de chaleur (centralisé ou décentralisé) installé à l'étage transmet l'énergie thermique du réservoir tampon à l'eau de boisson durant le soutirage de l'eau chaude (principe du passage).

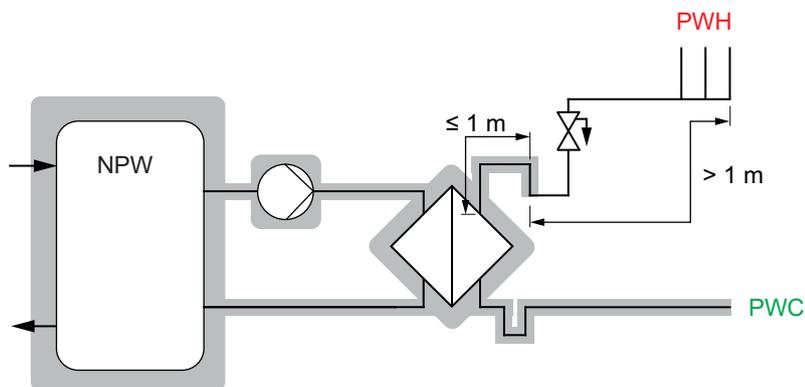


Fig. 20: Station ECS

Le schéma montre une station ECS sans conduites d'eau chaude maintenues chaudes.

## 9 Systèmes de distribution d'eau chaude

### 9.1 Approvisionnement individuel

Dans le cas d'un approvisionnement individuel, chaque point de soutirage dispose de son propre chauffe-eau. L'appareil correspond dans ce cas à un chauffe-eau instantané ou à un petit chauffe-eau à accumulation.

Le schéma suivant montre un approvisionnement individuel doté des chauffe-eau instantanés pour lavabos MCX 3 et MCX 7 de Nussbaum.

Installation sous pression

Installation à écoulement libre

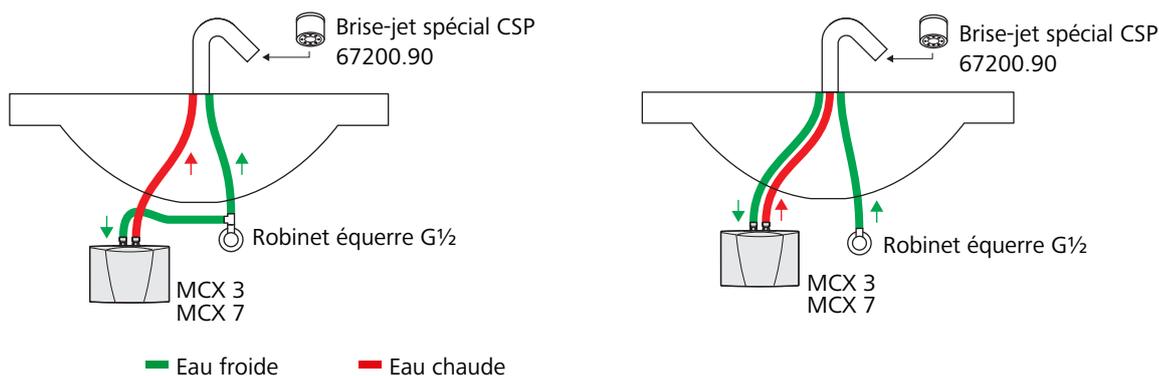


Fig. 21: Approvisionnement individuel doté d'un chauffe-eau instantané pour lavabos MCX 3 / MCX 7

Caractéristiques:

- Pas de pertes de chaleur dues aux conduites de distribution
- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- Temps de soutirage conformes aux normes sans circulation d'eau chaude ou ruban chauffant
- Mise en service personnalisée
- Exploitation sous la responsabilité de l'utilisateur de l'appartement (températures personnalisées pour l'eau chaude)
- L'électricité est l'énergie standard
- Découplage du chauffage du bâtiment
- Profils de charge XXS/XS (ne convient pas pour des besoins élevés en eau chaude)

## 9.2 Approvisionnement en eau chaude décentralisée

Un approvisionnement en eau chaude décentralisé peut être réalisé comme alimentation groupée qui approvisionne en eau chaude plusieurs points de soutirage sur l'étage par un chauffe-eau commun.

### 9.2.1 Alimentation groupée avec chauffe-eau instantanés

Le schéma suivant montre une alimentation groupée d'appareils sanitaires par des chauffe-eau instantanés. Les colonnes montantes font passer les conduites d'eau froide dans les étages, où s'opère la production d'eau chaude.

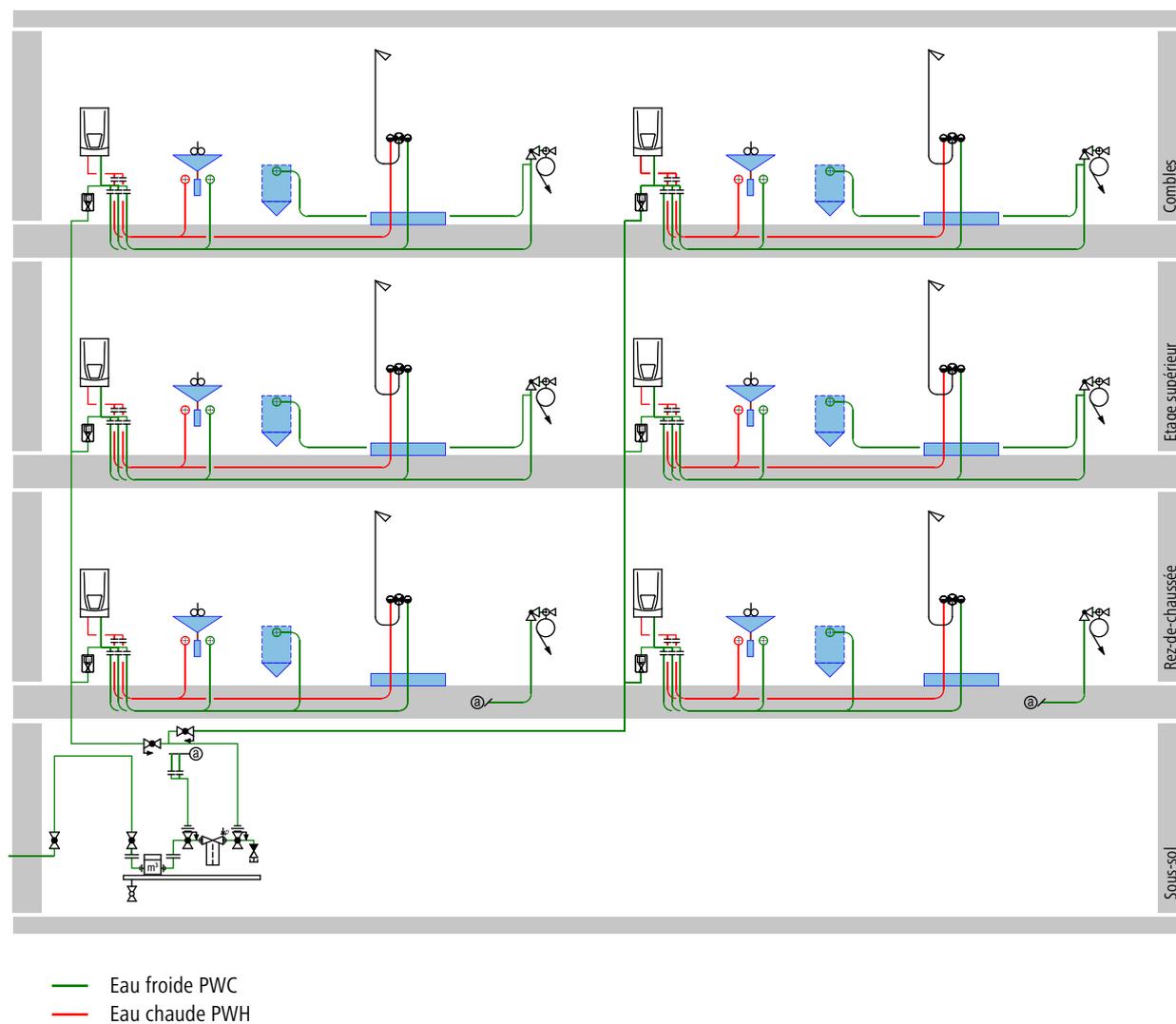


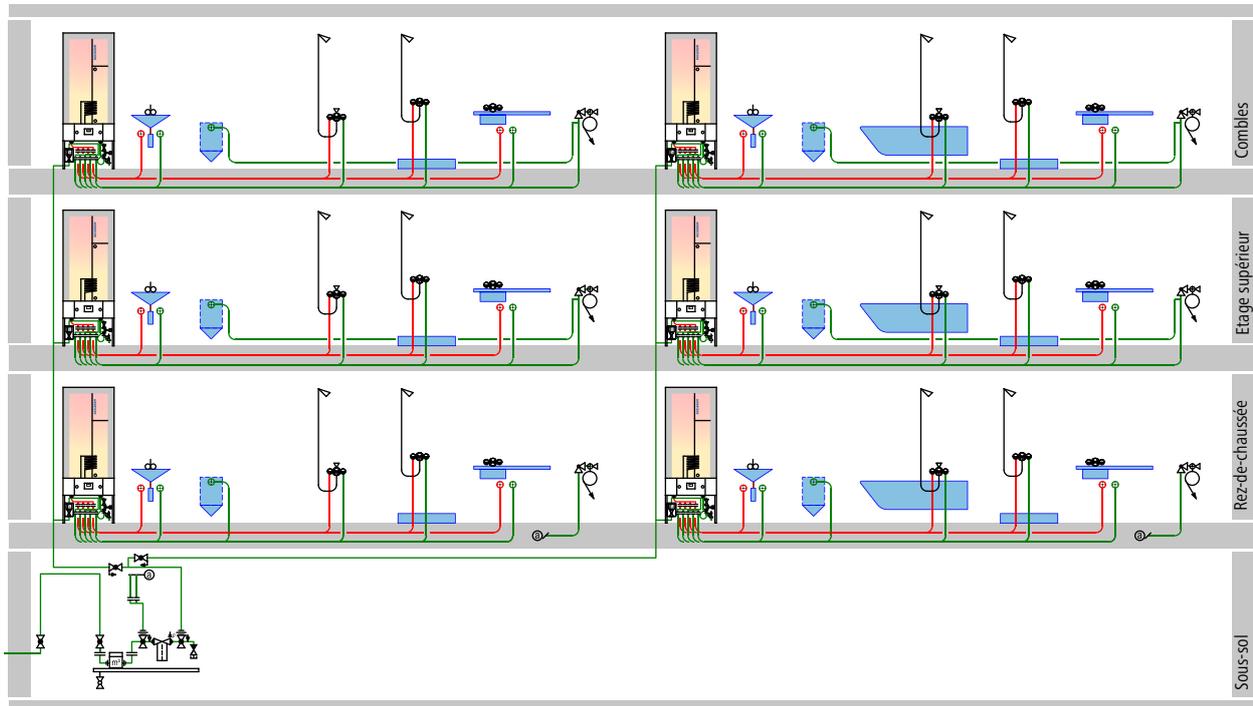
Fig. 22: Alimentation groupée avec chauffe-eau instantanés

Caractéristiques:

- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation
- Colonnes montantes uniquement pour conduites d'eau froide
- Mise en service personnalisée
- Exploitation sous la responsabilité de l'utilisateur de l'appartement
- Alimentation en énergie par une installation PV
- Découplage du chauffage du bâtiment
- Saisie personnalisée des données de consommation
- Profils de charge jusqu'à L

## 9.2.2 Alimentation groupée avec chauffe-eau à accumulation

Le schéma suivant montre une alimentation groupée d'appareils sanitaires avec des chauffe-eau à accumulation. Les colonnes montantes font passer les conduites d'eau froide dans les étages, où s'opère la production d'eau chaude.



— Eau froide PWC  
— Eau chaude PWH

Fig. 23: Alimentation groupée avec chauffe-eau à accumulation

Caractéristiques:

- Coûts d'investissement et d'exploitation modérés
- Colonnes montantes uniquement pour conduites d'eau froide
- Mise en service personnalisée
- Exploitation sous la responsabilité de l'utilisateur de l'appartement
- Alimentation en énergie par une installation PV
- Découplage du chauffage du bâtiment
- Saisie personnalisée des données de consommation
- Profils de charge L à XL

### 9.3 Approvisionnement en eau chaude centralisé

Dans ce cas de figure, c'est un chauffe-eau centralisé qui alimente en eau chaude tous les points de soutirage d'un bâtiment. Des colonnes montantes partent des conduites d'eau froide et d'eau chaude qui alimentent les étages. La distribution d'eau chaude peut être équipée d'un circuit de circulation d'eau chaude.

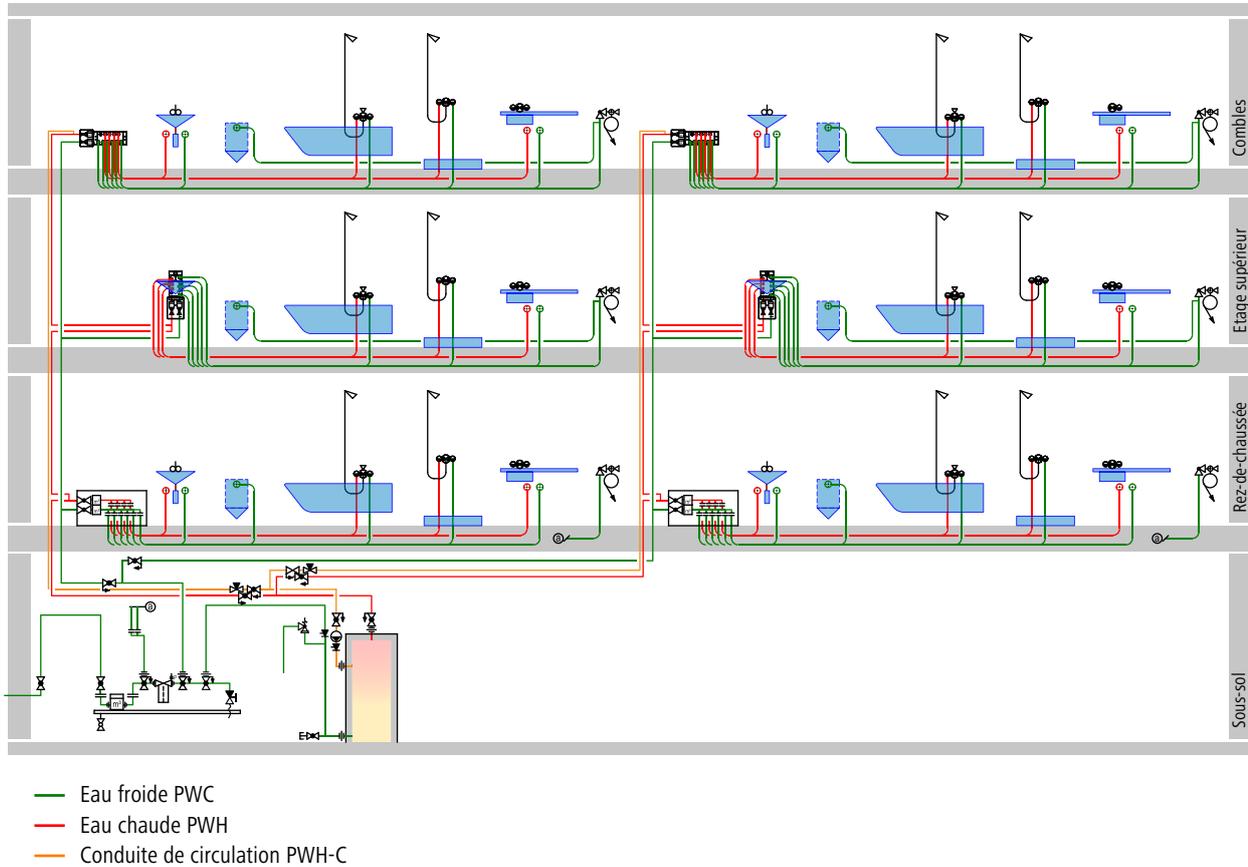


Fig. 24: Approvisionnement centralisé en eau chaude avec circuit de circulation d'eau chaude

Caractéristiques:

- Coûts d'investissement modérés à élevés
- Différents types d'énergie, en général des agents énergétiques fossiles
- Conduites de distribution pour eau froide et eau chaude, ainsi que pour la circulation d'eau chaude
- Pertes de chaleur par l'accumulateur et les conduites
- Exploitation sous la responsabilité du propriétaire du bâtiment
- Profils de charge L à XXL: Convient pour bâtiments à besoins élevés en eau chaude

## 9.4 Thermosiphon

Les thermosiphons réduisent les pertes de chaleur causées par la circulation à contre-courants dans les conduites. En raison de sa plus grande densité, l'eau froide se rassemble au fond du siphon et ne peut donc pas être refoulée vers le chauffe-eau ou la conduite maintenue chaude. De même, l'eau chaude issue du chauffe-eau ou de la conduite maintenue chaude ne peut pas descendre jusqu'au thermosiphon froid, ni se répandre et se refroidir dans le tuyau de branchement.

Aux endroits où l'on passe de conduites maintenues en température à des conduites non maintenues en température, on installe un thermosiphon en forme de tuyau descendant. La hauteur du thermosiphon doit être au moins 7 fois supérieure au diamètre nominal du tuyau ou être au minimum de 15 cm (SIA 385/1:2020, 5.5.4).

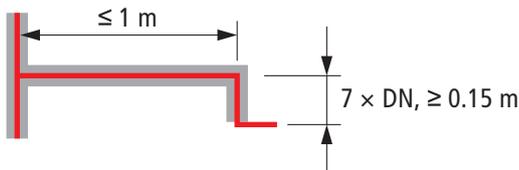
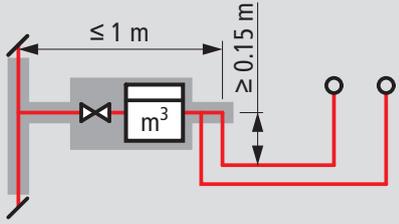
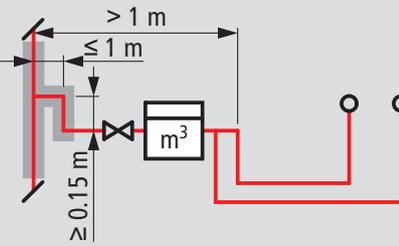


Fig. 25: Thermosiphon

Le lieu d'installation des thermosiphons est fonction du type de distribution d'eau chaude:

Lieu d'installation	Description
	Thermosiphon directement après le chauffe-eau pour une conduite n'étant pas maintenue chaude*.
	Thermosiphon avant les conduites de soutirage pour une conduite maintenue chaude; conduite de raccordement* ≤ 1 m
	Conduite maintenue chaude (conduite de circulation) dans une maison plurifamiliale: Les thermosiphons se trouvent d'abord en haut à l'étage (se reporter à W3/C3:2020, ann. 9, fig. 23, 24 et 25).

Lieu d'installation	Description
	<p>Thermosiphon avant les conduites de soutirage pour distributeur maintenu chaud.</p>
	<p>Thermosiphon avant le distributeur, celui-ci n'étant pas maintenu chaud.</p>
<p>* Dans les calculs, les conduites de raccordement isolées d'une longueur <math>\leq 1</math> m sont rajoutées à la conduite maintenue chaude.</p>	

Tab. 7: Lieux d'installation de thermosiphons

## 10 Exigences hygiéniques pour l'approvisionnement en eau chaude

Les paramètres suivants ont une influence déterminante sur l'hygiène de l'eau de boisson (modèle à paliers Nussbaum):

- Matériaux de construction
- Températures de l'eau
- Stagnation (ou renouvellement de l'eau)

Comparativement à ce qui se passe pour l'eau froide et en raison des températures et de la stagnation dans les accumulateurs et les conduites, l'approvisionnement en eau chaude est beaucoup plus sujette à des microorganismes pathogènes comme les légionelles. Les légionelles sont des bactéries qui peuvent être présentes dans l'eau. L'ingestion d'une eau contenant des légionelles ne présente a priori pas de risque pour la santé. Si toutefois les bactéries sont inhalées sous forme d'aérosols (p. ex. vapeurs de douche), elles peuvent provoquer la maladie du légionnaire; il s'agit d'une forme de pneumonie qui, si elle n'est pas traitée, peut causer la mort. Les germes peuvent former un biofilm. Ce biofilm se présente sous la forme d'un dépôt de matières organiques qui tapisse les conduites où circule régulièrement de l'eau de boisson. Lorsqu'ils sont stables et qu'ils ne sont pas sujets à une prolifération continue, les biofilms ne constituent pas un risque dans la mesure où ils sont constitués de substances et de microorganismes que l'on trouve naturellement dans l'eau de boisson.

Ici sont présentées des informations très fournies sur les bases et exigences relatives à l'hygiène de l'eau de boisson et sur le modèle à paliers de Nussbaum, ainsi que sur les directives générales de montage et de planification dans le document Nussbaum intitulé «Thématiques hygiène de l'eau de boisson», ☞ Thématique 299.1.006.

# 11 Maintien à une température élevée dans les conduites de circulation d'eau chaude

Pour le maintien à une température élevée dans les conduites de circulation d'eau chaude, on met en œuvre des systèmes de circulation et des rubans chauffants.

## 11.1 Système de circulation

Les systèmes de circulation maintiennent constantes les températures de l'eau chaude dans la distribution d'eau chaude en pompant continuellement l'eau chaude des points de soutirage vers l'accumulateur. Ainsi, même lorsque l'eau de boisson n'est pas soutirée régulièrement, les systèmes de circulation permettent de bénéficier d'une eau de boisson impeccable. Cela entraîne cependant des pertes de pression et des pertes de chaleur supplémentaires dans la distribution d'eau chaude. En outre, une circulation défectueuse de l'eau chaude peut entraîner un refroidissement inacceptable de l'accumulateur pour les raisons suivantes p. ex.:

- Insuffisance de l'isolation thermique des conduites de circulation
- Vitesse d'écoulement trop élevée à l'entrée dans l'accumulateur
- Erreur de dimensionnement de la pompe à circulation

Un circuit de circulation est constitué du circuit de circulation d'eau chaude et de la pompe à circulation. Le circuit de circulation d'eau chaude se compose des conduites de circulation associées aux régulateurs de circulation. Les régulateurs de circulation assurent l'application des consignes de température par une compensation thermique et hydraulique. La pompe de circulation fonctionne en continu. Son moteur est souvent peu énergivore et à vitesse réglée. Les pompes de circulation à vitesse réglée règlent elles-mêmes la vitesse requise par une mesure de la différence de pression du côté aspiration ou pression.

La vitesse d'écoulement dans les conduites de circulation est définie dans la norme DIN 1988-300 et se situe dans une fourchette de 0.2 à 0.5 m/s. Lorsque sont utilisées des pompes de circulation à forte pression de refoulement, les vitesses d'écoulement peuvent être plus élevées, leur valeur maximale ne devant cependant pas dépasser 1.0 m/s. A l'entrée dans l'accumulateur, la vitesse d'écoulement peut, selon la directive SVGW W3/C3:2018, atteindre au maximal 0.1 m/s.

### 11.1.1 Conduites de circulation

Les conduites de circulation doivent être isolées thermiquement, tout en sachant que dans la majorité des cas, ce sont les deux types d'installation suivants qui sont utilisés:

Type d'installation	Photo	Description
Système conventionnel		<p>La conduite d'eau chaude PWH et la conduite de circulation PWH-C sont posées et isolées séparément.</p> <p>Perte de chaleur: env. 5 W/m (0.12 kWh/m/d)</p> <p>Remarque sur la longueur de conduite en m: la longueur totale à considérer correspond à la somme des longueurs PWH et PWH-C.</p>
Système tuyau-contre-tuyau		<p>La conduite d'eau chaude PWH et la conduite de circulation PWH-C sont posées dans la même isolation thermique.</p> <p>Perte de chaleur: env. 6 W/m (0.15 kWh/m/d)</p> <p>Le système tuyau-contre-tuyau convient pour des tuyaux de petit diamètre jusqu'à un max. de 40 mm PWH ou 15 mm PWH-C. Pour les diamètres plus importants, il n'est plus possible de réaliser une isolation thermique optimale.</p> <p>Remarque sur la longueur de conduite en m: pour la longueur il faut tenir compte de la longueur PWH ou de la longueur PWH-C.</p>

Tab. 8: Types d'installation pour la circulation d'eau chaude

### 11.1.2 Pompes de circulation

La pompe de circulation brasse l'eau chaude en continu dans la circulation d'eau chaude. Pour un rendement énergétique efficace, il faut choisir le réglage adéquat pour la pompe de circulation. La consommation d'énergie est fonction des paramètres suivants:

- Volume de refoulement
- Rendement
- Pertes de charge dans la circulation d'eau chaude

Une pompe de circulation inefficace ou incorrectement dimensionnée consomme beaucoup d'énergie et peut entraîner des dysfonctionnements, voire endommager la distribution d'eau chaude. C'est ainsi par exemple que la consommation d'énergie s'accroît considérablement lorsqu'une pompe de circulation à vitesse constante est associée à des régulateurs de circulation thermiques ou électroniques.

On distingue les modes de fonctionnement suivants pour les pompes de circulation:

Mode de fonctionnement	Symbole	Description
Vitesse constante		La pompe de circulation est réglée à une vitesse constante, manuellement ou par un signal externe. Le réglage de pression de la pompe de circulation est désactivé.  Mode de fonctionnement pouvant être utilisé lorsque sont installés uniquement des régulateurs de circulation mécaniques. Ce mode de fonctionnement n'est pas conseillé.
Pression constante		La pompe de circulation est réglée à une pression de refoulement constante. C'est la vitesse qui permet d'agir sur le débit volumique dans la circulation d'eau chaude.  Mode de fonctionnement le plus fréquemment utilisé et convenant à toutes les applications.
Pression proportionnelle		La pression de refoulement de la pompe de circulation est une fonction linéaire du débit volumique dans la circulation d'eau chaude, la pente de la fonction pouvant être réglée. En cas de besoin, la pompe de circulation adapte sa vitesse et sa pression de refoulement pour changer le débit volumique dans la circulation d'eau chaude. Par rapport au fonctionnement à pression constante, cela permet de réduire la performance de la pompe.  Ce mode de fonctionnement présente des avantages dans la distribution d'eau chaude, où les pertes de charge sont élevées.

Tab. 9: Différents modes de fonctionnement des pompes de circulation

## 11.2 Ruban chauffant

Dans l'approvisionnement en eau chaude, les rubans chauffants permettent de maintenir un tronçon de conduite à une température élevée. Pour les petites conduites de distribution d'eau chaude, le ruban chauffant fait l'affaire au lieu d'une circulation d'eau chaude. Parmi les autres applications du ruban chauffant, on compte la protection contre le gel des conduites qui lui sont exposées.

Les rubans chauffants sont montés sur la face inférieure des conduites et sont raccordés à une unité de commande. L'unité de commande sert à régler les heures d'activation et la puissance du ruban chauffant. Pour éviter une surchauffe, les rubans chauffants sont autorégulants, c'est-à-dire qu'ils réduisent la puissance de chauffe lorsque la température des conduites augmente, sans intervention extérieure.

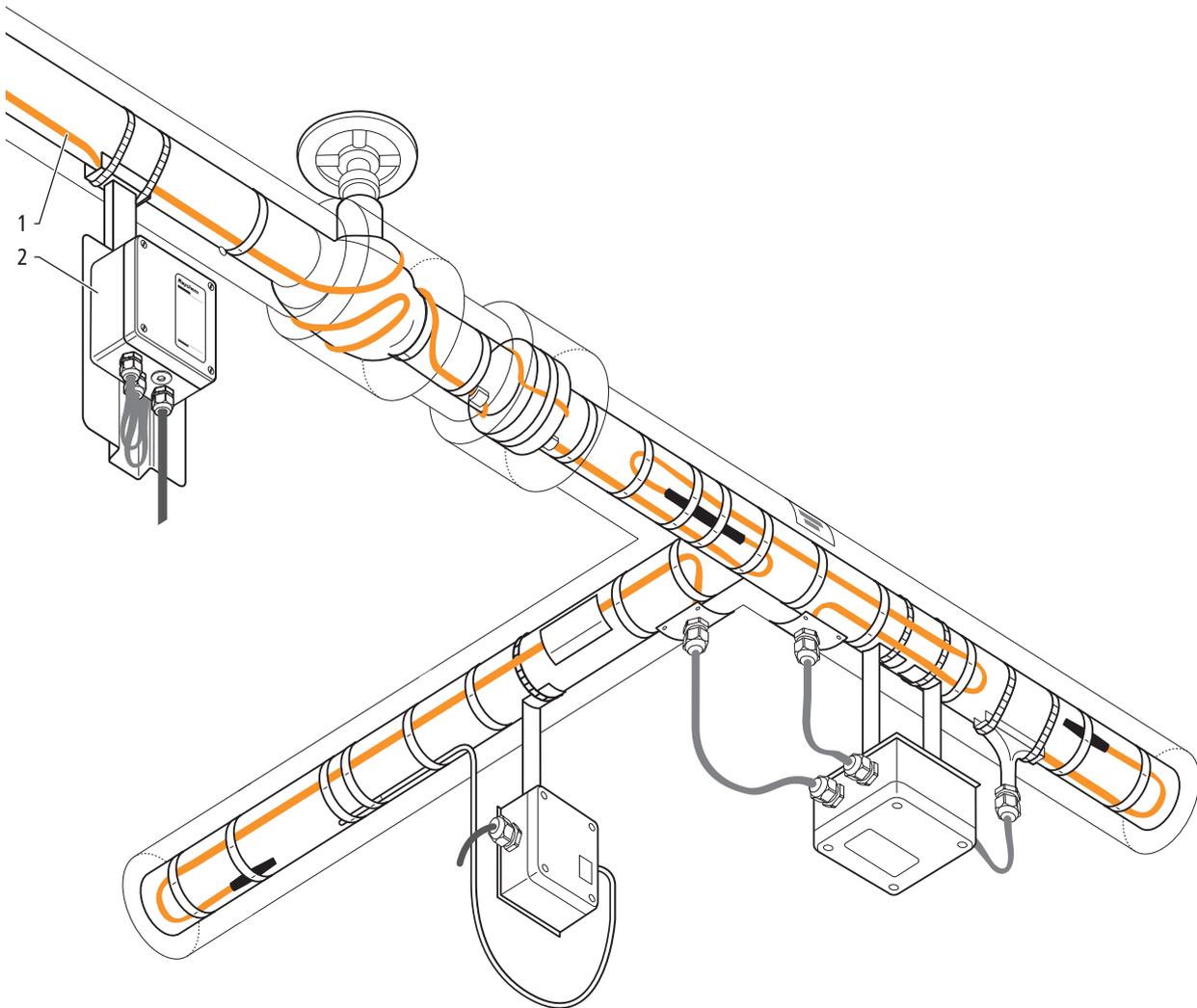


Fig. 26: Exemple de montage de rubans chauffants (source figure: Raychem)

1	Ruban chauffant
2	Unité de commande

Les rubans chauffants sont peu encombrants. Un autre avantage réside dans le fait que l'on peut se passer de la compensation de pression lorsque les conduites de circulation sont de différentes longueurs. Inconvénients:

- Coûts d'énergie
- Accroissement de la pression pour des conduites fermées
- Pas de régulation directe de la température de l'eau chaude
- Réparations onéreuses en cas de panne

Les rubans chauffants sont une installation électrique dans la distribution d'eau de boisson; ils doivent être montés par un électricien et être dotés d'un marquage qui les rend visibles de l'extérieur en tant que tels.

## 12 Protection contre les brûlures

Les points de soutirage sans limiteur de température thermostatique présentent un risque de brûlures en cas de chute de pression dans la conduite d'eau froide ou de panne d'alimentation en eau froide. Dans les installations solaires thermiques, l'eau chaude peut atteindre des températures élevées.

Selon le lieu d'installation, la norme SN EN 806-2 recommande les températures maximales suivantes pour l'eau chaude sur les robinets de puisage:

Lieu d'installation	Température maximale de l'eau chaude [°C]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoles</li> <li>• Hôpitaux</li> </ul>	43
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoles maternelles</li> <li>• Etablissements de soins</li> </ul>	38

Tab. 10: Températures maximales de l'eau chaude sur les robinets de puisage

## 13 Isolation thermique

### 13.1 Consignes pour le dimensionnement de l'isolation thermique

L'isolation thermique de tuyaux et d'éléments d'installations doit être enveloppante et continue. Les ponts thermiques, le contact des éléments de construction ainsi que les flux d'air entre le tuyau et l'isolation thermique provoquent des pertes de chaleur, p. ex. au niveau des conduites de circulation tuyau-contre-tuyau.

Pour le calcul de l'isolation thermique, c'est le diamètre extérieur des conduites qui est déterminant. Le tableau suivant indique les valeurs nominales obligatoires pour le diamètre extérieur des conduites correspondant à des produits de Nussbaum. Pour les robinetteries et les distributeurs, l'épaisseur d'isolation du diamètre extérieur des conduites correspondantes peut être divisée par deux (SIA 385/1).

Diamètre nominal DN	Acier inoxydable Optipress (DIN 17440/ DIN 17455)	Optipress-Therm (DIN 2394)	Optifitt-Press	Optiflex	Tuyau fileté (ISO 7-1/ EN 10226)
[—]	[mm]	[mm]	[pouces]	[mm]	[mm]
10	—	—	3/8	16 (x 3.8*)	17.2
12	15	15	—	16 (x 2.2*)	—
15	18	18	1/2	20	21.3
20	22	22	3/4	25	26.9
25	28	28	1	32	33.7
32	35	35	1 1/4	40	42.4
40	42	42	1 1/2	50	48.3
50	54	54	2	63	60.3
60**	64	64	—	—	—
65	76.1	76.1	2 1/2	—	76.1
80	88.9	88.9	2	—	88.9
100	—	108	4	—	114.3

\* Epaisseur de la paroi du tuyau

\*\* Diamètre nominal spécifique à Optipress pour la conduite d'alimentation

Tab. 11: *Diamètre nominal et diamètre extérieur correspondant des tuyaux système de Nussbaum et des tuyaux filetés selon ISO 7-1/EN 10226 disponibles dans le commerce.*

## 13.2 Conduites d'eau chaude

Les conduites d'eau chaude doivent être isolées pour minimiser les pertes de chaleur et les effets de températures de surface trop élevées.

- Le distributeur et les conduites de raccordement vers les colonnes montantes et le chauffe-eau doivent être isolés lorsque la longueur totale du distributeur et de la conduite de raccordement est  $\leq 1$  mètre.
- Pour les conduites de circulation tuyau-contre-tuyau, le diamètre extérieur déterminant correspond à la somme des diamètres extérieurs des deux tuyaux.
- Pour l'isolation thermique de robinetteries et de vannes, on utilise des coques isolantes en polypropylène expansé (PPE).
- Les conduites de soutirage ne nécessitent pas d'isolation thermique.

Diamètre nominal DN	Epaisseurs d'isolation pour températures d'eau chaude de 30 à 90 °C (selon les lois cantonales sur l'énergie)		Epaisseurs d'isolation pour de l'eau à une température de 60 °C (selon Isolsuisse)	
	Mousse rigide de polyisocyanurate PIR $\lambda \leq 0.03$ W/mK*	Mousse élastomère $\lambda \leq 0.03 \dots 0.05$ W/mK*	Mousse rigide de polyisocyanurate PIR $\lambda \leq 0.03$ W/mK*	Mousse élastomère $\lambda \leq 0.03 \dots 0.05$ W/mK*
[—]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
10	30	40	30	60
12				
15	30	40	30	60
20	40	50	40	60
25	40	50	40	60
32	40	50	50	80
40	50	60	60	80
50	50	60	60	80
65	60	80	60	80
80	60	80	60	80
100	80	100	80	100
125	80	100	80	100
150	80	100	80	100
200	80	120	80	120

\* à 10 °C

Tab. 12: Epaisseurs d'isolation minimales pour conduites d'eau chaude (selon notice technique suissetec 07/2023)

### 13.3 Conduites d'eau froide

Les conduites d'eau froide doivent être isolées contre leur réchauffement par des conduites d'eau chaude et autres sources de chaleur.

Diamètre extérieur du tuyau	Mousse élastomère	Mousse rigide de polyisocyanurate (PIR)
[mm]	[mm]	[mm]
17	13	30
22		
28		
35		
42		
48		
60		
76		
89		
114		
140		
168		
175		
219		

Tab. 13: Epaisseurs d'isolation pour conduites d'eau froide (selon notice technique suissetec 10/2020)

## 13.4 Retardement du chauffage de l'eau froide dans les colonnes montantes

Aujourd'hui, on accorde une importance croissante à l'hygiène de l'eau froide. Il arrive en effet de plus en plus que des installations techniques dans les bâtiments ou des températures ambiantes de plus de 25 °C provoquent un réchauffement de l'eau froide, avec pour conséquence la prolifération des légionelles. C'est pourquoi il importe de prendre des mesures adéquates pour que la température de l'eau de boisson froide soit maintenue aussi froide que possible, sous les 25 °C.

### 13.4.1 Les enjeux

Dans un système de distribution d'eau froide, le maintien en température est un paramètre important dans la planification et l'exécution, et il doit être pris en compte dès le début. Le système de distribution d'eau froide doit être conçu de telle manière que la température n'augmente que faiblement dans les conduites entre le raccordement d'eau du bâtiment et les points de soutirage.

**Dans le cas d'installations d'eau froide conformes à la directive SVGW W3/C3, la température de l'eau froide ne doit pas dépasser 25 °C au maximum 30 secondes après l'ouverture d'un point de soutirage.**

En vue de répondre aux exigences réglementaires relatives à l'eau froide, il faut prévoir des systèmes de distribution adéquats, en particulier dans des bâtiments exigus. Dans les immeubles d'habitation p. ex. où l'on manque de place, il arrive que toutes les colonnes montantes soient placées dans une seule gaine ou paroi d'installation, où se trouvent rassemblées côte à côte les conduites pour le chauffage, l'eau chaude et l'eau froide, et les conduites de circulation. Pour ces cas de figure, et selon l'aménagement du bâtiment, il existe différentes solutions pour retarder le réchauffement de l'eau froide dans les colonnes montantes.

### 13.4.2 Solutions

La directive W3/C3:2020 de la SVGW décrit deux variantes pour la séparation thermique de conduites véhiculant des fluides à différentes températures dans les colonnes montantes de bâtiments: les colonnes montantes à paroi de séparation thermique et les conduites montantes à gaines séparées. Il existe encore une autre variante reconnue mais pas décrite dans la directive W3/C3 de la SVGW, à savoir les conduites d'eau froide à isolation renforcée.

#### 13.4.2.1 Variante 1: paroi de séparation thermique

La séparation thermique est réalisée par des parois de séparation constituées p. ex. de plaques isolantes et de plaques de placoplâtre qui séparent les gaines avec, d'un côté, des colonnes montantes avec des fluides à plus de 25 °C et, de l'autre côté, des colonnes montantes avec des fluides à 25 °C ou moins.

Les parois de séparation thermique doivent être réalisées de telle sorte que le rayonnement thermique de la partie chaude de la gaine vers la pièce accolée soit plus élevé que celui de la partie chaude de la gaine qui traverse la paroi de séparation vers la partie froide de la gaine. Le matériau pour le parement n'a à cet égard pas d'incidence, car la surface de parement est comparativement beaucoup plus grande que celle de la paroi de séparation thermique.

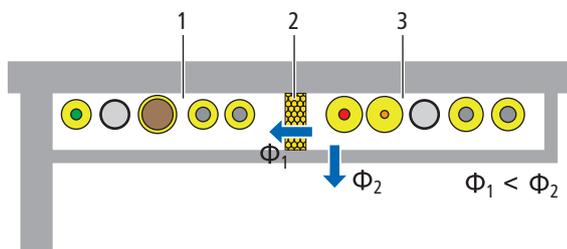


Fig. 27: Gaine technique ou paroi d'installation avec paroi de séparation thermique

1	Partie de gaine froide, température de fluide $\leq 25$ °C
2	Séparation thermique
3	Partie de gaine chaude
$\Phi_1$	Flux thermique à travers la paroi de séparation de gaine
$\Phi_2$	Flux thermique à travers la paroi de cadre de gaine

## Points à noter:

- Poursuivre la séparation et l'isolation thermique des conduites d'eau froide et chaude jusqu'au distributeur et l'inclure si leur longueur est  $\leq 1$  m (SVGW W3/C3:2020).
- L'isolation des conduites doit être complète et être réalisée par un professionnel.
- Sur les systèmes de circulation conventionnels, c'est-à-dire sur les conduites PWH et PWH-C isolées séparément, l'isolation est plus facile à réaliser, mais les pertes de chaleur sont plus élevées que pour les systèmes tuyau-contre-tuyau.
- La température ambiante est un facteur essentiel pour la température dans la partie de gaine froide.
- Il faut prendre en compte le concept d'incendie et de protection acoustique.
- La séparation thermique fonctionne à la seule condition que les isolations soient complètes et réalisées par un professionnel.

La figure suivante montre une paroi de séparation thermique dans un système de cadres de montage:

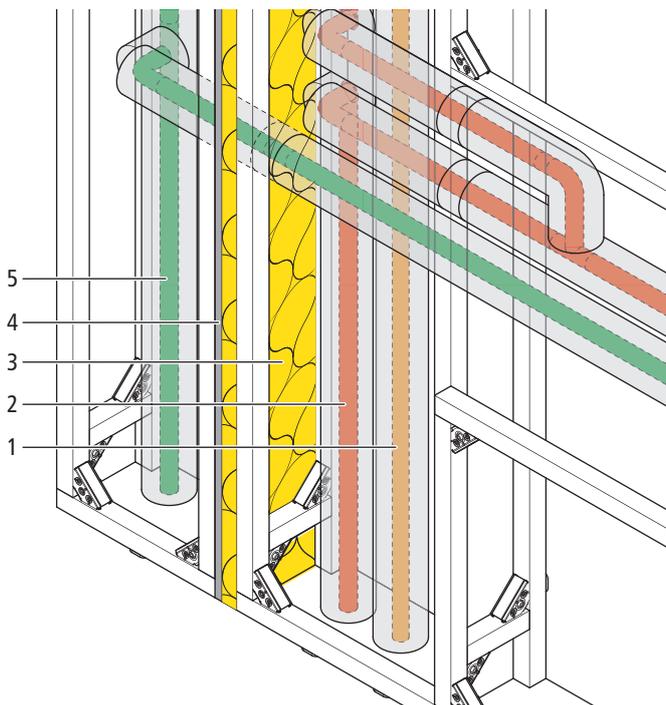


Fig. 28: Paroi de séparation thermique dans un système de cadres de montage

1	Conduite de circulation PWH-C
2	Colonne montante d'eau chaude PWH
3	Plaque isolante, p. ex. une plaque de laine minérale de 50 mm
4	Paroi de séparation thermique: plaque de placoplâtre, p. ex. 12.5 mm
5	Colonne montante d'eau froide PWC

Les inétanchéités dans la construction et l'exécution de parois de séparation permettent à l'air de circuler entre les secteurs de gaine. Il en résulte un échange thermique entre les conduites d'eau chaude et d'eau froide, comme le montre la figure suivante:

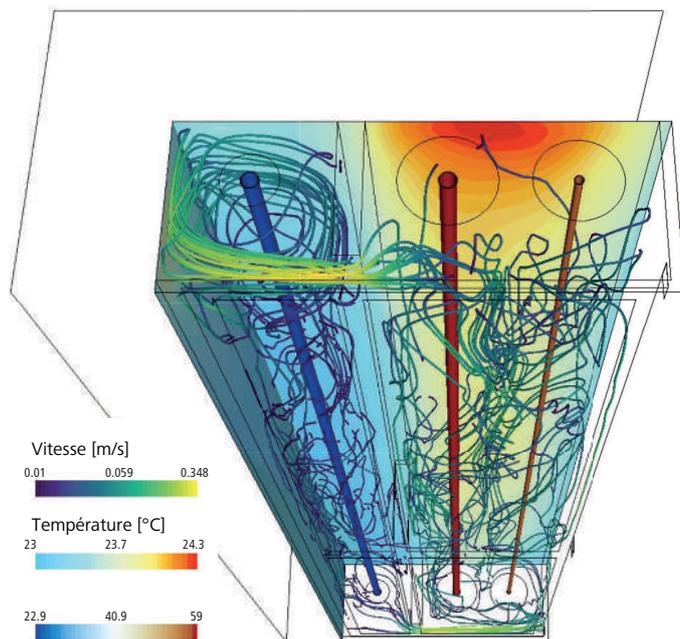


Fig. 29: Visualisation de la circulation d'air dans une simulation de gaine à paroi de séparation thermique, avec des fuites sur le haut et le bas. Le mouvement des particules d'air est illustré par des trajectoires dont la couleur indique la vitesse correspondante. Les surfaces colorées permettent de visualiser les températures de l'air dans la gaine. Les mouvements d'air se traduisent par des échanges thermiques indésirables entre les secteurs de gaine.

### 13.4.2.2 Variante 2: gaines séparées

Les gaines séparées sont très répandues, dans les bâtiments industriels surtout. Il s'agit de gaines montantes d'un seul tenant, renfermant des conduites de fluides à différentes températures et des installations électriques comme des liaisons par câbles.

En principe, les gaines sont séparées selon qu'elles renferment des conduites chaudes dont les fluides sont à plus de 25 °C, ou des conduites froides dont les fluides sont à des températures  $\leq$  25 °C.

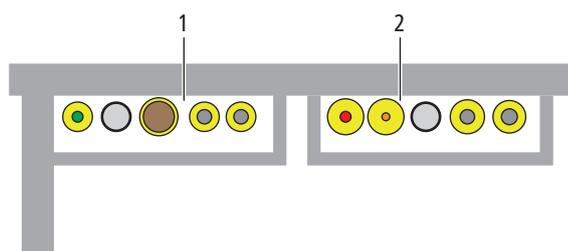


Fig. 30: Gainnes d'installation séparées

1	Gaine froide, température de fluide $\leq$ 25 °C
2	Gaine chaude

Points à noter:

- Pour la coordination et la répartition des tâches, il faut faire appel à plusieurs corps de métiers.
- L'isolation des conduites doit être complète et être réalisée par un professionnel.
- Il faut prendre en compte le concept d'incendie et de protection acoustique.

### 13.4.2.3 Variante 3: conduites d'eau froide à isolation renforcée

Les conduites d'eau froide à isolation renforcée sont utilisées dans les immeubles résidentiels à gaines montantes conçues uniquement pour la distribution d'eau froide et d'eau chaude. Les épaisseurs d'isolation correspondant à au moins PIR 50 mm sont une alternative équivalente aux gaines à séparation thermique. Pour l'isolation, il convient d'avoir une faible conductivité thermique (PIR avant le caoutchouc cellulaire). D'autres fluides sont autorisés dans la mesure où leur température maximale se situe à 40 °C. Les colonnes montantes sont intégrées dans la paroi d'installation.

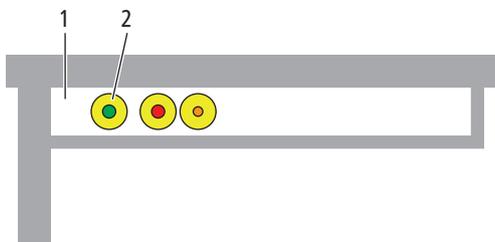


Fig. 31: Conduites d'eau froide à isolation renforcée

1	Gaine montante
2	Colonne montante d'eau froide PWC à isolation PIR 50 mm

Dans une gaine floquée, on peut tout à fait isoler une conduite d'eau froide avec du PIR 30 mm. Selon la situation, il faut cependant respecter une distance minimale d'env. 70 cm entre la conduite d'eau froide et la conduite d'eau chaude, car le flochage comprimé autour de la conduite d'eau chaude a pour effet de transmettre la chaleur à d'autres matériaux. La distance minimale indiquée est une valeur indicative obtenue à partir de simulations et des valeurs mesurées sur les montages d'essais.

Points à noter:

- Le système tuyau-contre-tuyau présente des pertes de chaleur plus faibles qu'un système de circulation conventionnel.
- Lorsque des systèmes tuyau-contre-tuyau sont utilisés, il faut, pour le calcul de l'épaisseur d'isolation, prendre en compte la somme des deux diamètres extérieurs (SVGW W3/C3:2020).
- S'il est recouru à la laine minérale en rapport avec l'eau froide, l'eau de condensation est un phénomène auquel il faut réfléchir.
- Les isolations doivent être complètes et être réalisées par un professionnel.
- Il faut prendre en compte le concept d'incendie et de protection acoustique.

La figure suivante montre des conduites d'eau froide à isolation renforcée dans un système de cadres de montage:

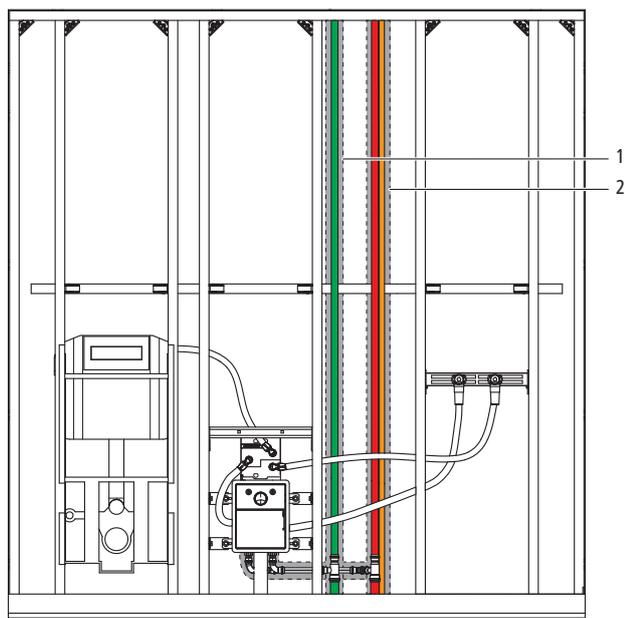


Fig. 32: Colonne montante d'eau froide à isolation renforcée dans un système de cadres de montage

1	Colonne montante d'eau froide isolée
2	Colonne montante d'eau chaude isolée à circulation d'eau chaude tuyau-contre-tuyau

La figure suivante montre la distribution de température dans une simulation de gaine avec conduite d'eau froide à isolation renforcée:

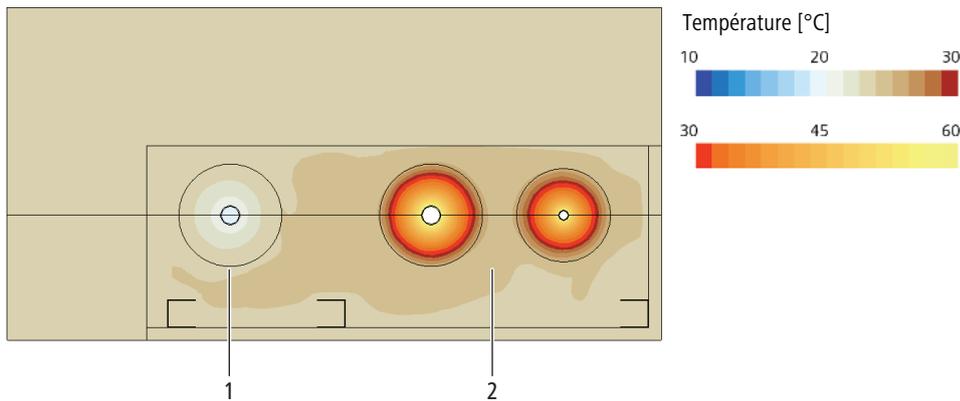


Fig. 33: Visualisation de la distribution de température dans une simulation de gaine montante sans flochage de la gaine, distribution de la chaleur après 12 heures de stagnation, température PWC 21 °C, distance axiale entre colonne montante PWC et PWH 15 cm, température ambiante 23 °C

1	Conduite PWC PIR 50 mm, indépendamment du diamètre du tuyau
2	Conduites PWH et PWH-C comme système RAR PIR 50 mm

### 13.4.3 Flochage de gaine

Le flochage de gaine sert à respecter les exigences relatives à la protection acoustique et incendie. **Le flochage de gaine ne remplace cependant pas une isolation en bonne et due forme des conduites.** Celles-ci doivent, indépendamment du flochage de gaine, être isolées d'un bout à l'autre, également dans les traversées au niveau des murs, planchers et plafonds. En ce qui concerne le maintien en température de l'alimentation en eau chaude, le flochage de gaine est même contre-productif. Sur les conduites d'eau chaude et d'eau froide très proches l'une de l'autre, ce flochage a pour effet de transmettre la chaleur sur l'eau froide et, dans les conduites de soutirage, il retarde le refroidissement de l'eau chaude à la température ambiante.

Les gaines floquées peuvent présenter d'autres inconvénients encore. En raison des éléments montés dans la gaine, comme des réservoirs de chasse, le matériau de flochage ne se répartit pas uniformément et, avec le temps, il se densifie dans la partie basse de la gaine, sa partie haute étant peu à peu occupée par des poches d'air. A cela s'ajoute le fait que le matériau de flochage peut être imprégné de produits chimiques. Leur contact avec de l'humidité peut corroder les conduites et les éléments à l'intérieur, en particulier lorsque les isolations sont incomplètes ou endommagées.

La figure suivante montre la distribution de température dans une gaine floquée:

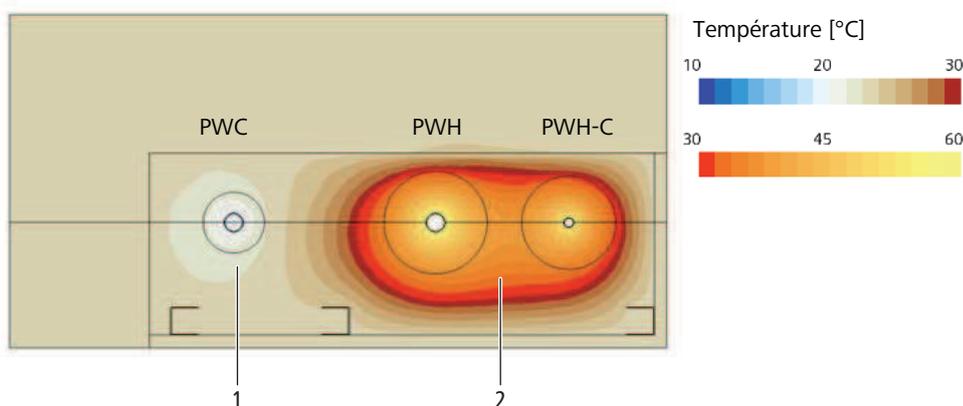


Fig. 34: Visualisation de la distribution de température dans une simulation de gaine floquée après 12 heures de stagnation, température PWC 23 °C, distance axiale entre colonne montante PWC et PWH 15 cm

1	Conduite PWC PIR 30 mm
2	Conduites PWH et PWH-C comme système RAR, PIR 50 mm

### 13.4.4 Résumé

Les conduites d'eau froide à isolation renforcée permettent de minimiser efficacement le réchauffement de l'eau froide dans les colonnes montantes de systèmes de distribution d'eau de boisson, en particulier dans les bâtiments d'habitation exigus. Les mesures à prendre en ce sens sont planifiables et permettent de respecter les températures de l'eau exigées dans les directives. **On obtient une isolation optimale des conduites d'eau froide avec la même épaisseur d'isolation que pour les conduites d'eau chaude.**

La mise en place de parois dans les colonnes montantes pour réaliser une séparation thermique entre conduites d'eau chaude et conduites d'eau froide constitue un moyen supplémentaire pour retarder le réchauffement de l'eau froide. Dans la pratique, il peut cependant être compliqué d'étanchéifier efficacement la séparation thermique de la colonne montante au niveau des sorties et des traversées. Pour les grands bâtiments, il est recommandé de prévoir des gaines séparées.

## 13.5 Protection antigel

Pour protéger les conduites d'eau de boisson, on peut faire appel à des rubans chauffants. Une isolation thermique n'est pas en mesure d'empêcher le gel des conduites d'eau de boisson. Elle peut tout juste avoir un effet retardateur.

Informations complémentaires, ☞ «Ruban chauffant», page 42.

## 14 Dimensionnement des approvisionnements en eau chaude

### 14.1 Démarche à adopter

Pour le dimensionnement d'une distribution d'eau chaude, on appliquera une démarche en deux temps: d'abord un dimensionnement général, puis une planification fine.

#### 14.1.1 Dimensionnement général

Le dimensionnement général consiste à définir le concept énergétique du bâtiment ainsi que les éléments suivants de la distribution d'eau chaude:

- Emplacement des accumulateurs
- Emplacement des conduites montantes et transitions pour les composants non maintenus chauds
- Emplacement des points de soutirage
- Concept de maintien au chaud
- Définition des temps de soutirage
- Valeur limite ou valeur ciblée pour la puissance de la pompe de circulation

Dans son dimensionnement général, la distribution d'eau chaude est suffisamment efficace en termes de consommation d'énergie. Pour le contrôle de l'efficacité énergétique, on calcule l'indice de perte de l'eau chaude.

#### 14.1.2 Planification fine

La planification fine répond aux exigences des directives SIA 384/1, SIA 385/1 et SIA 385/2. Elle comprend les points suivants:

- Définition des exigences de confort dans une convention d'utilisation
- Planification des conduites de soutirage selon SIA 385/1:2020
- Planification des conduites tenues chaudes (si présentes) selon SIA 385/1:2020
- Dimensionnement des accumulateurs
- Calcul des pertes de chaleur dans les accumulateurs et les conduites maintenues chaudes
- Calcul des besoins thermiques de la distribution d'eau chaude
- Calcul de la puissance thermique de l'installation de chauffage d'eau et des cycles de charge
- Contrôle de l'efficacité énergétique (en s'appuyant sur l'indice de perte de l'eau chaude)

## 14.2 Chauffe-eau à accumulation

Le calcul suivant du volume de l'accumulateur d'un chauffe-eau à accumulation est basé sur la norme SIA 385/2.

Principe de calcul: en partant du besoin quotidien en eau chaude, on détermine les valeurs initiales du volume de l'accumulateur. Les valeurs initiales permettent de calculer les pertes de chaleur de l'approvisionnement en eau chaude. Le volume effectif de l'accumulateur s'obtient au final à partir du volume de couverture du besoin en eau chaude et du volume de compensation des pertes de chaleur.

### 14.2.1 Besoin en eau chaude

Le besoin en eau chaude que le chauffe-eau à accumulation doit satisfaire se calcule comme suit:

$$V_{W,u} = n_{P,i} \cdot V_{W,u,i}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,u}$	[l/d]	Besoin d'eau chaude par jour
$n_{p,i}$		Nombre d'unités de référence Détermination du nombre de personnes dans des immeubles résidentiels selon ☞ «Densité d'occupation de logements (selon calculs sanitaires – brefs et précis)», page 54
$V_{W,u,i}$	[l]	Besoin en eau chaude par unité de référence, selon ☞ «Besoin en eau chaude», page 9

Taille du logement	Occupation minimale*	Occupation moyenne**	Occupation maximale***
1-pièce	1.2	1.4	1.5
1.5-pièce	1.3	1.5	1.6
2-pièces	1.4	1.7	2.0
2.5-pièces	1.7	1.9	2.0
3-pièces	1.9	2.2	2.5
3.5-pièces	2.2	2.3	2.5
4-pièces	2.5	2.8	3.0
4.5-pièces	2.7	3.0	3.5
5-pièces	2.8	3.5	4.0
5.5-pièces	3.0	4.0	4.5

\* Densité d'occupation selon le recensement de 2000

\*\* Densité d'occupation logements en propriété / maisons individuelles

\*\*\* Densité d'occupation selon la clé des logements de coopératives d'habitation

Tab. 14: Densité d'occupation de logements (selon calculs sanitaires – brefs et précis)

## 14.2.2 Besoins thermiques pour l'eau chaude

Les besoins thermiques pour l'eau chaude se calculent comme suit:

$$Q_W = V_{W,u} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Symbole	Unité	Description
$Q_W$	[kWh/d]	Besoin thermique par jour pour le chauffage de l'eau
$V_{W,u}$	[l]	Besoin en eau chaude
$\rho$	[kg/l]	Densité de l'eau
$c$	[kJ/(kg · K)]	Capacité thermique de l'eau (4.187)
$\Delta\theta_W$	[K]	Augmentation de la température lors du réchauffement de l'eau

## 14.2.3 Valeur initiale du volume d'eau chaude

La valeur initiale du volume d'eau chaude se calcule comme suit:

$$V_{W,d,1} = V_{W,u} \cdot 1.5$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Valeur initiale du volume d'eau chaude par jour
$V_{W,u}$	[l/d]	Besoin d'eau chaude par jour

Le facteur 1.5 tient compte des pertes de chaleur dans la distribution d'eau chaude.

## 14.2.4 Valeur initiale du volume de couverture de pointe

La valeur initiale du volume de couverture de pointe se calcule comme suit:

$$V_{W,sto,pk,1} = V_{W,d,1} \cdot f_{pk}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,sto,pk,1}$	[l]	Valeur initiale du volume de couverture de pointe
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Valeur initiale du volume d'eau chaude par jour
$f_{pk}$	[—]	Facteur dépendant du type de bâtiment: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Immeubles résidentiels &gt; 10 personnes: Détermination de <math>f_{pk}</math> selon ☞ «Pointe horaire pour immeubles résidentiels &gt; 10 personnes (selon calculs sanitaires – brefs et précis)», page 56</li> <li>• Immeubles résidentiels &lt; 10 personnes: Estimation spécifique à chaque projet, en sachant que c'est l'appareil sanitaire à la plus forte consommation d'eau chaude qui est déterminant, p. ex. la baignoire.</li> <li>• Autres types de bâtiments: Utilisation de données de la littérature technique ou de données de mesure.</li> </ul>

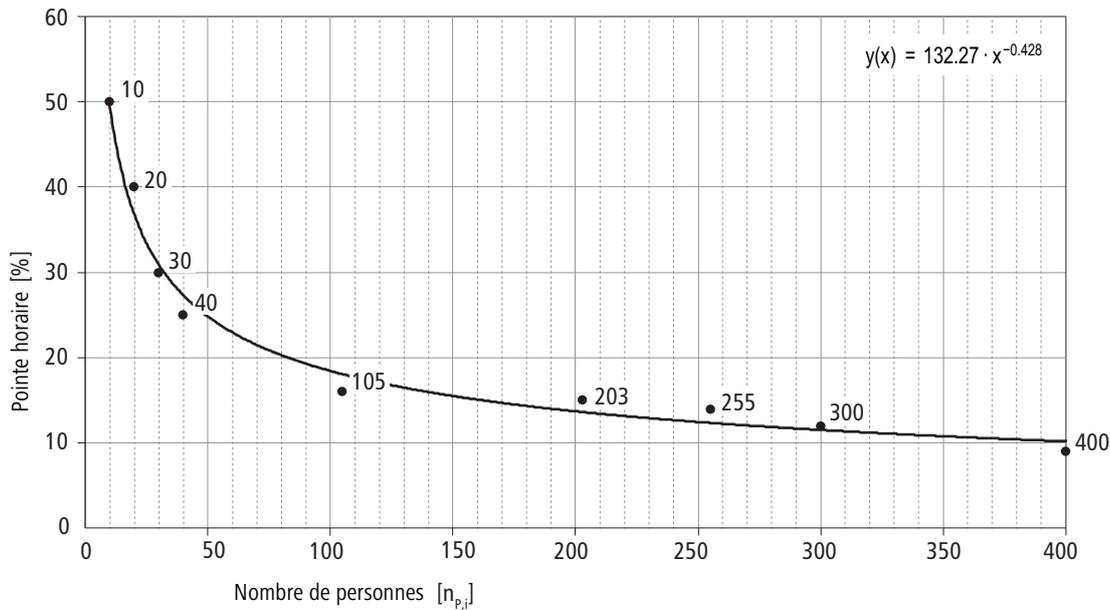


Fig. 35: Pointe horaire pour immeubles résidentiels > 10 personnes (selon calculs sanitaires – brefs et précis)

### 14.2.5 Valeur initiale du volume de commande

La valeur initiale du volume de commande dépend du nombre de cycles de charge.

Le nombre de cycles de charge se calcule comme suit:

$$n_z = \frac{V_{W,d,1} \cdot c \cdot \Delta\theta}{3600 \cdot \Phi_{\text{gen,out}}}$$

Symbole	Unité	Description
$n_z$	[1/d]	Nombre de cycles de charge par jour
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Valeur initiale du volume d'eau chaude par jour
$\Delta\theta$	[K]	Augmentation de la température lors du réchauffement de l'eau
$c_w$	[kJ/(kg · K)]	Capacité thermique de l'eau
$\Phi_{\text{gen,out}}$	[kW]	Puissance de chauffe du générateur de chaleur

La valeur initiale du volume de commande se calcule comme suit:

$$V_{W,\text{sto,ctrl},1} = \frac{V_{W,d,1}}{n_z}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,\text{sto,ctrl},1}$	[l]	Valeur initiale du volume de commande
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Valeur initiale du volume d'eau chaude par jour
$n_z$	[—]	Nombre de cycles de charge

Le calcul se fait sur la base des hypothèses suivantes:

- Interruption chauffe durant 1 heure (3600 s)
- La puissance du générateur de chaleur sert à la production d'eau chaude
- Pas d'heures d'arrêt, p. ex. de l'alimentation électrique pour les pompes à chaleur

### 14.2.6 Valeur initiale du volume de l'accumulateur

La valeur initiale du volume de l'accumulateur se définit à partir de la somme du volume de commande et de couverture de pointe, et sert de base pour les autres calculs. Les suppléments de taille pour les zones froides et de mélange sont pris en compte selon le gabarit de d'accumulateur.

La valeur initiale du volume de l'accumulateur se calcule comme suit:

$$V_{W,sto,1} = (V_{W,sto,pk,1} + V_{W,sto,ctrl,1}) \cdot f_{sto}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,sto,1}$	[l]	Valeur initiale du volume de l'accumulateur
$V_{W,sto,pk,1}$	[l]	Valeur initiale du volume de couverture de pointe
$V_{W,sto,ctrl,1}$	[l]	Valeur initiale du volume de commande
$f_{sto}$	[—]	Facteur dépendant du type d'accumulateur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.25: échangeur thermique interne</li> <li>• 1.00: échangeur thermique externe</li> </ul>

### 14.2.7 Pertes de chaleur de l'accumulateur

Les pertes de chaleur d'un accumulateur jusqu'à 2000 l sont chiffrées dans le tableau suivant.

Taille de l'accumulateur [l]	Pertes de chaleur de l'accumulateur $Q_{W,sto,ls}$ par jour [kWh/d]
100	1.3
150	1.3
200	1.5
300	1.7
400	1.8
500	2.0
600	3.0
800	3.3
1000	3.6
1250	3.8
1500	4.1
1750	4.3
2000	4.6

Les pertes de chaleur du chauffe-eau à accumulation sont en général chiffrées dans la fiche technique du fabricant.

## 14.2.8 Pertes de chaleur des conduites maintenues chaudes

Les pertes de chaleur des conduites maintenues chaudes sont calculées comme suit:

$$Q_{W,hl,ls} = l \cdot q_{W,hl,ls}$$

Symbole	Unité	Description
$Q_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Perte de chaleur par jour des conduites d'eau chaude maintenues chaudes
$l$	[m]	Longueur totale des conduites maintenues chaudes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulation conventionnelle: Longueur de conduite eau chaude départ et retour</li> <li>• Circulation tuyau-contre-tuyau: longueur de tuyau eau chaude départ</li> <li>• Ruban chauffant: longueur de tuyau eau chaude départ</li> </ul> Pour le dimensionnement du chauffe-eau, on applique un facteur pour tenir compte du besoin en énergie du ruban chauffant.
$q_{W,hl,ls}$	[kWh/m/d]	Perte de chaleur spécifique par mètre et par jour <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circulation conventionnelle: 0.12</li> <li>• Systèmes de circulation tuyau-contre-tuyau: 0.15</li> <li>• Ruban chauffant: 0.12</li> </ul>

## 14.2.9 Pertes de chaleur des conduites de soutirage

Les pertes de chaleur des conduites de soutirage se calculent comme suit:

$$Q_{W,em,ls} = Q_W \cdot f_{AV}$$

Symbole	Unité	Description
$Q_{W,em,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur par jour des conduites de soutirage
$Q_W$	[kWh/d]	Besoin thermique par jour en eau chaude
$f_{AV}$	[—]	Facteur dépendant du lieu de montage et de la longueur des conduites de soutirage: <ul style="list-style-type: none"> <li>0.15: longueurs de conduite courtes, montage à l'intérieur d'éléments de cadres de montage</li> <li>0.20: différentes longueurs de conduite, montage en partie seulement à l'intérieur d'éléments de cadres de montage</li> <li>0.25: longueur de conduites longues (il est répondu aux normes relatives aux temps de soutirage)</li> </ul>

### 14.2.10 Besoins thermiques de l'approvisionnement en eau chaude

Les besoins thermiques de la distribution d'eau chaude s'obtiennent en prenant les besoins thermiques pour l'eau chaude et la somme des pertes de chaleur:

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + Q_{W,sto,ls} + Q_{W,hl,ls} + Q_{W,em,ls}$$

Symbole	Unité	Description
$Q_{W,gen,out}$	[kWh/d]	Besoin thermique par jour pour la distribution d'eau chaude
$Q_W$	[kWh/d]	Besoin thermique par jour en eau chaude
$Q_{W,st,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur par jour de l'accumulateur
$Q_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur par jour des conduites d'eau chaude maintenues chaudes
$Q_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur par jour des conduites de soutirage

### 14.2.11 Valeur finale du volume d'eau chaude

La valeur finale du volume d'eau chaude couvre le besoin en eau chaude et compense les pertes de chaleur dans la distribution d'eau chaude. Les calculs se font comme suit:

$$V_{W,d,2} = \frac{Q_{W,gen,out} \cdot 3600}{c \cdot \Delta\theta}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,d,2}$	[l/d]	Valeur finale du volume d'eau chaude par jour
$Q_{W,gen,out}$	[kWh/d]	Besoin thermique par jour pour la distribution d'eau chaude
$c$	[kJ/(kg · K)]	Capacité thermique de l'eau
$\Delta\theta$	[K]	Augmentation de la température lors du réchauffement de l'eau

### 14.2.12 Valeur finale du volume de couverture de pointe

La valeur initiale du volume de couverture de pointe se calcule comme suit:

$$V_{W,sto,pk,2} = V_{W,d,2} \cdot f_{pk}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,sto,pk,2}$	[l]	Valeur finale du volume de couverture de pointe
$V_{W,d,2}$	[l/d]	Valeur finale du volume d'eau chaude par jour
$f_{pk}$	[—]	Facteur dépendant du type de bâtiment: Utiliser la même valeur que pour le calcul de la valeur initiale.

### 14.2.13 Valeur finale du volume de commande

La valeur finale du volume de commande dépend, comme pour la valeur initiale, du nombre de cycles de charge. Le nombre de cycles de charge est calculé en partant de la valeur finale du volume d'eau chaude:

$$n_z = \frac{V_{W,d,2} \cdot c \cdot \Delta\theta}{3600 \cdot \Phi_{\text{gen,out}}}$$

Symbole	Unité	Description
$n_z$	[1/d]	Nombre de cycles de charge par jour
$V_{W,d,2}$	[l]	Valeur finale du volume d'eau chaude par jour
$\Delta\theta$	[K]	Augmentation de la température lors du réchauffement de l'eau
$c$	[kJ/(kg · K)]	Capacité thermique de l'eau
$\Phi_{\text{gen,out}}$	[kW]	Puissance de chauffe du générateur de chaleur

La valeur finale du volume de commande se calcule comme suit:

$$V_{W,\text{sto,ctrl},2} = \frac{V_{W,d,2}}{n_z}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,\text{sto,ctrl},1}$	[l]	Valeur finale du volume de commande
$V_{W,d,1}$	[l]	Valeur finale du volume d'eau chaude
$n_z$	[—]	Nombre de cycles de charge Utiliser la même valeur que pour le calcul de la valeur initiale.

### 14.2.14 Valeur finale du volume de l'accumulateur

En prenant la valeur finale du volume de l'accumulateur, on détermine la taille adéquate de l'accumulateur usuel. La valeur finale du volume de l'accumulateur se calcule comme suit:

$$V_{W,\text{sto},2} = (V_{W,\text{sto,pk},2} + V_{W,\text{sto,ctrl},2}) \cdot f_{\text{sto}}$$

Symbole	Unité	Description
$V_{W,\text{sto},2}$	[l]	Valeur finale du volume de l'accumulateur
$V_{W,\text{sto,pk},2}$	[l]	Valeur finale du volume de couverture de pointe
$V_{W,\text{sto,ctrl},2}$	[l]	Valeur finale du volume de commande
$f_{\text{sto}}$	[—]	Facteur dépendant du type d'accumulateur: Utiliser la même valeur que pour le calcul de la valeur initiale.

### 14.2.15 Contrôle hygiénique du volume de l'accumulateur

Selon la directive SVGW W3/C3 d (2020), le volume d'attente d'un chauffe-eau à accumulation doit être renouvelé au moins une fois par jour. Le volume d'attente se compose du volume de couverture de pointe et du volume de commande. Le besoin en eau chaude ( $V_{W,u}$ ) doit par conséquent être inférieur à la somme du volume de couverture de pointe et du volume de commande.

### 14.3 Systèmes de circulation

Les systèmes de circulation sont dimensionnés sur la base de la norme DIN 1988 partie 300. Cette norme décrit le procédé dit différencié. De celui-ci dérive le procédé simplifié pour le calcul de systèmes de circulation.

Quel que soit le procédé choisi, le dimensionnement d'un système de circulation englobe le calcul des pertes de chaleur et pertes de charge des conduites d'eau chaude. Cela permet d'en déduire le débit et la pression de refoulement de la pompe de circulation. Il faut calculer les grandeurs suivantes:

- Perte de chaleur des conduites d'eau chaude
- Débit de refoulement de la pompe de circulation
- Débits volumiques dans les conduites de circulation
- Diamètres nominaux des conduites de circulation
- Pertes de charge dues à des frottements dans les conduites et à des résistances individuelles
- Pression de refoulement de la pompe de circulation

Pour terminer, on choisit la pompe de circulation.

Le procédé simplifié décrit ici utilise la perte de chaleur spécifique pour le calcul des pertes de chaleur. Les pertes de charge dues à des résistances individuelles et dans les conduites sont prises en compte par un facteur basé sur des valeurs empiriques.

#### 14.3.1 Calcul des pertes de chaleur dans les conduites de circulation

Les pertes de chaleur dans les conduites de circulation se calculent comme suit:

Circulation conventionnelle:

$$Q'_{W,hl,ls} = 0.12 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{d}} \cdot \sum_i (l_{WWV,i} + l_{WWR,i})$$

Symbole	Unité	Description
$Q'_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur dans les conduites de circulation
$l_{WWV,i}$	[m]	Longueur des conduites de départ
$l_{WWR,i}$	[m]	Longueur des conduites de retour

Circulation tuyau-contre-tuyau ou tuyau-dans-tuyau:

$$Q'_{W,hl,ls} = 0.15 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{d}} \cdot \sum_i l_{WWV,i}$$

Symbole	Unité	Description
$Q'_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur dans les conduites de circulation
$l_{WWV,i}$	[m]	Longueur des conduites de circulation

Rubans chauffants:

$$Q'_{W,hl,ls} = 0.12 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{d}} \cdot \sum_i l_{WWV,i}$$

Symbole	Unité	Description
$Q'_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Pertes de chaleur des rubans chauffants
$l_{WWV,i}$	[m]	Longueur des rubans chauffants

### 14.3.2 Débit de refoulement de la pompe de circulation

Le débit de refoulement de la pompe de circulation s'obtient à partir de la perte de chaleur à compenser dans les conduites d'eau chaude et de la chute de température maximale admissible de l'eau chaude. Le calcul du débit de refoulement s'obtient avec la formule suivante:

$$\dot{V}_P = \frac{\dot{Q}_W}{\rho \cdot c_W \cdot \Delta\vartheta_W}$$

Symbole	Unité	Description
$V_P$	[m <sup>3</sup> /h]	Débit de refoulement de la pompe de circulation
$Q_W$	[kW]	Perte de chaleur des conduites d'eau chaude
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Densité de l'eau
$c_W$	[kJ/(kg · K)]	Capacité thermique de l'eau
$\Delta\vartheta_W$	[K]	Chute de température maximale de l'eau chaude: Température de l'eau chaude à la sortie de l'accumulateur, de laquelle on soustrait la température de l'eau chaude à l'entrée de l'accumulateur. Valeurs indicatives: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Petits objets (maison individuelle): 1 ... 2</li> <li>• Objets moyens (immeuble d'habitation): 2 ... 3</li> </ul>

Pour des raisons d'hygiène, seule une chute de température d'un maximum de 5 K est admissible (température de l'accumulateur 60 °C, température de la conduite de distribution 55 °C). En raison de la capacité de réglage, il est nécessaire de faire un réglage pour une plus petite chute de température. Il en résulte un débit volumique plus élevé (plus la différence de température est petite, plus le débit volumique est grand). Sur les régulateurs de circulation thermiques, il faut vérifier la température définie.

### 14.3.3 Débits volumiques

Si le débit de refoulement de la pompe de circulation est connu, on peut calculer les débits volumiques sur les tronçons partiels de la distribution d'eau chaude. S'il y a une dérivation, le débit volumique est divisé en un débit de dérivation et un débit de passage.

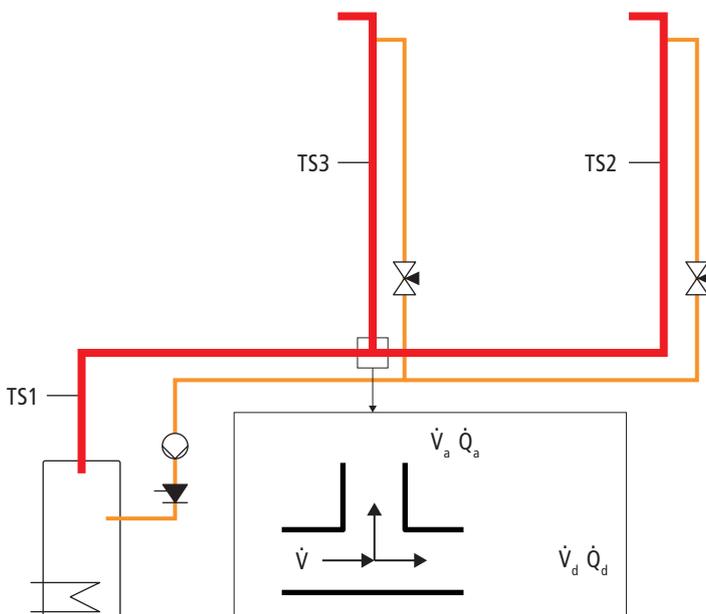


Fig. 36: Calcul des débits volumiques (selon le cours sur l'eau de suissetec)

Le débit de dérivation se calcule avec la formule suivante:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d}$$

Cela donne pour le débit de passage:

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a$$

Symbole	Unité	Description
V	[l/h]	Débit volumique avant la dérivation
V <sub>a</sub>	[l/h]	Débit de dérivation
V <sub>d</sub>	[l/h]	Débit de passage
Q <sub>a</sub>	[W]	Perte de chaleur débit de dérivation
Q <sub>d</sub>	[W]	Perte de chaleur débit de passage

A la prochaine dérivation, le débit de passage calculé est divisé en d'autres débits partiels dont le calcul se fait de manière analogue. On répète cette opération jusqu'à ce que les débits volumiques dans tous les tronçons partiels soient connus.

### 14.3.4 Diamètres nominaux des conduites de circulation

Les diamètres nominaux des conduites de circulation sont déterminés selon les méthodes de calcul de la directive SVGW pour les installations d'eau potable W3.

Les diamètres nominaux doivent être dimensionnés au plus petit, en tenant compte des vitesses d'écoulement et des pertes de charge maximales admissibles. Il s'agit en l'occurrence de réduire au minimum les pertes de chaleur et d'économiser l'espace occupé et les matériaux utilisés. Lorsqu'un système de circulation est limité dans son étendue, les débits volumiques sont faibles, auquel cas des diamètres nominaux très petits sont souvent suffisants. En revanche, lorsque les conduites de circulation sont longues, le diamètre nominal doit être d'autant plus grand.

### 14.3.5 Pertes de charge par des frottements dans les conduites et des résistances individuelles

Pour le calcul de la pression de refoulement de la pompe de circulation, il faut déterminer le tronçon qui a la plus grande perte de charge dues à des frottements dans les conduites et à des résistances individuelles. Dans la majorité des cas, il s'agit du plus long tronçon dans la circulation. La perte de charge d'une partie de tronçon partiel se calcule par la formule suivante, la part des pertes de charge dues à des résistances individuelles étant prise en compte par un facteur:

$$\Delta p_L = R \cdot l \cdot a$$

Symbole	Unité	Description
$\Delta p_L$	[hPa]	Perte de charge due à des frottements dans les conduites et à des résistances individuelles
R	[hPa]	Valeur R Perte de charge spécifique due à des frottements dans les conduites
l	[m]	Longueur du plus long tronçon partiel dans la circulation
a	[—]	Part des pertes de charge dues à des résistances individuelles (1.2 ... 1.35)

La valeur R est déterminée à l'aide du tableau de pertes de charge du type de conduite utilisé, en prenant en compte le débit volumique calculé et la vitesse d'écoulement. Tableaux avec exemples, ☞ «Tableau des pertes de charge tuyaux Optipress», page 86, ☞ «Tableau des pertes de charge tuyaux Optiflex», page 89.

### 14.3.6 Choix de la pompe de circulation

On choisit la pompe de circulation en fonction du volume et de la pression de refoulement connus. Le choix tient compte de la courbe caractéristique de la pompe, que l'on trouve dans la documentation technique des fabricants de pompes de circulation.

La courbe caractéristique de la pompe décrit le rapport entre débit volumique et pression différentielle (dit aussi hauteur de refoulement), et elle obéit à la loi Bernoulli de la conservation de l'énergie d'un fluide. Plus grand est le débit volumique, plus faible est la pression différentielle.

La courbe caractéristique du réseau de conduites est déterminée par les résistances à l'écoulement (frottements dans les conduites et résistances individuelles) dans le réseau de conduites de la distribution d'eau chaude. Pour augmenter le débit volumique dans le réseau de conduites, il faut agir en conséquence sur la pression.

Le point d'intersection entre la courbe caractéristique de la pompe et la courbe caractéristique du réseau de conduites correspond au point d'exploitation de la pompe de circulation.

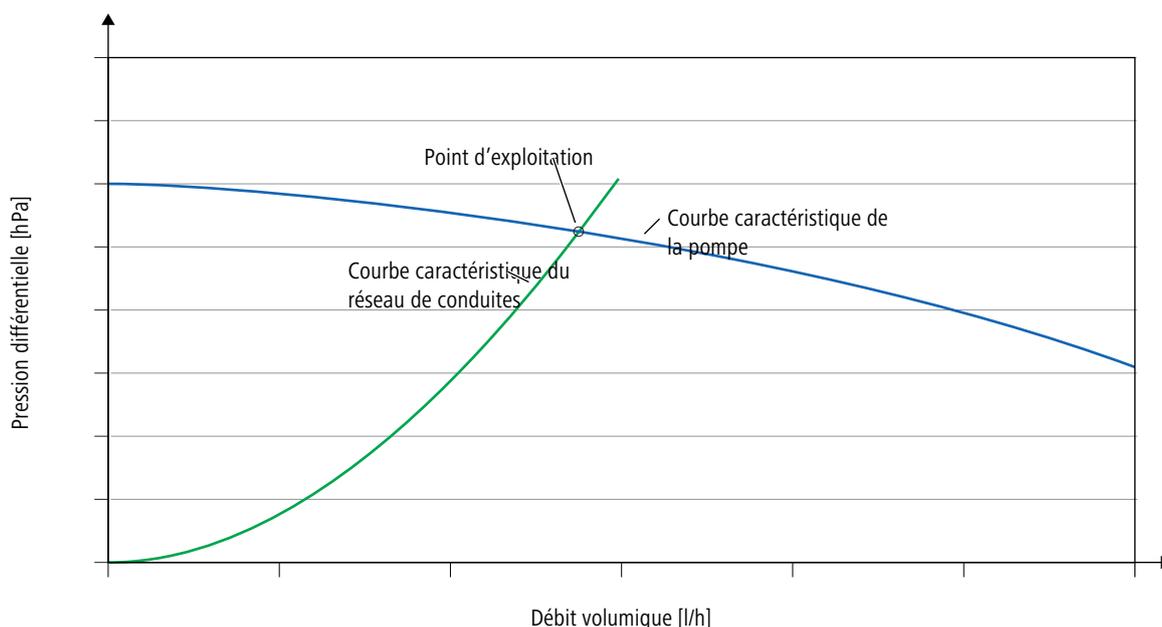


Fig. 37: Courbe caractéristique de la pompe, courbe caractéristique du réseau de conduites et point d'exploitation

La pompe de circulation ne doit pas, comme ce serait le cas dans un système ouvert, surmonter une différence de hauteur. La pression différentielle due à la hauteur géodésique n'a pas à être prise en considération, c'est-à-dire que la hauteur de refoulement de la pompe de circulation est indépendante de la hauteur du bâtiment (la colonne d'eau côté aspiration de la pompe de circulation correspond à la pression requise côté refoulement de la pompe de circulation pour surmonter la différence de hauteur).

En général, on ne peut pas s'attendre à trouver une pompe de circulation qui corresponde exactement au point d'exploitation calculé. Pour le choix de la pompe de circulation, on en recherchera une avec une plage de pression adéquate qui, durant les réglages, sera réglée sur son point de fonctionnement.

### 14.3.7 Exemple de dimensionnement (SIA 385/2:2025)

L'exemple d'un dimensionnement montre un calcul simplifié d'un système de circulation dans un approvisionnement en eau chaude centralisé pour un immeuble résidentiel comptant 8 logements et 4 colonnes montantes.

Pour les calculs, on part des conditions suivantes:

- Système de circulation tuyau-contre-tuyau
- Température de départ d'eau chaude à la sortie de l'accumulateur: 60 °C
- Température de retour d'eau chaude à l'entrée de l'accumulateur: 56 °C
- Matériau conduite du départ d'eau chaude: Acier inoxydable (acier au chrome)
- Matériau conduites de circulation: matière synthétique PE-X

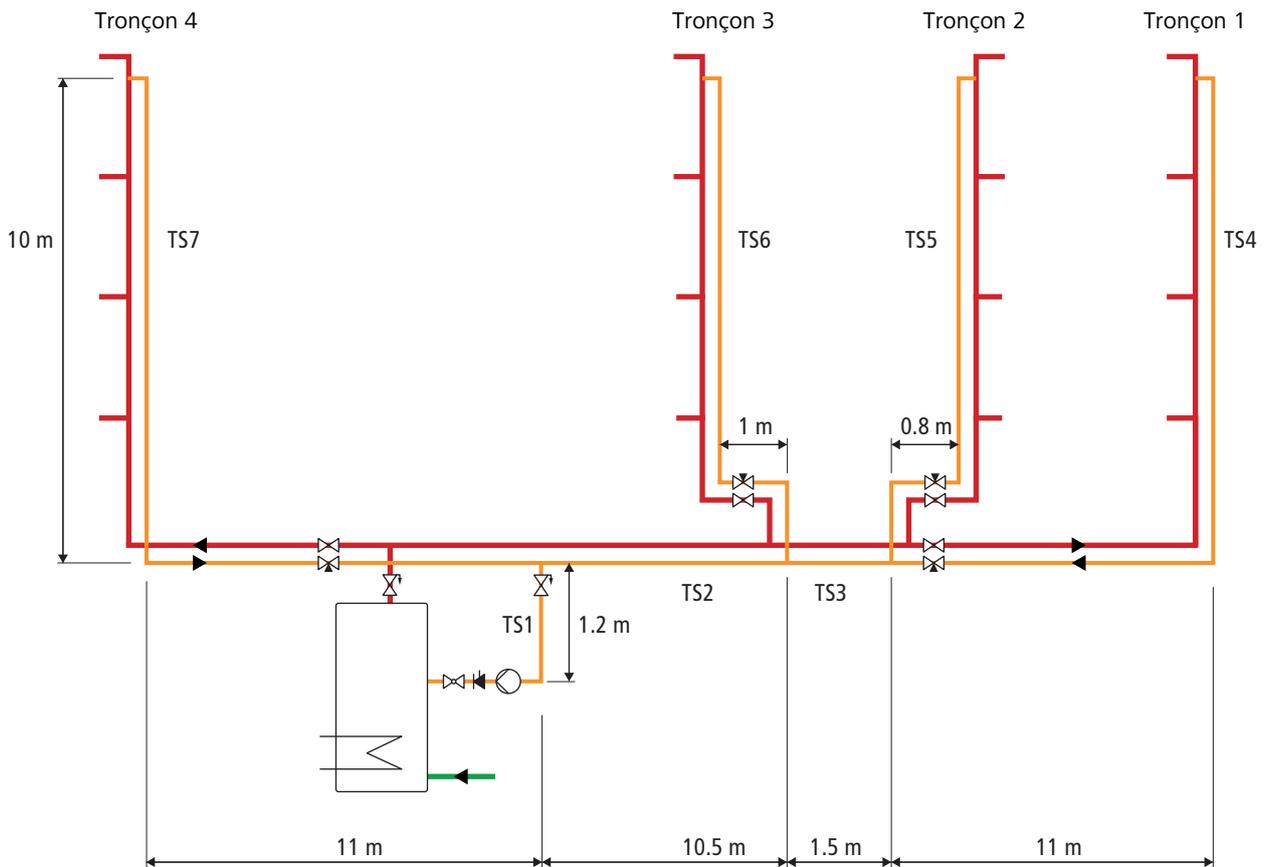


Fig. 38: Exemple de dimensionnement de la circulation d'eau chaude (selon le cours sur l'eau de suissetec)

### 14.3.7.1 Calcul de la perte de chaleur des conduites d'eau chaude

Les pertes de chaleur dans les tronçons partiels du système de distribution d'eau chaude se calculent avec la formule suivante:

$$Q_{W,hl,ls} = l \cdot q_{W,hl,ls}$$

Les valeurs peuvent être présentées dans un tableau:

Tronçon partiel	Longueur du tronçon partiel l [m]	Perte de chaleur par mètre et par jour $q_{W,hl,ls}$ [kWh/m/d]	Perte de chaleur par jour $Q_{W,hl,ls}$ [kWh/d]
TS1	1.2	0.15	0.180
TS2	10.5	0.15	1.575
TS3	1.5	0.15	0.225
TS4	21	0.15	3.150
TS5	10.8	0.15	1.620
TS6	11	0.15	1.650
TS7	21	0.15	3.150

En faisant les totaux, on calcule les pertes de chaleur dans les tronçons partiels après les tés ainsi que la perte totale de chaleur. Les valeurs peuvent être présentées dans un tableau:

Tronçons partiels	Perte de chaleur par jour $Q_{W,hl,ls}$ [kWh/d]	Perte totale de chaleur par jour $Q_{W,hl,ls}$ [kWh/d]
TS1, TS2, TS3, TS4, TS5, TS6, TS7	11.550	11.550
TS2, TS3, TS4, TS5, TS6	8.220	
TS3, TS4, TS5	4.995	
TS4	3.150	
TS5	1.620	
TS6	1.650	
TS7	3.150	

### 14.3.7.2 Calcul du débit de refoulement de la pompe de circulation

En partant de la perte totale de chaleur et de la différence de température entre départ d'eau chaude et retour d'eau chaude, on calcule le débit de refoulement de la pompe de circulation:

$$\dot{V}_P = \frac{\dot{Q}_w}{\rho \cdot c_w \cdot \Delta\theta_w} = \frac{11.550 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} \cdot 41.7 \frac{\text{W}}{\text{kWh}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 2 \text{K}} = 0.0000576 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \approx 207 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

### 14.3.7.3 Calcul des débits volumiques dans les tronçons partiels

En partant du débit de refoulement de la pompe de circulation et des pertes de chaleur, on calcule les répartitions du débit volumique dans les tronçons partiels après les tés.

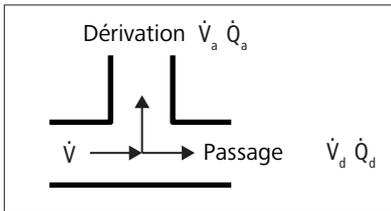


Fig. 39: Répartition du débit volumique dans les tés

Dérivation TS1:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = \frac{207 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 3.150 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}{3.150 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} + 8.220 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}} = 57.3 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 207 \frac{\text{l}}{\text{h}} - 57.3 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 149.6 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Dérivation TS2:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = \frac{149.6 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 1.650 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}{4.995 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} + 1.650 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}} = 37.1 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 149.6 \frac{\text{l}}{\text{h}} - 37.1 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 112.4 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Dérivation TS3:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = \frac{112.4 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 1.620 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}{3.150 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} + 1.620 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}} = 38.2 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 112.4 \frac{\text{l}}{\text{h}} - 38.2 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 74.2 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Les valeurs peuvent être présentées dans un tableau:

Tronçon partiel	Q <sub>a</sub> [kWh/d]	Q <sub>d</sub> [kWh/d]	Q <sub>a</sub> + Q <sub>d</sub> [kWh/d]	V [l/h]	V <sub>a</sub> [l/h]	V <sub>d</sub> [l/h]
TS1	3.150	8.220	11.370	207	57.3	149.6
TS2	1.650	4.995	6.645	149.6	37.1	112.4
TS3	1.620	3.150	4.770	112.4	38.2	74.2

#### 14.3.7.4 Calcul des pertes de charge

Pour le calcul des pertes de charge dans le système de distribution d'eau chaude, on part des matériaux et des diamètres nominaux suivants pour les conduites de circulation:

- Tronçon partiel TS1: Acier au chrome 15 mm
- Tronçons partiels TS2 à TS7: Matière synthétique PE-X 16 mm
- Part des pertes de charge dues à des résistances individuelles: 1.2 (20 %)

Les tableaux de perte de charge permettent de définir les valeurs R. Lorsque l'on prend la valeur R dans le tableau de perte de charge, on choisit le débit volumique le plus proche en prenant en compte les vitesses d'écoulement maximales de 0.5 m/s.

Les valeurs R permettent de calculer les pertes de charge dans les tronçons partiels à l'aide de la formule suivante:

$$\Delta p_L = R \cdot l \cdot a$$

Les valeurs peuvent être présentées dans un tableau:

Tronçon partiel	Diamètre nominal [mm]	Matériau	l [m]	a [20 %]	l <sub>tot</sub> [m]	V [l/h]	v [m/s]	R [hPa/m]	Δp <sub>L</sub> [hPa]
TS1	15	Acier Cr	1.2	0.2	1.4	207	0.4	2.2	3.1
TS2	16	PE-X	10	2	12	149.6	0.4	2.1	25.2
TS3	16	PE-X	1.5	0.3	1.8	112.4	0.3	1.2	2.2
TS4	16	PE-X	21	4.2	25.2	74.2	0.2	0.6	15.1
TS5	16	PE-X	10.8	2.2	13	38.2	0.1	0.2	2.6
TS6	16	PE-X	11	2.2	13.2	37.1	0.1	0.2	2.6
TS7	16	PE-X	21	4.2	25.2	57.3	0.2	0.4	10.1

Les totalisations permettent de calculer les pertes de charge dans les tronçons. Les valeurs sont utilisées pour le réglage des points d'exploitation des régulateurs de circulation et le choix de la pompe de circulation.

Les valeurs peuvent être présentées dans un tableau:

Tronçon partiel	Δp <sub>L</sub> Tronçon 1 [hPa]	Δp <sub>L</sub> Tronçon 2 [hPa]	Δp <sub>L</sub> Tronçon 3 [hPa]	Δp <sub>L</sub> Tronçon 4 [hPa]
TS1	3.1	3.1	3.1	3.1
TS2	25.2	25.2	25.2	—
TS3	2.2	2.2	—	—
TS4	15.1	—	—	—
TS5	—	2.6	—	—
TS6	—	—	2.6	—
TS7	—	—	—	10.1
<b>Total</b>	<b>45.6</b>	<b>33.1</b>	<b>30.9</b>	<b>13.2</b>

### 14.3.7.5 Calcul de la pression de refoulement de la pompe de circulation

La pression de refoulement de la pompe de circulation se calcule en totalisant les pertes de pression dans le plus long tronçon du système de circulation. Dans l'exemple suivant, il s'agit du tronçon 1. Ce tronçon présente la perte de charge la plus élevée due à des frottements dans les conduites et à des résistances individuelles. Pour les pertes de charge du clapet anti-retour et du régulateur de circulation, on part de valeurs typiques:

- Perte de charge  $\Delta p_L$  tronçon 1: 45.6 hPa
- Perte de charge  $\Delta p_{RV}$  clapet anti-retour: 78 hPa
- Perte de charge  $\Delta p_{ZRV}$  régulateur de circulation ouvert à fond: 2.8 hPa

Dans l'exemple, il n'y a pas de pertes de charge dues à des appareils:  $\Delta p_{Ap} = 0$ , ce qui, pour la pompe de circulation, donne la pression de refoulement

$$\Delta p_p = \Delta p_L + \Delta p_{RV} + \Delta p_{ZRV} = 45.6 \text{ hPa} + 78 \text{ hPa} + 2.8 \text{ hPa} = 126.4 \text{ hPa}$$

**Exemple de lecture** pour le diagramme de performance du clapet anti-retour Optipress-Aquaplus 80189/81163:

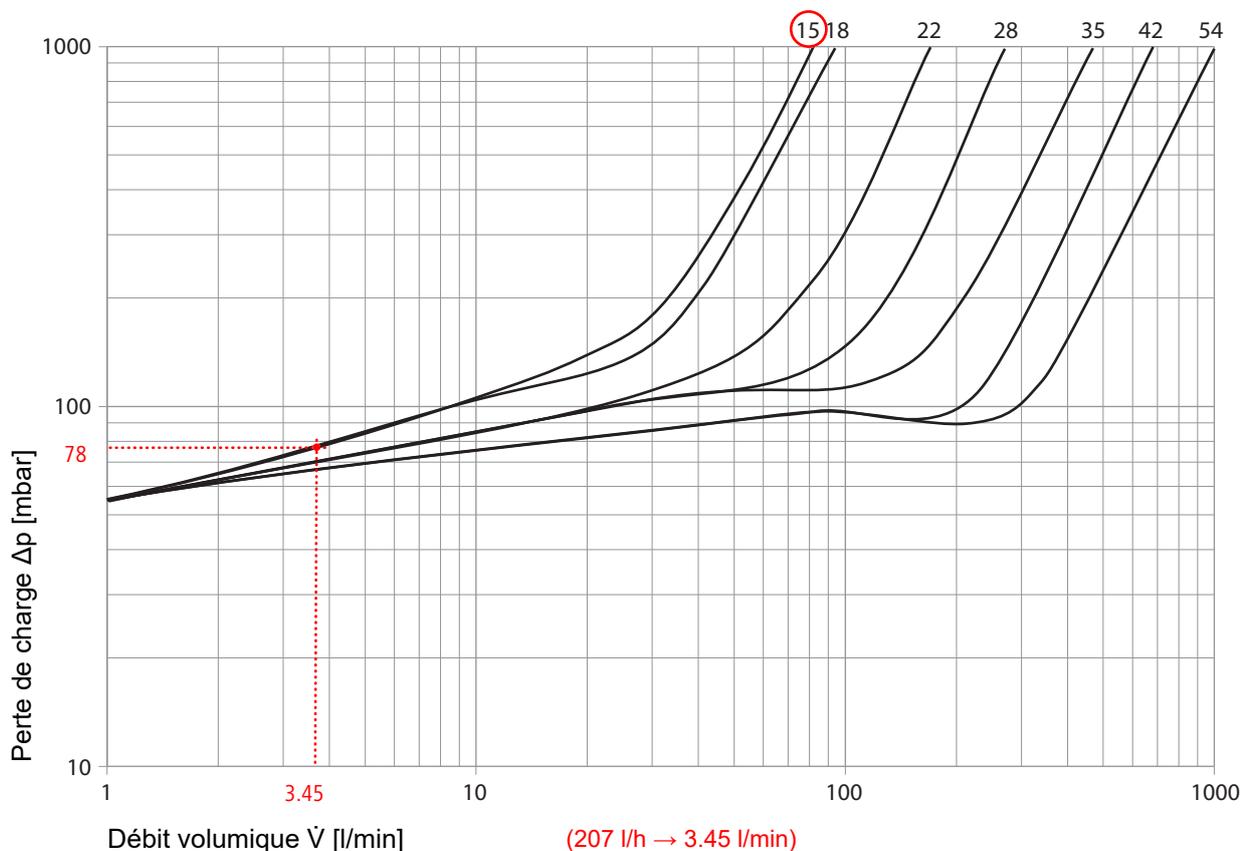


Fig. 40: Exemple de lecture pour le diagramme de performance du clapet anti-retour Optipress-Aquaplus 80189/81163

**Exemple de lecture** pour le diagramme de performance du régulateur de circulation 36010:

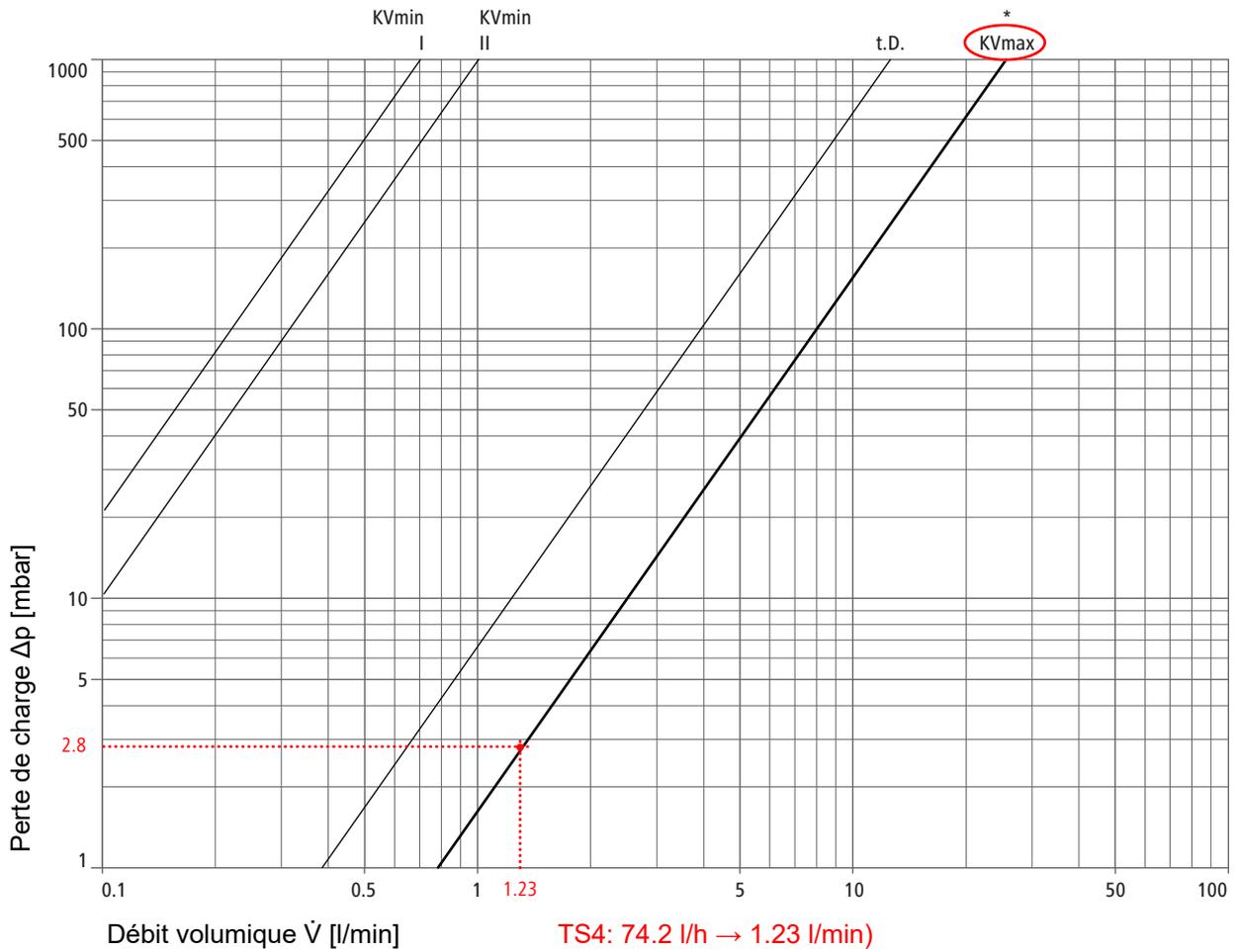


Fig. 41: Exemple de lecture pour le diagramme de performance du régulateur de circulation 36010

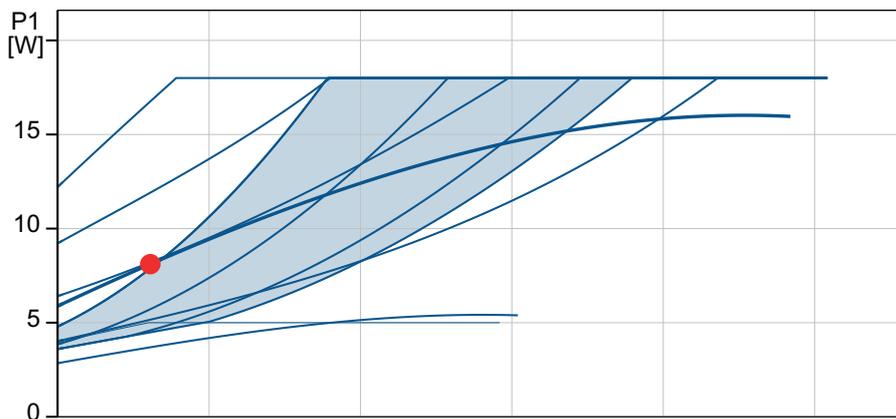
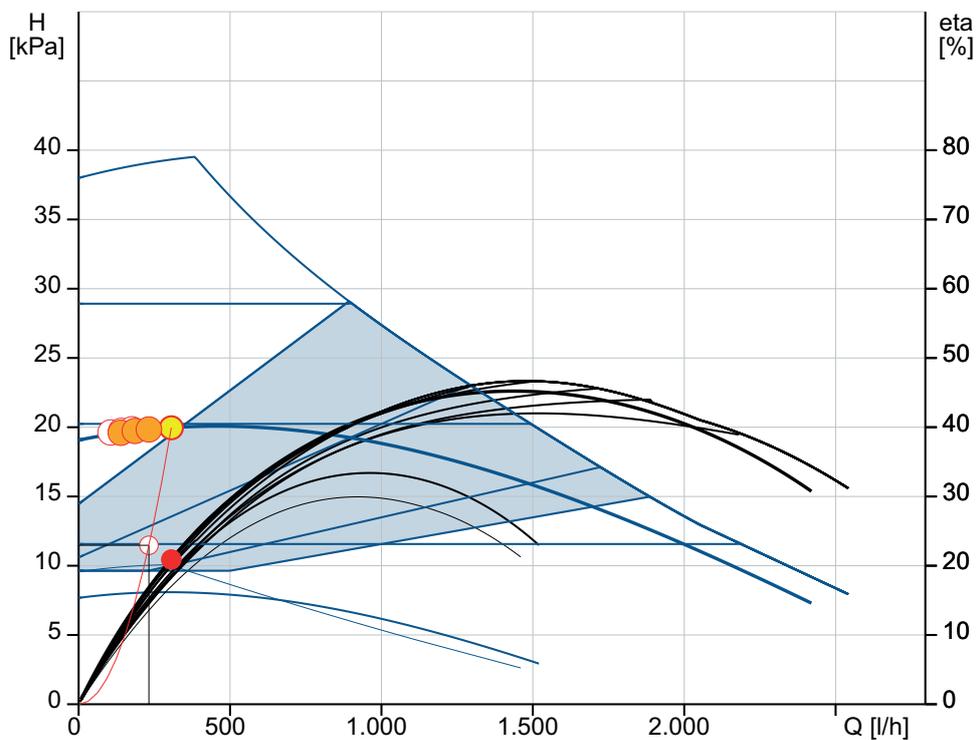
### 14.3.7.6 Choix de la pompe de circulation

En partant des valeurs calculées pour le débit de refoulement et la pression de refoulement, on peut utiliser p. ex. l'outil de calcul du fabricant Grundfos pour choisir la pompe de circulation adéquate.

Données techniques de la pompe de circulation choisie:

- Débit volumique de la pompe: 306 l/h
- Pression différentielle de la pompe: 19.96 kPa

Outil de calcul de Grundfos:



Grundfos Alpha2 25-40 N 130  
 Débit de refoulement: 306 l/h  
 Pression de refoulement: 19.96 kPa  
 Puissance: 8.11 W\*  
 \* dans le point de fonctionnement  
 Alimentation électrique: 230 V/50, 60 Hz

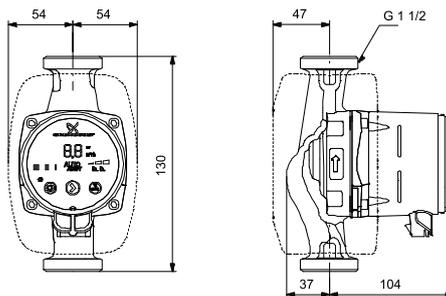


Fig. 42: Choix de la pompe de circulation à l'aide de l'outil de calcul du fabricant (figures: Grundfos)

### 14.3.7.7 Dimensionnement des robinets de réglage

Les robinets de réglage compensent les différences de perte de charge des tronçons et la pression différentielle entre pression de refoulement calculée et pression de refoulement effective de la pompe de circulation choisie.

La pression différentielle  $\Delta p_D$  que l'on a pour un robinet de réglage se calcule comme suit:

$$\Delta p_D = \Delta p_P - \Delta p_L - \Delta p_{RV} - \Delta p_{ZRV}$$

Les valeurs calculées peuvent être présentées dans un tableau:

	Avec pression de refoulement calculée	Avec pression de refoulement de la pompe de circulation choisie			
	Tronçon 1	Tronçon 1	Tronçon 2	Tronçon 3	Tronçon 4
	[hPa]	[hPa]	[hPa]	[hPa]	[hPa]
$\Delta p_P$	126.4	199.6	199.6	199.6	199.6
$\Delta p_L$	45.6	45.6	33.1	30.9	13.2
$\Delta p_{RV}$	78	78	78	78	78
$\Delta p_{ZRV}$	2.8	—	—	—	—
<b><math>\Delta p_D</math></b>	—	<b>76.0</b>	<b>88.5</b>	<b>90.7</b>	<b>108.4</b>

Les débits volumiques calculés pour la détermination des pertes de pression de conduite sont présentés une nouvelle fois dans le tableau suivant:

	Tronçon 1	Tronçon 2	Tronçon 3	Tronçon 4
Tronçon partiel en question (avec le robinet de réglage)	TS4	TS5	TS6	TS7
<b>Débit volumique dans le tronçon partiel</b> <b>[l/h] / [l/min]</b>	<b>74.2 / 1.23</b>	<b>38.2 / 0.64</b>	<b>37.1 / 0.62</b>	<b>57.3 / 0.95</b>

Le robinet de réglage 24025 est utilisé à cet endroit de l'exemple de dimensionnement\*. Sur le diagramme de performance du robinet de réglage, la valeur de réglage requise pour chaque tronçon peut être lue en fonction des valeurs de la différence de pression  $\Delta p_D$  et du débit volumique, **exemples de lecture** pour le diagramme de performance du robinet de réglage 24025:

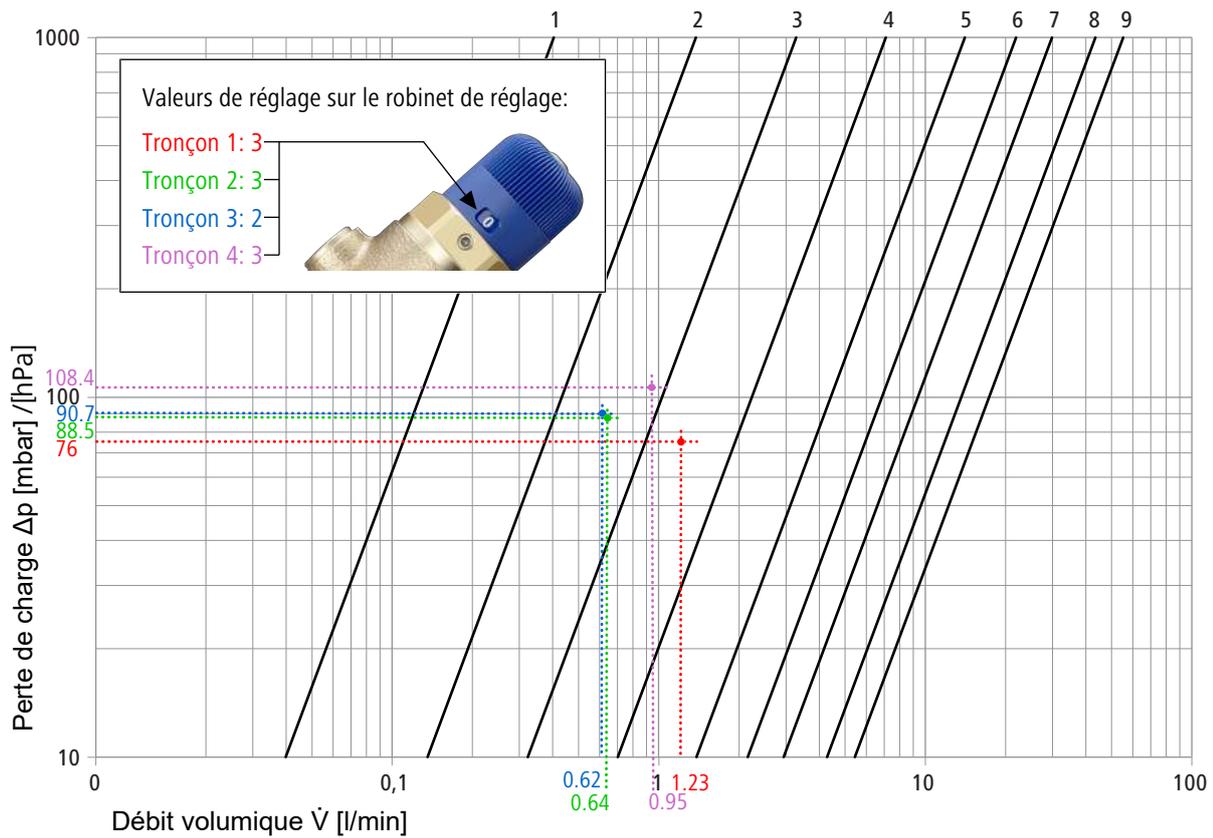


Fig. 43: Exemples de lecture pour le diagramme du robinet de réglage 24025

\*Pour ce robinet de réglage, la perte de charge à ouverture à fond  $\Delta p_{zRV}$  est environ plus élevée de 2 hPa qu'avec le régulateur de circulation 36010 précédemment utilisé dans l'exemple de dimensionnement (pour un débit volumique dans le tronçon 1 de 83.3 l/h). La pression de refoulement calculée devrait donc être proportionnellement plus élevée. Ici, on ne tient toutefois pas compte de cette différence.

## 14.4 Temps de soutirage

### 14.4.1 Calcul du temps de soutirage

Le temps de soutirage correspond au laps de temps qui s'écoule jusqu'à ce qu'une température de 40 °C soit atteinte pour l'eau chaude au point de soutirage. Les temps de soutirage courts correspondent aux exigences de confort de l'utilisateur ainsi qu'à ses préoccupations pour une faible consommation d'énergie. Les paramètres suivants ont une incidence sur le temps de soutirage:

- Technique de pose de la distribution d'eau chaude
- Disposition des appareils sanitaires
- Dimension des tuyaux et longueur des conduites
- Température de l'eau chaude
- Débit volumique

Les temps de soutirage maximaux admissibles pour l'approvisionnement en eau chaude sont définis par des normes comme suit:

Appareil sanitaire	Temps de soutirage max. sans maintien en température	Temps de soutirage max. avec maintien en température
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavabo, évier, lave-mains</li> <li>• Douche</li> <li>• Baignoire</li> <li>• Vidoir</li> <li>• Bidet</li> </ul>	15 s	10 s

Le temps de soutirage  $t_{em}$  est calculé avec la formule suivante (SIA 385/2):

$$t_{em} = 2.00 \cdot \frac{V_{em}}{q_{v,W}}$$

Symbole	Unité	Description
$t_{em}$	[s]	Temps de soutirage
$V_{em}$	[l]	Volume de la conduite de soutirage
$q_{v,W}$	[l/s]	Débit volumique du robinet de puisage selon SIA 385/2

La formule présuppose les prérequis suivants pour l'approvisionnement en eau chaude:

a) Débits volumiques du robinet de puisage selon SIA 385/2

Robinet de puisage	Débit volumique $q_{v,W}$ [l/s]
Lavabo, lave-mains, bidet	0.1
Douche, lavabo, vidoir	0.2
Baignoire	0.3

b) L'eau chaude qui entre dans la conduite de soutirage est à une température de 55 °C. Si la température d'entrée s'écarte de cette valeur, le facteur appliqué à la formule ne doit pas être de 2.00 mais un facteur correspondant aux indications du tableau suivant:

Température à l'entrée [°C]	Facteur
60	1.93
<b>55</b>	<b>2.00</b>
50	2.12
45	2.39

Le facteur tient compte de la phase froide et de réchauffement du temps de soutirage.

Des tableaux pratiques pour la détermination des temps de soutirage figurent dans le document de Nussbaum intitulé «Dimensionnement des systèmes de conduites»,  Thématique 299.1.069.

### 14.4.2 Evolution de la température sur un point de soutirage d'eau chaude

Le diagramme suivant montre l'évolution de la température de l'eau chaude à la sortie d'un point de soutirage d'eau chaude.

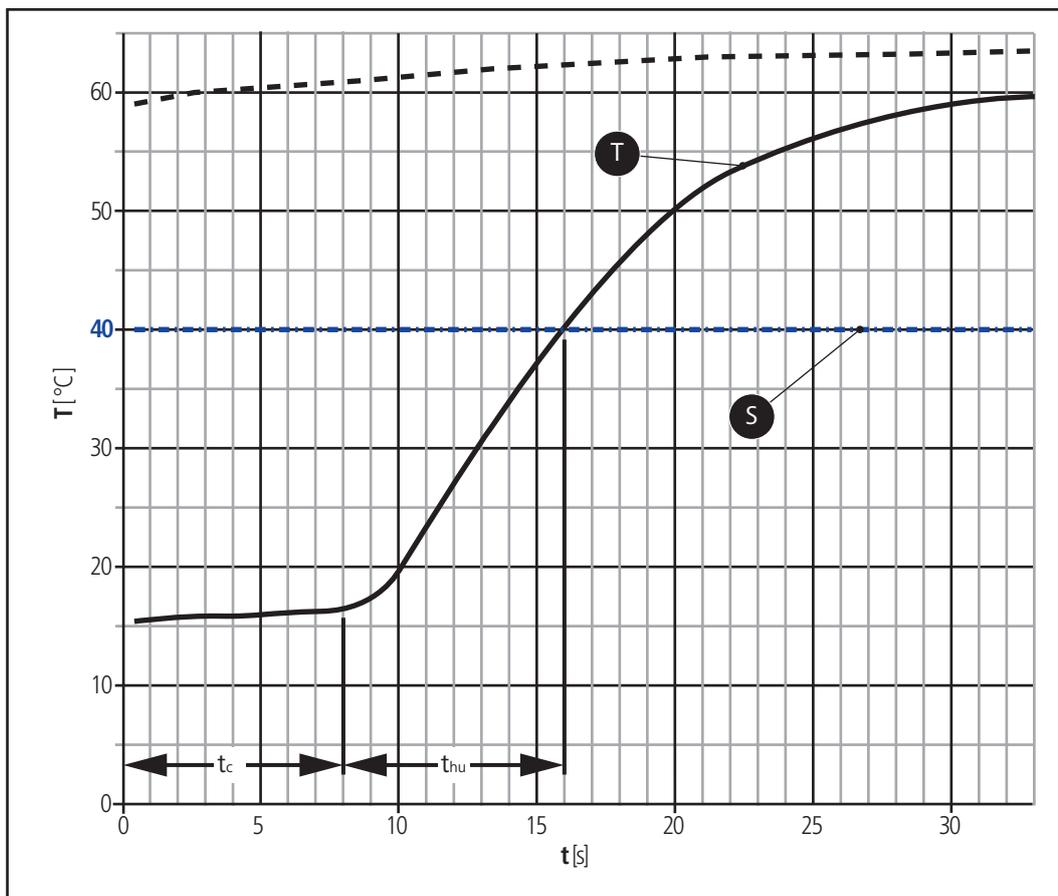


Fig. 44: Evolution de la température sur un point de soutirage d'eau chaude

t<sub>c</sub> = Phase froide: la température de l'eau au point de soutirage est proche de la température ambiante.

t<sub>hu</sub> = Phase de réchauffement: la température de l'eau au point de soutirage monte jusqu'à 40 °C.

T = Evolution de la température: température mesurée au point de soutirage pour les tuyaux Optiflex

S = C'est ici que s'effectue la prise d'eau: après le temps de soutirage, à savoir une fois qu'est atteinte la température de 40 °C au point de soutirage

### 14.4.3 Mesure du temps de soutirage

La mesure des temps de soutirage sur les points de soutirage sert à contrôler le fonctionnement de l'approvisionnement en eau chaude. En plus du temps de soutirage, il convient de mesurer le débit volumique du robinet de puisage et la valeur indicative pour la température à l'entrée.

Conditions à remplir avant les mesures:

- L'approvisionnement en eau chaude est en exploitation depuis au moins 2 jours.
- Pas de soutirages d'eau chaude pendant au moins 6 heures avant les mesures.

A prévoir avant les mesures:

- Utiliser l'indicateur de température avec capteur aux caractéristiques suivantes:
  - Plage de mesure: 0 à 80 °C
  - Temps de réponse: < 0.3 s
- Récipient doseur (env. 10 l)
- Chronomètre

### 14.4.3.1 Mesurer le temps de soutirage

Le temps de soutirage correspond à l'intervalle de temps entre l'ouverture du robinet de puisage et le moment où la température de 40 °C est atteinte. La mesure de la température se poursuit jusqu'à sept fois le temps de soutirage mesuré.

1. Fixer le capteur de température sous le brise-jet du robinet de puisage.
2. Ouvrir entièrement le robinet de puisage du côté de l'eau chaude et commencer la mesure du temps.

La valeur mesurée est un indicateur de la température de l'eau chaude à l'entrée de la conduite de soutirage.

### 14.4.3.2 Mesurer le débit volumique

1. Placer le récipient doseur sous le robinet de puisage.
2. Ouvrir entièrement le robinet de puisage du côté de l'eau chaude et chronométrer une fois qu'un volume librement choisi est atteint.
3. A partir de la durée de mesure et du volume, calculer le débit volumique.

Si le débit volumique mesuré ne correspond pas aux valeurs des robinets de puisage qu'exige la norme SIA 385/2, il faut vérifier le dimensionnement de la conduite de soutirage.

Pour le contrôle, on convertit le temps de soutirage mesuré avec la formule suivante:

$$t_{em,2} = \frac{t_{em,1} \cdot q_{v,W,em,1}}{q_{v,W}}$$

Symbole	Unité	Description
$t_{em,2}$	[s]	Temps de soutirage converti
$t_{em,1}$	[l]	Temps de soutirage mesuré
$q_{v,W,em,1}$	[l/s]	Débit volumique mesuré
$q_{v,W}$	[l/s]	Débit volumique de robinets de puisage selon SIA 385/2

Lorsque le temps à la sortie  $t_{em,2}$  n'est pas supérieur à la valeur exigée par la norme, à savoir 10 secondes pour les conduites d'eau chaude maintenues chaudes et 15 secondes pour celles non maintenues chaudes, l'approvisionnement en eau chaude correspond au dimensionnement. On peut alors prendre les mesures suivantes pour réduire le temps de soutirage:

- Monter un robinet de puisage plus puissant
- Augmenter la température de l'eau chaude
- Accroître la pression

La conversion prend en compte d'éventuelles pertes de charge entre le point de raccordement et le point de sortie du robinet de puisage, ce qui peut être dû par exemple à un régulateur de débit. Pour des raisons pratiques, ces pertes de charge ne sont souvent pas calculées lors de la conception de l'approvisionnement en eau chaude.

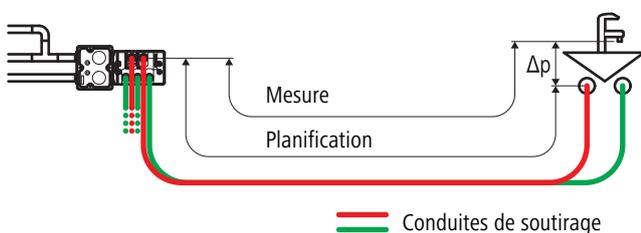


Fig. 45: Les valeurs calculées et mesurées des temps de soutirage peuvent différer en raison des pertes de pression  $\Delta p$  non prises en compte.

# 15 Homologations et certifications

## 15.1 Règlements de certification SVGW

Les règlements de certification SVGW décrivent les exigences relatives aux essais de produits et servent de base à la certification SVGW. Les essais de type apportent la preuve de la sécurité hygiénique des matériaux en contact avec de l'eau de boisson.

## 15.2 Indication de la consommation d'énergie (étiquette-énergie)

L'indication de la consommation d'énergie a pour vocation de soutenir le consommateur dans ses choix lorsqu'il achète des produits consommant de l'énergie.

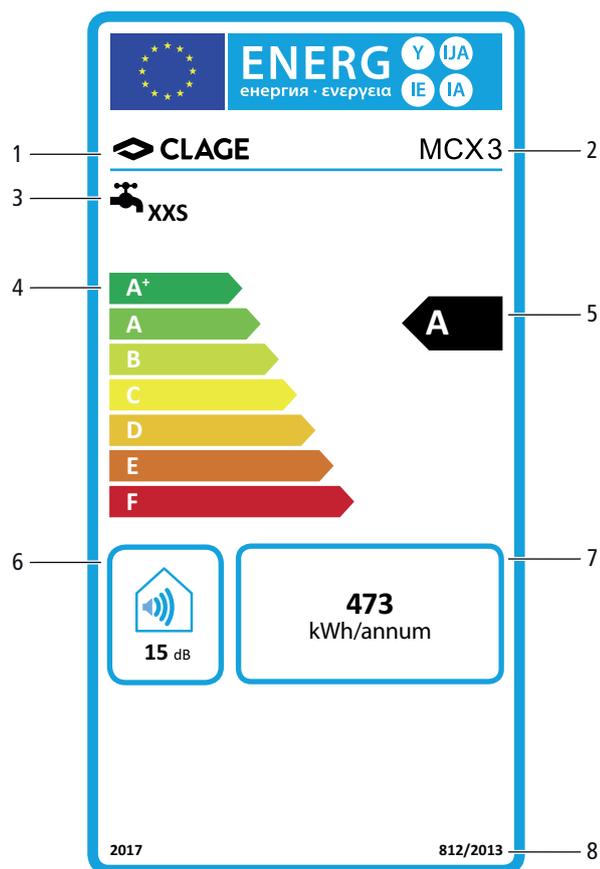


Fig. 46: Indication de la consommation d'énergie du chauffe-eau instantané pour lavabo MCX 3

1	Fabricant
2	Modèle
3	Fonction (p. ex. production d'eau chaude)/profil de charge (p. ex. XXS)
4	Echelle des classes d'efficacité énergétique
5	Classe d'efficacité énergétique
6	Niveau de puissance acoustique [dB]
7	Consommation annuelle d'électricité [kWh]
8	Règlement UE

# 16 Solutions Nussbaum

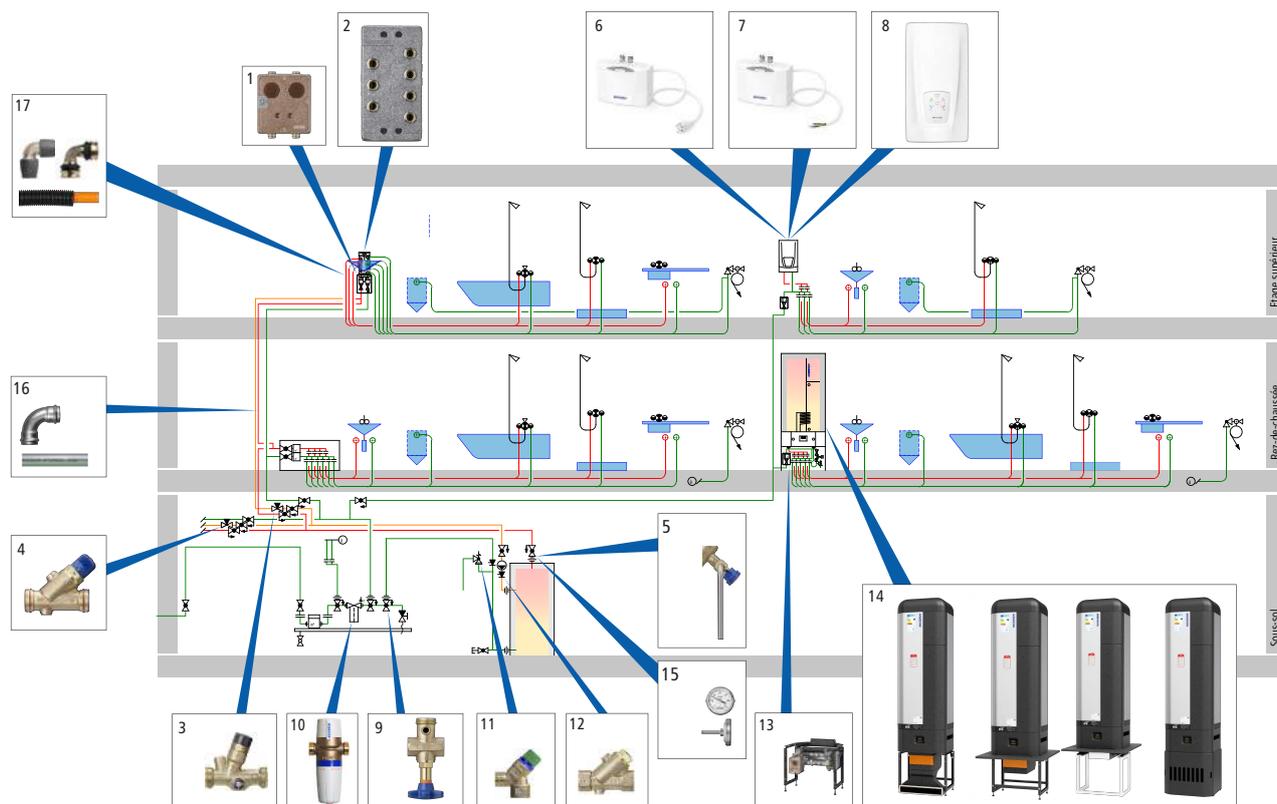


Fig. 47: Solutions Nussbaum pour l’approvisionnement en eau chaude

1	Boîtiers robinetterie à montage caché	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robinetterie d’étage pour la séparation de l’eau froide et de l’eau chaude jusqu’à la distribution d’eau chaude dans le système de point de prélèvement individuel</li> <li>• Mise en œuvre dans différentes situations de construction</li> <li>• Pièces intermédiaires pour accouplements rapides</li> <li>• Matériaux: bronze CC246E, matière synthétique</li> </ul> <p>Selon l’exécution, avec:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robinetterie d’arrêt</li> <li>• Raccordement pour compteur à capsule Koax</li> <li>• Raccordement pour cartouche réductrice</li> <li>• Raccordement pour lavabo</li> </ul>
2	Boîtiers distributeurs Optiflex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robinet d’étage raccordé aux boîtiers robinetterie à montage caché</li> <li>• Raccords enfichables et accouplements rapides</li> <li>• Matériaux: bronze CC246E, matière synthétique</li> </ul>
3	Régulateur de circulation, 36010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglage initial sur résistance hydraulique qui, durant le service, s’adapte automatiquement aux changements de température.</li> <li>• Calcul du point de fonctionnement nécessaire</li> <li>• Contrôle de fonctionnement régulier nécessaire</li> </ul>
4	Robinet de réglage, 24025	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglage sur forte résistance hydraulique</li> <li>• Solution économique</li> <li>• Calcul du point de fonctionnement nécessaire</li> </ul>

5	Robinet pour prise d'échantillon, 22086	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour la prise d'échantillons d'eau de boisson, de bain et de piscine, afin d'étudier les paramètres chimiques et microbiologiques dans des conditions analogues à celles d'un laboratoire.</li> <li>• Raccordement sur les ouvertures de purge de robinetteries adéquates</li> <li>• Possibilité d'installation et de rotation sur 360°</li> </ul>
6	Chauffe-eau instantané pour lavabo, 67200.21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classe d'efficacité énergétique A</li> <li>• Pour robinetteries sous pression ou à écoulement libre</li> <li>• Puissance nominale 3.5 kW</li> <li>• Débit 2.0 l/min</li> <li>• Accroissement max. de la température 25 °C</li> <li>• Prise d'alimentation secteur 230 V, avec fiche T23</li> </ul>
7	Chauffe-eau instantané pour lavabo, 67201	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classe d'efficacité énergétique A</li> <li>• Pour robinetteries sous pression ou à écoulement libre</li> <li>• Puissance nominale 6.5 kW</li> <li>• Débit 3.7 l/min</li> <li>• Accroissement max. de la température 25 °C</li> <li>• Prise d'alimentation secteur 400 V, sans fiche</li> </ul>
8	Chauffe-eau instantané, 67202.21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classe d'efficacité énergétique A</li> <li>• Pour robinetteries sous pression ou à écoulement libre</li> <li>• Puissance nominale 11 / 13.5 kW</li> <li>• Débit 5 l/min (35 à 55 °C)</li> <li>• Accroissement max. de la température 28 à 38 °C</li> <li>• Raccordement au secteur 3 x 400 V</li> </ul>
9	Robinets d'arrêt Optiarmatur	<p>La conduite d'eau froide raccordée au chauffe-eau doit pouvoir être fermée. Le robinet d'arrêt doit se trouver dans le même local que le chauffe-eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour de l'eau jusqu'à 90 °C</li> <li>• Avec tête Easy-Top</li> <li>• PN 16.0</li> <li>• Matériaux: bronze CC246E, matière synthétique</li> </ul>
10	Réducteurs de pression Optiarmatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plage de réglage 2 à 6 bar</li> <li>• Pour de l'eau jusqu'à 30 °C</li> <li>• Avec manomètre</li> <li>• Avec raccords à écrou mobiles système, à raccords à brides mobiles</li> <li>• Matériaux: bronze CC246E, matière synthétique</li> </ul>
11	Soupape de sûreté, 13000	<p>Pour chauffe-eau jusqu'à 90 °C</p> <p>Utiliser exclusivement des soupapes de sûreté à membrane et ressort. La soupape de sûreté doit être réglée de telle manière que sa pression de déclenchement soit supérieure de 100 kPa (1 bar) à la pression au repos, c'est-à-dire à la pression réduite dans la conduite de raccordement. La soupape de sûreté doit être installée dans le local du chauffe-eau et à proximité de celui-ci. Il ne faut pas installer d'organe d'arrêt entre la soupape de sûreté et l'appareil à protéger.</p>

12	Clapet anti-retour, 15101	<p>Pour chauffe-eau jusqu'à 90 °C</p> <p>Le clapet anti-retour doit être monté dans le sens d'écoulement, avant la soupape de sûreté et à proximité du chauffe-eau. Le clapet anti-retour doit être librement accessible, facile à démonter et être doté d'une prise de contrôle en vue de réaliser des contrôles.</p>
13	Garnitures de robinetterie, 68080	<p>Les garnitures de robinetterie élargissent les fonctions du chauffe-eau pompe à chaleur Aquapro-Ecotherma par une distribution intégrée dans les étages.</p> <p>Garniture de robinetterie, 68080.22</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribution d'eau froide et d'eau chaude</li> <li>• Boîtier robinetterie à montage caché, exécution individuelle compacte 70101, pour Koax</li> <li>• Groupe de sûreté 33082, sans raccords enfichables</li> </ul> <p>Garniture de robinetterie, 68080.24</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribution d'eau chaude</li> <li>• Boîtier robinetterie à montage caché, exécution individuelle compacte 70101, pour Koax</li> <li>• Groupe de sûreté 33082, sans raccords enfichables</li> </ul>
14	Chauffe-eau pompe à chaleur Aquapro-Ecotherma, 68000	<p>Le chauffe-eau à pompe à chaleur Aquapro-Ecotherma est un chauffe-eau à accumulation et régulation électronique pour une distribution décentralisée en eau chaude dans les installations d'eau de boisson sans circulation d'eau chaude. Pour chauffer l'eau de boisson, l'appareil se sert de la chaleur ambiante sur le lieu de pose au moyen d'une pompe à chaleur air/eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classe d'efficacité énergétique A+</li> <li>• Température max. de l'eau de boisson 65 °C</li> <li>• Profil de soutirage L (SIA 380/1; EN 16147)</li> </ul> <p>Types d'appareils:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Appareil 68010.21, pour pose en armoire</li> <li>• Appareil 68020.21, appareil de remplacement pour pose en armoire, avec soubassement</li> <li>• Appareil 68020.22, appareil de remplacement pour pose en armoire, avec rehausse pour cadre de tiers</li> <li>• Appareil 68030, pour pose libre</li> </ul>
15	Thermomètre	<p>Selon exécution:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qui convient pour un régulateur de circulation</li> <li>• Qui convient pour robinets obliques avec prise d'échantillon</li> <li>• Températures affichées entre 0 et 120 °C</li> </ul>
16	Optipress-Aquaplus	<p>Système avec tuyaux en acier inoxydable et raccords à sertir en bronze sans plomb, ou en acier inoxydable, conçu et homologué pour la réalisation d'installations d'eau de boisson conformément à la directive W3 de la SVGW, avec une contrainte continue d'un maximum admissible de 95 °C et 16 bar.</p>
17	Optiflex	<p>Les systèmes de conduites Optiflex sont conçus et homologués pour la réalisation d'installations d'eau de boisson en conformité avec la directive W3 de la SVGW, avec une contrainte continue d'un maximum admissible de 70 °C et 10 bar. La directive inclut aussi l'eau froide et l'eau chaude adoucies.</p>

## 17 Informations complémentaires

Pour la planification et l'exécution d'installations Nussbaum, il convient de prendre en compte la documentation technique de Nussbaum.

Pour des informations sur les thématiques de base, se reporter aux documents Nussbaum «Thématiques» et, pour des informations détaillées sur les systèmes Nussbaum, se reporter aux «Descriptifs système» correspondants.

# Lexique

## Biofilm

Le biofilm se présente sous la forme d'un dépôt de matières organiques qui recouvrent les conduites et récipients où circule régulièrement de l'eau de boisson. Les biofilms stables ne constituent pas un risque dans la mesure où ils sont constitués de substances et de microorganismes que l'on trouve naturellement dans l'eau de boisson.

## Chaleur

La chaleur est un type d'énergie. L'énergie thermique est produite par conversion d'un autre type d'énergie.

## Circulation à contre-courants

Flux causés dans les conduites par la convection. Les circulations à contre-courants peuvent produire des pertes de chaleur.

## Coefficient de performance annuel

Le coefficient de performance annuel d'une pompe à chaleur correspond au rapport entre puissance thermique et puissance absorbée électrique, les deux valeurs se rapportant à une année entière d'exploitation. Pour des informations complémentaires sur le coefficient de performance annuel d'une pompe à chaleur, se reporter à la directive VDI 4650.

## Coefficient de performance COP

Le coefficient de performance COP d'une pompe à chaleur correspond au rapport entre puissance thermique et puissance électrique absorbée pour un point de fonctionnement (valeur instantanée).

## Colonne de distribution

Colonne horizontale ou verticale, de la nourrice de distribution à une distribution vers les étages ou à une conduite de soutirage (SVGW W3:2013).

## Colonne montante

Passage de conduites verticales dans une gaine ou une paroi d'installation.

## Colonne montante

Colonne verticale, de la nourrice de distribution à une distribution vers les étages ou à une conduite de soutirage (SVGW W3:2013).

## Conduction

Transmission thermique selon la loi de Fourier: Dans les matières solides, l'énergie thermique est transportée par l'énergie cinétique de la matière. Exemple: Le réchauffement des tuyaux et radiateurs par l'eau chaude qui y circule.

## Conduite de soutirage

Conduite d'eau chaude qui mène à un point de soutirage.

## Constante solaire

Valeur moyenne de la puissance de rayonnement qui émane des rayons solaires qui touchent la Terre à la verticale, sans tenir compte d'influences atmosphériques. D'après les mesures actuelles, la constante solaire équivaut à 1361 W/m<sup>2</sup>.

## Convection

Transmission thermique selon la loi de refroidissement de Newton: l'énergie thermique est transportée pour un fluide (gaz ou liquide). Exemple: air chauffé et de ce fait montant, p. ex. au-dessus d'un radiateur.

## Eau chaude

Eau de boisson chauffée au maximum à 65 °C et dont la température à un point de soutirage est à au moins 50 °C (SIA 385/1).

## Eau d'exploitation

Eau disponible pour des applications techniques dans le commerce, l'industrie et l'agriculture, qui ne doit pas répondre à des exigences particulières en matière d'hygiène.

## Eau de boisson

L'eau de boisson est une eau douce qui, lorsqu'elle est conforme aux bases juridiques, convient pour nos besoins, en particulier comme eau de boisson ou pour la préparation des aliments, ou encore pour les soins du corps et l'hygiène.

## Eau froide

Eau de boisson d'une température maximale de 25 °C.

### Ecart de température

Différence de température entre départ et retour dans une installation de chauffage, ou entre air entrant et air sortant pour une pompe à chaleur air/eau.

### Energie de transformation

Energie nécessaire pour changer l'état physique d'une matière.

### Flocage de gaine

Remplissage d'une gaine avec un matériau de remplissage. Le matériau de remplissage sert à réduire la transmission d'ondes acoustiques et fait office de protection incendie. La protection incendie est assurée par les propriétés ignifuges du matériau de remplissage.

### Fluide

Matière liquide ou gazeuse

### Gaine technique

Espace creux vertical qui traverse les étages d'un bâtiment et qui sert au passage de conduites de distribution.

### Installation sans pression

L'installation d'eau de boisson est dotée d'une ouverture pour être en contact avec l'atmosphère. Seule la pression d'une colonne d'eau est efficace. Une installation sans pression sert uniquement à l'alimentation d'un seul point de soutirage.

### Installation sous pression

L'installation d'eau de boisson est une enceinte étanche à l'atmosphère. La pression est plus élevée que la pression atmosphérique. Lorsque l'alimentation est centralisée, une installation sous pression peut desservir plusieurs points de soutirage, mais elle peut également servir à alimenter un seul point de soutirage.

### Légionelles

Bactéries qui peuvent être présentes dans l'eau. L'ingestion d'une eau contenant des légionelles ne présente a priori pas de risque pour la santé. Si toutefois les bactéries sont inhalées sous forme d'aérosols (p. ex. vapeurs de douche), elles peuvent provoquer la maladie du légionnaire; il s'agit d'une forme de pneumonie qui, si elle n'est pas traitée, peut causer la mort.

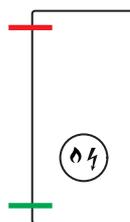
### Paroi d'installation

Paroi servant à des installations de technique du bâtiment, qui intègre des colonnes montantes.

### Principe du contre-courant

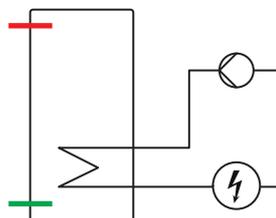
Dans un échangeur de chaleur qui fonctionne selon le principe du contre-courant, les flux de matières s'écoulent dans des directions opposées. Les différences de température entre les flux de matière sont alors plus élevées, ce qui accroît le degré d'efficacité dans la transmission thermique

### Production d'eau chaude sanitaire, directe



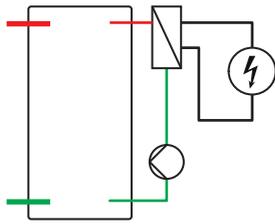
Pour la production directe d'eau chaude sanitaire, la transformation de l'énergie en énergie thermique a lieu dans le chauffe-eau au moyen d'un chauffage par résistance ou au gaz.

### Production d'eau chaude sanitaire, indirecte, échangeur de chaleur interne



Lors de la production indirecte d'eau chaude sanitaire, l'eau est chauffée par un fluide caloporteur, p. ex. de l'eau de chauffage ou le réfrigérant d'une pompe à chaleur. Le transfert de chaleur s'opère par un échangeur de chaleur situé à l'intérieur du chauffe-eau.

## Production d'eau chaude sanitaire, indirecte, échangeur de chaleur externe



Lors de la production indirecte d'eau chaude sanitaire, l'eau est chauffée par un fluide caloporteur, p. ex. de l'eau de chauffage ou le réfrigérant d'une pompe à chaleur. Le transfert de chaleur s'opère par un échangeur de chaleur (accumulateur de charge) situé à l'extérieur du chauffe-eau.

## Rayonnement

Transmission thermique selon la loi de Stefan-Boltzmann: L'énergie thermique est transmise par des ondes électromagnétiques. Exemples: Le réchauffement de plans d'eau par le rayonnement solaire ou le rayonnement thermique de radiateurs.

## Séparation thermique

Paroi de séparation à isolation thermique qui empêche les échanges thermiques de conduites à différentes températures.

## Température

La température est un état de la matière: elle se déduit de l'énergie cinétique de particules élémentaires telles qu'électrons, atomes et molécules. Plus les mouvements des particules élémentaires dans une matière sont rapides, plus la température de cette matière est élevée.

## Volume d'attente

Volume partiel d'un accumulateur qui, après un chargement à la température de consigne, est disponible pour l'utilisateur. Le volume d'attente se compose du volume de couverture de pointe et du volume de commande.

## Volume de commande

Volume partiel de l'accumulateur dont la température commande une charge supplémentaire de l'accumulateur.

## Volume de couverture de pointe

Volume partiel d'un accumulateur qui assure la disponibilité d'eau chaude pendant les pics de consommation.

# Annexe

## Exemples de lecture pour les échelles logarithmiques

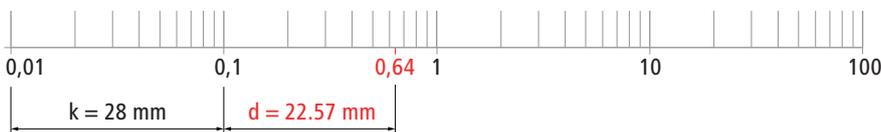
Pour lire ou tracer une valeur entre les repères d'une échelle logarithmique avec une précision maximale, il faut faire appel à une calculatrice. La formule suivante permet de calculer la distance  $d$  entre les valeurs  $x_1$  et  $x_2$  sur une échelle logarithmique:

$$d = k \cdot \log \frac{x_2}{x_1}$$

Le facteur  $k$  correspond à la distance entre deux puissances de dix. Il est mesuré à l'aide d'une règle dans l'échelle. A des fins pratiques, la valeur utilisée pour  $x_1$  est la puissance de dix immédiatement inférieure de la valeur  $x_2$ . La formule s'applique uniquement aux échelles logarithmiques de base 10.

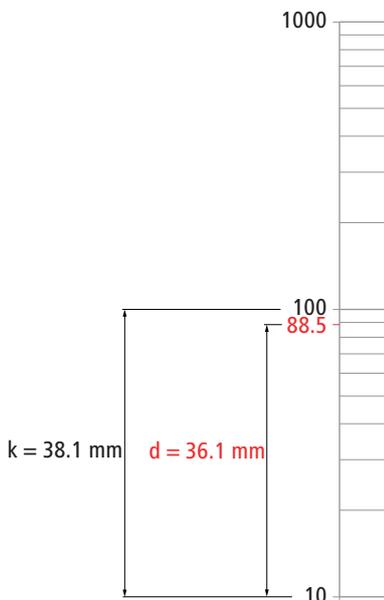
**Exemple 1:** La valeur 0.64 ( $x_2$ ) est à tracer sur l'échelle suivante. Pour  $k$ , on mesure 28 mm. La valeur pour  $x_1$  correspond à la puissance de dix immédiatement inférieure de la valeur  $x_2$ : 0.1 ( $10^{-1}$ ). La distance  $d$  est donc de

$$d = 28 \text{ mm} \cdot \log \frac{0.64}{0.1} = 22.57 \text{ mm}$$



**Exemple 2 (axe vertical dans les diagrammes logarithmiques):** La valeur 88.5 ( $y_2$ ) est à tracer dans l'échelle suivante. Pour  $k$ , on mesure 38.1 mm. La valeur pour  $y_1$  correspond à la puissance de dix immédiatement inférieure de la valeur  $y_2$ : 10 ( $10^1$ ). La distance  $d$  est donc de

$$d = 38.1 \text{ mm} \cdot \log \frac{88.5}{10} = 36.1 \text{ mm}$$



## Tableau des pertes de charge tuyaux Optipress

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.1	0.1
40	0.1	0.1
50	0.1	0.2
60	0.1	0.2
70	0.1	0.3
80	0.2	0.4
90	0.2	0.5
100	0.2	0.6
110	0.2	0.7
120	0.3	0.8
130	0.3	1.0
140	0.3	1.1
150	0.3	1.2
160	0.3	1.4
170	0.4	1.5
180	0.4	1.7
190	0.4	1.9
200	0.4	2.0
210	0.4	2.2
220	0.5	2.4
230	0.5	2.6
240	0.5	2.8
250	0.5	3.0
260	0.5	3.2
270	0.6	3.4
280	0.6	3.7
290	0.6	3.9
300	0.6	4.1
310	0.6	4.4
320	0.7	4.6
330	0.7	4.9
340	0.7	5.1
350	0.7	5.4
360	0.8	5.7
370	0.8	5.9
380	0.8	6.2
390	0.8	6.5
400	0.8	6.8
410	0.9	7.1
420	0.9	7.4
430	0.9	7.7
440	0.9	8.1

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
450	0.9	8.4
460	1.0	8.7
470	1.0	9.0
480	1.0	9.4
490	1.0	9.7
500	1.0	10.1

Tab. 15: Valeurs R pour les tuyaux Optipress Ø15 × 1.0 mm

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.0	0.0
40	0.1	0.0
50	0.1	0.1
60	0.1	0.1
70	0.1	0.1
80	0.1	0.2
90	0.1	0.2
100	0.1	0.2
110	0.2	0.3
120	0.2	0.3
130	0.2	0.4
140	0.2	0.4
150	0.2	0.5
160	0.2	0.5
170	0.2	0.6
180	0.2	0.6
190	0.3	0.7
200	0.3	0.8
210	0.3	0.8
220	0.3	0.9
230	0.3	1.0
240	0.3	1.0
250	0.3	1.1
260	0.4	1.2
270	0.4	1.3
280	0.4	1.4
290	0.4	1.4
300	0.4	1.5
310	0.4	1.6
320	0.4	1.7
330	0.5	1.8
340	0.5	1.9
350	0.5	2.0
360	0.5	2.1
370	0.5	2.2
380	0.5	2.3

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
390	0.5	2.4
400	0.6	2.5
410	0.6	2.7
420	0.6	2.8
430	0.6	2.9
440	0.6	3.0
450	0.6	3.1
460	0.6	3.2
470	0.6	3.4
480	0.7	3.5
490	0.7	3.6
500	0.7	3.8

Tab. 16: Valeurs R pour les tuyaux Optipress Ø18 × 1.0 mm

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.0	0.0
40	0.0	0.0
50	0.0	0.0
60	0.1	0.0
70	0.1	0.0
80	0.1	0.1
90	0.1	0.1
100	0.1	0.1
110	0.1	0.1
120	0.1	0.1
130	0.1	0.1
140	0.1	0.2
150	0.1	0.2
160	0.1	0.2
170	0.2	0.2
180	0.2	0.2
190	0.2	0.3
200	0.2	0.3
210	0.2	0.3
220	0.2	0.3
230	0.2	0.4
240	0.2	0.4
250	0.2	0.4
260	0.2	0.5
270	0.2	0.5
280	0.3	0.5
290	0.3	0.6
300	0.3	0.6
310	0.3	0.6
320	0.3	0.7

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
330	0.3	0.7
340	0.3	0.7
350	0.3	0.8
360	0.3	0.8
370	0.3	0.8
380	0.4	0.9
390	0.4	0.9
400	0.4	1.0
410	0.4	1.0
420	0.4	1.1
430	0.4	1.1
440	0.4	1.1
450	0.4	1.2
460	0.4	1.2
470	0.4	1.3
480	0.4	1.3
490	0.5	1.4
500	0.5	1.4

Tab. 17: Valeurs R pour les tuyaux Optipress Ø22 × 1.2 mm

### Tableau des pertes de charge tuyaux Optiflex

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
10	0.1	0.1
20	0.1	0.3
30	0.2	0.6
40	0.2	1.0
50	0.3	1.4
60	0.3	2.0
70	0.4	2.6
80	0.4	3.2
90	0.5	4.0
100	0.5	4.8
110	0.6	5.7
120	0.6	6.6
130	0.7	7.6
140	0.7	8.6
150	0.8	9.8
160	0.8	10.9
170	0.9	12.1
180	0.9	13.4
190	1.0	14.8
200	1.0	16.1
210	1.1	17.6
220	1.1	19.1
230	1.2	20.6
240	1.2	22.2

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
250	1.3	23.8
260	1.3	25.5
270	1.4	27.3
280	1.4	29.1
290	1.5	30.9
300	1.5	32.8
310	1.6	34.7
320	1.6	36.7
330	1.7	38.8
340	1.7	40.8
350	1.8	43.0
360	1.8	45.1
370	1.9	47.4
380	1.9	49.6
390	2.0	51.9
400	2.0	54.3
410	2.1	56.7
420	2.1	59.1
430	2.2	61.6
440	2.2	64.1
450	2.3	66.7
460	2.3	69.3
470	2.4	72.0
480	2.4	74.7
490	2.5	77.4
500	2.5	80.2

Tab. 18: Valeurs R pour tuyaux Optiflex PE-RT Ø16 × 3.8 mm

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.1	0.1
30	0.1	0.1
40	0.1	0.2
50	0.1	0.3
60	0.2	0.4
70	0.2	0.6
80	0.2	0.7
90	0.2	0.9
100	0.3	1.0
110	0.3	1.2
120	0.3	1.4
130	0.3	1.6
140	0.4	1.9
150	0.4	2.1
160	0.4	2.4
170	0.4	2.6
180	0.5	2.9

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
190	0.5	3.2
200	0.5	3.5
210	0.6	3.8
220	0.6	4.1
230	0.6	4.4
240	0.6	4.8
250	0.7	5.1
260	0.7	5.5
270	0.7	5.9
280	0.7	6.3
290	0.8	6.7
300	0.8	7.1
310	0.8	7.5
320	0.8	7.9
330	0.9	8.4
340	0.9	8.8
350	0.9	9.3
360	0.9	9.7
370	1.0	10.2
380	1.0	10.7
390	1.0	11.2
400	1.1	11.7
410	1.1	12.2
420	1.1	12.8
430	1.1	13.3
440	1.2	13.8
450	1.2	14.4
460	1.2	15.0
470	1.2	15.5
480	1.3	16.1
490	1.3	16.7
500	1.3	17.3

Tab. 19: Valeurs R pour tuyaux Optiflex PE-Xc/PB/Flowpress Ø16 × 2.2 mm

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.1	0.0
40	0.1	0.1
50	0.1	0.1
60	0.1	0.2
70	0.1	0.2
80	0.1	0.3
90	0.2	0.3
100	0.2	0.4
110	0.2	0.4
120	0.2	0.5

Débit volumique [l/h]	Vitesse d'écoulement [m/s]	Valeur R [mbar/m]
130	0.2	0.6
140	0.2	0.7
150	0.3	0.8
160	0.3	0.8
170	0.3	0.9
180	0.3	1.0
190	0.3	1.1
200	0.3	1.2
210	0.4	1.4
220	0.4	1.5
230	0.4	1.6
240	0.4	1.7
250	0.4	1.8
260	0.4	2.0
270	0.5	2.1
280	0.5	2.2
290	0.5	2.4
300	0.5	2.5
310	0.5	2.7
320	0.5	2.8
330	0.6	3.0
340	0.6	3.2
350	0.6	3.3
360	0.6	3.5
370	0.6	3.7
380	0.6	3.8
390	0.7	4.0
400	0.7	4.2
410	0.7	4.4
420	0.7	4.6
430	0.7	4.8
440	0.8	5.0
450	0.8	5.2
460	0.8	5.4
470	0.8	5.6
480	0.8	5.8
490	0.8	6.0
500	0.9	6.2

Tab. 20: Valeurs R pour tuyaux Optiflex PE-Xc/PB/Flowpress Ø20 × 2.8 mm

## Bibliographie

- Blickle S. et al.: Installations- und Heizungstechnik 6. Auflage. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2017
- Bonin J.: Handbuch Wärmepumpen. Beuth Praxis. 2016
- Deutsche Vortex GmbH & Co.: Technische Information - Trinkwasserzirkulation mit der BWO 155 Baureihe
- DIN 1988-300:2012-05: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser
- Niederer D.: Warmwasserversorgung - Fachbuch für die Gebäudetechnik. suisstec.
- Nvent Raychem®: Handbuch für Wartung und Montage - Selbstregelnde und leistungsbegrenzende Heizbandsysteme
- Lerch M.: Lehrgang Wasser. suisstec. Auflage 2013
- Ryan O.: Nussbaum AG - Thermische Simulation Steigleitungsschacht. AeroFEM. 02.2022
- SIA 385/1:2020 Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen
- SIA 385/2:2015 Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden - Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung
- SN EN 16147: Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern - Prüfungen, Leistungsbemessung und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwarmwasser. Ausgabe 2017-06
- suisstec: Merkblatt, Technische Dämmung in der Gebäudetechnik. Juli 2023
- suisstec: Sanitärberechnungen – kurz & bündig. 9. und korrigierte Auflage 2022
- SVGW W3 Richtlinie für Trinkwasserinstallationen. 2013
- SVGW W3/E3 d Richtlinie für Hygiene in Trinkwasserinstallationen. 2020

