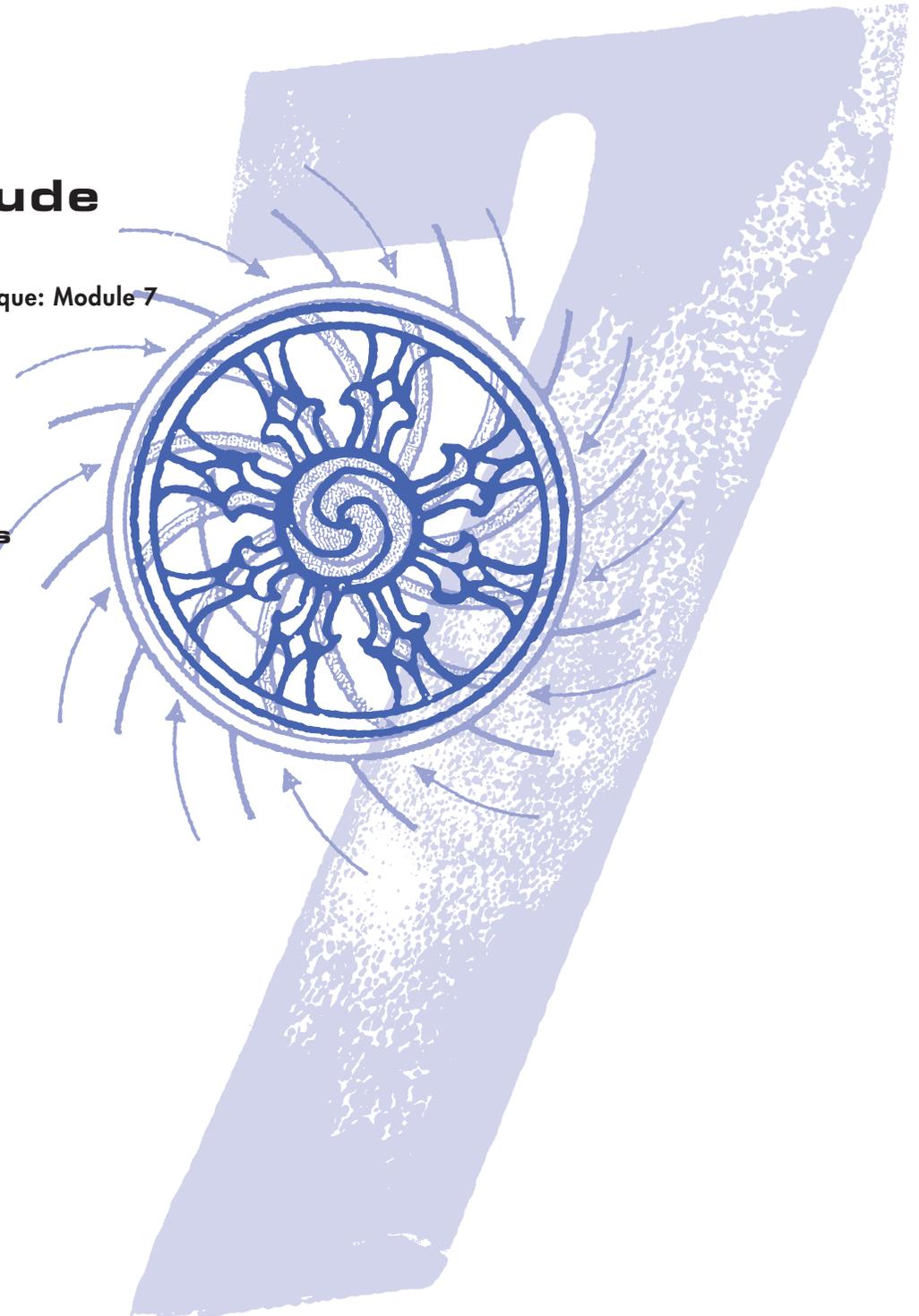


L'alimentation en eau chaude

L'énergie dans l'enseignement professionnel

Modules pour les professions techniques, de l'électricité et de l'informatique: Module 7

- 1 Introduction: de quoi s'agit-il?**
- 2 Objectifs de la formation**
- 3 Eléments proposés pour le plan des leçons**
- 4 Connaissances de base**
 - L'alimentation en eau
 - Hygiène et besoins en eau chaude
 - Le chauffage de l'eau
 - Systèmes de distribution d'eau chaude
 - Isolations
 - Armatures d'écoulement
 - Bilan
- 5 Exercices et solutions proposées**
- 6 Bibliographie**
- 7 Sources**
- 8 Modèles**



1 Introduction: de quoi s'agit-il ?

Les besoins en énergie pour le chauffage et les installations sanitaires ont pu être nettement réduits au cours des dernières années. Grâce à l'amélioration de la technique d'isolation des enveloppes de bâtiments, le besoin en énergie pour le chauffage diminue régulièrement dans le secteur de la construction de logements. En revanche, les économies potentielles sont limitées dans le domaine sanitaire (eau chaude). Le choix de la source d'énergie, la façon de chauffer l'eau, la distribution de l'eau chaude ainsi que les armatures d'écoulement revêtent donc une importance toujours plus grande. Ainsi dans les maisons de standard Minergie, l'eau chaude peut fort bien être le plus grand consommateur d'énergie. Seuls le niveau de conscience du consommateur et sa capacité à accepter d'utiliser les énergies renouvelables (énergie solaire, chaleur récupérée ou de l'environnement), sont susceptibles de faire baisser la part d'énergie primaire pour la préparation de l'eau chaude.

2 Objectifs de la formation

L'apprentie, l'apprenti ...

- décrivent le montage et le fonctionnement d'un chauffe-eau électrique
- présentent des systèmes à énergie renouvelable pour chauffer l'eau
- nomment les systèmes de distribution d'eau chaude et sont en mesure de leur attribuer des exemples d'immeubles simples
- examinent les systèmes de distribution d'eau chaude du point de vue énergétique
- en tant que consommateur, montrent des moyens d'économiser l'eau chaude (eau et énergie) dans le secteur de la construction de logements.

3 Eléments proposés pour le plan des leçons

Exercices

Le chapitre 5 rassemble six exercices relatives aux thèmes suivants:

1. Chauffe-eau électrique et installation solaire
2. Voici comment fonctionne un chauffe-eau électrique à réservoir (bouilleur)
3. Installation à énergie solaire
4. Systèmes de distribution d'eau chaude
5. Armatures d'écoulement
6. Bain ou douche?

Ces fiches d'exercices pratiques conviennent à des travaux de groupes que l'on présente une fois terminés à l'ensemble de la classe.

Possibilités supplémentaires

- Visite de chantier avec le ou la spécialiste en installations techniques
- Visite d'une habitation qui produit son eau chaude par une installation solaire ou une pompe à chaleur
- Banque de données «Bauteile Haustechnik»: CD-Rom «Casalex». A retirer chez Reto Lechmann, 7302 Landquart.
- Video: la stratification de l'eau dans un chauffe-eau («Schichtung im Wassererwärmer»): Domotec SA, 4663 Aarburg

- Adresses Internet:

Ecoles:

- HES de Rapperswil
(Centre de contrôle pour installations solaires)
<http://www.itr.ch>
- Ecole technique supérieure de Suisse centrale
(Chauffage, climatisation)
<http://www.ztl.ch>

Entreprises:

- Domotec (Chauffe-eau)
www.domotec.com
- Gössi (systèmes d'eau chaude)
www.goessi.ch
- Jenni SA (solaire)
www.jenni.ch
- Soltop Schuppisser SA (solaire)
www.soltop.ch
- Kapag (pompes à chaleur)
www.kapag.ch
- KWC (armatures)
www.kwc.ch
- Viessmann (chauffe-eau)
www.viessmann.com

Divers:

- Office fédéral de l'énergie
www.admin.ch/bfe
- Swissolar
www.swissolar.ch
- Electricité
www.electricite.ch
- Infel (information des distributeurs d'électricité)
www.infel.ch

4 Connaissances de base

4.1 L'alimentation en eau

Principes

Pour comprendre le principe de l'alimentation en eau ainsi que la production et la distribution de l'eau chaude dans un bâtiment, il importe de donner un aperçu de l'alimentation générale en eau potable.

Provenance de l'eau potable

Pour couvrir les besoins en eau potable en Suisse on utilise de l'eau de source pour 41%, de l'eau souterraine (nappe phréatique) pour 38% et l'eau des lacs et des fleuves pour 21%. On préfère l'eau de source et l'eau souterraine parce qu'elles ne doivent presque jamais être traitées. L'eau des lacs et des fleuves, par contre, doit être traitée en plusieurs étapes chimiques et biologiques, ce qui nécessitent non seulement une grande dépense en produits chimiques, en électricité et travail mais est également très cher. C'est la raison pour laquelle on trouve des prélèvements d'eau dans les eaux de rivières et lacs uniquement dans les régions où le besoin en eau potable est plus élevé que les ressources naturelles en eau de source et en eau souterraine.

Nitrates dans les eaux souterraines

Même si la qualité des eaux souterraines en Suisse est bonne, pour le Plateau, un danger réel implique l'agriculture intensive et les traitements de cultures. Les couches supérieure des terrains protègent les eaux souterraines de pollutions graves, mais une partie des engrais épandus (lisier, fumier, compost, engrais minéraux) dépassent le seuil de saturation

des plantes. L'azote sous forme de nitrates reste dans les sols et est entraîné dans les nappes phréatiques par les eaux de pluie. Les nitrates entraînés, polluent les eaux souterraines et sont dommageables pour l'homme et son environnement (la norme de teneur en nitrate dans l'eau fixe le seuil limite à 25mg de nitrates par litre d'eau).

La solution au problème posé est la réduction de l'épandage des engrais utilisés sur le Plateau Suisse. Pour cette raison, les Offices fédéraux compétents se sont entendus pour une politique en matière de nitrates.

Les exploitations agricoles dans les régions proches des captages d'eaux souterraines doivent être rendues attentives et responsable pour des traitements à faible teneur en nitrates. Ils touchent des compensations financières pour leur effort particulier.

Réserves et distribution

L'eau potable est stockée dans un ou plusieurs réservoirs. La mission d'un réservoir est de compenser les fortes variations des besoins quotidiens en eau, de maintenir la pression nécessaire dans le réseau d'alimentation et de garantir l'existence de réserves en eau pour le service du feu. La distribution de l'eau potable est le trait-d'union entre le réservoir et l'utilisateur (maison familiale, immeuble, école, bâtiment industriel, hôpital, etc.). Les bouches à incendie, réservées aux pompiers, sont également reliées à ces conduites.

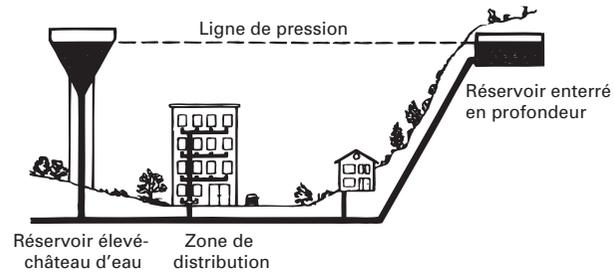


Fig. 1: Schéma de principe avec réservoir et conduite d'alimentation

Batterie de distribution

Près de l'entrée du bâtiment on monte une vanne principale de fermeture ainsi qu'un compteur d'eau. La tuyauterie de distribution d'eau est placée juste après. Celle-ci se subdivise en fonction des groupes d'utilisateurs (voir illustration 2 de gauche à droite):

- 1^{ère} colonne, eau froide sous pression de réseau pour les robinets du jardin.
- à la suite, l'eau est filtrée et la pression réduite pour protéger les appareils que l'on branche ensuite (4 bar = env. 40 m de colonne d'eau).
- 2^{ème} colonne, eau froide
- 3^{ème} colonne, conduite d'alimentation du chauffe-eau

Le besoin en eau potable

(étude SSIGE / OFEFP1998)

Dans le secteur de la construction de logements on peut compter sur une estimation moyenne du besoin en eau potable d'environ 160 litres par personne et par jour. Le besoin journalier dépend fortement du



Fig. 2: Batterie de distribution pour une maison familiale

nombre d'appareils et du standard de construction (p.ex. appartement loué ou appartement tout confort en propriété). Le besoin en eau potable se répartit de la façon suivante:

- Chasse d'eau des WC 31%
- Bain et douche 20%
- Machine à laver le linge 19%
- Cuisine et eau destinée à être bue, vaisselle à la main 15%
- Soins corporels, lavage des mains 13%
- Lave-vaisselle (présents partiellement seulement) 2%

4.2 Hygiène et besoin en eau chaude

Besoin en eau chaude

Dans le secteur de la construction de logements le besoin en eau chaude représente environ 30% du besoin total en eau potable. C'est-à-dire environ 50 litres d'eau chaude à 60°C par personne et par jour. Naturellement nous n'avons pas besoin d'eau à 60°C au robinet (mélangeur) mais nous la mélangeons avec de l'eau froide. C'est pour l'hygiène corporelle - bain et douche - que l'on utilise le plus d'eau chaude.

Hygiène («Legionella»)

Les bactéries naturelles de l'eau - celles de la maladie du légionnaire sont les plus redoutées - se multiplient extrêmement vite à des températures comprises entre 30 et 45 °C. L'homme peut tomber malade si les bactéries «Legionella» se trouvent en grande concentration dans l'eau. Cette maladie peut être mortelle. Les personnes à risques sont les vieillards et des personnes souffrant de déficience immunitaire. Pour ces raisons il est d'autant plus important d'en tenir compte dans les hôpitaux et homes. Les sources d'infection les plus importantes sont les conduites d'alimentation en eau chaude. La contamination se fait par inhalation d'aérosols (mélange air-eau) avec des gouttelettes d'eau contaminées qui peuvent être transmises lors de douches. Par contre, boire cette même eau ne présente pas de danger. La bactérie se propage à des températures entre 25°C et 45°C et meure dès 50°C. Comme mesure préventive, la température du stockage d'eau chaude est fixée à 60°C. Au robinet, cette température devrait être ainsi de 50°C.

En complément, l'eau froide ne devrait pas dépasser 20°C. pour cette raison, la batterie de distribution doit être placée au sous-sol dans un endroit frais.

4.3 Le chauffage de l'eau

Le chauffe-eau électrique à réservoir (bouilleur)

Dans les régions où se trouvent de nombreuses centrales électriques l'énergie électrique est souvent très avantageuse. C'est pourquoi le chauffe-eau électrique à réservoir ou bouilleur est très répandu en Suisse. On en trouve dans un tiers des appartements et maisons familiales.

A de rares exceptions près l'eau y est chauffée à 60 °C pendant la nuit (tarif meilleur marché). Pour le chauffage de l'eau on installe dans la partie inférieure du bouilleur un registre de chauffage électrique.

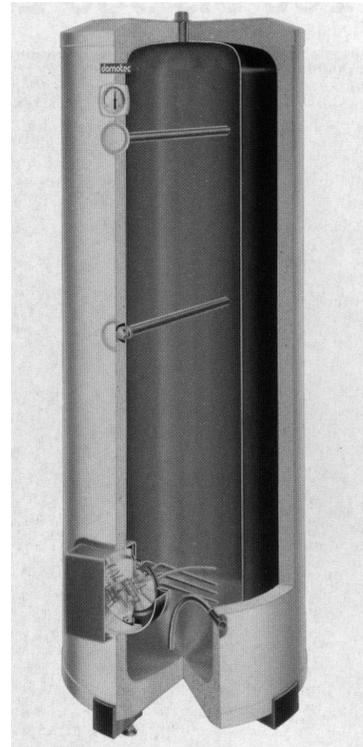


Fig. 3: Bouilleur vertical

Le chauffage de l'eau par le chauffage central

(énergie: gaz, mazout ou bois)

Lorsqu'il existe une alimentation en gaz le chauffage de l'eau est très souvent couplé avec le chauffage central. Pour ce faire l'eau est préparée dans la chaudière pour chauffer les pièces et l'eau sanitaire. On installe dans le chauffe-eau à accumulation un registre de chauffage qui est traversé par la conduite d'eau de chauffage, ce qui porte l'eau potable à la température souhaitée.

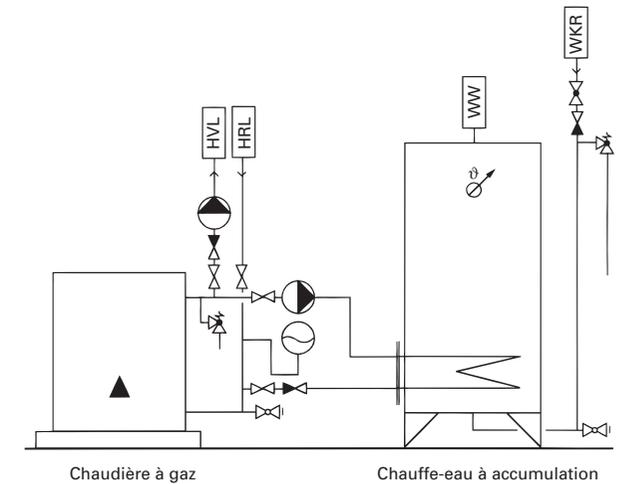


Fig. 4: Schéma de principe d'une chaudière avec chauffe-eau

HVV = eau de chauffage départ

HRL = eau de chauffage retour

WW = eau chaude

VKR = eau froide

Le chauffage de l'eau à l'énergie solaire

La Terre reçoit 2'000 fois plus d'énergie solaire que l'humanité n'a besoin pour l'instant en énergie primaire totale (pétrole, gaz, uranium, charbon). Malgré cela, nous utilisons dans la majeure partie des cas les énergies non renouvelables.

On place sur le toit des collecteurs solaires qui captent les rayons du soleil et transmettent l'énergie ainsi gagnée au circuit solaire. L'énergie est introduite dans le registre solaire du chauffe-eau au moyen d'une pompe. L'eau est alors chauffée dans le chauffe-eau. Pour pallier aux journées pauvres en soleil on monte dans la partie supérieure du chauffe-eau solaire un registre de chauffage (électrique ou du chauffage).

On peut réaliser une installation solaire pour une maison familiale avec une dépense supplémentaire de Fr. 8'000.- par rapport au gaz, au mazout ou à l'électricité (en prenant les subventions en compte). Une installation solaire présente un haut degré d'efficacité parce qu'une grande partie du rayonnement solaire est transmise à l'eau avec une déperdition minimale. Il est nettement plus judicieux de monter une installation solaire qu'une installation photovoltaïque (cellules solaires) avec laquelle on fait ensuite fonctionner un bouilleur électrique. Les installations solaires couvrent entre 35 et 60% du besoin annuel en énergie. L'énergie restante est apportée par un registre placé dans la partie supérieure du chauffe-eau. L'énergie supplémentaire peut provenir de l'électricité, du bois, du gaz ou du mazout.

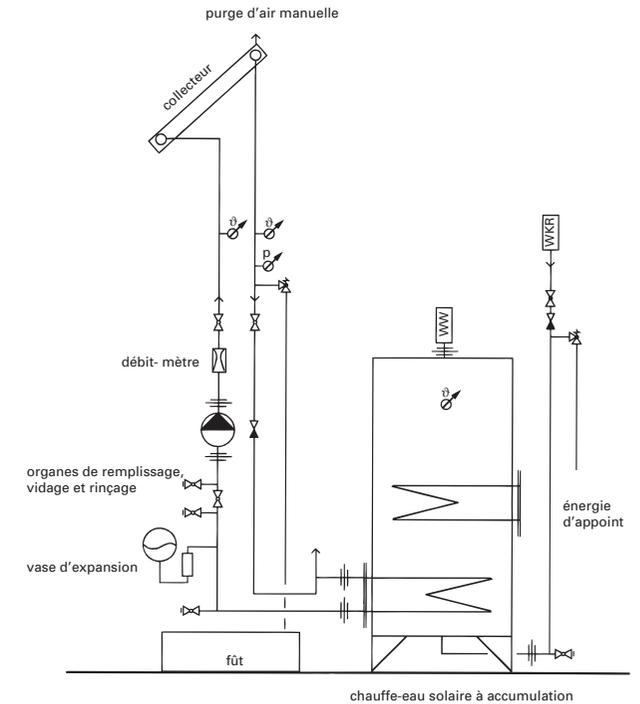


Fig. 5: Schéma de principe d'une installation solaire
WKR = eau froide
WW = eau chaude

Chauffage de l'eau avec des pompes à chaleur

Une pompe à chaleur permet de tirer de l'énergie de l'air, de la terre et de l'eau (eaux usées, nappe phréatique, fleuve, lac). Attention aux pertes de chaleur dans les bâtiments (p.ex. l'air de la cave comme source de chaleur). Grâce à son mode de travail la pompe à chaleur peut porter à une température plus élevée l'énergie ainsi gagnée et transmettre cette température au système de circulation d'eau chaude et/ou de chauffage.

Si l'on considère le rendement d'une pompe à chaleur, on peut gagner environ $\frac{2}{3}$ de l'énergie de l'environnement (gratuitement). L'énergie motrice (électrique) du compresseur représente environ $\frac{1}{3}$ du rendement de la pompe à chaleur.

Accumulateur combiné pour eau chaude et chauffage

Dès que l'on utilise des énergies renouvelables (énergie solaire ou énergies environnementales utilisées par les pompes à chaleur) les accumulateurs dits combinés ou à usage multiple sont judicieux. L'énergie est conduite dans un grand accumulateur où se trouve l'eau du chauffage central. Dans cet accumulateur on installe un réservoir d'eau chaude (p.ex. de la forme «Rossnagel®»). L'énergie nécessaire au chauffage des locaux est fournie par le grand accumulateur.

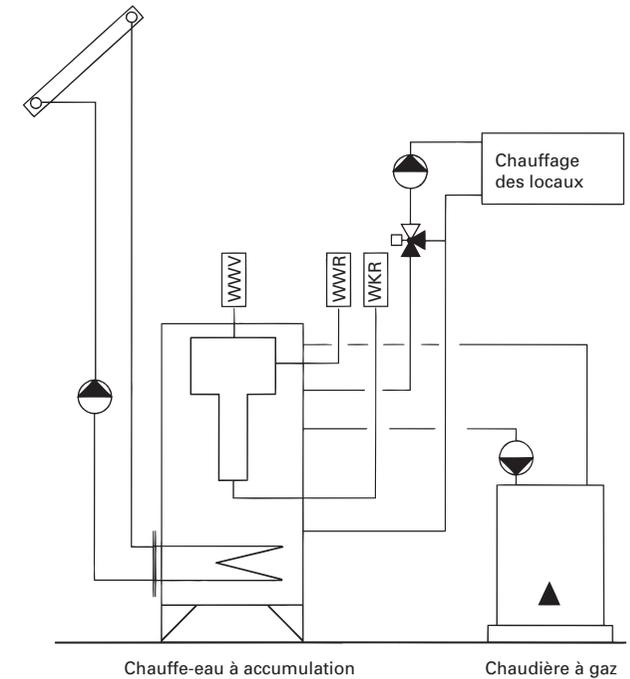


Fig. 6: Schéma de principe d'une installation combinée à énergie solaire. L'énergie supplémentaire est produite par une chaudière à gaz.
 WKR = eau froide
 WW = eau chaude
 WWR = retour de l'eau chaude (circulation)

4.4 Systèmes de distribution d'eau chaude

Le système monotube

Le système monotube (à conduite unique) est très répandu dans le secteur de la construction de logements. Un distributeur est monté juste au-dessus du chauffe-eau. Une conduite séparée mène à chaque appareil particulier (baignoire, lavabo, douche, évier, etc.). Comme l'eau chaude se refroidit dans les conduites, il coule d'abord de l'eau froide des robinets. Après 10 secondes au plus tard, l'eau chaude doit commencer à couler au lavabo. Cela correspond à une longueur de conduite d'environ 10 mètres. A l'évier, il faut 7 secondes.

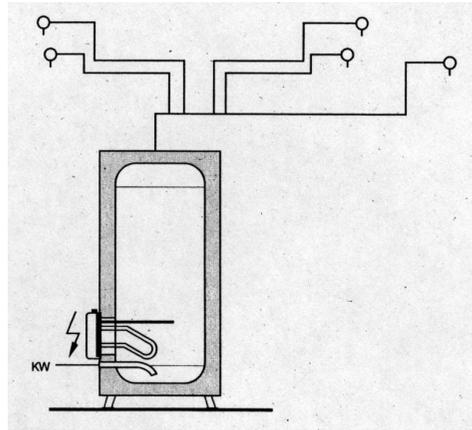


Fig. 7: Schéma de principe d'un chauffe-eau avec système monotube

Le siphon thermique (thermo-siphon)

Pour empêcher un refroidissement inutile du réservoir, on monte entre celui-ci et le distributeur à conduite unique un siphon thermique qui empêche dans une large mesure la circulation interne indésirable dans la conduite d'eau chaude.

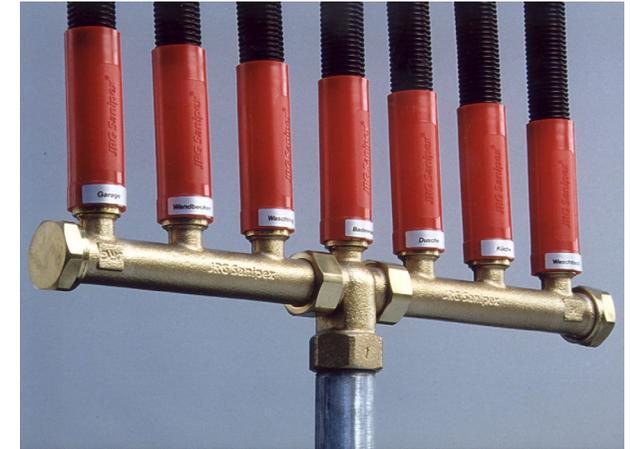


Fig. 8: Distributeur d'eau chaude au-dessus du chauffe-eau avant que celui-ci ne soit isolé

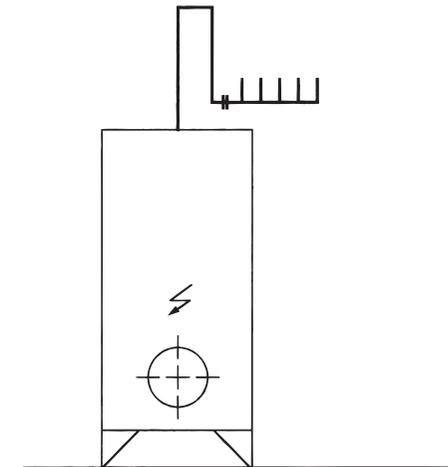


Fig. 9: Schéma de principe d'un chauffe-eau avec siphon thermique et distributeur à conduite unique

Systèmes de distribution à maintenance de température

Le système à conduite unique atteint rapidement ses limites dans les sites de grande taille - à cause des temps de latence entre l'ouverture du robinet et la distribution effective d'eau chaude. Les grandes installations sont donc établies avec un système à circulation ou avec plusieurs bandes de maintenance de température.

Système à circulation

Une conduite d'eau chaude relie le chauffe-eau aux appareils. Puis une conduite de circulation retourne au chauffe-eau. Cela permet de couvrir les pertes de chaleur du système de conduite partant du chauffe-eau. Pour que l'eau circule il faut une pompe de circulation. Afin d'économiser l'énergie, la pompe de circulation doit fonctionner avec une minuterie.

Chaque colonne de circulation doit être réglée hydrauliquement. On utilise de préférence des soupapes thermiques de régulation de circulation.

Système à circulation « Tube-à-tube »

Dans les systèmes de circulation « tube-à-tube » la conduite de circulation est montée directement sur la conduite d'eau chaude. Les deux conduites sont prises dans la même isolation. L'économie d'énergie potentielle par rapport à un système à conduites séparées s'élève à 35%.

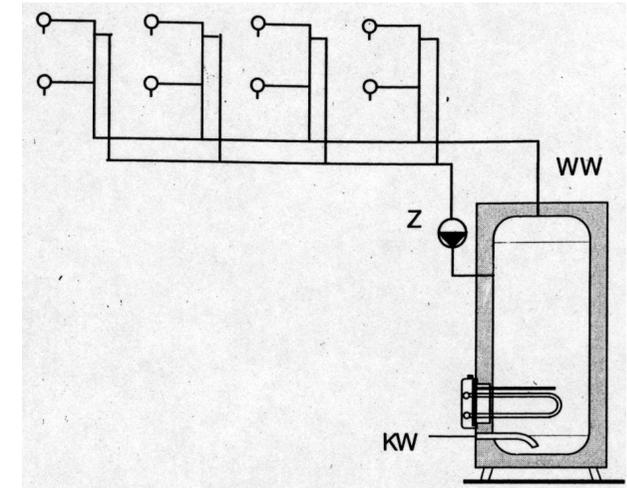


Fig. 10: Système à circulation selon le programme d'impulsion RAVEL
Z = pompe de circulation

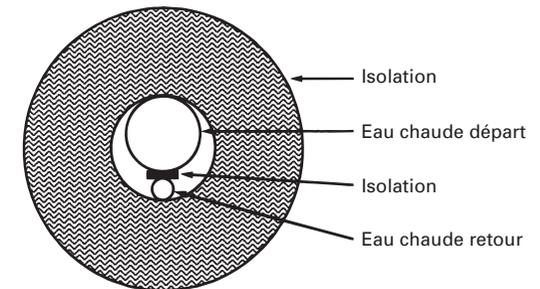


Fig. 11: Système à circulation tube-à-tube



Fig. 12: Pompe de circulation conventionnelle



Fig. 13: Pompe de circulation avec minuterie intégrée

Combinaison système à circulation et système à conduite unique

Pour les grands chantiers on combine souvent les systèmes à circulation avec les systèmes à conduite unique. L'appartement individuel est muni d'un système à conduite unique. Ce faisant, un boîtier de distribution avec distributeur d'eau chaude et froide est installé dans chaque appartement (fig. 15). Pour pouvoir calculer la consommation individuelle d'eau chaude, on installe également un compteur d'eau chaude.

Distribution d'eau chaude avec bandes de maintenance de température (bandes chauffantes)

Le système à bandes électriques de maintenance de température offre une alternative au système à circulation. La conduite d'eau chaude part du chauffe-eau vers les utilisateurs. Les pertes de chaleur de la

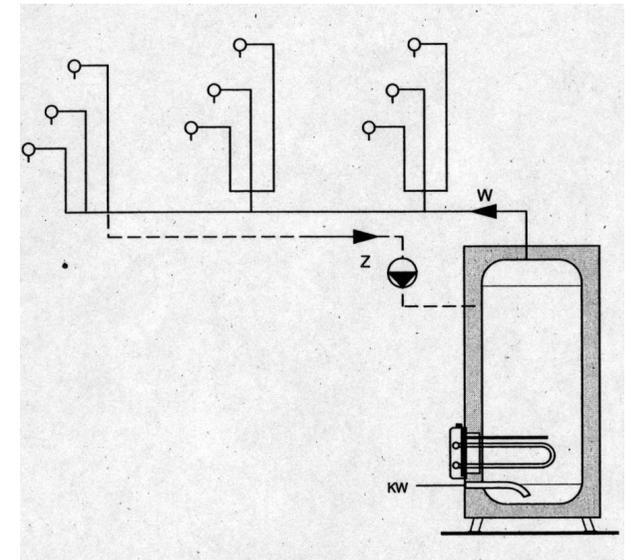


Fig. 14: Combinaison système à circulation et système à conduite unique, selon proposition du programme d'impulsion RAVEL

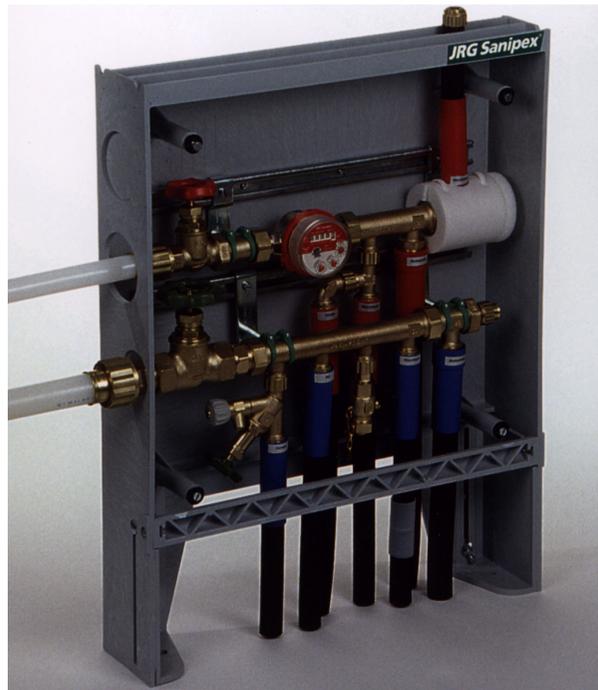


Fig. 15: Distributeur d'appartement avec eau chaude et froide

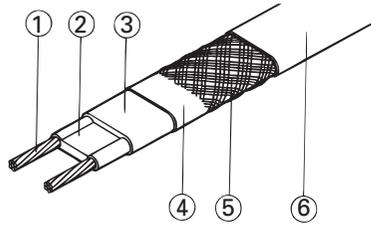
conduite d'eau chaude sont compensées par une bande autorégulatrice de maintenance de température. Cette bande chauffe la conduite d'eau chaude à une température inférieure de 5 à 10 Kelvin à celle du réservoir. Ainsi une partie des pertes de la conduite partant du chauffe-eau est couverte. Exemple: température à l'intérieur du chauffe-eau 60°C, température de maintenance de la bande 50°C.



Fig. 16: Compteur d'eau chaude

Les bandes de maintenance de température sont utilisées surtout là où on ne dispose que d'énergie électrique. Pour des raisons énergétiques les bandes de maintenance de température - comme les systèmes à circulation - doivent fonctionner avec des minuteries.

Pendant les heures de la journée, vu la fréquence des tirages d'eau chaude, les bandes de maintenance de température peuvent être éteintes parce que les conduites sont constamment chauffées par l'eau qui s'écoule depuis le réservoir. C'est également judicieux parce que le tarif de jour du courant est élevé.



- 1 câble conducteur cuivre (1,2mm²)
- 2 élément chauffant auto régulant
- 3 isolation en polyoléfine modifiée
- 4 feuille d'aluminium laminée
- 5 treillis de protection en tresse de cuivre zingué
- 6 gaine de protection en polyoléfine modifiée

Fig. 17: Montage d'une bande de maintenance de température

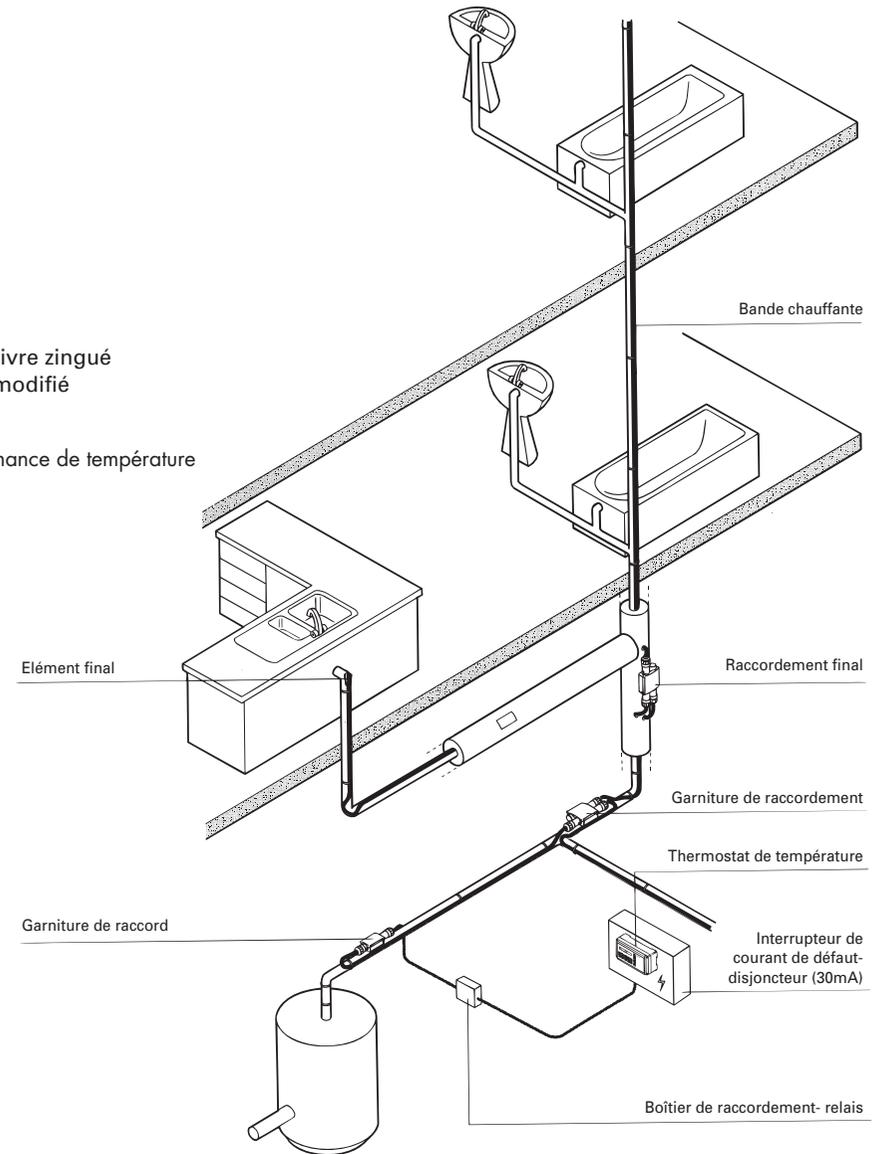
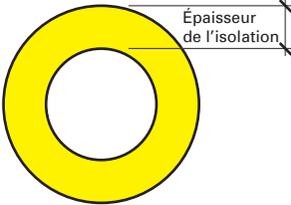


Fig. 18: Système de distribution avec bandes de maintenance de température

4.5 Isolations

A l'exception des systèmes à conduite unique, tous les systèmes de distribution (système à circulation et système à bandes de maintenance de température) doivent être isolés contre les pertes de chaleur. Les épaisseurs minimales d'isolation sont fixées par les ordonnances cantonales sur l'énergie.

Voici quelques exemples relatifs au canton de Zurich (prescriptions d'isolation thermique, Canton Zurich, édition 1997)

tube	épaisseur d'isolation	
en mm	en mm	
10 à 15	30	
20 à 32	40	
40 à 50	50	

Les installations anciennes sont souvent déficientes sur le plan de l'isolation (déperdition d'énergie). En été les pièces sont surchauffées à cause de l'isolation défectueuse des conduites d'eau chaude (diminution du confort). Le contrôle de l'isolation et son remplacement si nécessaire sont importants et judicieux sur le plan énergétique.

4.6 Armatures d'écoulement (robinetterie)

L'**armature à 2 poignées**, que l'on nomme aussi batterie dans le jargon professionnel, est la plus simple. Les utilisateurs mélangent eux-mêmes l'eau chaude et froide en manipulant les robinets, jusqu'à obtention de la température d'écoulement souhaitée. Mais en attendant cette température idéale l'eau coule dans le siphon, inutilisée. Il en résulte des pertes en eau et en énergie.

De nos jours on utilise le plus souvent les **mélangeurs mécaniques monobloc**.

Contrairement aux armatures à plusieurs poignées, ces armatures-là n'ont qu'un seul levier. En soulevant ce levier on règle le débit de l'eau (la quantité). En le tournant vers la gauche on augmente la température de l'eau, vers la droite on la diminue, jusqu'à obtenir de l'eau totalement froide lorsque le levier est tout à fait à droite. Ces armatures permettent de délimiter le débit du flux et la température d'écoulement. Il en résulte de substantielles économies (eau et énergie) par rapport à une armature à 2 poignées.

Buses d'écoulement

Dans la foulée de la recherche sur les moyens d'économiser l'eau, on a compris dès les années 1970 que le mélange air-eau permettait de produire un jet d'eau plus agréable tout en réduisant le débit de l'eau. C'est ainsi que l'on a développé des armatures d'écoulement équipées de buses adéquates, plus connues sous les noms de Neoperl, Perlator, etc. Ensuite vinrent s'ajouter à cela des buses qui,



Fig. 19: Batterie de bain



Fig. 20: Mélangeur monobloc

en plus d'enrichir l'eau en air permettaient également de limiter à un certain débit le volume d'écoulement de l'eau.

Pommes de douche économiques

L'un des développements des années 1990 est la pomme de douche économique avec injecteur d'air. Les pommes de douche conventionnelles donnent un jet peu satisfaisant lorsque le volume d'eau débité est réduit. Les pommes de douche économiques, en revanche, produisent un jet d'une agréable douceur. On peut économiser jusqu'à 50% d'eau avec une nouvelle pomme de douche économique au lieu d'une pomme de douche conventionnelle.

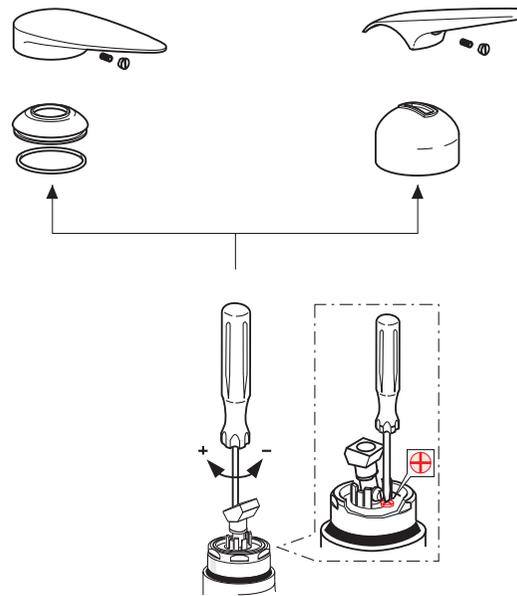


Fig. 21: Economiser l'eau par la limitation du flux débité (illustration d'un mode d'emploi)

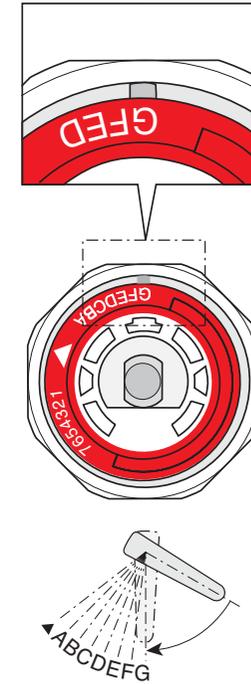


Fig. 22: Limitation de la température comme mesure de sécurité contre des températures d'écoulement trop élevées (illustration d'un mode d'emploi)



Fig. 23: Pomme de douche économique Fit-Air à injecteur d'air

4.7 Bilan

Nous devons à l'avenir utiliser nos énergies de manière encore plus rationnelle. Le potentiel qu'offrent l'énergie solaire et la récupération de chaleur est bien trop peu utilisé. Les bâtiments contemporains allient les philosophies énergétiques et écologiques des techniques sanitaires, de chauffage et de climatisation. Le planificateur en technique domestique a pour tâche de déceler et d'utiliser ces potentiels. Les installations à énergies renouvelables deviendront d'autant plus abordables financièrement qu'on en achètera plus. Vous aussi pouvez fournir une contribution active!

5 Exercices et solutions proposées

Exercice 1

Chauffe-eau électrique et installation solaire

Dans une maison familiale en projet, 4 personnes vont vivre. La famille désire respecter l'environnement et envisage une installation à énergie solaire pour l'eau chaude. L'aspect financier n'est pas déterminant mais on aimerait savoir à peu près si les économies de courant couvrent les investissements pour l'installation solaire dont la durée d'exploitation est estimée à 20 ans.

Vous avez besoin des outils suivants:

- Connaissances de base

Calculez...

- les frais annuels de courant pour la famille, si le chauffe-eau électrique chauffe toujours pendant la nuit. On a besoin en moyenne de 50 litres d'eau chaude à 60°C par jour et par personne. Les suppléments dus au système à cause des pertes (réservoir et pertes d'eau du système à conduite unique) s'élèvent à env. 25%. Vous pouvez vous procurer les tarifs de l'électricité chez votre fournisseur d'électricité. L'eau potable est chauffée de 10°C à 60°C (50K). A l'aide de la formule suivante vous pouvez calculer les coûts annuels de l'énergie en francs:
- les économies annuelles en électricité si 55% du besoin en eau chaude sont couverts par l'installation solaire (gratuitement).
- combien d'années il faut pour que les Fr. 8'000.- (supplémentaires) de l'installation solaire soient remboursés par les économies d'énergie électrique. (Selon le niveau des connaissances on peut aussi établir un calcul de rentabilité avec annuité et indexation du prix de l'énergie).

$$\text{Coûts annuels} = \frac{\text{Nbre pers} \cdot 50 \text{ l (pers} \cdot \text{ jour)} \cdot 1,25 \cdot 365 \text{ jours} \cdot 4,2 \text{ kJ / (kg} \cdot \text{ K)} \cdot 50 \text{ K} \cdot 0,xx \text{ Fr./ kWh}}{3600 \text{ s / h}}$$

Exercice 2

Voici comment fonctionne un chauffe-eau électrique à réservoir (bouilleur)

Ici vous allez avoir à faire avec le processus de chauffage dans un chauffe-eau électrique à réservoir.

Vous aurez besoin des outils suivants:

- Connaissances de base
- Un récipient en verre de 1 litre, résistant à la chaleur
- Un thermomètre gradué de 0 °C à 100 °C
- Un thermo-plongeur

Procédure:

- Remplissez le récipient en verre avec de l'eau froide.
- Placez le thermo-plongeur dans le tiers inférieur du récipient (mais env. 4 cm au-dessus du fond) et branchez-le.
- Faites attention à ne pas mélanger l'eau chaude et l'eau froide avec le thermomètre!!!
- Mesurez le développement de la température de bas en haut. Le thermomètre a besoin d'un temps de réaction d'environ 5 secondes avant que la température indiquée soit juste.
- Faites les mesures jusqu'à ce que la température s'élève à 60°C.

Résolvez les problèmes suivants:

- Décrivez l'évolution de la température au-dessus du thermo-plongeur pendant la phase d'échauffement.
- Comment se comporte la température en-dessous du registre de chauffage?
- Comment se comporte la densité de l'eau en relation avec les températures?
- Où doit-on placer un registre électrique de chauffage dans un réservoir de chauffe-eau électrique?
- Le récipient en verre est chaud maintenant et dispense son énergie aux alentours. Comment peut-on réduire les pertes de chaleur dans les réservoirs?

Exercice 3

Installation à énergie solaire

Cette expérience doit permettre de déterminer le mode de fonctionnement d'un collecteur solaire.

Vous aurez besoin des outils suivants:

- Connaissances de base
- Feuille A4 noire
- Feuille A4 blanche
- 2 thermomètres gradués de 0°C à 100°C
- Un spot avec ampoule de 100 Watt au moins (l'idéal serait une lampe à infrarouge)

Procédure:

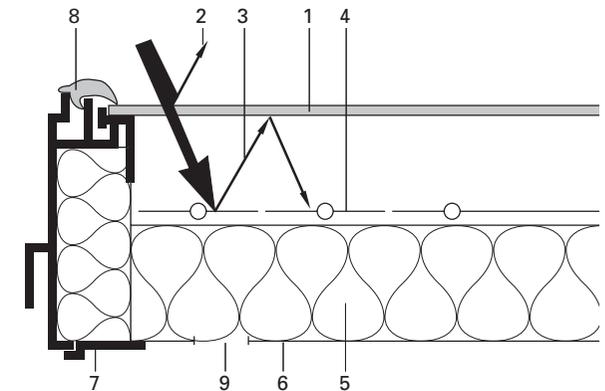
- Pliez les feuilles au format A5. Collez les bords ensemble et laissez une ouverture de 3 cm pour y glisser le thermomètre.
- Introduisez un thermomètre dans chaque feuille.
- Placez les 2 feuilles l'une à côté de l'autre et dirigez vers elles la lumière de la lampe.
- Observez l'évolution des températures.

Traitez les solutions/réponses aux questions suivantes:

- Décrivez l'influence de la couleur sur la température dans la feuille pliée.
- L'absorbant est le composant du collecteur solaire qui capture l'énergie solaire et la transmet au circuit de support de chaleur. Quelle couleur doit avoir l'absorbant dans un collecteur solaire?
- Le collecteur solaire capture l'énergie. Par quelle mesure peut-on empêcher que l'énergie rayonne

de nouveau vers les alentours?

- Comment faut-il orienter un collecteur solaire - direction et pente - afin qu'il capture le plus d'énergie possible?
- Quelles propriétés doit avoir le support de chaleur (mélange aqueux) dans le circuit solaire afin que l'énergie solaire puisse être utilisée toute l'année?



- | | |
|----------------------------------------|------------------------|
| 1 revêtement transparent | 5 isolant thermique |
| 2 rayonnement réfléchi du revêtement | 6 plaque de base |
| 3 rayonnement réfléchi par l'absorbant | 7 cadre |
| 4 absorbant | 8 étanchéité |
| | 9 ouverture d'aération |

Fig. 24: Collecteur solaire en coupe

Des prospectus sont disponibles dans les sociétés suivantes:

- Jenni Energietechnik SA, 3414 Oberburg
- Schweizer SA, 8908 Hedingen
- Soltop Schuppisser SA, 8353 Elgg

Exercice 4

Systèmes de distribution d'eau chaude

Vous allez travailler sur les systèmes de distribution d'eau chaude dans divers bâtiments. De façon idéale on forme un groupe qui vit dans des bâtiments différents (maison familiale, immeuble). De plus l'école est un objet d'observation rêvé. Maintenant on examine les systèmes de distribution d'eau chaude dans les bâtiments. Durées maximales de latence selon normes SIA: lavabo 10 secondes, évier cuisine 7 secondes, douche 10 secondes.

Vous aurez besoin des outils suivants:

- Connaissances de base
- Chronomètre

Procédure:

- Visite des bâtiments.
- Reconnaissance des systèmes de distribution d'eau chaude et classement
- Mesurez les temps de latence sur divers appareils
- A présent dans le cas des systèmes à circulation avec bandes de maintenance de température: une minuterie est-elle présente? L'exploitation est-elle interrompue pendant 6 à 8 heures? Les conduites sont-elles suffisamment isolées?

Missions, Questions:

- Montrez les rapports entre les types de bâtiments et les systèmes de distribution d'eau chaude.
- Les durées maximales de latence selon les normes SIA sont-elles respectées?
- Où se situent les économies d'énergie potentielles sur ces installations?

Astuce:

Ici il est très judicieux d'établir une matrice possédant les colonnes suivantes: type de bâtiment, système de distribution, minuterie disponible (oui/non); réglage OK (oui/non); temps de latence OK (oui/non); isolation OK (oui/non); potentiels d'économie.

Remarque:

Dans les vieilles installations il existe d'autres systèmes de distribution qui n'ont pas pu être présentés ici. Décrivez le système de distribution si vous ne pouvez pas le classer.

Exercice 5

Armatures d'écoulement

Vous allez vous occuper ici des armatures d'écoulement qui sont installées dans votre maison ou dans votre appartement. Des économies potentielles sont possibles lorsque le débit d'eau à la douche est supérieur à 0,16 litres par seconde et supérieur à 0,1 litre par seconde au lavabo.

Vous aurez besoin des outils suivants:

- Connaissances de base
- Chronomètre
- Récipient contenant 3 à 10 litres, comme un arrosoir ou un seau de ménage
- Un récipient gradué contenant au moins 1 litre

Procédure:

- Mesurez l'un après l'autre les débits des armatures de bain (robinet puis pomme de douche), du lavabo et de l'évier de la cuisine.
- Ouvrez les robinets et tenez le récipient dessous. En même temps une autre personne chronomètre le temps. Lorsque le récipient est aux 3/4 plein, on le retire de sous le jet d'eau et on arrête le chronomètre.
- Le contenu du récipient est à présent mesuré aussi précisément que possible, en transvasant l'eau en plusieurs fois dans le récipient gradué.
- Chaque appareil est mesuré 3 fois. Pour la suite des calculs, utilisez la valeur moyenne. Le principe ici: une seule mesure n'est pas une mesure!

Etablissez:

Une matrice possédant les colonnes suivantes: armatures d'écoulement: volumes en litres; temps en secondes; débit d'eau en litres par seconde (divisez le volume par le temps); économies potentielles (oui/non); mesures à prendre.

Remarque:

On peut faire des économies d'énergie substantielles avec l'eau. Ce n'est cependant pas aussi efficace avec chaque appareil. A l'évier de la buanderie la limitation du débit d'eau n'a guère de sens parce qu'il sert principalement non pas à se laver les mains mais à laver le linge à la main ou à faire tremper le linge. Si on limitait le débit d'eau à cet endroit on devrait attendre inutilement trop longtemps avant que l'évier ne soit rempli. A l'aide de ce commentaire, réfléchissez à ce qui se passe avec une baignoire (robinet et douche) et avec un évier de cuisine.

Exercice 6

Bain ou douche?

Vous allez vous occuper de la consommation d'eau chaude pour l'hygiène corporelle. Lors du bain ou de la douche, la température de l'eau est à 40°C. Ainsi, économiser de l'eau c'est également économiser de l'énergie.

Vous aurez besoin des outils suivants:

- Connaissances de base
- Chronomètre
- Un récipient contenant 3 à 10 litres, comme un arrosoir ou un seau de ménage
- Un récipient gradué contenant au moins 1 litre

Procédure:

- Mesurez le débit d'eau à la pomme de douche (réglez-la comme pour votre douche) Ouvrez le robinet et tenez le récipient en-dessous. En même temps une autre personne chronomètre le temps. Lorsque le récipient est aux 3/4 plein, on le retire de sous le jet d'eau et on arrête le chronomètre.
- On mesure ensuite aussi précisément que possible le contenu du récipient en le transvasant par étapes dans le récipient gradué.
- On mesure 3 fois. Utilisez la valeur moyenne pour les calculs ultérieurs. Le principe ici: une seule mesure n'est pas une mesure!!!
- Actionnez la douche et stoppez le temps en secondes (3 fois).

- Calculez le contenu de la baignoire (en litres) du fond jusqu'à la bonde (au milieu de la pièce chromée située à la pointe de pieds).

Tâches:

- Douche: établissez une matrice possédant les colonnes suivantes: armature d'écoulement: débit d'eau en litres; temps en secondes; débit en litres par seconde (divisez le volume par le temps); temps de douche en secondes; consommation d'eau en litres (débit par temps de douche).
- Bain: vous avez calculé la contenance de la baignoire. Retirez-en votre volume corporel. Celui-ci correspond à peu près à votre masse corporelle. Ajoutez à cela environ 6 litres pour une douche rapide à la fin du bain. Le résultat est la consommation d'eau dans le bain.
- Donnez maintenant un conseil: est-il plus judicieux de se doucher ou de se baigner sur le plan énergétique?

Solutions pour les exercices 1 à 6

1. Chauffe-eau électrique et installation solaire

- La solution dépend du prix de l'énergie (bas tarif pendant la nuit).
- A 15 cts / kWh les coûts annuels pour l'énergie s'élèvent à Fr. 798.-
- Les économies de courant avec l'énergie solaire s'élèvent à env. Fr. 439.-
- L'installation est amortie après 18 années environ. (Attention: calcul de devis très fortement simplifié).

2. Voici comment fonctionne un chauffe-eau électrique à réservoir (bouilleur)

- Le thermo- plongeur permet de chauffer l'eau de façon uniforme
- Sous le registre de chauffage l'eau reste froide (suite à la différence de densité)
- Lorsqu'elle chauffe l'eau monte. Plus la température augmente plus la densité baisse.
- Pour pouvoir chauffer le plus d'eau possible, le registre de chauffage doit être placé aussi profondément que possible dans réservoir d'eau chaude.
- Les réservoirs d'eau chaude sont munis d'une isolation thermique efficace.

3. Installation à énergie solaire

- Plus la feuille est sombre, plus la température est élevée
- L'absorbant doit être noir.
- Avec une isolation et une vitre en verre spécial.
- Les collecteurs doivent être orientés vers le Sud. Pour une exploitation pendant toute l'année la pente du collecteur est d'environ 45°.
- Comme les températures descendent en-dessous du seuil de gel de l'eau en hiver il faut mélanger de l'antigel (glycol) avec l'eau afin que le support de chaleur ne gèle pas.

4. Systèmes de distribution d'eau chaude

Diverses solutions sont possibles

5. Armatures d'écoulement

Diverses solutions sont possibles. Remarques: pour l'évier de la cuisine et la baignoire (remplissage) une limitation du débit n'est pas judicieuse car elle rallonge inutilement la durée du remplissage. Si on se douche dans la baignoire, une pomme de douche économique est judicieuse.

6. Bain ou douche ?

On a besoin d' $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ du volume d'eau et donc de l'énergie. Conseil: douche plutôt que bain!

6 Bibliographie

- Office fédéral des questions conjoncturelles, Le chauffage de l'eau par l'électricité, RAVEL, EDMZ - N° de commande 724.349.1 f, 1995
- Office fédéral des questions conjoncturelles, Le chauffage de l'eau par l'énergie solaire, PACER, EDMZ - N° de commande 724.213 f, 1993
- Office fédéral des questions conjoncturelles, Les pompes à chaleur pour le chauffage de l'eau potable, RAVEL, EDMZ - N° de commande 724.360 f, 1997
- W. Zanvit, R. Hofer: «Warmwasserversorgung», SSIV-Verlag, 1995
- R. Hofer, M. Steinmann, «Wärmelehre», SSIV-Verlag, 1995
- A. Bachmann, R. Hofer, «Kaltwasserversorgung», SSIV-Verlag, 1999
- Office fédéral de l'énergie, Comportements dans le bain et sous la douche, EDMZ - N° de commande 805.320.1f
- Maja Messmer et al., l'énergie - facteur-clé de notre temps (manuel de base), adaptation Joël Fournier et Olivier Mercier, LEP, loisirs et pédagogie, Le Mont-sur-Lausanne, 1998
Tél. 021 653 53 37

7 Sources

Sources des illustrations

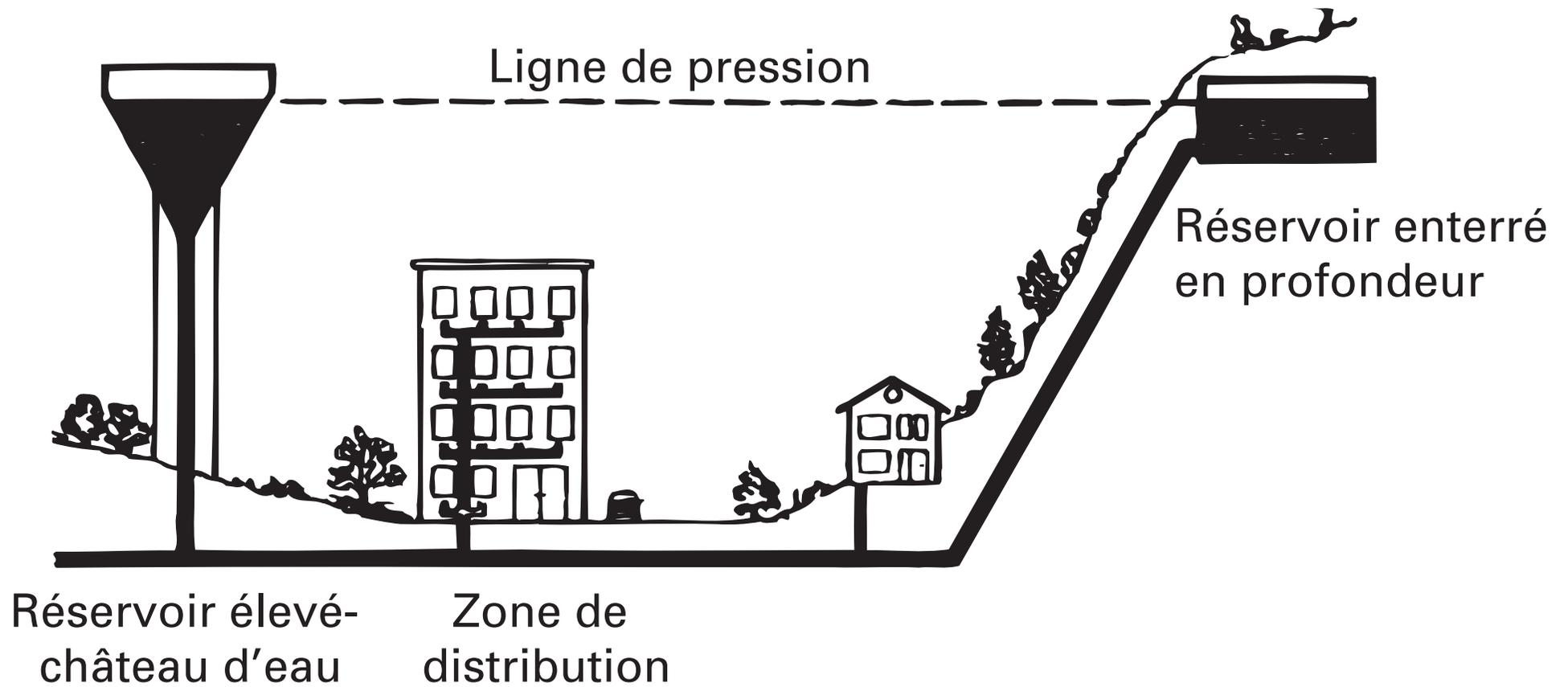
Toutes les photos et dessins d'usine ont été mis à disposition par les fournisseurs.

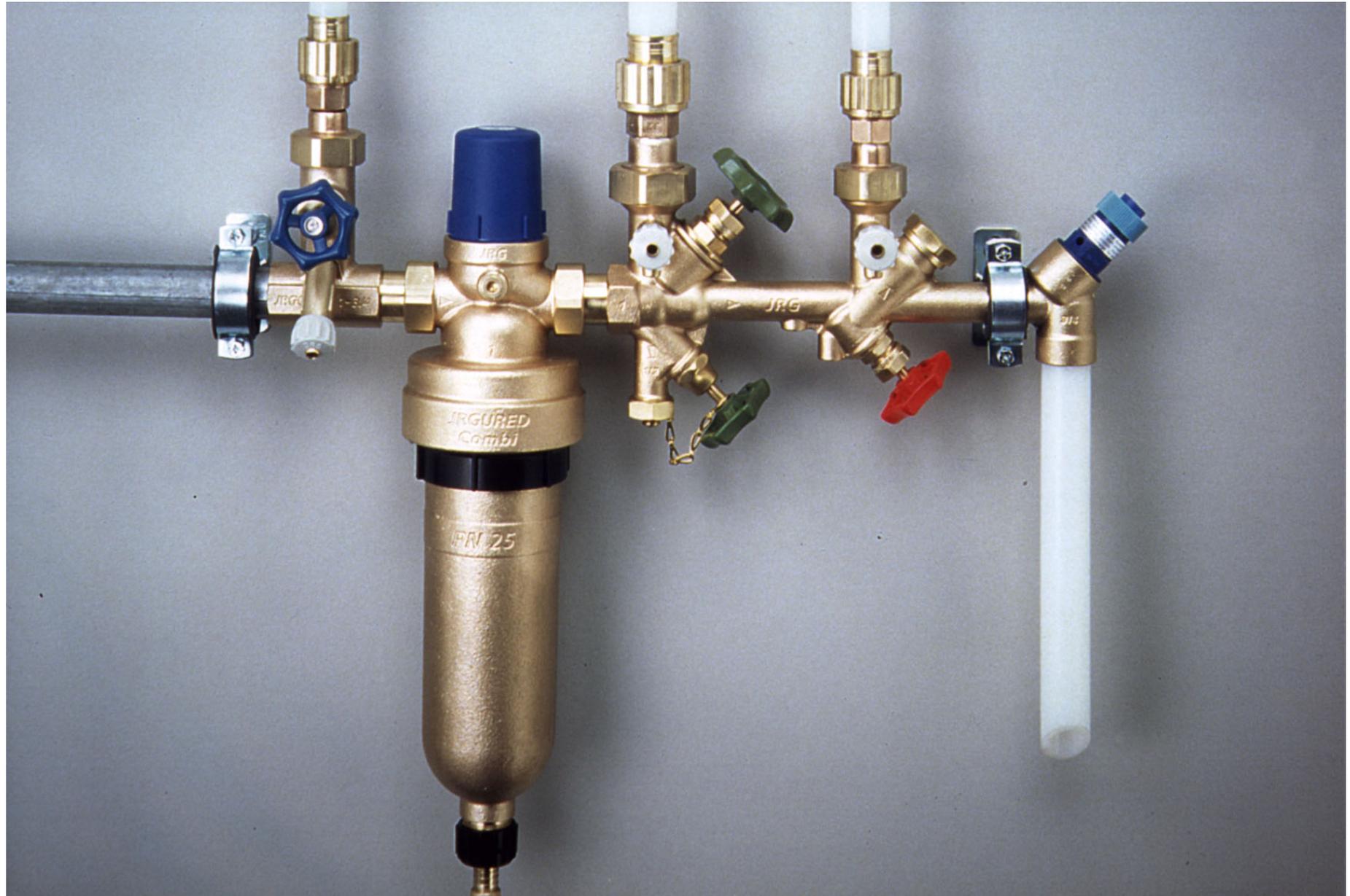
- 1 Équipe d'auteurs, dont R. Hofer, BK 3000, SSIV-Verlag, Zurich, 1997
- 2 Photo d'usine, JRG, Sissach
- 3 Photo d'usine, Domotec SA, Aarburg
- 4 Equipe d'auteurs, dont R. Hofer, BK 3000, SSIV-Verlag, Zurich 1997
- 5 Equipe d'auteurs, dont R. Hofer, BK 3000, SSIV-Verlag, Zurich 1997
- 6 Equipe d'auteurs, dont R. Hofer, BK 3000, SSIV-Verlag, Zurich, 1997
- 7 RAVEL, Programme d'impulsion OFQC
- 8 Photo d'usine, JRG, Sissach
- 9 Dessin, R. Hofer
- 10 RAVEL, Programme d'impulsion OFQC
- 11 Equipe d'auteurs, dont R. Hofer, BK 3000, SSIV-Verlag, Zurich, 1997
- 12 Photo d'usine, Biral, Bieri SA, Münsingen
- 13 Photo d'usine, ARWA, Wallisellen
- 14 RAVEL, Programme d'impulsion OFQC
- 15 Photo d'usine, JRG, Sissach
- 16 Photo d'usine, GWF, Lucerne
- 17 Dessin, Raychem AG, Baar
- 18 Dessin, Raychem AG, Baar
- 19 Photo d'usine, KWC, Unterkulm
- 20 Photo d'usine, KWC, Unterkulm
- 21 Instructions de service, KWC, Unterkulm
- 22 Instructions de service, KWC, Unterkulm
- 23 Photo d'usine, KWC, Unterkulm
- 24 PACER, Programme d'impulsion OFQC

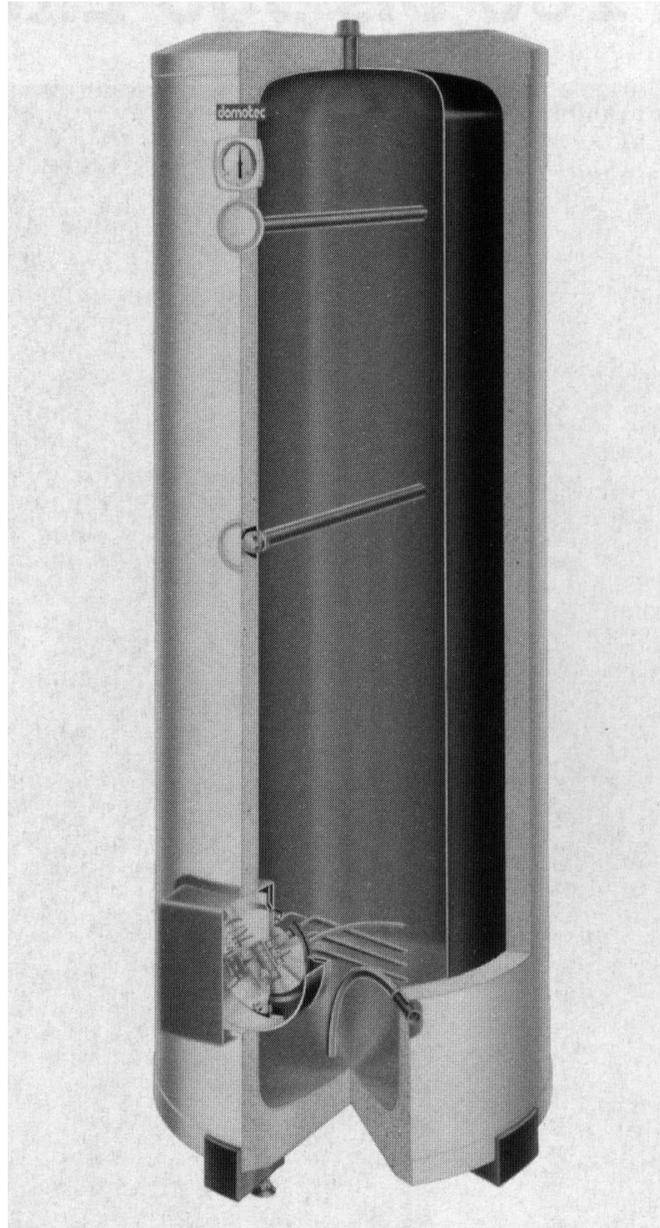
Texte

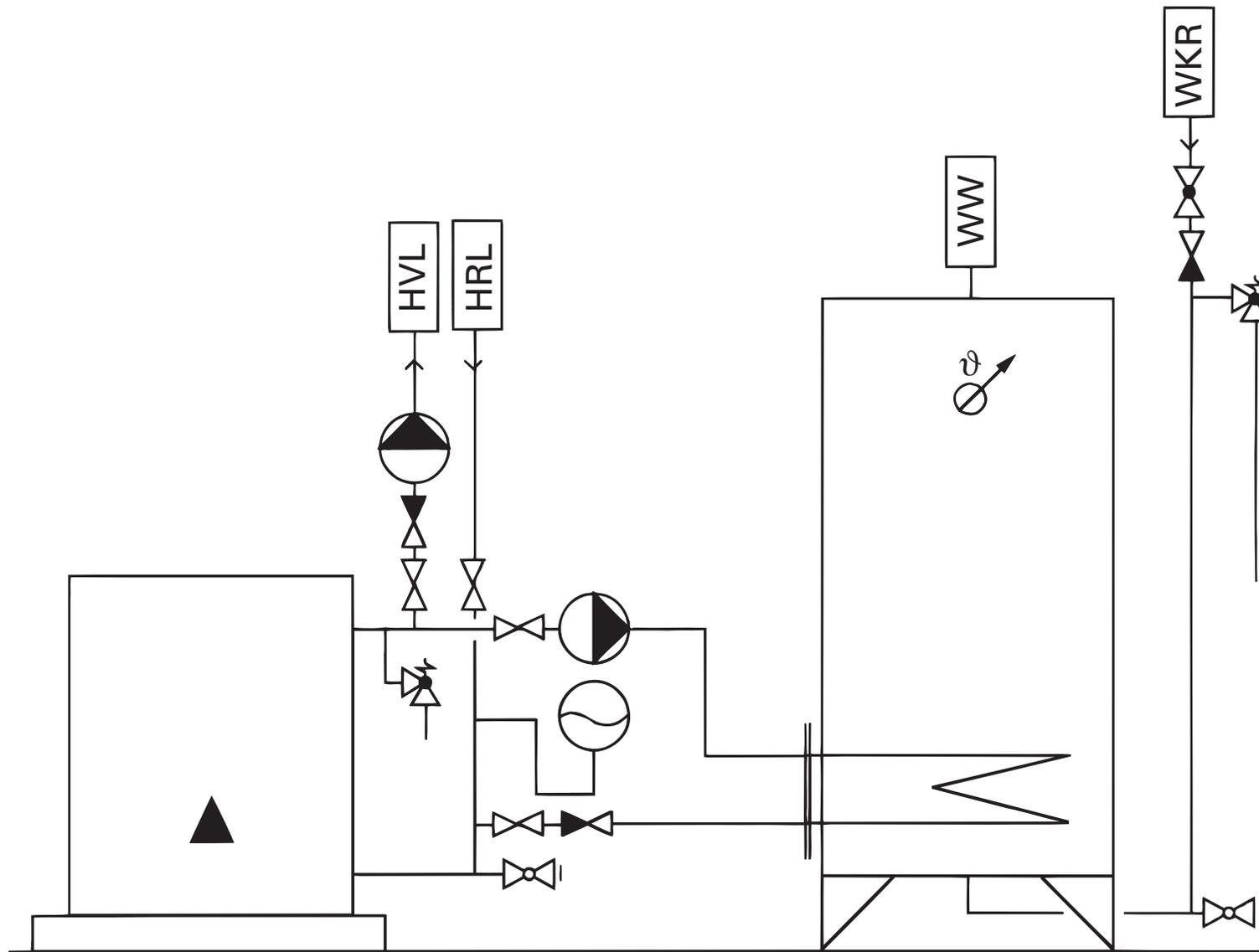
Rainer Hofer

8 Modèles



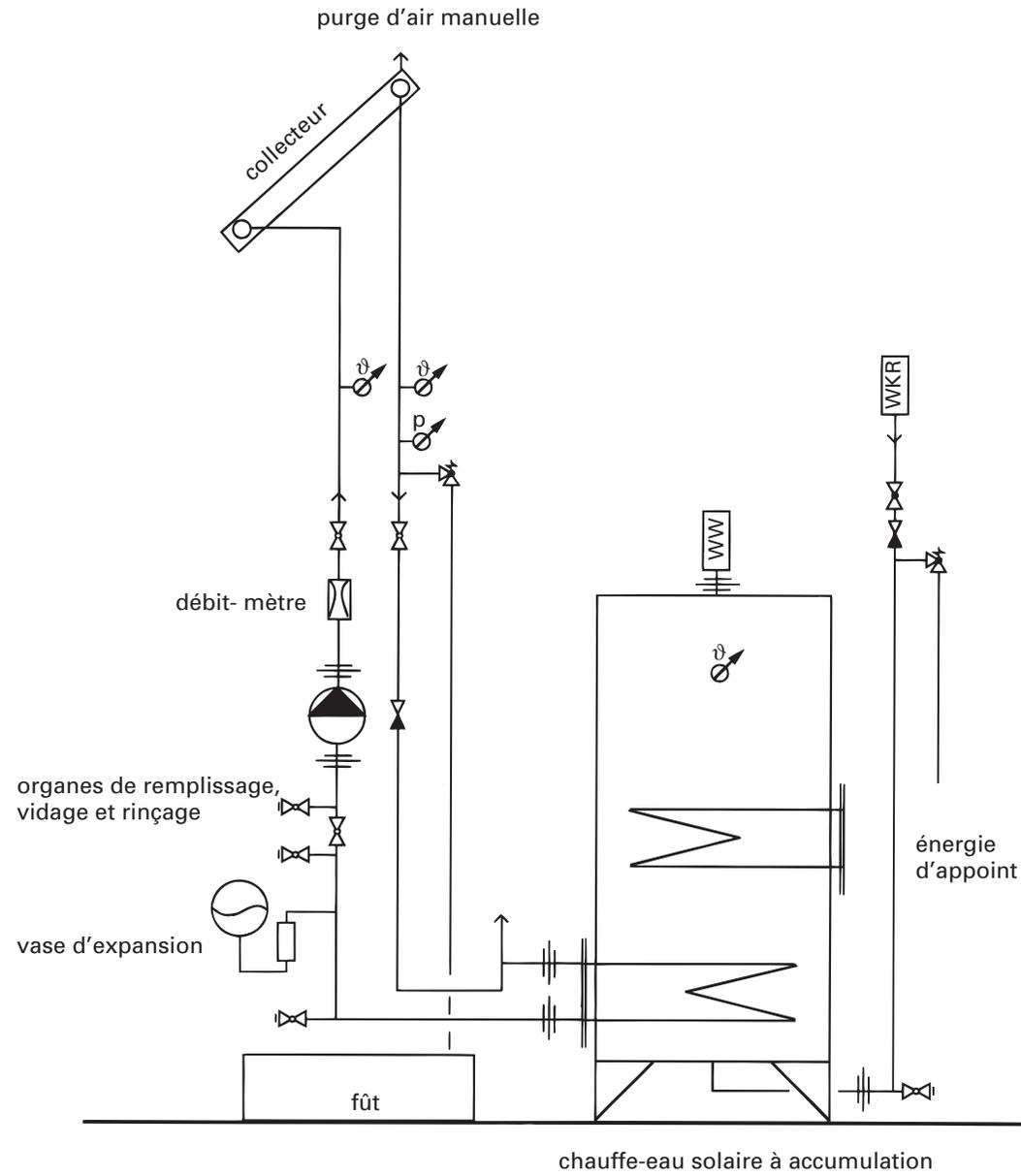


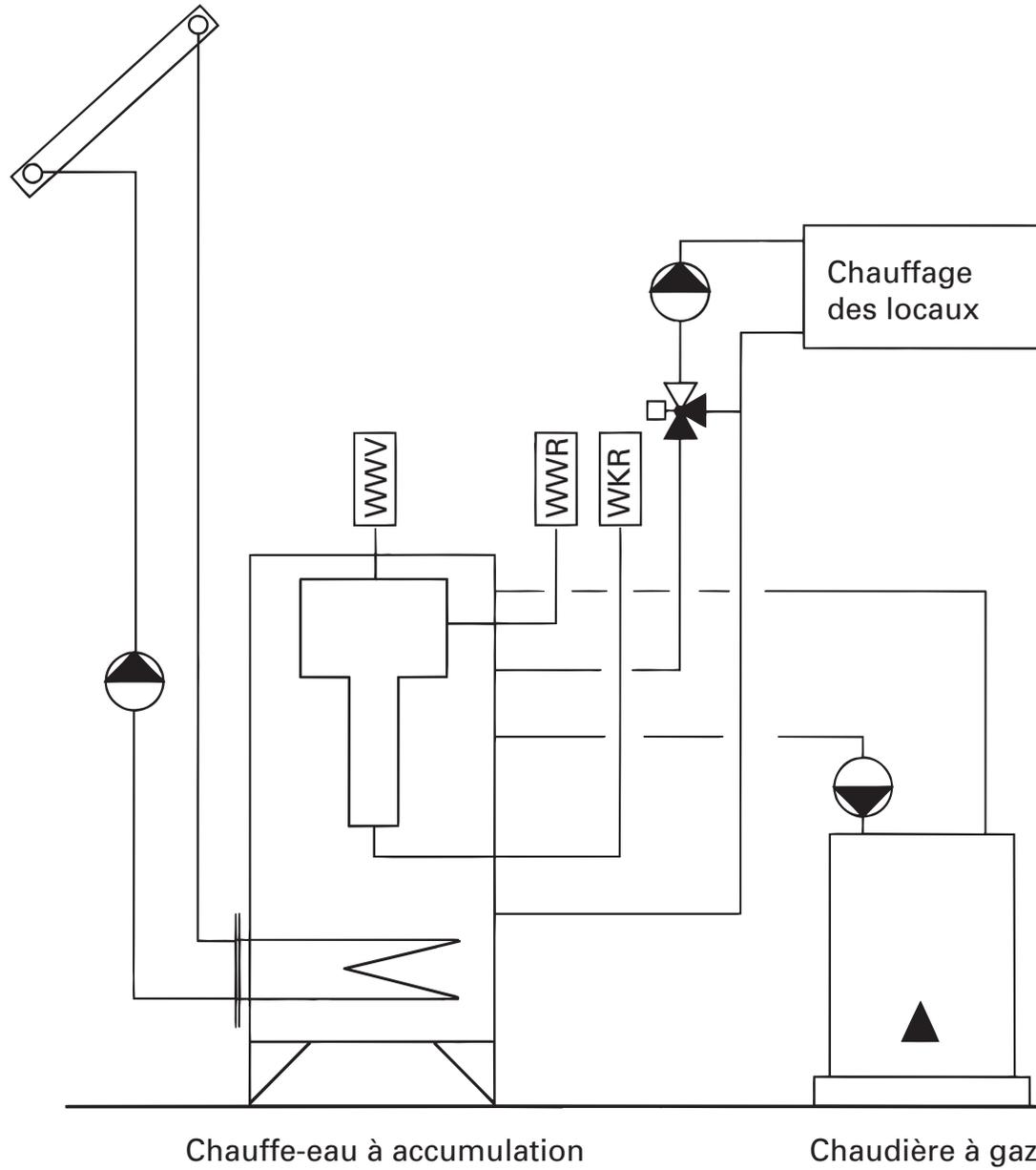


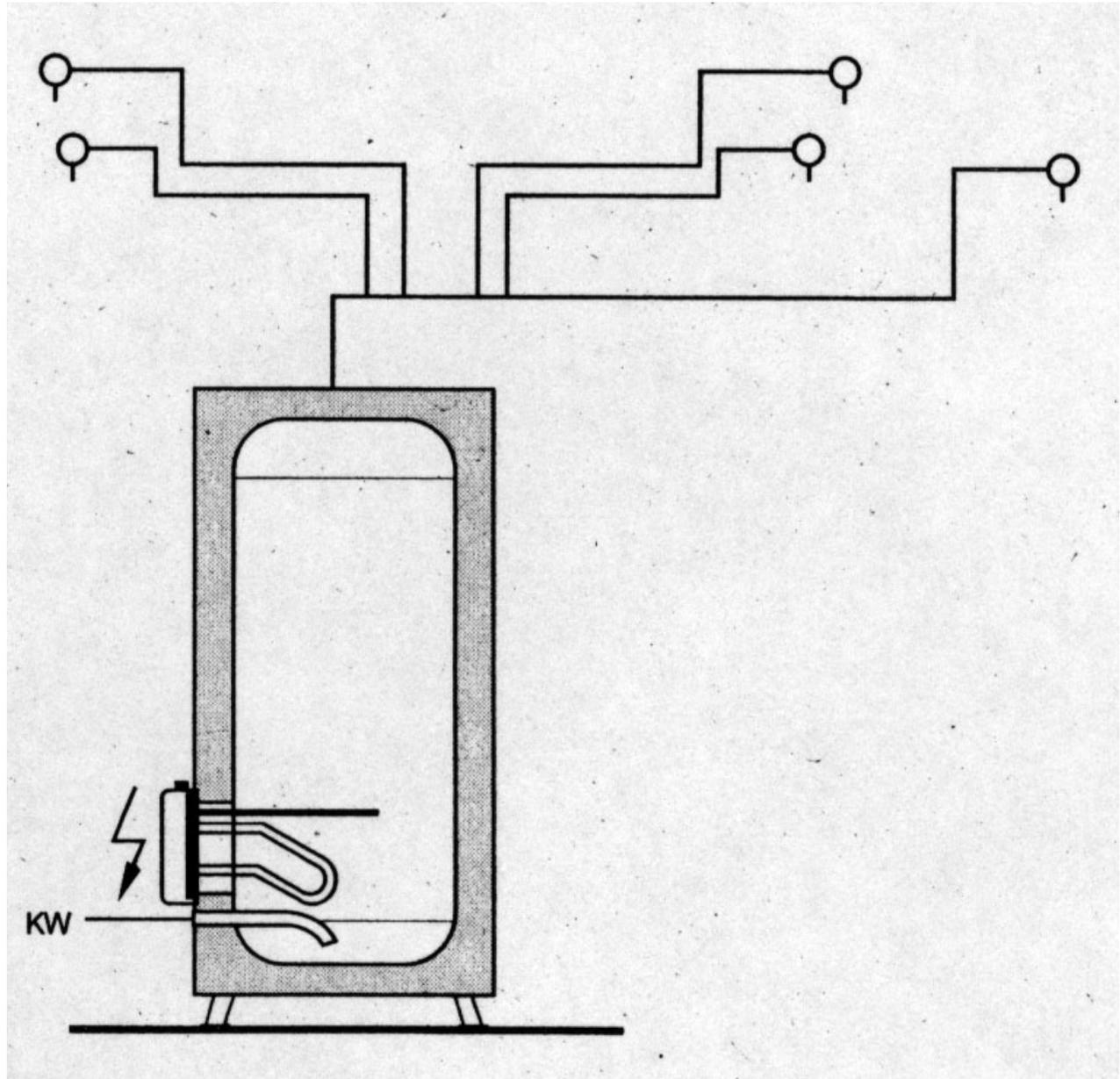


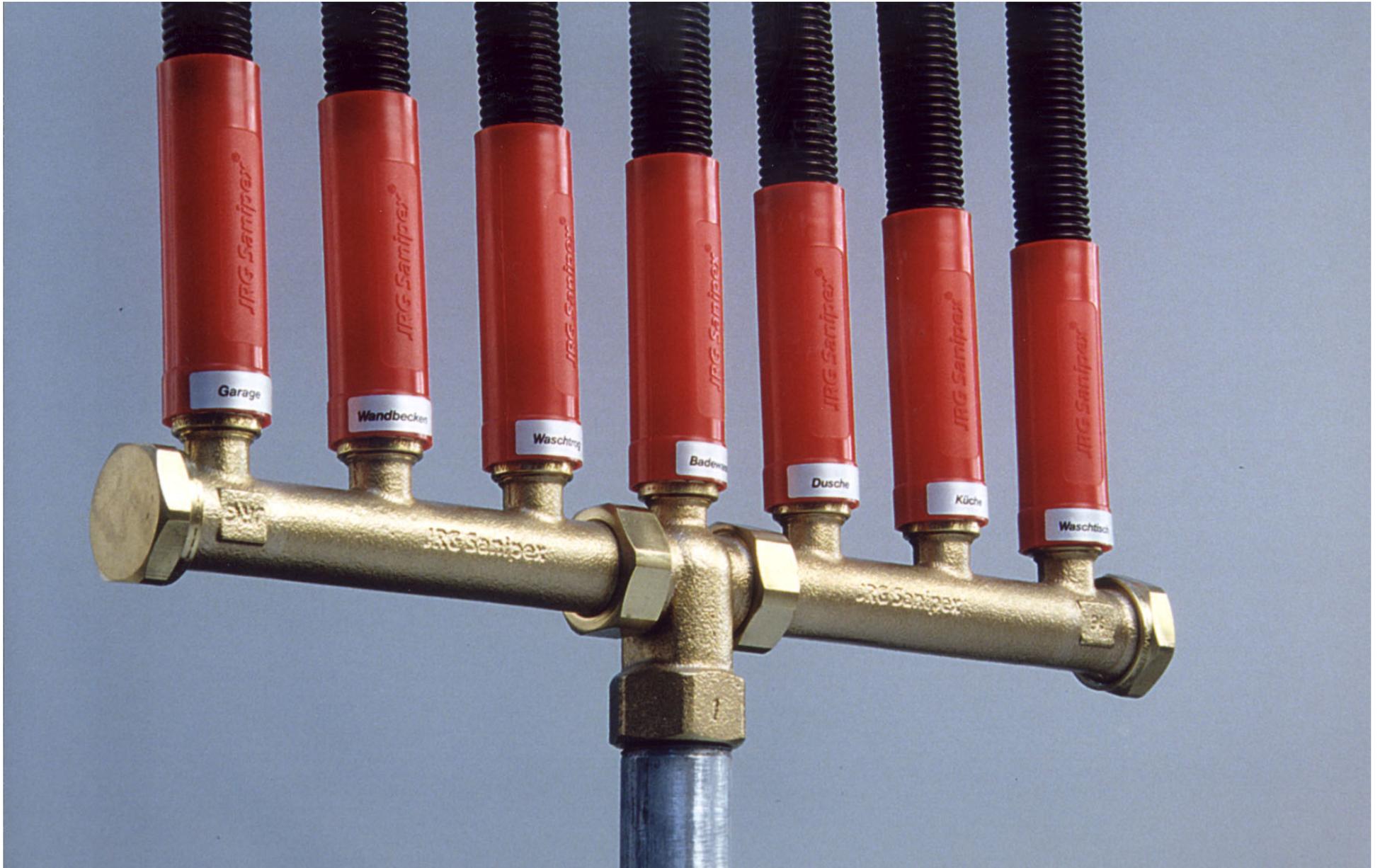
Chaudière à gaz

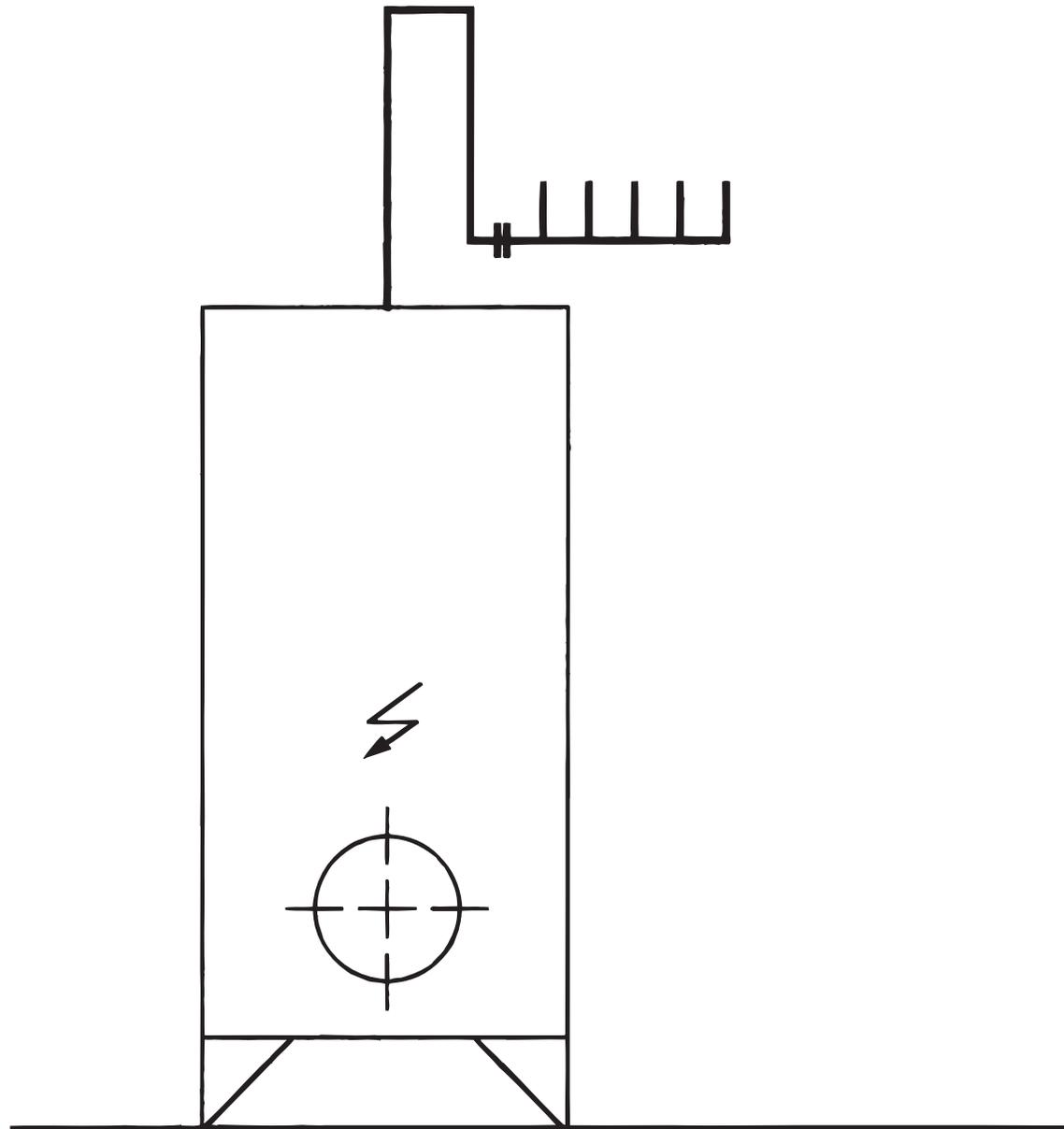
Chauffe-eau à accumulation

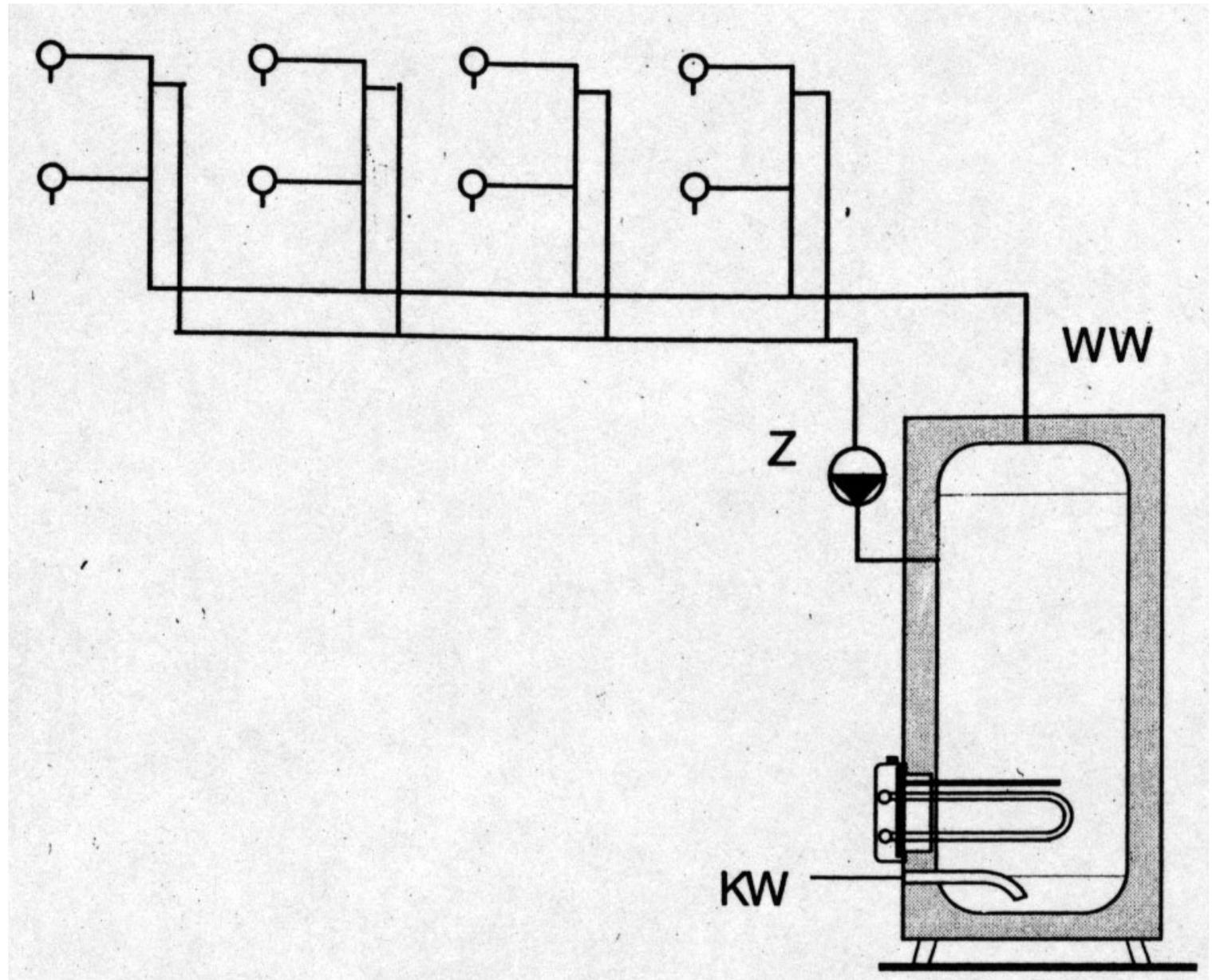


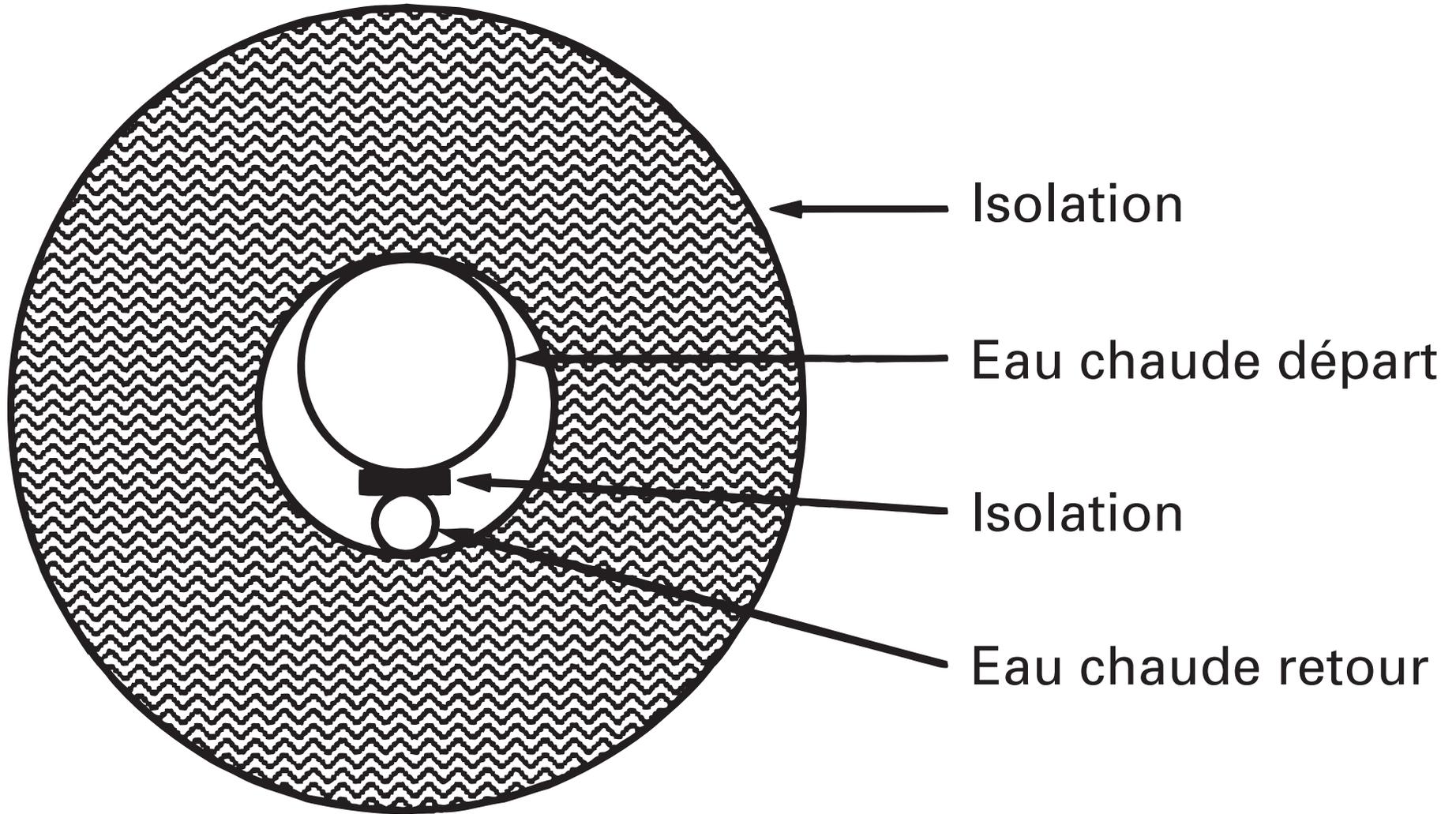




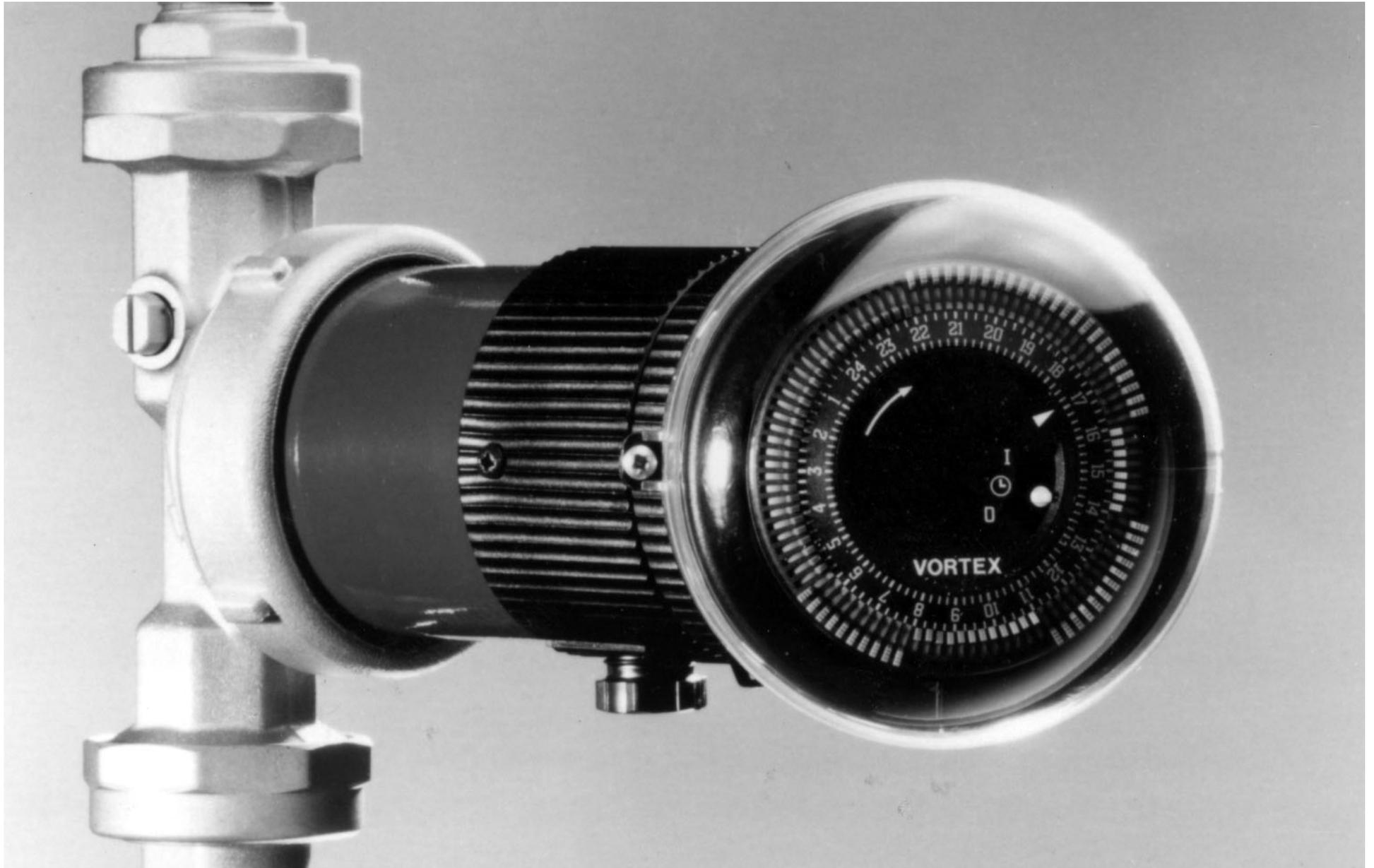


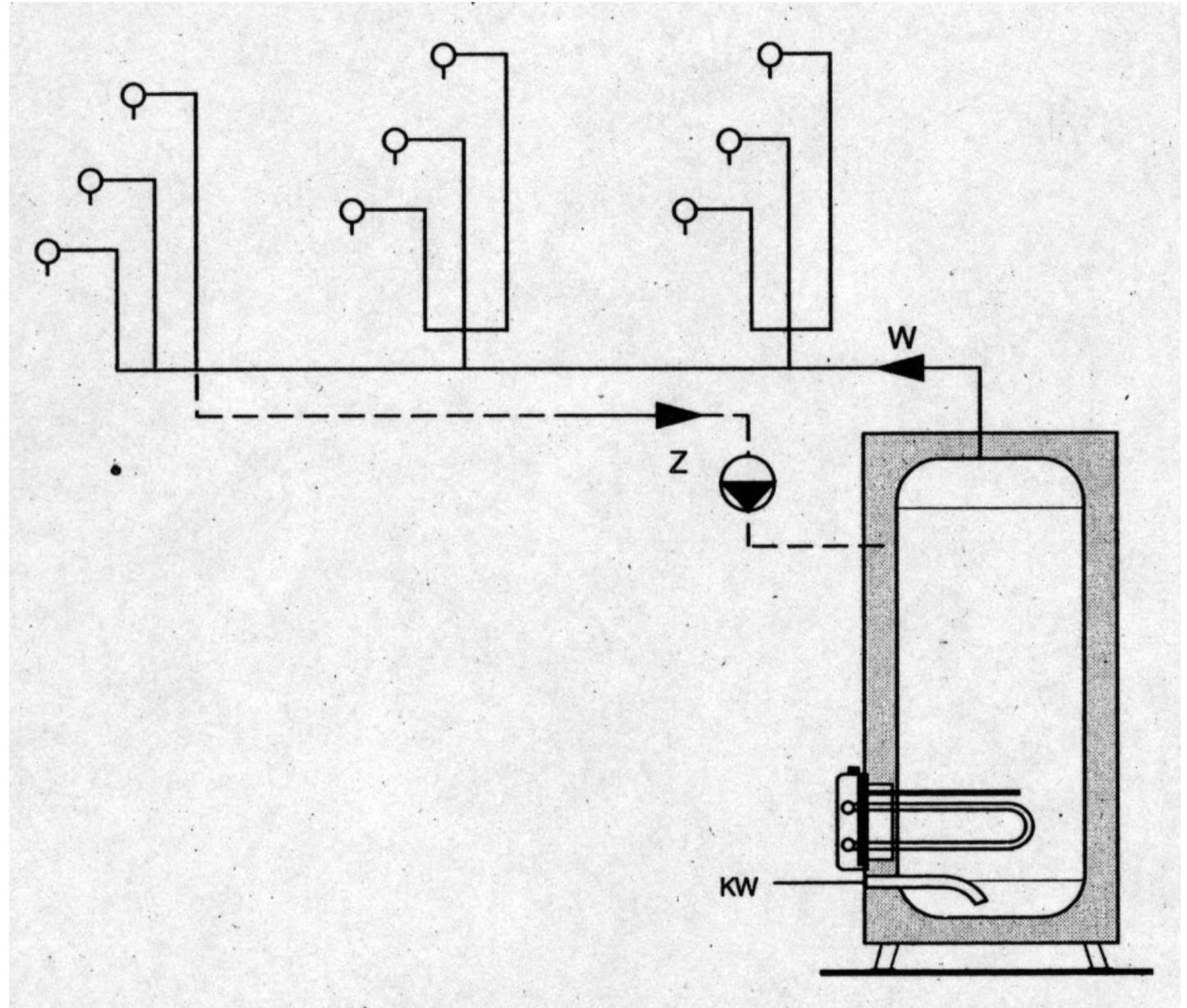


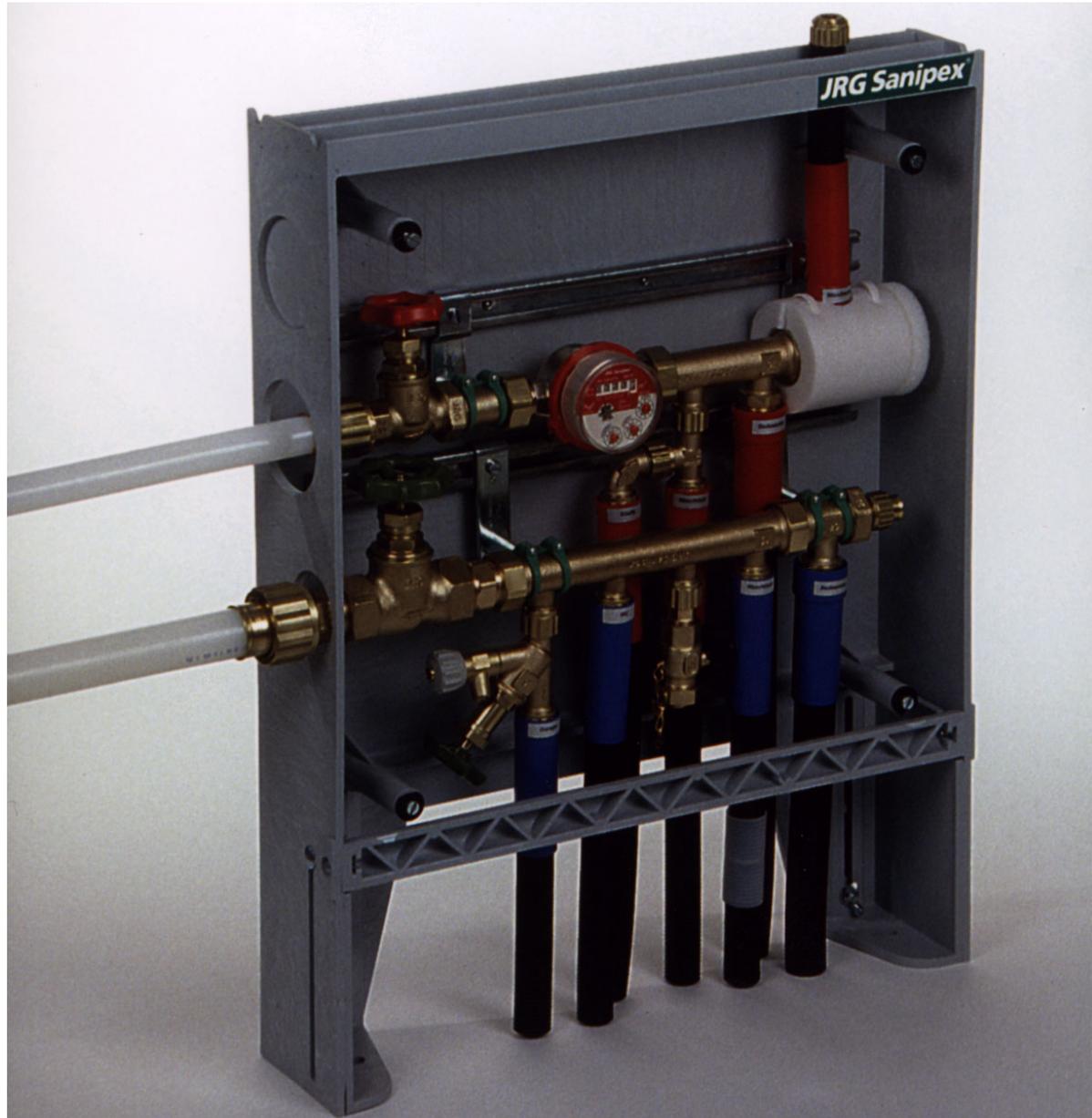




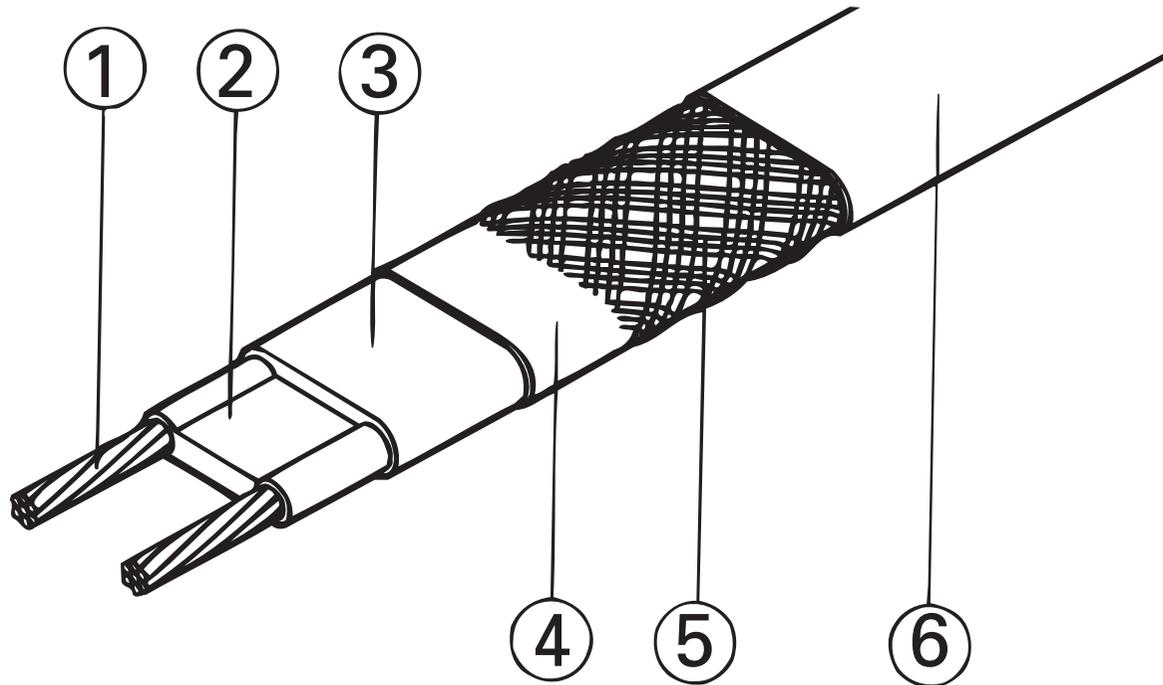




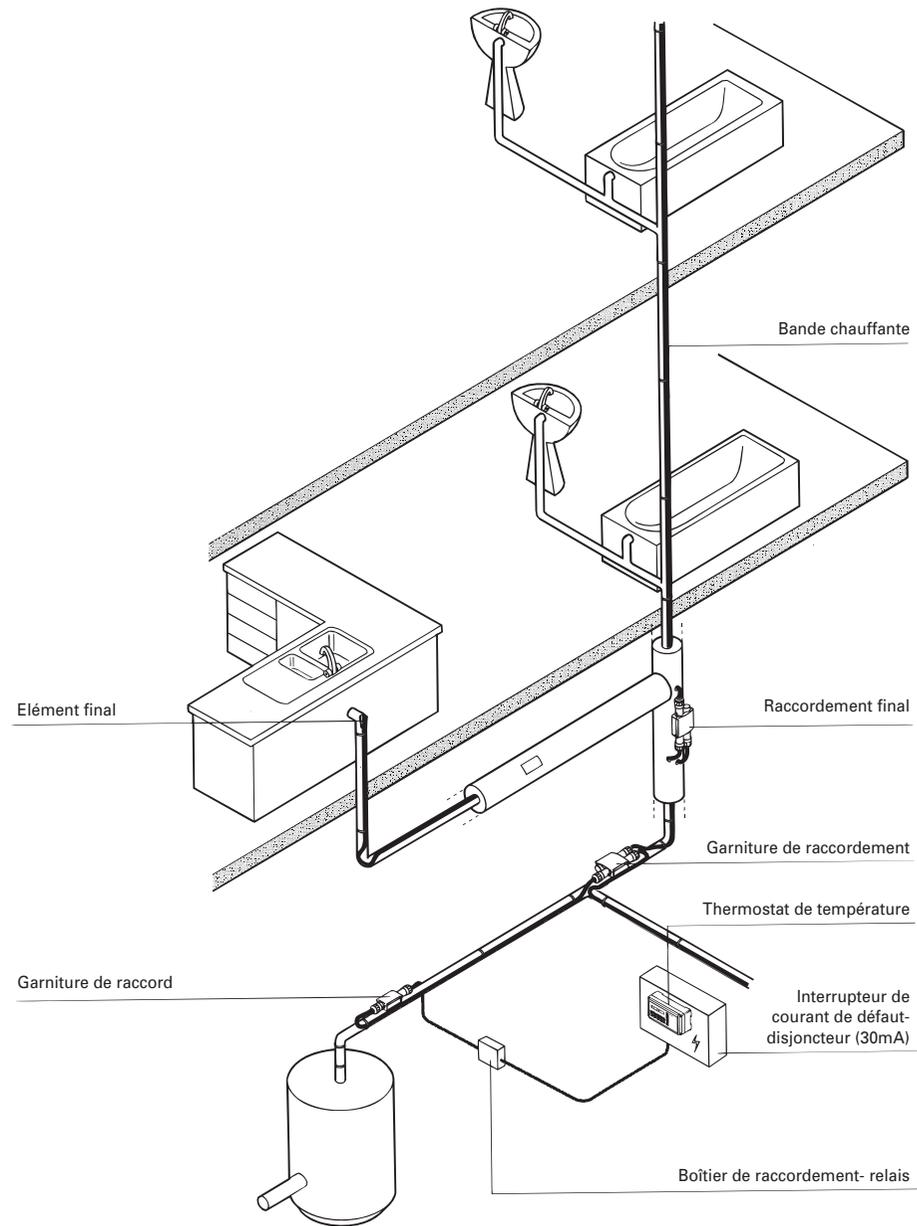






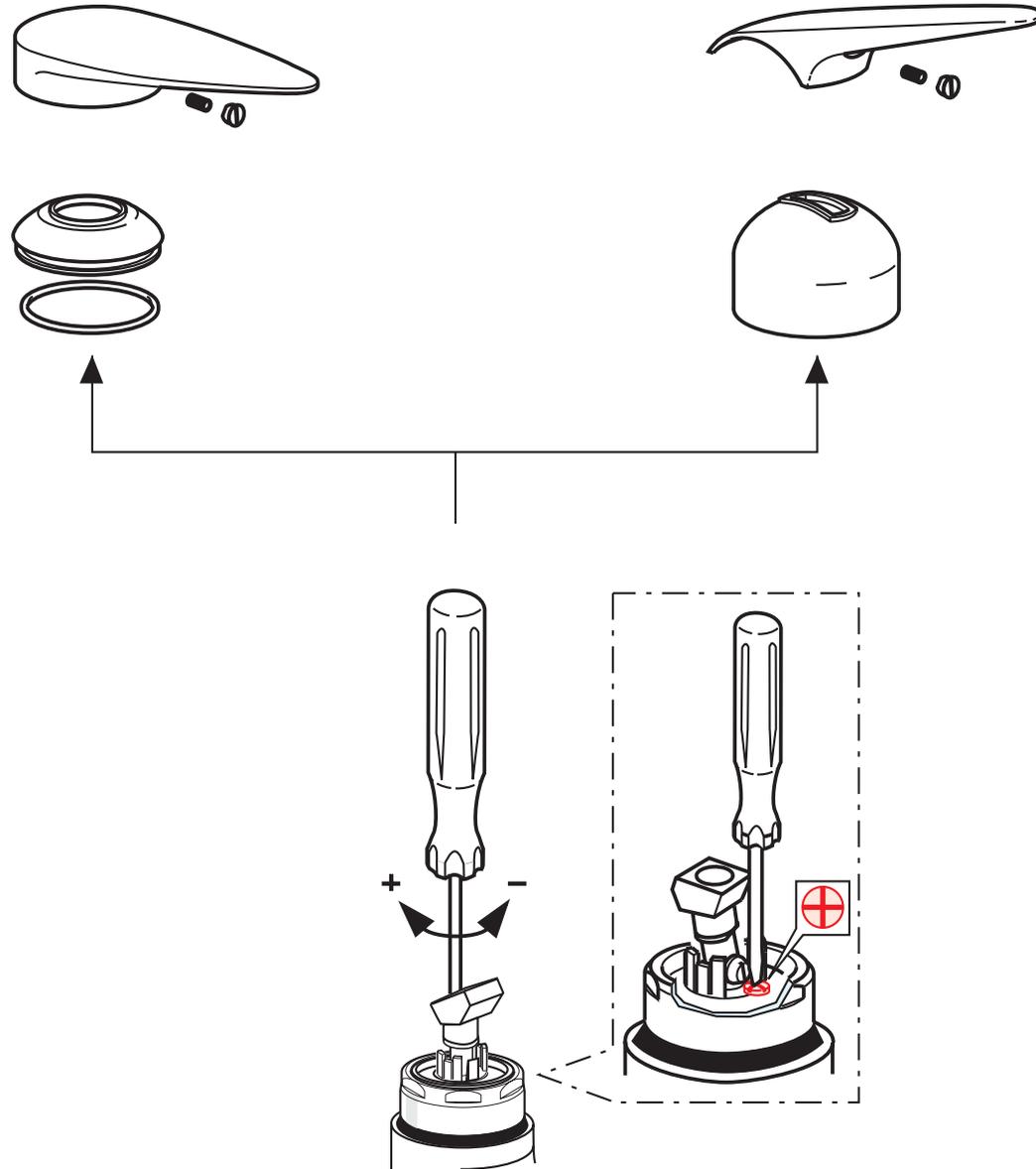


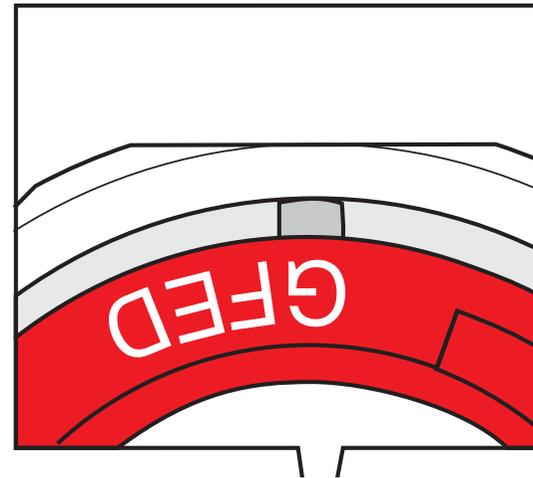
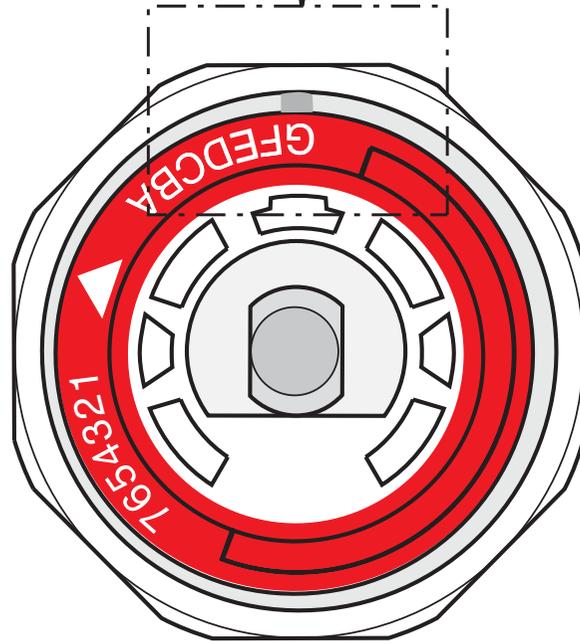
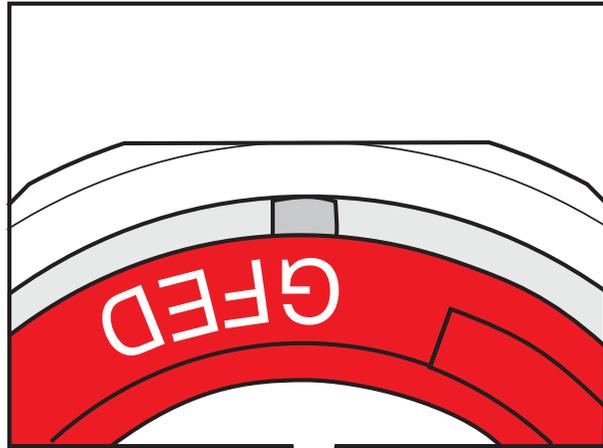
- 1 câble conducteur cuivre (1,2mm²)
- 2 élément chauffant auto régulant
- 3 isolation en polyoléfine modifié
- 4 feuille d'aluminium laminée
- 5 treillis de protection en tresse de cuivre zingué
- 6 gaine de protection en polyoléfine modifié



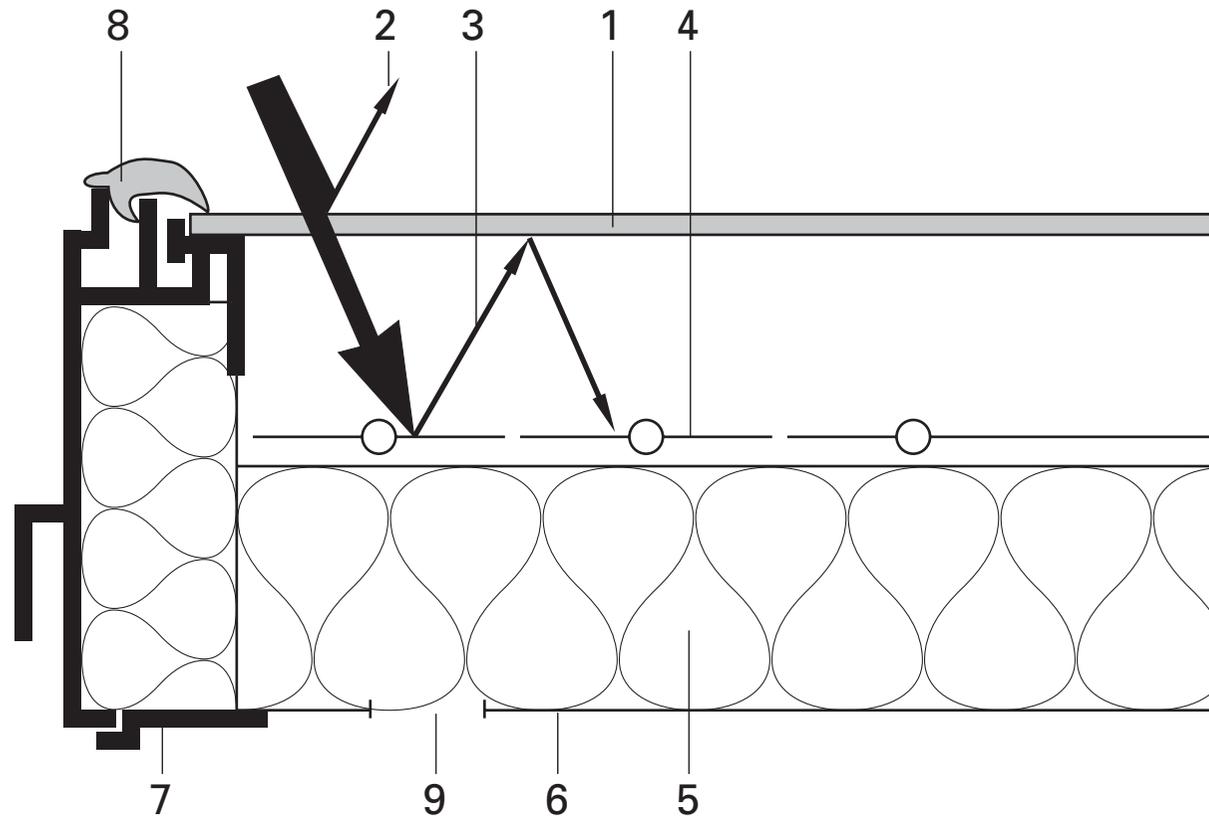












- 1 recouvrement transparent
- 2 rayonnement réfléchi
du recouvrement
- 3 rayonnement réfléchi
par l'absorbant
- 4 absorbant

- 5 isolant thermique
- 6 plaque de base
- 7 cadre
- 8 étanchéité
- 9 ouverture d'aération