

RUBANS CHAUFFANTS ÉLECTRIQUES

MAINTIEN EN TEMPÉRATURE ET PROTECTION CONTRE LE GEL

LES RUBANS CHAUFFANTS PERMETTENT DE MAINTENIR EN TEMPÉRATURE ET DE PROTÉGER CONTRE LE GEL CONDUITES D'EAU ET GOUTTIÈRES. POUR ÉVITER UN GOUFFRE ÉNERGÉTIQUE, IL FAUT ANALYSER LA SITUATION, PLANIFIER MINUTIEUSEMENT LES INSTALLATIONS ET UTILISER LES TECHNIQUES LES PLUS MODERNES.

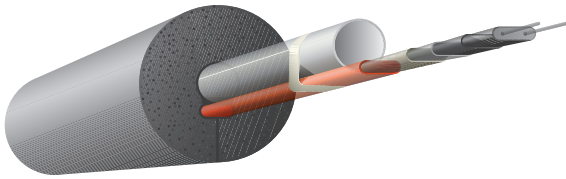
NOUS TRAITERONS ICI DES DEUX APPLICATIONS SUIVANTES :

A) Maintien en température des conduites d'ECS et **B)** Protection contre le gel de conduites d'eau et de gouttières

CONSEILS DE BASE POUR LES DEUX APPLICATIONS

EXAMINER LES VARIANTES ; RESPECTER LES PRESCRIPTIONS

N'oublions pas que l'électricité est la forme la plus noble de l'énergie. Il est souvent judicieux de vérifier qu'il n'existe pas un autre moyen de résoudre le problème du maintien en température ou de la protection contre le gel. Par ailleurs, il ne faut pas enfreindre les exigences légales concernant par exemple l'isolation continue des conduites d'ECS et le chauffage d'éléments en plein air. Il faut également tenir compte des aspects écologiques, p. ex. des sources d'énergie et des matériaux.



Source : Martina Wyss, www.mawys.ch

IMPORTANCE D'UNE BONNE RÉGULATION

S'il s'avère, après analyse de la situation, que le ruban chauffant (fig. 1) est effectivement la meilleure solution, il faut veiller à la qualité du système de régulation pour minimiser la consommation d'électricité. Lorsqu'ils sont performants, ces systèmes permettent d'ajuster en permanence la puissance de chauffage aux besoins effectifs. Ils sont aussi capables de s'enclencher et de se déclencher dans des conditions précises. Pour les problèmes de protection contre le gel, l'effet d'autorégulation n'est pas assez précis car, dans cette zone de températures, la conductibilité ne se modifie guère (cf. Caractéristiques des rubans chauffants, fig. 7).

- Quoique plus chers, les régulateurs modernes basés sur des microprocesseurs fonctionnent bien mieux que de simples systèmes de commande électroniques. Ils permettent de telles économies d'électricité que leur surcoût est amorti en quelques années.

- Il est possible de réduire la tension d'exploitation au moyen de régulateurs, ce qui permet de diminuer la température de maintien des rubans chauffants.
- Pour les rubans équipant les gouttières, il n'est pas suffisant de prévoir des thermostats électromagnétiques, car ces derniers s'enclenchent aussi par temps sec (cf. chapitre intitulé : Protection contre le gel de conduites et gouttières).
- Le bon fonctionnement de l'installation dépend aussi des compétences professionnelles mises en œuvre lors de l'installation et de la programmation du système de régulation. Il s'agit notamment de placer les sondes correctement. Les fabricants sont en général de bon conseil à ce propos.

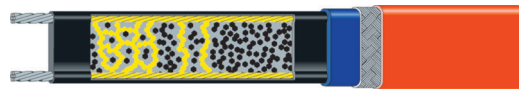


Fig. 1 : Vue et structure d'un ruban chauffant électrique autorégulant. La perméabilité des différentes couches du ruban induit des variations de conductibilité et un effet d'autorégulation. (A gauche, la température est plus fraîche, appelant une puissance plus grande ; à droite, la température est moins fraîche, nécessitant une puissance moins élevée). Source : Raychem/Pentair Thermal Management

PRENDRE SOIN DE COMPARER PLUSIEURS SYSTÈMES

Lors de la comparaison entre les systèmes à rubans chauffants et d'autres solutions, il faut tenir compte de l'ensemble des coûts, pendant toute la durée de vie probable de l'installation, en les capitalisant ou en calculant correctement les annuités :

- Coûts d'investissement pour les installations techniques du bâtiment, y compris l'isolation des conduites et les équipements électriques.
- Coûts d'investissement ou variations de ces coûts suivant les différentes solutions possibles (p.ex. renoncer aux rubans).
- Frais d'exploitation – notamment coûts de l'énergie – auxquels on appliquera des facteurs de renchérissement réalistes.



suisse énergie

Notre engagement : notre futur.

A) MAINTIEN EN TEMPÉRATURE DES CONDUITES D'ECS

La norme SIA 385/1 (« Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Bases générales et exigences ») spécifie les temps de réponse (appelés retards au soutirage) pour les installations de distribution d'ECS. Il n'est possible de répondre à ces exigences que par des systèmes de maintien artificiel du réseau en température – à moins qu'il s'agisse d'installations particulièrement compactes dans des villas. La méthode classique est d'établir un système de circulation (fig. 3). Mais il est possible de réduire significativement les pertes de chaleur en adoptant un système de retour « tube contre tube » (fig. 2) en lieu et place du retour par conduite séparée.

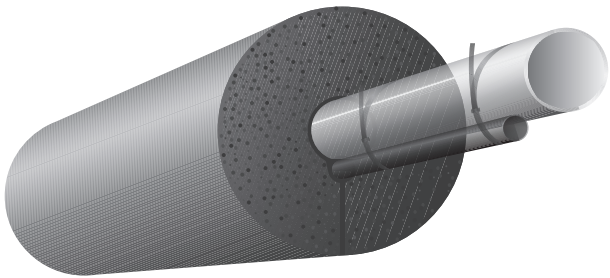


Fig. 2: Retour « tube contre tube ». Source: Martina Wyss, www.mawy.ch

PLANIFIER CORRECTEMENT LES RUBANS CHAUFFANTS N'EST PAS SIMPLE

- Il est très important de calculer correctement la température de maintien des conduites et de choisir un type de ruban chauffant adapté aux circonstances. L'effet autorégulateur ne fonctionne que dans une certaine fourchette de températures. Si la température de maintien est fixée à un niveau trop élevé (p.ex. plus élevé que la température de l'ECS à l'entrée de l'installation de distribution), la consommation d'électricité

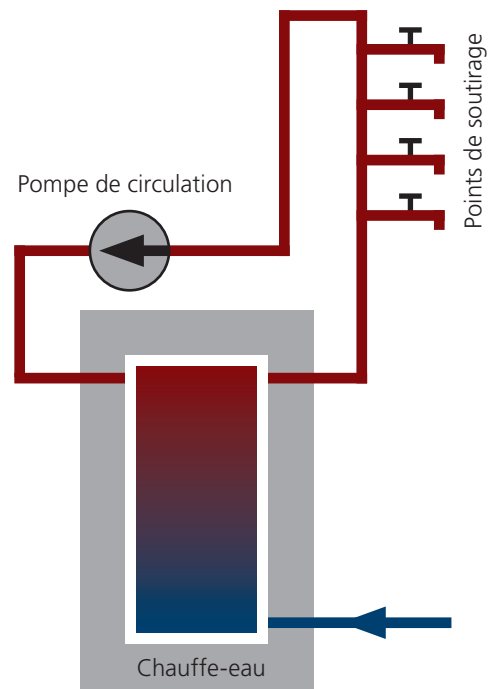


Fig. 3: Système de circulation (schéma). Source: Martina Wyss, www.mawy.ch

peut augmenter fortement, car les conduites sont alors surchauffées en permanence par le ruban électrique. Il vaut mieux installer un régulateur, qui permettra de réduire de manière ciblée la température de maintien. Les surcoûts seront minimes en regard des économies réalisées.

- En complément aux efforts d'optimisation de la température de maintien, il est possible d'installer une commande par microprocesseur (fig. 4), qui permet d'abaisser cette température à certaines heures de la journée. Un tel système peut

RUBANS CHAUFFANTS VERSUS SYSTÈMES DE CIRCULATION: AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

| AVANTAGE DES RUBANS | INCONVÉNIENTS DES RUBANS |
|--|--|
| Pas de conduites de retour nécessaires, d'où économie d'espace et faibles pertes de chaleur. Toutefois les différences s'estompent lorsqu'on compare le ruban avec le système de retour « tube contre tube ». | Les rubans chauffants peuvent constituer le plus gros poste de consommation d'électricité du ménage, notamment lorsque l'isolation des conduites n'est pas continue et qu'elle répond à des exigences minimales. Étant donné que la consommation d'électricité des rubans n'est pas mesurée de manière distincte, ce phénomène passe souvent inaperçu. |
| Pas de mélange avec l'eau de retour, ni de refroidissement de l'accumulateur par cette eau. (Notons que cet effet de « contamination » peut être réduit au minimum par des dispositifs adéquats). Ce phénomène doit être pris en compte dans des systèmes sensibles aux variations de température, tels que les pompes à chaleur ou les capteurs solaires. | Il est très difficile, voire impossible, de réparer des rubans chauffants défectueux, notamment lorsque les conduites sont intégrées dans les dalles et les murs en béton. Il est dès lors particulièrement coûteux d'installer un système de circulation a posteriori. |
| | Électricité: impossible de modifier ultérieurement l'agent énergétique, notamment en cherchant à introduire des énergies renouvelables (capteurs solaires, pompes à chaleur ou chaudières à bois). |

CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

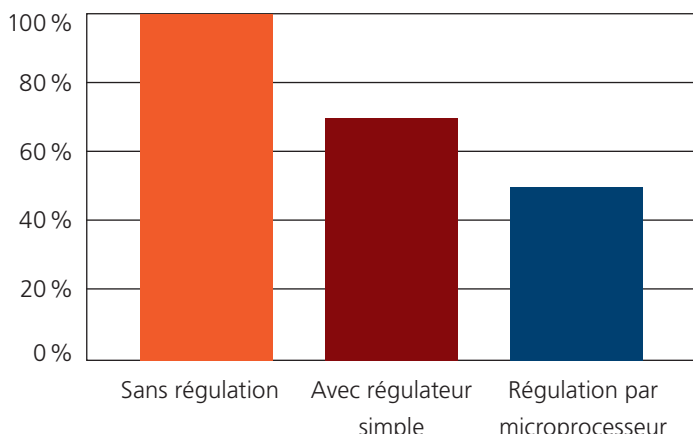


Fig. 4 : Consommation d'électricité de rubans chauffants, autorégulants ou pilotés par microprocesseur. Source : Raychem/Pentair Thermal Management

même enregistrer les habitudes spécifiques des utilisateurs. Son prix est nettement plus élevé que de simples régulateurs électroniques. Lorsque le diamètre des conduites augmente, le temps de rétablissement de la température de maintien après une période d'abaissement peut être assez long (deux heures ou plus). Il s'agit de tenir compte de ce fait lors de la programmation. En cas de soutirage d'ECS hors des périodes de préchauffage au moyen du ruban (donc lorsque la conduite est froide), le retard au soutirage peut être très long. Cette situation peut être problématique dans les immeubles collectifs.

ORGANISER INTELLIGEMMENT LA DISTRIBUTION D'ECS

- Limiter le plus possible les tronçons d'ECS à maintenir en température (p.ex. en se contentant de chauffer les conduites situées au sous-sol ou jusqu'à la distribution entre logements). Il s'agit néanmoins de respecter les retards au soutirage spécifiés dans la norme SIA 385/1, qui sont de 10 secondes pour un réseau maintenu en température, et de 15 secondes pour un réseau qui ne l'est pas. Si l'architecte collabore avec l'installateur sanitaire à un stade précoce du projet, il est plus facile de trouver une solution optimale. En effet, une disposition intelligente des locaux sanitaires permet de limiter les pertes



Fig. 5 : Une telle disposition crée un « bouchon de froid » et entraîne de grandes pertes thermiques malgré la présence du ruban chauffant. L'isolant devrait être continu et ne laisser que deux petites ouvertures, l'une pour la vanne et l'autre pour l'écran du compteur. Photo : J. Nijpkow

thermiques. Les exigences de la norme SIA 385/2 (« Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Besoins en eau chaude, exigences globales et dimensionnement ») concernant les pertes thermiques doivent être respectées.

- Isoler les conduites de bout en bout en appliquant au moins les épaisseurs d'isolant prescrites par la norme SIA 385/1 (cf. tab. 1).
- D'après la norme SIA 385/1 (avec son correctif), la conduite alimentant l'évier de la cuisine peut être isolée légèrement. Cela augmente le confort des utilisateurs qui soutirent souvent de l'ECS à intervalles rapprochés. L'isolation limite la consommation d'énergie due aux pertes d'eau au soutirage.

CONSEILS POUR LA POSE DE RUBANS CHAUFFANTS DESTINÉS AU MAINTIEN EN TEMPÉRATURE

- Il est inconcevable de laisser un tronçon de ruban chauffant apparent. L'isolant doit être continu (mauvais exemple, fig. 5).
- Entre l'accumulateur et les conduites équipées d'un ruban chauffant, il ne doit pas exister de « bouchon de froid » (fig. 6).
- Parmi tous les rubans chauffants disponibles, toujours choisir le produit le plus adéquat offrant la fourchette correcte de températures. Si le ruban chauffe trop sur une conduite bien isolée, la température résultante sera trop élevée (fig. 7). Inversement, la température ne peut pas descendre en-dessous de 55 degrés en raison des risques de prolifération de légionelles.
- Les éléments de liaison sur les rubans chauffants ne devraient pas être montés directement sur des conduites chaudes. Il s'agit d'observer les indications du fournisseur.

| DIAMÈTRE EXTÉRIEUR D_A , [MM] | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 |
|--|----|----|----|----|-----|
| Coefficient de conductivité thermique λ (Lambda) W/(m·K) | | | | | |
| 0,015 | 11 | 12 | 14 | 16 | 19 |
| 0,020 | 18 | 20 | 23 | 26 | 29 |
| 0,025 | 28 | 31 | 34 | 38 | 42 |
| 0,030 | 42 | 45 | 49 | 53 | 58 |
| 0,035 | 60 | 63 | 68 | 72 | 78 |
| 0,040 | 72 | 88 | 92 | 97 | 103 |

Tab. 1 : Épaisseur minimale d'isolant pour les conduites de distribution d'ECS, en mm, selon la norme SIA 385/1 (extrait)

Remarque concernant les valeurs λ dans le tableau 1 :

A l'heure actuelle (2016), les matériaux les plus courants pour isoler des conduites d'ECS sont notamment le polyisocyanure PIR, $\lambda = 0,025$ W/(m·K) ou la laine de pierre $\lambda = 0,035$ W/(m·K), cette dernière étant à privilégier en raison de sa résistance au feu. Dans un futur proche, de nouveaux matériaux isolants seront disponibles, tels que les aérogels ou les isolations sous vide, possédant des valeurs λ encore plus basses.

- Ne pas hésiter à choisir le meilleur système de régulation, qui permettra à coup sûr des économies d'énergie substantielles (cf. plus haut). Le système devrait toujours être réglé pour répondre aux besoins effectifs.
- Dans ses conditions générales, la norme SIA 385/2 (Limitation des pertes dans les accumulateurs et les conduites de distribution) pondère d'un facteur 2,5 l'énergie électrique auxiliaire, ce qui s'applique aussi aux rubans chauffants électriques. Il s'agit de calculer les consommations d'électricité conformément à cette norme. Lors d'essais, il s'est avéré que les rubans chauffants consommaient à peu près autant que des systèmes performants de circulation « tube contre tube ».

Si l'on équipe des conduites de distribution d'ECS d'un ruban chauffant d'une puissance supérieure à celle indiquée dans l'abaque de la figure 7, on court le risque d'induire des températures de maintien trop élevées, ce qui provoquera inévitablement des pertes thermiques plus importantes. La norme SIA 385/1,

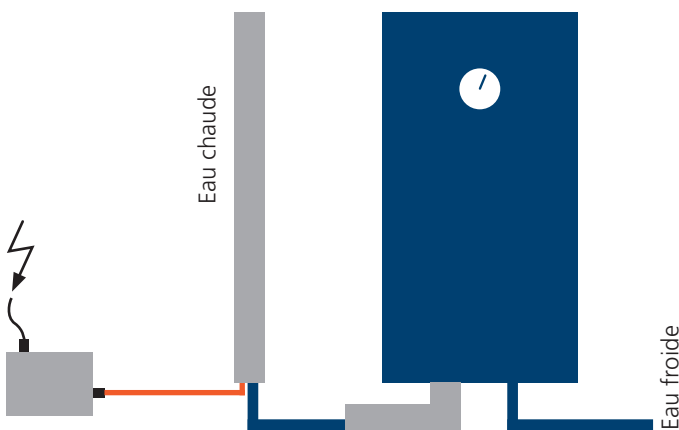
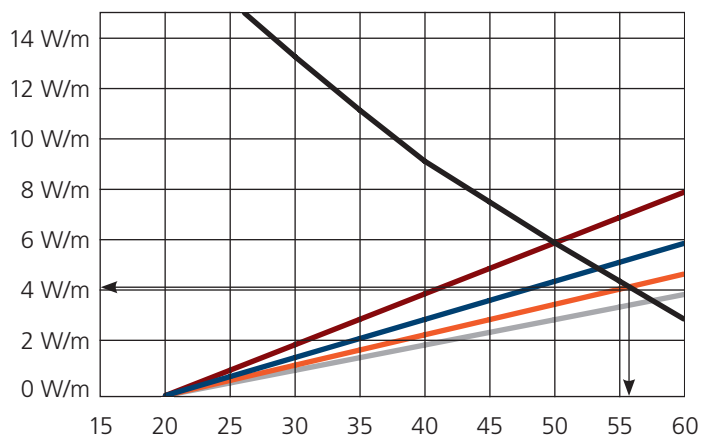


Fig. 6 : Le tronçon inférieur de conduite n'est pas équipé d'un ruban chauffant. Il se refroidit malgré la présence de l'isolant. Le ruban chauffant devrait être installé dès la sortie de l'accumulateur et l'ensemble devrait être isolé en continu.

ainsi que le Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) n'admettent plus que dans de rares cas ($D_a > 60\text{mm}$) des isolants dont les pertes thermiques sont $\geq 0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Le tableau 2 présente des exemples de conduites et de matériaux isolants courants (avec leurs valeurs λ), dont l'épaisseur répond aux exigences minimales de la norme SIA 385/1.

CARACTÉRISTIQUES DES RUBANS CHAUFFANTS ET POINTS DE FONCTIONNEMENT



- Rubans chauffants pour l'alimentation en ECS
- 0,20 W/(m·K) / 20 °C
- 0,15 W/(m·K) / 20 °C
- 0,12 W/(m·K) / 20 °C
- 0,10 W/(m·K) / 20 °C

Fig. 7 : Caractéristiques des rubans chauffants et points de fonctionnement : relation entre les pertes thermiques (fonction du diamètre des tuyaux et de l'épaisseur de l'isolant) et la température de maintien qui en découle, d'une part, et la puissance absorbée [W/m] du ruban chauffant, d'autre part.

Les courbes de pertes thermiques des conduites indiquent, sur l'échelle verticale [W/m], les déperditions effectives pour une température de conduite donnée : p.ex. : 4,2 W pour 0,12 W/(m·K) à une température de conduite de 56 degrés. (Remarque : l'unité [W/(m·K)] ne correspond pas, dans le cas présent, à la valeur λ de l'isolant, mais à la perte thermique de la conduite par mètre courant et degré Kelvin de différence de température).

Le ruban chauffant illustré par la figure 7 indique, pour des épaisseurs d'isolant répondant aux normes, des températures de maintien entre 53 et 58 degrés. P.ex., pour une isolation de 0,1 W/(m·K) et une température de 57,6 degrés, la puissance dissipée est de 3,8 W. (cf. également tab. 2)

| DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DES TUYAUX D_a , [MM] | | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\lambda = 0,025 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ p.ex. : PIR | Épaisseur d'isolant min. selon SIA 385/1 [mm] | 28 | 31 | 34 | 38 | 42 |
| | Épaisseur disponible effectivement [mm] | 30 | 40 | 40 | 40 | 50 |
| | Pertes thermiques de la conduite pour l'épaisseur d'isolant disponible W/(m·K) | 0,098 | 0,096 | 0,108 | 0,122 | 0,124 |
| | Pertes thermiques en [W] pour un $\Delta T = 40\text{K}$ | 3,92 | 3,84 | 4,32 | 4,88 | 4,96 |
| $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ p.ex. : laine minérale | Épaisseur d'isolant min. selon SIA 385/1 [mm] | 60 | 63 | 68 | 72 | 78 |
| | Épaisseur disponible effectivement [mm] | 60 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| | Pertes thermiques de la conduite pour l'épaisseur d'isolant disponible W/(m·K) | 0,101 | 0,097 | 0,106 | 0,118 | 0,133 |
| | Pertes thermiques en [W] pour un $\Delta T = 40\text{K}$ | 4,04 | 3,88 | 4,24 | 4,72 | 5,32 |

Tab. 2 : Pertes thermiques effectives pour des conduites isolées par des matériaux courants possédant des coefficients de conductivité thermique λ spécifiques.

B) PROTECTION CONTRE LE GEL DE CONDUITES ET GOUTTIÈRES

RESPECTER LES EXIGENCES LÉGALES

La protection contre le gel dans le bâtiment est réglementée par les cantons, qui se sont mis d'accord, pour la plupart, sur la formulation suivante :

Les chauffages de plein air (terrasses, rampes, chenaux, estrades, etc.) doivent être exclusivement alimentés par des énergies renouvelables ou des rejets thermiques inutilisables d'une autre manière. (art. 3.1, al. 1, MoPEC).

Les restrictions imposées aux chauffages à l'air libre sont conçues pour vérifier que ces installations répondent à un réel besoin et/ou que des systèmes appropriés sont mis en place. L'exploitation de chauffages à l'air libre au moyen d'énergies non renouvelables n'est admis que si

1. la sécurité des personnes, des animaux et des biens ou la protection d'équipements techniques l'exige, et que
2. des travaux de construction (mise sous toit) ou des mesures d'exploitation (dénivellement) sont impossibles ou demandent des moyens disproportionnés, et que
3. le chauffage de plein air est équipé d'un réglage thermique et hygrométrique. (art. 3.1, al. 2, MoPEC)

Les trois conditions sont cumulatives ; il s'agit donc de les satisfaire toutes les trois pour se permettre d'installer un chauffage de protection contre le gel. *Source : aide à l'application EN-10 «Chauffages de plein air», www.endk.ch/fr » professionnels*

PROTÉGER CONTRE LE GEL DES CONDUITES SANS RUBAN CHAUFFANT

- Les conduites d'eau devraient toujours être posées dans des zones hors gel. Dans des situations critiques, prévoir des vannes de vidange résistantes au gel.
- Afin d'éviter tout risque de gel, les locaux non chauffés devraient être intégrés dans l'enveloppe isolée.
- Si le tronçon exposé au gel est très court, il est possible d'en renforcer l'isolation, à condition de prévoir un apport de chaleur dans les tronçons adjacents (au moyen d'une circulation forcée ou d'une circulation par thermosiphon).

NÉCESSITÉ D'ÉQUIPER L'INSTALLATION D'UN SYSTÈME DE RÉGULATION

Si un chauffage antigel ou un ruban chauffant s'avère indispensable, il s'agit de le commander par un régulateur permettant d'optimiser la consommation d'énergie :

- Les rubans chauffants pour gouttières ne doivent pas simplement être commandés par des thermostats électromécaniques, car ces derniers ne détectent pas les plages de temps sec. Il faut installer des systèmes de régulation électroniques capables d'identifier la présence d'humidité, de mesurer la température de l'environnement et de limiter la température du ruban chauffant au niveau minimum.

- Dans les thermostats des systèmes de protection contre le gel, le différentiel de commutation (entre enclenchement et déclenchement) doit être petit. Par ailleurs, le point de commutation exact (à l'enclenchement ou au déclenchement) doit être clairement déterminé ou testé. Les appareils courants, dont le différentiel « on/off » est de 2 degrés, ne répondent pas à cette exigence.
- Les installations de protection contre le gel pour conduites doivent être équipées de systèmes de régulation ou de thermostats branchés avec sondes de contact sur les tuyaux. En effet, il peut arriver que la température dans le local descende brièvement dans la zone de risque, mais que celle du tuyau reste encore pendant un certain temps dans une fourchette sûre.

CONCEVOIR ET RÉALISER DES BÂTIMENTS SANS CHAUFFAGE ANTIGEL

Conception du bâtiment

- Pour se prémunir contre les risques de gel dans les régions à fort enneigement, il faut réfléchir attentivement à la forme des toits et éviter autant que possible les toits à pans inversés ou les toits à redents (sheds), tels que ceux de la figure 8.

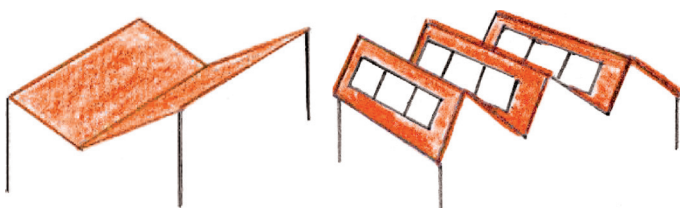


Fig. 8: Toit à pans inversés (à gauche) et toit à redents – sheds (à droite).

- Il est recommandé de ne pas placer les entrées d'immeubles ou les passages sous des pans de toiture qui pourraient poser des problèmes de chute de glace.
- Au lieu de prévoir de chauffer des places situées en plein air – ce qui est fréquemment interdit –, on peut choisir des revêtements appropriés ou mettre en place un service d'entretien, ce qui permettra d'assurer la sécurité même en cas de neige ou de formation de glace.

Structure de la sous-toiture et de la toiture

- Il est conseillé de réaliser une sous-toiture étanche à l'eau, mais aussi à l'air. Sur cette surface dépourvue de joints, prévoir un contre-lattage permettant de faire circuler une lame d'air. Ce dispositif sera bienvenu pour maîtriser également la neige soufflée.
- En régions de montagne, il est utile de raccorder également la sous-toiture à la gouttière, au moyen d'une bavette particulièrement longue.

Exemple de solution « élégante »

On pourrait croire que les rubans chauffants sont des solutions élégantes pour résoudre le problème de protection contre le gel. Mais si l'on compte la consommation d'électricité sur toute la durée de vie de l'installation, la facture finale peut être salée, notamment si l'on n'a pas conçu les mécanismes de régulation correctement et que l'on a omis certains détails de construction. Exemple :

Ruban chauffant pour gouttière de 20 m de long, régulé par un simple thermostat :

| | |
|---|-------------|
| • Puissance absorbée 20 W/m : | 400 W |
| • 2500 h/an pour des températures extérieures d'enclenchement de 4 degrés : | 1000 kWh/an |
| • Frais de consommation d'électricité, au prix moyen de 20 ct./kWh : | 200 CHF/an |
| • Coût de l'énergie, cumulé sur 40 ans : | CHF 8000.– |

Dimensionner correctement les gouttières et les réaliser avec soin

- Le système d'évacuation des eaux de toiture doit être correctement dimensionné, en fonction de la surface du toit et de la pluviométrie de la région. Les gouttières doivent être disposées correctement et avoir une pente suffisante pour éviter que l'eau ne déborde si la gouttière se remplit de neige ou de glace. Des solutions apparemment élégantes peuvent en réalité s'avérer fort chères (cf. encadré ci-dessus).
- Il faut également prévoir des descentes de diamètre suffisant. En cas de colmatage (par des feuilles mortes, de la neige ou de la glace), le trop-plein doit pouvoir s'écouler sans danger.
- Une solution encore meilleure est de prévoir des gargouilles bien placées. L'eau est alors récupérée dans des lits drainants, notamment lorsque l'infiltration des eaux pluviales est imposée.
- Dans les régions de montagne, il est aussi possible d'installer des gargouilles amovibles. En hiver, elles sont « déconnectées » et permettent un écoulement libre, ce qui diminue le risque de colmatage par la glace ; en été, elles sont « raccordées », ce qui évite l'aspersion de la façade (cf. fig. 9).

INFORMATIONS DÉTAILLÉES

- Norme SIA 385/1 : 2011 et correctif 385/1-C1, Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Bases générales et exigences
- Norme SIA 385/2 : 2015, Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Besoins en eau chaude, exigences globales et dimensionnement

- Documentation D 0244 : 2016, Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Commentaires relatifs aux normes SIA 385/1 et 385/2
- Elektrische Heizbänder, Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten (Rubans chauffants électriques : applications, consommation d'énergie et économies potentielles). Rapport final d'un projet de recherche OFEN (www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung), J. Nipkow, 2003.
- Fiches techniques, prescriptions de conception et règles de montage des fournisseurs et des fabricants. Ces exigences doivent également être respectées pour assurer la garantie.



Fig. 9 : Système de descente amovible selon la saison. Source : C. U. Brunner, Zürich