

Contenu

Introduction

1. Flexibilité et Réduction des Coûts
2. Ventilation
3. Humidification de l'air, filtrage de l'air
4. L'enveloppe du bâtiment
5. Valeurs climatiques indicatives
6. La lumière en tant que facteur climatique

Considérations finales

Bibliographie

Table des Illustrations

Le Tempérage

Introduction

La nouvelle construction des Archives d'État de Cologne, en 1972, a introduit une nouvelle tendance dans la construction moderne d'archives dans les pays de langue allemande en montrant que, même sans conditionnement d'air, il était possible d'obtenir un climat équilibré, en accord avec le rythme des saisons. Ceci, toutefois, ne concernait que les étages supérieurs.

Le « Modèle de Cologne », tel qu'il est appelé, a depuis souvent été copié, utilisé sous une forme adaptée à de nouvelles constructions d'archives et continuellement perfectionné au fil des années.

Le système de tempérage¹ présenté ici est une solution plus simple, plus directement efficace et économique, appropriée non seulement aux locaux de stockage au sol, mais aussi aux locaux souterrains.

À l'origine, ce système de tempérage, conçu en 1978, fut développé et adapté à la construction de logements.

À partir de 1982, il fut utilisé dans certains musées par le amtliche Bayerische Museumsberatung (Landesstelle für die nicht staatlichen Museen in Bayern), afin de pouvoir abandonner la climatisation de l'air ambiant, tout en maintenant un air impeccable du point de vue conservatoire.

En 1994 et 1995, le projet EUROCARE EU-1383 PREVENT (Preventive Conservation) fut mis à exécution dans le cadre d'EUROCARE, faisant partie de l'Initiative EUREKA.

Des partenaires allemands, suédois, slovaques et autrichiens présentèrent, dans le cadre d'un plan de recherche quinquennal, 18 rapports individuels sur l'équilibrage du conditionnement climatique d'ambiance par le tempérage et la ventilation naturelle.

Une collaboration au niveau européen a confirmé le système réalisé à la fin des années 1980 par Henning Grosseschmidt (Landesstelle) et qui était à l'époque encore controversé. Il sera présenté ici sous une forme simplifiée, qui ne requiert qu'un nombre limité de tuyaux de chauffage en contact avec les parois.

1. Flexibilité et Réduction des Coûts

Le tempérage est un système de chauffage dont l'efficacité est liée à la compensation directe de la déperdition thermique de l'enveloppe du bâtiment.

Au socle des parois extérieures de tous les locaux, on installe en général deux tuyaux en cuivre d'eau chaude qui sont, soit encastrés (recouverts de 5–15mm de crépi) soit peints sur le crépi, en contact avec la paroi ; dans le cas de l'étage touchant au sol, ces tuyaux sont également posés le long du socle de la paroi de séparation.

Le diamètre des tuyaux est de 12–18 mm et de 22 mm pour les grands locaux et ils sont chauffés avec de l'eau à une température variant entre 30 à 60 °C selon la saison – au sous-sol durant toute l'année et dans les autres locaux uniquement pendant la saison de chauffage.

¹ Le tempérage (on utilise aussi le terme « Bauteilheizung ») a été installé entre-temps dans des centaines de bâtiments principalement en Autriche, Allemagne et Italie. Des exemples: Kulturspeicher de Würzburg (49.000 m³, env. 18kWh par m³ et année à min. 20 °C; dépôt au sous-sol, 120m de longueur sans étanchéité d'humidité ni isolation thermique, sur les murs ou aux sols), Musée Alf Lechner, Ingolstadt, (bâtiment industriel à 2 étages, env. 17askWh/m³a à min. 18 °C, dépôt au sous-sol, sans étanchéité d'humidité ni isolation thermique), Archiv für Alte Dokumente de la Technischen Universität de Munich, (5 surfaces extérieures de l'enveloppe en contact avec le sol), Archives d'Etat Landshut, Archives d'Etat Bamberg, Archives d'Etat Weilheim, Archiv für Beethovennoten à la Musikvereinsaal à Vienne, Kunsthalle de Brême, Städelmuseum Francfort (ancienne construction), Goethemuseum Francfort, Völkerkundemuseum Munich (dépôts au sous-sol, au foyer), Bayerisches Nationalmuseum Munich (dépôts et collection de crèches au sous-sols, salles 5/6) Völkerkundemuseum Vienne, (dépôts au sous-sol et salles d'exposition aux étages supérieurs); Château Schönbrunn, Vienne; Lederermuseum à Purgstall, local d'entreposage pour les peintures et livres du Musée de la ville de Vienne, Tapisserien- und Monturendepot dans la nouvelle construction -salle à construction légère, du Kunsthistorische Museum à Vienne, Collegium Augustinum à Salzburg, Museum in der Neuen Residenz à Salzburg, Diözesanmuseum à Salzburg, Schlossmuseum à Linz, Schloßmuseum à Trautenfels, Schlossmuseum à Stainz, Kupferstichkabinett, Akademie Vienne, Château Grosskmehlen, Brandenburg, Museo Civico Bozen, Kunst und Wunderkammer Château Ambras, Innsbruck, entre autres.

Illustration 1: Le tempérage. Son fonctionnement dans un cadre »historique«

Des parois sans isolation thermique ni barrières pare-vapeur sont maintenues sèches par un chauffage continu.

1 Points noirs :

Boucle du tuyau de chauffage encastrée, crépi d'une épaisseur maximale de 15 mm (aller et retour, cuivre nu, 15 mm) Pour les planchers en contact avec le sol : la première conduite (aller) devrait être légèrement au-dessus du sol fini

2 Flèches longues :

Propagation radiale de la chaleur par conduction thermique dans le coin de la paroi et du sol

3 Cercles concentriques :

Accumulation de chaleur avec isothermes cylindriques (température élevée uniquement à proximité des tuyaux)

4 Flèches arrondies :

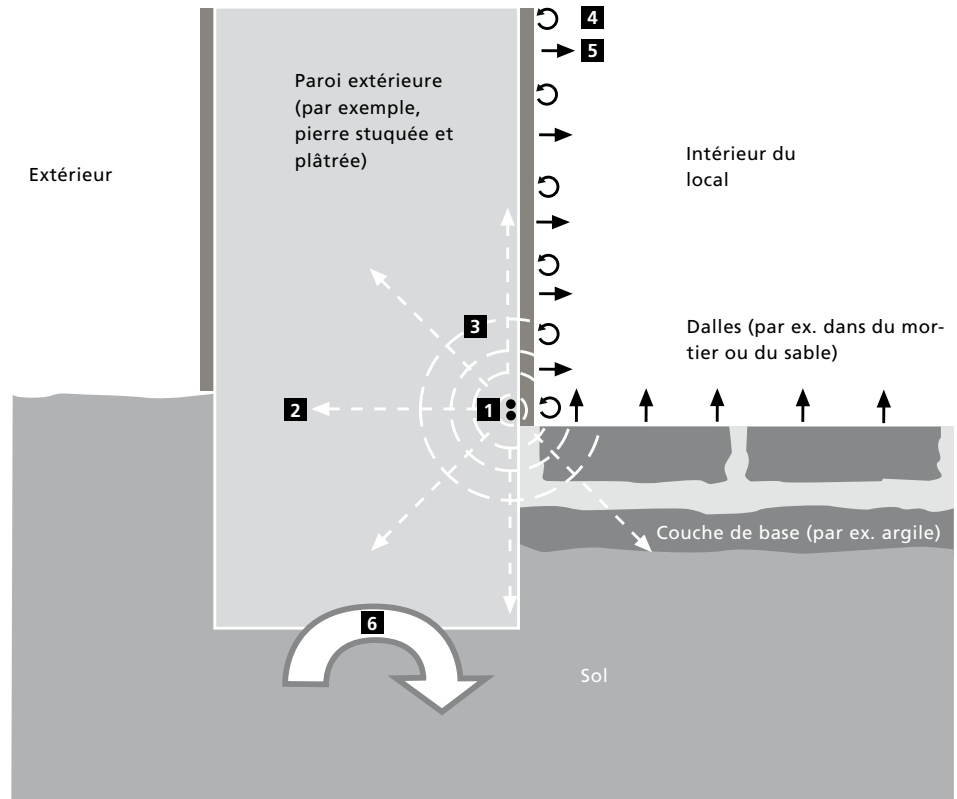
Distribution de chaleur due à la convection : ascendance thermique qui s'adapte à la surface de la paroi (effet Coanda)

5 Petites flèches :

Chaleur rayonnante des surfaces chaudes (températures élevées uniquement à proximité des tuyaux)

6 Flèche large :

Humidité du sol. Barrière thermique horizontale due à la propagation radiale de la chaleur



Basé sur un diagramme de Miha Praznik, 61-ZRMK, Liubliana.

Ils émettent de la chaleur par conduction et poussée thermique vers les surfaces des parois extérieures, et tout en les séchant, ils améliorent leur capacité d'isolation thermique. À leur tour, les parois émettent une chaleur rayonnante de faible niveau sur toute la surface.

Le tempérage se prête ainsi à l'assainissement de bâtiments anciens, de bâtiments historiques, de monuments, d'églises, etc., car l'augmentation de la température superficielle des parois élimine les causes des dégâts dus à l'humidité et à la formation de moisissures et les altérations provoquées par des efflorescences salines, ce qui permet d'obtenir un effet de déshumidification de l'air.

L'installation du système est intéressante, tant dans les nouvelles constructions que lors de la rénovation d'archives, de bibliothèques, de musées, de maisons ou d'immeubles privés : la chaleur ambiante est plus adaptée, autant du point de vue conservatoire que du point de vue physiologique. La température de l'air est réduite et l'on obtient une meilleure hygiène de l'air, sans circulation de l'air ambiant et sans soulever la poussière au niveau du sol.

Lors de travaux de rénovation, la principale question qui se pose d'emblée est de savoir comment obtenir une protection contre l'humidité ainsi qu'un assainissement énergétique de l'enveloppe du bâtiment tout en renonçant à l'installation d'une barrière pare-vapeur ainsi que d'une isolation thermique nécessitant un changement des structures du bâtiment. Il s'agit ensuite de trouver les moyens de maintenir les coûts de ces mesures à un niveau peu élevé.

Lors de la construction de nouveaux bâtiments, la question qui se pose est celle du contournement des installations de climatisation et d'isolation qui, bien souvent, n'ont été mises en place que pour compenser les défauts de l'enveloppe du bâtiment.

Illustration 2 : Températures de la surface intérieure d'une paroi extérieure traitée par le système de tempérage

Mesures prises en utilisant un thermomètre infrarouge

Température extérieure -10 °C (arbre à hauteur de 1.8 m), température du local 20.5 °C (surface d'une table au milieu de la pièce), murs extérieurs en maçonnerie massive- (~ 1800 kg/m³, épaisseur 40 cm), tuyaux encastrés à une épaisseur de ~ 20 mm, température moyenne de l'eau chaude 60 °C (au collecteur de l'étage donné 63/57 °C).

- Les températures superficielles au-dessus du socle de la paroi (dessin à gauche) résultent de l'air chaud qui monte de façon continue et dont la quantité dépend de la température du revêtement du tuyau.
- La température superficielle de la bande de plâtre devant les tuyaux (dessin à droite) est ~ 20 K plus basse que la température moyenne de l'eau, à cause de la mauvaise conductibilité thermique du matériau (typique dans le cas de matériaux minéraux secs !) pour seulement 2 cm d'épaisseur, malgré la mise en service continue. Donc : » épaisseur maximale du plâtre 15 mm ! «

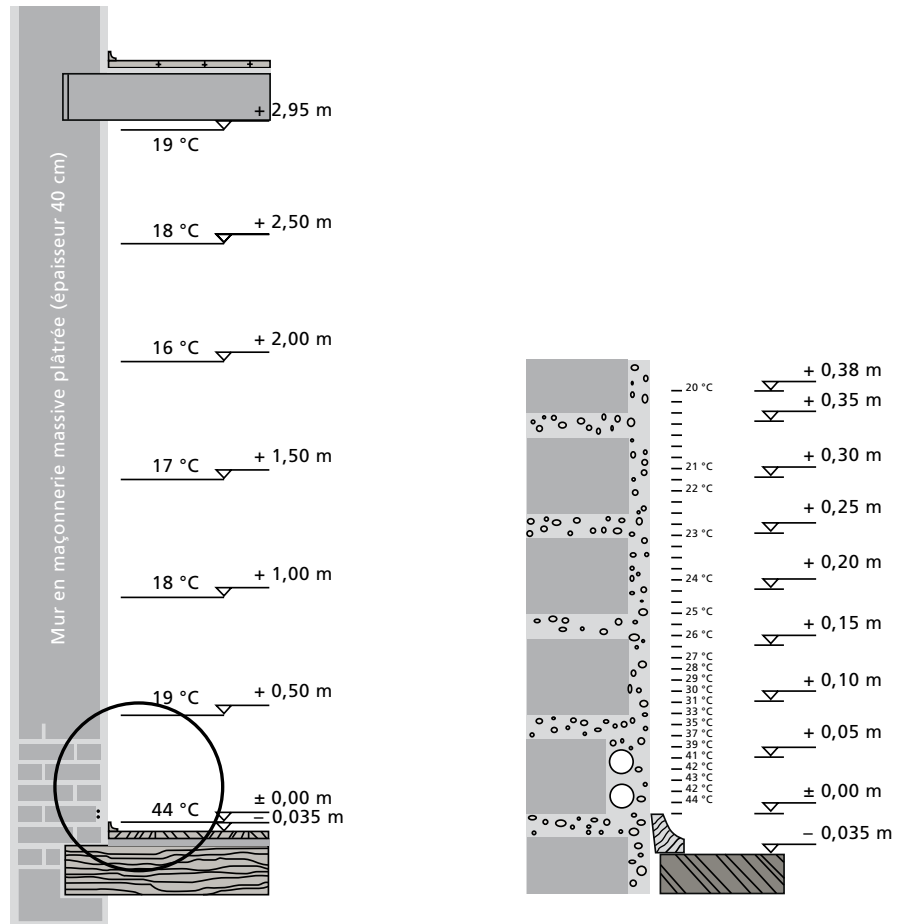


Illustration Rudolf Werner, Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen in Bayern, Munich

En ce qui concerne le tempérage, les moyens ne sont pas basés, comme c'est souvent le cas, sur l'utilisation d'installations de conditionnement d'air, d'installations techniques de circulation d'air ambiant ou de matériaux de construction spéciaux, mais plutôt sur le tempérage du côté intérieur des parois extérieures, en association avec des mesures simples de contrôle de l'échange d'air et des mesures visant à procurer de l'ombre. Dans les cas de référence, et en comparaison avec une technique conventionnelle de chauffage, on a obtenu des économies d'énergie de 20% et plus, des coûts d'assainissement plus bas (élimination des mesures d'isolation thermique et de protection contre l'humidité) et des interventions structurelles allégées.

Le tempérage est une méthode alternative de distribution de la chaleur par laquelle les locaux sont chauffés par chaleur rayonnante plutôt que par chaleur à convection, c'est-à-dire de l'air chaud qui circule dans le local (climatisation, radiateurs, et ainsi de suite). La chaleur rayonnante, (ou ondes infrarouges), obéit à d'autres lois que la chaleur à convection; elle réchauffe des corps solides, mais pas l'air ambiant.

Dans le socle de la paroi à proximité des tuyaux se forme une accumulation de chaleur qui produit, sur une zone d'une hauteur maximale de 10 cm, une température plus élevée à la surface des parois. À partir de cette zone, un rayonnement thermique se diffuse dans le local et, simultanément, de l'air chaud est poussé vers le haut des parois (ill. 1), comme dans le cas d'une paroi exposée au soleil, qui se refroidit progressivement de 40 °C au niveau du socle jusqu'à un peu moins de 20 °C à proximité du plafond

Illustration 3

Exemple d'une installation de
température montée sous le crépi.
Photo Dr. Jochen Käferhaus,
A-Langenzerdorf



(ill. 2). Les parois extérieures des étages souterrains, les parois de séparation et l'ensemble du mobilier des locaux d'entreposage ne peuvent se refroidir en hiver parce qu'ils profitent de l'échange constant de rayonnements des parois extérieures qui viennent d'être réchauffées. Dans les bâtiments historiques aux parois épaisses sans isolation ni lé d'étanchéité au vent, cet effet de rayonnement thermique, suscité par l'accumulation d'énergie solaire pendant l'été, a pour conséquence que les pièces restent chaudes à l'intérieur pendant une bonne partie de l'automne.

En ce qui concerne la température ambiante, la poussée d'air chaud qui émane du socle est plus importante que le rayonnement calorifique parce que seul cet apport d'air chaud peut couvrir le besoin de chaleur des surfaces restantes des parois, et ceci même derrière le mobilier, si l'on fait attention de le placer à une distance de 15–20 mm de la paroi.

Par rapport à un radiateur, cette ascendance thermique est certes bien plus faible. Cependant, elle est suffisante parce qu'elle ne réchauffe pas l'air ambiant, mais la surface de la paroi qui, à son tour, émet de la chaleur par rayonnement calorifique (Ill. 2). Aux étages supérieurs munis de fenêtres (surfaces de déperdition thermique sans volume de stockage) la conduite retour devrait être prévue au-dessous des tablettes d'appui des fenêtres. En sus, on peut encastrer une boucle de conduite dans chacun des intrados ou bien dans les surfaces des appuis de fenêtre (3, en l'occurrence 5, serpentins de chauffage supplémentaires) (Ill. 3).

Dans les sous-sols dont les parois contiennent déjà ou qui risqueraient, au fil du temps, de produire de l'humidité, il est nécessaire de garder, même en été, un minimum de chauffage (puissance entre 5 et 3 W par m de socle de paroi). De cette façon, on enlèvera les écarts de température entre l'air plus chaud et humide et la paroi et on empêchera la condensation.

Le tempérage produit un écart de chaleur dans les murs, ce qui fait monter la pression de vapeur d'eau. De ce fait, l'humidité, (provenant du sol et des murs extérieurs), ne peut pas pénétrer dans le local. Cependant, l'efficacité du système de tempérage ne peut être garantie que si les larges pores et les joints sont comblés de façon très soigneuse afin d'éviter toute infiltration d'eau. S'il n'y a que des capillaires subsistant dans le mur, l'humidité ne peut bouger qu'en tant que vapeur d'eau.

Il n'est pas nécessaire de travailler le béton apparent parce qu'il présente déjà des capillaires à l'échelle du nanomètre.

Par conséquent, les crépis hygroscopiques² (argile, grès calcaire, entre autres), indispensables en cas de systèmes de chauffage à l'air (radiateurs, climatisation, et ainsi de suite), ne sont pas nécessaires, ce qui permet à nouveau d'économiser des coûts. Il est possible d'utiliser des locaux dont les parois présentent de l'humidité et sont contaminées par des efflorescences salines, à partir du moment où les surfaces des parois, du sol et du plafond sont sèches.

Pour cela, la température de départ des tuyaux devra se situer pendant quelques mois au-dessus de 40 °C. Plus élevée sera la température (par exemple, 60 °C), et plus rapide sera le séchage des surfaces, ainsi que la normalisation de l'humidité relative de l'air (réduction au-dessous de 65%).

On pourra alors réduire la puissance à un niveau où, en comparaison avec un système de chauffage conventionnel, la consommation d'énergie est nettement inférieure.

En cas de nouvelles constructions en béton, inévitables à partir du deuxième sous-sol, pour des raisons de statique, la température de 60 °C pour l'assèchement de la construction pourra déjà être réduite après 4–8 semaines à 30 °C.

Dans les étages souterrains, la température des tuyaux sera maintenue pendant toute l'année, tandis que le tempérage dans les locaux situés aux étages supérieurs ne sera en service que pendant la période de chauffage.

Le climat ambiant produit par le tempérage et le contrôle de l'échange d'air se caractérise par une température homogène qui varie lentement selon le rythme des saisons et une humidité relative de l'air qui ne présente pas de variations à court terme.

Pour cela, aucun changement et aucun traitement de l'air ambiant ne s'avèrent nécessaires. Contrairement au chauffage à convection, l'air ambiant n'est que peu réchauffé par le tempérage, ce qui n'entraîne aucune accumulation de chaleur aux plafonds ni aucune fuite vers la cage d'escalier.

La chaleur rayonnante se produit aussi lors du fonctionnement de poêles en faïence ou de dispositifs de chauffage des parois (chauffées partiellement et fortement rayonnantes), bien que la chaleur émise ne soit pas répartie de façon uniforme, ce qui restreint fortement l'aménagement.

Les plinthes chauffantes, (un convecteur de petit format), pour autant qu'elles soient montées le long des parois, possèdent un effet semblable à celui du tempérage sur les surfaces des parois, mais avec des temps de latence plus courts et une différence d'énergie plus élevée. Cependant, des températures d'utilisation au-dessus de 40 °C auraient tendance à rendre poussiéreux le socle.

Une autre méthode de chauffage des parois est l'activation du béton au moyen de tuyaux bétonnés où circule de l'eau chaude (dalles actives). Cependant, pour des raisons de coût et de complexité de réglage, cette méthode peut difficilement présenter une alternative au tempérage.

Dans la méthode de tempérage, les rayonnages mobiles peuvent être installés plus près des parois extérieures (2–5 cm, pour permettre à l'air chaud de monter le long des parois). Si l'on tient compte de la distance de 50 cm normalement exigée pour des raisons conservatoires, ceci représente un gain considérable de surfaces de stockage. La méthode de tempérage permet d'obtenir une température ambiante adaptée aux valeurs moyennes de l'air extérieur, selon les saisons et les moments de la journée.

Du point de vue conservatoire, l'avantage réside dans le fait que, pendant l'hiver (également en été pour les locaux en contact avec le sol), la température et la pression à vapeur entre l'intérieur et l'extérieur sont plus faibles que dans le cas d'une climatisation conventionnelle.

Cela a une influence décisive sur presque tous les matériaux dont l'humidité des pores, en l'occurrence des fibres («teneur en eau d'équilibre»), dépend de l'humidité relative de l'air et change continuellement en fonction de celle-ci.

Dans le système de tempérage, les matériaux peuvent s'adapter lentement à ce processus inévitable, de sorte qu'il n'en résulte aucune tension du matériau.

Par contre, dans une conception conventionnelle de climatisation, des tensions se produisent sans cesse par la mise en marche et le déclenchement, tout aussi bien que

² Humidity buffering by absorbent materials in walls www.padfield.org/tim/cfys.

par des pannes de climatiseurs, ce qui pourrait avoir comme résultat, à long terme, des déformations irréversibles des matériaux.

Pour ces raisons, lorsqu'on utilise le système de tempérage pendant de longues périodes de l'année, l'humidification de l'air n'est pas nécessaire, et la déshumidification de l'air résulte directement du tempérage des surfaces des parois, ce qui permet de réduire de façon radicale non seulement les coûts d'investissement, mais aussi les coûts d'énergie.

Les risques d'erreurs de réglage et de condensation du côté intérieur des parois extérieures peuvent être éliminés par le tempérage.

Pour les quelques mois où l'humidification est nécessaire, des appareils mobiles suffisent.

2. Ventilation

Pour la ventilation des locaux d'entreposage avec un climat à rayonnement, tel qu'il est présent dans le système de tempérage (sans circulation de public et sans postes de travail fixes), il suffit d'une valeur d'échange d'air entre 0,1 et 0,2 de volumes égaux d'air ambiant par heure, en présence de personnes.

Ceci représente, dans un local d'entreposage aux dimensions 15x33x2,2 m (495m², 1'089 m³), un volume de circulation d'air de 110 à 220 m³/h.

La part d'air frais peut alors se limiter à 1 m³ par personne et par heure, au lieu de 20 m³/h comme c'est la norme.

Par cette petite quantité d'air frais, même dans le cas de températures extérieures extrêmes, aucune variation de climat à court terme ne se produira.

Si l'on prévoit la possibilité d'une valeur d'échange d'air d'un maximum de 1 volume d'air ambiant par heure dans la ventilation, l'expérience montre qu'il est bien possible d'utiliser la ventilation pour refroidissement pendant la nuit, en été, pourvu que l'échange d'air soit inférieur à un volume égal d'air ambiant, par heure, sans qu'il y ait des variations de climat à court terme.

En plein été, par une humidité élevée absolue de l'air extérieur, une autre possibilité permettant de réduire les variations de climat serait d'utiliser la ventilation uniquement pendant la nuit, lorsque l'humidité absolue de l'air extérieur est moins élevée que celle des dépôts.

Lorsqu'il n'y a pas de fuite de substances polluantes ni d'odeurs du matériau stocké, le fonctionnement de la ventilation peut se limiter aux périodes où des gens se trouvent dans le dépôt.

Grâce à l'inertie d'un système »de murs épais aux ouvertures étanches et aux parois tempérisées« il est possible d'arrêter la ventilation dans le cas de températures extérieures extrêmes, même pendant plusieurs semaines, sans que cela occasionne des variations critiques des valeurs de l'air ambiant.

En tout cas, l'entrée et la sortie de l'air doivent être installées l'une en face de l'autre pour que l'ensemble du local puisse profiter de l'échange d'air.

Si l'on veut réduire la complexité technique de la ventilation, l'air frais, avant d'être insufflé dans le local d'entreposage, peut être d'abord conduit dans un « puits canadien » (des canaux dans le sol avec une ouverture protégée pour l'entrée de l'air), ce qui produira en hiver un réchauffement naturel et une légère humidification de l'air extérieur, et, en été, un refroidissement et une déshumidification (Käferhaus, 2004). Cette méthode est connue dans les installations de musées du 19^e siècle.

3. Humidification de l'air, filtrage de l'air

Des humidificateurs d'air mobiles devraient fonctionner selon le principe de l'évaporation parce que, contrairement à d'autres techniques, lors d'une panne de réglage, on ne risque pas de dépasser la limite supérieure d'humidité relative de l'air de 75% et parce qu'on élimine les risques indésirables de l'apparition d'aérosols d'eau. Les coûts sont peu élevés, contrairement aux appareils intégrés dans le système de climatisation. Des humidificateurs d'air conçus selon le principe de l'évaporation ne peuvent pas, en cas de panne, dépasser une humidité relative de l'air de 75%.

Par des valeurs d'échange d'air tellement faibles, on pourra renoncer à des installations de filtrage pour le traitement de l'air frais. Elles ne sont nécessaires qu'à partir de 2 V/h, lors d'une grande affluence de visiteurs.

Au cas où l'on ne souhaite pas renoncer à des installations de filtrage de l'air, des filtres F6 sont suffisants.

4. L'enveloppe du bâtiment

Pour être à même de créer une technique climatique cohérente, dont les coûts d'énergie et d'entretien sont économiquement raisonnables, il faut, dans un premier temps, réduire les variations de la température extérieure et le flux d'énergie de la radiation solaire.

C'est un effet qui a toujours été produit par une enveloppe du bâtiment «aux joints étanches» et dont l'épaisseur des parois extérieures est liée à un échange d'air contrôlé.

Pour obtenir une inertie thermique optimale à tous les étages supérieurs, il faut des parois extérieures plus épaisses et solides, combinées avec un minimum de petites surfaces de fenêtres (Meier, Claus, 2006).

C'est un fait bien connu depuis des siècles, mais ce n'est que depuis la nouvelle construction des Archives d'Etat de Cologne que ce procédé a, à nouveau, attiré l'attention du public.

Une enveloppe thermique du bâtiment diminue également les pertes d'énergie causées par la ventilation parce que ce qui se perd est le faible contenu d'énergie de l'air et non pas l'énergie emmagasinée dans les parois.

Si l'on utilise le tempérage, on pourrait, à la limite, renoncer à l'isolation et à la barrière de vapeur des parois extérieures.

L'isolation du sol en contact avec la terre est supprimée. Dans le cas de locaux d'entreposage souterrains, il est conseillé d'isoler le plafond placé au plus haut point, au cas où il soit couvert d'une couche de moins de 80 cm de terre.

Il faudrait examiner la nécessité de l'isolation des parois par une simulation dynamique en tenant compte uniquement des valeurs-U effectives des parois épaisses ayant été tempérées.

Pour les constructions aux étages supérieurs, l'emploi de briques pleines d'une épaisseur d'environ 50 cm est une condition préalable pour l'obtention de l'inertie thermique indispensable à l'enveloppe du bâtiment, afin de pouvoir maintenir une température ambiante stable sans avoir recours à une climatisation conventionnelle.

L'emploi de matériaux hygroscopiques n'a que peu d'importance grâce à l'effet global du système de tempérage obtenu par un bon contrôle de l'échange d'air.

Si l'on utilise le système de tempérage aux étages supérieurs pour des travaux de maçonnerie en béton apparent, des parois d'une épaisseur de 30 à 36 cm sans isolation thermique sont préférables, étant donné que l'effet d'amélioration, par le tempérage, de l'humidité hygroscopique de 5 à 15% d'une paroi en béton non tempérée, est considérable.

5. Valeurs climatiques indicatives

C'est un fait bien connu que les bâtiments historiques, aux fenêtres colmatées et n'utilisant pas de technique de climatisation, bénéficient, le plus souvent, d'un bon climat conservatoire : on comprend alors que, malgré les valeurs de température variables selon les saisons, les biens libraires et documentaires peuvent se maintenir en excellent état. Un bon exemple en sont les manuscrits conservés à la Salle des Manuscrits de la Bibliothèque Collégiale de Saint-Gall (en février 10 °C, et jusqu'à 27 °C en août). Ici, comme dans bien d'autres bâtiments historiques, on a pu constater que la température ambiante peut présenter, selon les saisons, des différences de plus de 15 °C, dans la mesure où les variations ont lieu de façon graduelle.

Un bâtiment historique aux fenêtres bien proportionnées et aux murs épais présente de bonnes conditions préalables pour un bon climat qui vise à prévenir les dégâts, et ce, en n'utilisant que peu de technique.

Si dans de telles constructions les valeurs des recommandations conservatoires diffèrent trop, on pourra obtenir une température ambiante stable par le tempérage et le contrôle de l'échange d'air.

Le facteur décisif pour un climat stable, qui varie lentement, est plutôt l'humidité relative de l'air que la température ambiante.

L'exigence conservatoire la plus importante est, donc, la stabilité à court terme de l'humidité relative de l'air, vu que l'humidité des matériaux s'ajuste en permanence à l'humidité relative de l'air.

D'après les recherches les plus récentes faites sur les couches de peintures des tableaux sur toile et les dégâts portés aux peintures murales et ainsi de suite, (la cellulose et les matériaux de reliure étant soumis aux mêmes lois physiques), les variations régulièrement faibles de la température ambiante dans les dépôts et salles d'exposition (même climatisées) d'archives, bibliothèques et musées constituent l'une des principales causes des dégâts des matériaux historiques.

Les facteurs de dégât sont les mécanismes cycliques provoqués par les variations à court terme (dans le cas d'installations de climatisation les nombreux intervalles de régulation et les dérangements), telles que les cycles de sorption des surfaces poreuses (papier et matériaux de reliure), les cycles de condensation des matériaux non hygroscopiques comme le verre et le métal (rayonnages roulants, parois en béton apparent peintes), des variations de pression à vapeur dans les espaces vides plus fins des surfaces, des courants de diffusion dans des directions alternantes sur les parois extérieures et des cycles de cristallisation sur les parois contenant des efflorescences salines. Ces causes entraînent des dégâts à long terme par une surcharge constante des matériaux. Au quotidien, ces dégâts passent souvent inaperçus.

Par le système de tempérage et un échange d'air contrôlé, ces variations peuvent être évitées et l'on obtient un climat aux changements équilibrés.

Dans ces circonstances et du point de vue conservatoire, on pourra fixer l'écart de fluctuation saisonnier des valeurs climatiques et l'importance des variations comme suit : équilibre saisonnier entre 40–60% rF et 15–26 °C, variations à l'heure 0,5 °C et 2% rF au max.

L'exigence des restaurateurs jusqu'ici, à savoir 18 °C et 50 +/- 5% rF (directives ICOM), ne pourra être maintenue que si l'on utilise des installations de climatisation pendant toute l'année. Or, cette climatisation artificielle n'est sensée ni du point de vue économique ni du point de vue conservatoire. Rien qu'en raison des coûts d'entretien, des ressources énergétiques qui ne sont pas renouvelables et de la hausse tendancielle des coûts de l'énergie, les archives, bibliothèques et musées ne devraient plus avoir recours à la climatisation !

6. La lumière en tant que facteur climatique

Un facteur important à prendre en compte dans les locaux d'entreposage ventilés de façon naturelle est l'effet thermique de la lumière artificielle. Le choix des luminaires³ et leur installation contribue également à la réduction ou au ralentissement de ce facteur sur la température.

Afin d'éviter le réchauffement du volume de stockage interne (plafonds), on évitera un contact permanent des luminaires avec les murs et plafonds.

Dans les locaux au plafond élevé, les lumières devraient être suspendues, sinon il faudrait installer des puissances connectées plus élevées afin d'éclairer le local, ce qui aurait pour conséquence de produire encore plus de chaleur.

Considérations finales

Le système de tempérage est une technique qui a déjà fait ses preuves dans des centaines de constructions publiques et privées. Le fait que cette technique n'ait d'abord été installée que dans quelques archives n'empêche pas qu'elle soit plus répandue. La raison en est que cette technique a d'abord été mise au point pour des édifices historiques (monuments, musées) et ce n'est que plus tard que l'on s'est rendu compte qu'elle pourrait être utilisée aussi bien pour de nouvelles que pour d'anciennes constructions d'archives et bibliothèques.

Les conditions sont considérablement plus simples pour les locaux d'entreposage dans les archives et bibliothèques, si on les compare aux musées dont l'afflux de public est

³ Lors de la planification des quatre dépôts souterrains de la Médiathèque de Sion, ont été prévus des tubes pauvres en rayonnement UV, qui seront installés aux plafonds (hauteur de la salle 2,5 m, rayons mobiles 2,2 m) d'une puissance max. de 10–11 W/m². Comme la lumière des rayons mobiles ne sera utilisée que par secteurs, l'apport calorifique réel par m² est bien plus bas.

souvent important. En Suisse, le système de tempérage n'a été installé, jusqu'ici, que dans le Musée de la Musique à Bâle⁴. Les instruments de musique ont des réactions considérablement plus sensibles à un climat irrégulier que les biens libraires et documentaires. Le fait que la collection d'instruments de musique de Bâle, ainsi que plusieurs autres musées et archives construits en Europe dans les vingt dernières années, aient résolu leur problème de climatisation à l'aide du tempérage, plaide pour cette technique.

Bibliographie

Grosseschmidt, Henning, 2004, Das temperierte Haus: Sanierter Architektur – behagliche Räume – Grossvitrine (Langfassung auf der dem Buch beiliegenden CD) in: Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung/Climate in Museums and Historical Buildings: Tempering, Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn tome 9, Vienne 2004. ISBN 3-901568-51-4. Information et commande consulter www.kog-regensburg.de, Email: kog-regensburg@kog-regensburg.de.

Käferhaus, Jochen, 2005: Museen und Haustechnik Quo vadis felix Austria? in: Museum Aktuell, Mars 2005, Nr. 113, pages 62–66.

Meier, Claus, 2006: Richtig bauen Bauphysik im Widerstreit – Probleme und Lösungen, 4., nouvelle édition 2006, entièrement revue et augmentée, env. 300 pages (K&S, 645). ISBN 3-8169-2627-4 Müller-Straten, Christian, 2005: Museen und Haustechnik Geisterstunde? Oder was hinter dem Richtwert 55% rF steckt, Juillet/Août 2005, pages 8–9.

Table des illustrations

Ill 1 : extrait de: Henning Grosseschmidt, Das temperierte Haus: Sanierter Architektur – behagliche Räume – Großvitrine, in (cf. bibliographie Grosseschmidt), Ill. 1 page 326.

Ill 2: extrait de: Henning Grosseschmidt, The Tempered Building: Renovated Architecture – Comfortable Rooms – A »Giant Display Case«, in (1), (cf. bibliographie Grosseschmidt) Ill. 9 page 339.

Ill 3: photo de Jochen Käferhaus, A-Langenzerdorf

⁴ Hochbauamt (Office des Bâtiments) de la ville de Bâle, Monsieur Zürcher.