

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 87 (1961)
Heft: 14: Ventilation et climatisation

Artikel: Diverses possibilités dans la climatisation des immeubles de grande hauteur
Autor: Sennhauser, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65034>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

DIVERSES POSSIBILITÉS DANS LA CLIMATISATION DES IMMEUBLES DE GRANDE HAUTEUR

par Walter SENNHAUSER¹

L'architecture moderne, sans cesse à la recherche de voies nouvelles pour s'adapter aux idées actuelles qui régissent la construction de bâtiments d'habitation ou de commerce, pose toujours de nouveaux problèmes relatifs aux aménagements intérieurs et aux exigences du confort. La tendance d'augmenter l'afflux de lumière et d'air, telle qu'elle se manifeste par exemple dans certains cas extrêmes par les constructions en verre, impose la nécessité d'évacuer les quantités de chaleur dues à l'irradiation solaire. Le conditionnement de l'air dans les locaux de constructions modernes se révèle donc d'une nécessité toujours plus pressante à mesure que l'architecte se libère des anciennes traditions de son art. L'article qui suit expose quelques considérations sur ces problèmes.

Généralités

Les considérations qui suivent se rapportent principalement aux installations de chauffage et de climatisation dans les immeubles commerciaux modernes de grande hauteur. En comparaison avec les modes de construction habituels, l'architecture moderne, de même que les exigences relatives à l'organisation intérieure, posent des problèmes tout nouveaux quant aux exigences du confort auxquelles doit satisfaire la technique moderne du chauffage et de la ventilation.

Si la construction des bureaux modernes impose des aménagements techniques importants et coûteux, c'est moins par un accroissement des exigences du personnel relativement à son confort que par le fait que les modes de construction classiques permettaient d'obtenir les conditions de confort optimum par des moyens plus simples. C'est ainsi que la construction en verre, justifiée par le besoin d'un éclairage suffisant jusque dans les locaux de grande profondeur, impose une installation de climatisation avec refroidissement artificiel, si l'on veut assurer la même impression de bien-être que dans la construction classique avec ses fenêtres de surface moindre. Il faut donc, à moins de s'exposer à une déception inévitable, s'accommoder de prime abord du fait que, dans les constructions de ce genre, les frais d'installation et d'exploitation pour le chauffage et la ventilation seront plus élevés. Il est toutefois certain que ces frais sont amortis par la suite grâce à la pleine capacité de travail du personnel, toujours entièrement assurée, et à la réduction des absences par maladie. La statistique a maintes fois montré qu'une amélioration permanente du climat de travail suffit à procurer une augmentation d'environ 10 % sur la capacité de production.

Il est donc indispensable d'examiner premièrement les bases du problème pour en tirer ensuite les conclusions techniques qui s'imposent.

Exigences relatives au confort

On cherche à obtenir un climat de travail régulier indépendant des températures extérieures et des conditions atmosphériques, tout en désirant, toutefois, une certaine variation rythmique des conditions intérieures, qui a une influence vivifiante, au contraire d'une ambiance tout à fait constante. En été, on peut maintenir la température intérieure à quelques degrés au-dessus des valeurs admises en hiver, et l'on ne se borne pas seulement à limiter l'effet du refroidissement, pour des raisons économiques, aux quelques rares journées d'été exceptionnellement chaudes, mais on se rapporte à une valeur estivale moyenne plus fréquente. Dans les contrées tempérées, on choisit une ambiance intérieure de 25°C environ à une température extérieure de 30°C, et cette différence est maintenue à température extérieure croissante. L'humidité relative devrait se maintenir entre 45 et 60 %. Le bruit, la poussière, les gaz d'échappement des véhicules à moteur, ou aussi les courants d'air, s'opposent en général à l'aération naturelle par ouverture des fenêtres. Il n'en faut pas moins assurer en permanence un apport d'air de propriétés hygiéniques parfaitement propres à la respiration.

C'est, dans le bâtiment de bureaux moderne pourvu de vastes fenêtres, l'irradiation solaire qui cause la plus grande gêne pour l'organisme humain, car elle abaisse la capacité de travail, tandis que d'autre part la chaleur introduite de la sorte est fort coûteuse à évacuer.

D'autres exigences auxquelles la technique doit satisfaire sont le rafraîchissement et l'assèchement des locaux occupés par un nombreux personnel et par des machines de bureau, l'évacuation de l'air usé et vicié, ainsi que les conditions spéciales pour les salles de conférence, dont l'ambiance est polluée par la fumée.

Le réglage du climat intérieur doit aussi satisfaire à des exigences diverses ; tandis qu'un réglage général de la température intérieure peut suffire dans les locaux de grandes dimensions, le bureau indépendant impose souvent un réglage individuel, ce qui dicte le système à choisir pour l'installation de climatisation. Toutefois, la question des frais oblige aussi souvent à régler l'atmosphère de plusieurs bureaux par un seul thermostat.

La quantité d'air frais nécessitée par les conditions hygiéniques est de 30 à 40 m³ par heure et par personne ; elle s'élève à 50 m³/h dans les locaux où les occupants fument beaucoup.

¹ Ingénieur en chef, Sulzer Frères S.A., Dépt. Chauffage et Ventilation, Winterthour.



Fig. 1. — Immeuble administratif de grande hauteur, à Bâle, avec installation de climatisation classique et réglage en quatre zones d'étages.

Conditions climatiques et techniques

Le bâtiment de grande hauteur, dépassant en général les constructions environnantes, est soumis à l'irradiation solaire, dont l'intensité et la direction varient suivant la trajectoire du soleil, et qui se fait sentir plus ou moins fortement, sur les murs du bâtiment, suivant leur orientation, l'angle d'incidence, la hauteur au-dessus du sol et l'ombrage fourni par le voisinage. Suivant la capacité d'accumulation thermique des murs extérieurs, le décalage entre le début de l'insolation maximum et sa répercussion à l'intérieur peut atteindre jusqu'à douze heures ; aussi, comme c'est des rayons solaires que provient la plus grande partie de la capacité de refroidissement nécessaire, il est indispensable de calculer exactement ces relations à l'avance.

Le tableau 1 compile, pour différents bâtiments de bureaux, la proportion des fenêtres par rapport à la surface de façade totale, ainsi que la part prise, dans l'ensemble de la capacité de refroidissement nécessaire, par la transmission du bâtiment lui-même, par la présence du personnel et par l'éclairage, ainsi que par

TABLEAU I

Proportion de la surface des fenêtres dans la façade entière

Proportion, dans la capacité de refroidissement nécessaire, de la transmission, du degré d'occupation et de l'éclairage, et de l'irradiation par les fenêtres

Installation	1	2	3	4	5	6
Proportion de la surface des fenêtres %	69	60	55	34,7	34,7	31
Volume des locaux climatisés m ³	14 200	13 000	9 100	25 000	10 000	6 800
Capacité de refroidissement kcal/m ² /h	44	17	15	21	26	18
Participation à la capacité de refroidissement :						
1 ^o Transmission %	10	15	14	6	6	12
2 ^o Occupants, éclairage %	10	20	18	8	8	51
3 ^o Irradiation par les fenêtres %	80 intérieurs	65 intérieurs	68 extérieurs	86 intérieurs	86 intérieurs	37 extérieurs
Stores						

l'irradiation des fenêtres. Ce tableau montre que c'est à ces dernières que revient la part essentielle dans le calcul de la capacité de refroidissement ; seul le bâtiment 6 semble faire exception à cette constatation, mais il s'agit d'une construction avec façade principale orientée vers le nord.

Dans le cas de bâtiments avec vastes baies vitrées, il faut tenir compte du fait que de fortes augmentations de température par irradiation solaire peuvent intervenir en mi-saison déjà, alors que la température extérieure impose encore un chauffage des locaux. Comme l'expérience l'a montré, ces conditions soulèvent souvent, pour l'exploitation, des problèmes assez difficiles à résoudre, et dont il faut tenir compte autant quant au choix du système que dans le réglage par zones. Il peut arriver que certaines d'entre elles demandent déjà à être rafraîchies, tandis que d'autres doivent encore être chauffées. Le mouvement de l'air, pendant les chaudes journées d'été, donne une sensation agréable ; ce mouvement n'apporte pas de gêne en hiver, si l'air est bien réchauffé, tandis qu'en mi-saison, à défaut de réchauffage, il est ressenti comme un courant d'air inacceptable.

Il faut que les installations de rafraîchissement soient déterminées pour une capacité permanente suffisante à évacuer immédiatement l'énergie solaire apportée par l'irradiation, c'est-à-dire pour établir un état stationnaire. Ce faisant, comme on l'a vu plus haut, on ne tient pas compte dans le diagramme de charge, pour des raisons économiques, des journées estivales exceptionnellement chaudes. Si l'on néglige d'abaisser les stores aux premiers rayons du soleil déjà, la température du local s'élève rapidement, et il est impossible,

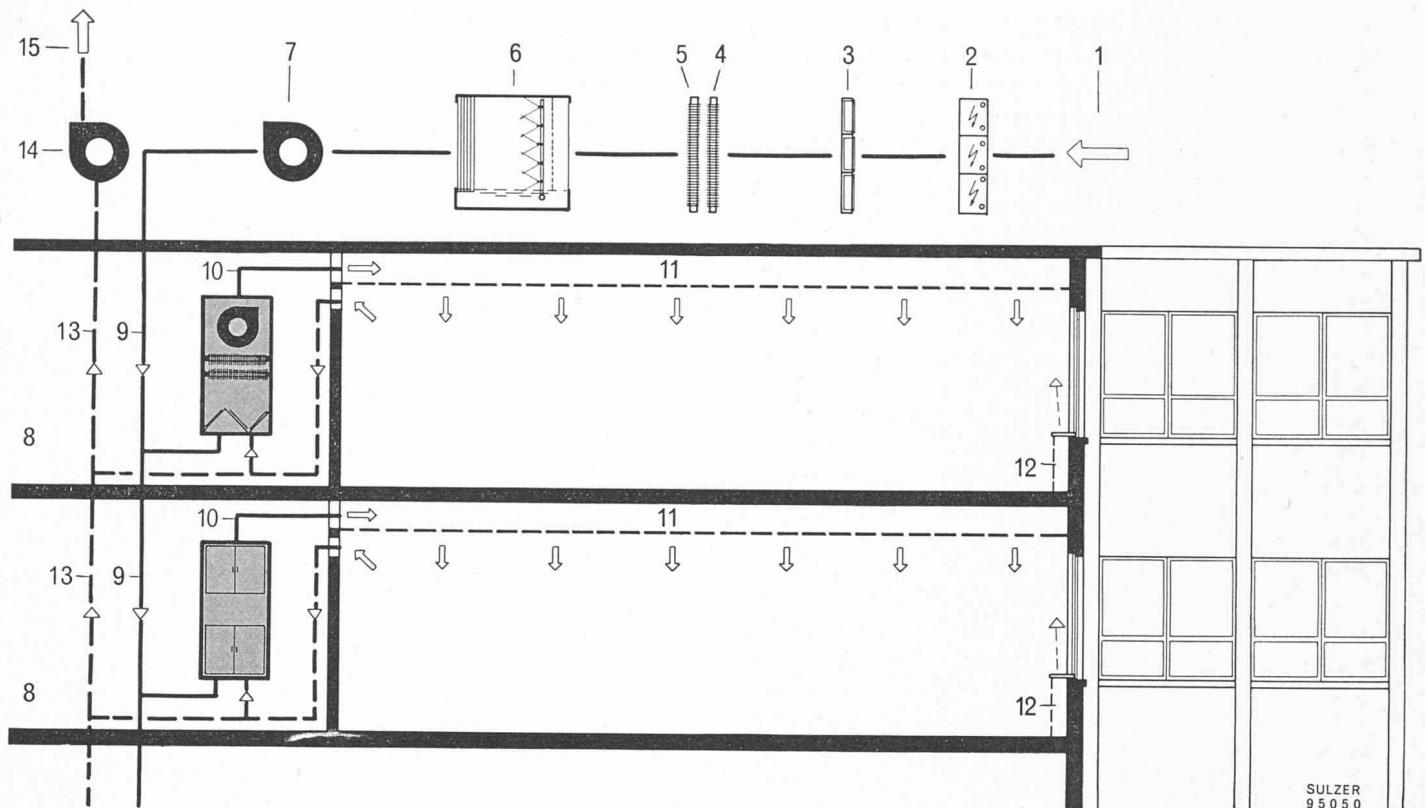


Fig. 2. — Schéma d'une installation de conditionnement classique avec réglage par zones d'étages.

1 Arrivée d'air frais
2 Filtre électrostatique
3 Filtre à cellules
4 Réchauffeur d'air
5 Réfrigérant d'air

6 Humidificateur
7 Ventilateur d'air frais
8 Centrale d'étage
9 Air frais
10 Arrivée d'air aux locaux

11 Double plafond pour l'amenée d'air
12 Chauffage sous les fenêtres
13 Sortie de l'air
14 Ventilateur d'évacuation de l'air
15 Evacuation de l'air à l'extérieur

pendant des heures encore, d'évacuer l'excédent de chaleur accumulée dans le local. L'emploi de thermostats extérieurs peut aider à mettre en service à temps l'installation de rafraîchissement, mais il n'en est pas moins indispensable que le personnel prévoie quelque peu le temps qu'il fera et mette le rafraîchissement à contribution avant le début de l'insolation, de façon à évacuer suffisamment tôt la chaleur accumulée dans le corps du bâtiment, en particulier dans les doubles plafonds.

Pour bien satisfaire aux exigences thermiques, il faut en principe disposer les stores à l'extérieur : de cette façon seulement, ils sont à même de réduire efficacement l'échauffement des vitres et, en même temps, de restituer au courant d'air extérieur une partie de la chaleur de rayonnement qu'ils ont absorbée. Sous ce rapport, il est une intéressante construction de fenêtre, à axe de pivotement vertical, qui permet de tourner les stores vers l'extérieur, en cas d'irradiation solaire, et vers l'intérieur par mauvais temps. On peut aussi appliquer avec avantage des écrans verticaux en saillie sur les fenêtres et ombrageant la façade, pendant une partie de la journée tout au moins. Des stores extérieurs qui ont donné de bons résultats sont formés de panneaux métalliques tournant autour d'un axe vertical et assurant une stabilité mécanique suffisante contre le vent, mais cette construction, assez lourde, ne peut guère s'appliquer que dans certains cas spéciaux.

Dans un bâtiment de bureaux entièrement climatisé et pourvu de stores à lamelles intérieures, on a procédé, à l'aide d'un détecteur de rayonnement Stoll-Hardy, à des mesures comparatives, dans des locaux de même éclairement, avec des lamelles d'aluminium revêtues d'émail de couleur claire, d'une part, ou parfaitement polies, de l'autre. La température de rayonnement équivalente des stores fut de 37°C dans le premier cas, et de 27°C dans le second. On voit par là que les propriétés réfléchissantes des stores, même si ces derniers sont disposés à l'intérieur, ont une influence sensible sur le bien-être des occupants. L'intensité du rayonnement thermique des stores est dictée par le coefficient de rayonnement des lamelles, qui est de 90 à 95 % de celui du corps parfaitement noir, pour toutes les couleurs usuelles, même pour les plus claires, tandis qu'il n'est que de 8 % environ pour l'aluminium poli.

Même sous l'influence du conditionnement qui abaisse la température intérieure, le rayonnement des stores intérieurs, peints en couleur claire ou foncée, cause une impression désagréable, car leur chaleur est tout d'abord absorbée et ressentie par le corps avant que celui-ci ne l'abandonne à l'air ambiant plus frais. Il est important de refroidir les stores par courant d'air frais, ce à quoi on peut employer avec succès des dispositifs de ventilation amenant directement l'air, entièrement ou en partie, à proximité de la fenêtre.

On avait fondé de grands espoirs, en Amérique,

sur l'emploi de verre coloré pour diminuer la capacité de refroidissement nécessaire en été. Les résultats ne correspondent toutefois en rien à cette attente, car, s'il est vrai que le rayonnement direct en fut diminué, l'échauffement du verre par absorption en fit un corps rayonnant dans le domaine infrarouge.

On peut s'attendre à une amélioration par l'emploi de verre à vitres avec revêtement métallisé, de pouvoir fortement réfléchissant pour la radiation thermique sans réduction sensible de la translucidité.

Dans le bâtiment de grande hauteur, la partie qui dépasse les constructions avoisinantes est particulièrement soumise à l'action du vent ; aussi est-il de pratique courante, en Amérique, d'augmenter les surfaces de chauffe, dans une proportion atteignant jusqu'à 20 %, sur les côtés du bâtiment les plus exposés à l'action du vent. C'est aussi la raison pour laquelle l'étanchéité des fenêtres prend, dans les immeubles de grande hauteur, une importance particulière.

La différence de température régnant entre l'intérieur et l'extérieur donne naissance à un mouvement ascendant de l'air (analogie au tirage d'une cheminée) par lequel l'air froid est aspiré de l'extérieur, aux étages inférieurs, tandis que l'air chaud s'échappe, dans la partie supérieure du bâtiment, par les interstices des fenêtres. La pression de l'air sur la partie exposée au vent s'oppose à cet effet de tirage, qui est par contre favorisé sur le côté opposé. Dans les cas où les règlements des constructions prescrivent entre les étages des cloisons anti-feu horizontales, le tirage est empêché ou tout au moins réduit ; il est de toute façon indiqué de pourvoir les cages d'escalier, au rez-de-chaussée, de portes à fermeture automatique, renouvelées après cinq ou six étages. L'étanchéité des cabines d'ascenseurs, par rapport à la cage de ces derniers, doit aussi faire l'objet d'une attention particulière.

Les fenêtres à châssis entièrement métalliques ont déjà causé maintes déconvenues, car aux basses températures extérieures, elles donnent libre passage au froid, ce qui provoque des condensations sur les surfaces intérieures. Bien qu'il soit possible, grâce à l'installation de climatisation, de maintenir à un degré voulu l'humidité relative de l'atmosphère intérieure, ces condensations obligent alors, en hiver, à s'accommoder d'une ambiance sèche. On peut améliorer ces conditions en insérant des lisières isolantes suffisamment efficaces dans les châssis des fenêtres métalliques, ou en bois avec revêtement de métal.

Les fenêtres de grande surface conduisent forcément, en hiver, à des déperditions de chaleur correspondantes. Partout où la température extérieure peut s'abaisser fortement, il faut en tout cas choisir la fenêtre à double vitrage, qui réduit la perte de chaleur de moitié par rapport à la vitre simple. L'agrandissement de la surface des fenêtres oblige à améliorer la construction de des dernières, aux fins de réduire les déperditions de chaleur, si l'on ne veut pas risquer des frais de chauffage excessifs. Les halles d'entrée et locaux du rez-de-chaussée sont soumis à des variations de température particulièrement fortes ; aussi est-il indiqué de les pourvoir d'un chauffage supplémentaire par le plancher et d'un chauffage de faible inertie, par radiateurs ou à air chaud, alimenté par un agent porteur de chaleur à température aussi haute que possible.

Les moyens applicables à la climatisation

On dispose de plusieurs systèmes permettant de réaliser un programme de conditionnement répondant aux conditions décrites plus haut, et le choix de la solution la mieux appropriée n'est pas dicté seulement par des considérations techniques, mais aussi, dans une mesure tout aussi importante, par les arguments d'ordre économique et financier.

Dans le cas d'un immeuble contenant principalement des bureaux de grande dimension, d'occupation et de destination uniformes, tels que les salles d'études et de dessin ou les grands bureaux commerciaux, il suffit le plus souvent de limiter la capacité de réglage aux zones d'orientation différentes et aux divers groupes d'étages ; on renonce donc à la possibilité de réglage individuel d'un local à l'autre. Il faut alors examiner distinctement les salles de conférence ainsi que les services spéciaux avec machines comptables automatiques, appareils à hectographier ou autres installations de ce genre.

Le système classique

Ce système, par lequel les locaux ne sont pas seulement approvisionnés, dans la mesure nécessaire, en air frais conditionné, mais qui assure aussi, sous forme d'air chaud, l'apport de la plus grande partie de chaleur nécessaire, est bien apte à résoudre le problème posé plus haut.

La *figure 1* représente un immeuble administratif de grande hauteur, presque semblable à une tour, pour lequel le programme de construction avait prescrit la possibilité de varier à volonté l'emploi des divers locaux ; on choisit pour cette raison un schéma d'installation permettant de régler distinctement, dans chaque étage, quatre zones orientées suivant les points cardinaux. L'axe de chaque fenêtre est en même temps celui d'une unité de climatisation qu'il est possible en tout temps d'isoler ou de combiner au moyen de cloisons intermédiaires.

Le mode de fonctionnement de l'installation est représenté schématiquement par la *figure 2*. La centrale, disposée au second sous-sol et assurant la préparation de l'air frais, aspiré auparavant à 6 m environ au-dessus du sol, comprend des filtres électrostatique et mécanique, un réchauffeur préliminaire, un laveur d'air avec réfrigérant préliminaire et un ventilateur d'amenée. Les quatre canaux de montée, disposés aux angles du carré représenté en plan par la *figure 3*, amènent l'air aux sous-stations d'étage, comprenant des appareils de répartition normalisés, avec filtres, réchauffeurs complémentaires, réfrigérants complémentaires et ventilateurs, et réglant automatiquement, par mélange d'air frais et d'air en recirculation, le climat de la zone à laquelle chacun d'eux est affecté. Une certaine quantité de l'air provenant de la zone desservie et correspondant à celle d'air frais est évacuée à l'extérieur par un appareillage spécial.

Le système d'amenée d'air par plafonds perforés a donné d'excellents résultats, car il permet une répartition très fine et régulière par laquelle on peut, en été, insuffler dans le local de l'air fortement rafraîchi sans donner lieu à aucun courant d'air. C'est un avantage appréciable, en particulier lorsqu'une brusque insolation impose une pointe de charge rapide dans l'installation de rafraîchissement. En outre, le plafond

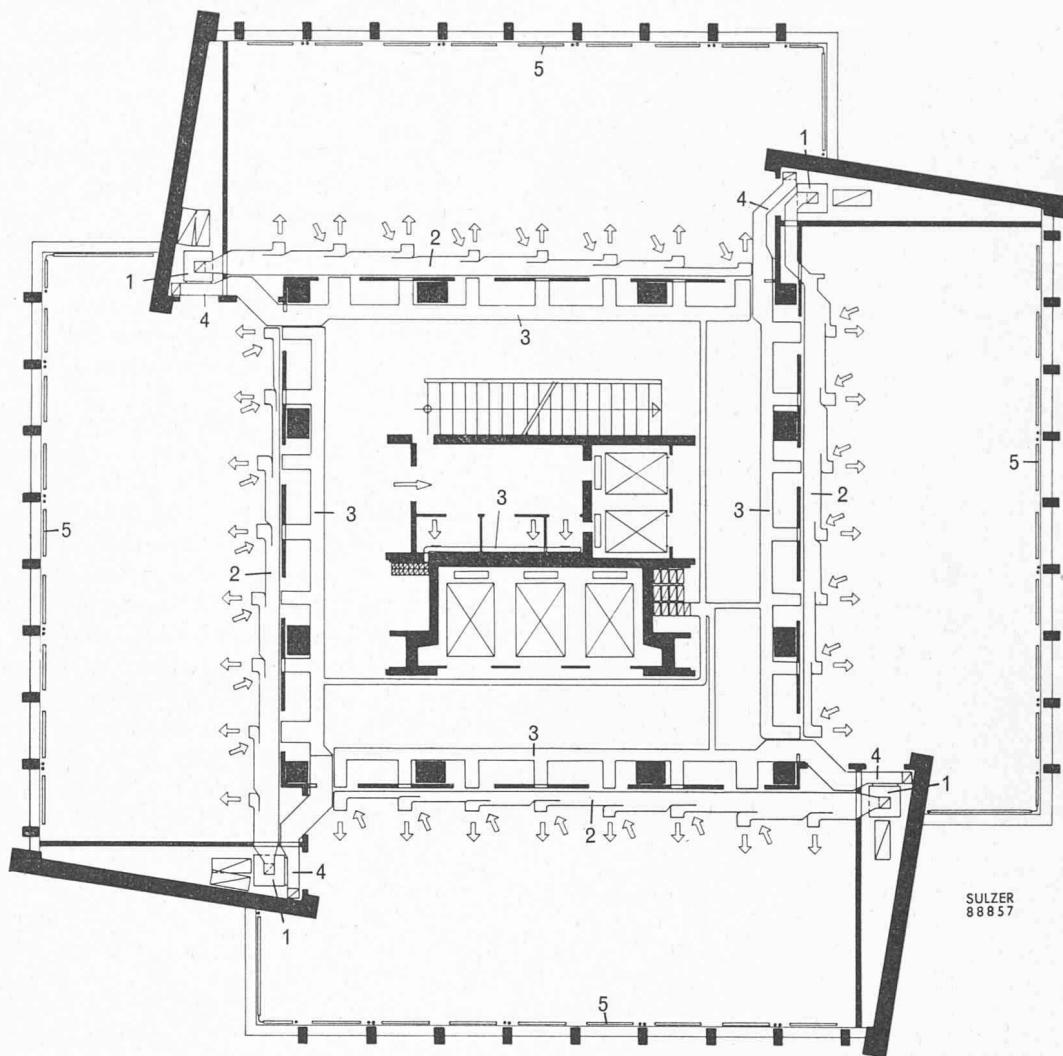


Fig. 3. — Plan de l'immeuble de la figure 1, avec quatre zones de réglage par étage.

1 Centrale d'étage	4 Répartition de la recirculation et de l'évacuation
2 Répartition de l'air	5 Chauffage dans les embrasures de fenêtres
3 Canaux de retour de l'air	

perforé contribue à étouffer les bruits provenant du local lui-même comme aussi les perturbations acoustiques dues aux sous-stations.

Les radiateurs, disposés sous les fenêtres et destinés à fournir la puissance de base pour le chauffage, sont dimensionnés pour apporter environ 65 % des besoins de chaleur totaux. Un appareil de réglage commandé par les conditions extérieures adapte à ces dernières la température de l'eau surchauffée.

La consommation de chaleur dans le bâtiment entier se monte à 1 000 000 kcal/h, fournies, par l'intermédiaire de transformateurs, par la centrale de chauffage propre à l'entreprise.

Pour assurer, à une température extérieure de 30°C, une ambiance intérieure de 27°C, il faut mettre en œuvre une puissance réfrigérante de 115 000 frig/h, fournie par une machine frigorifique au fréon en combinaison avec un accumulateur de froid. L'installation d'une seconde machine identique est prévue pour le cas où les besoins en froid devraient encore augmenter à l'avenir.

La figure 4 représente le bâtiment d'administration central d'une compagnie d'assurances ; on y a appliqué le même système de climatisation, avec la différence

toutefois que, aux fins de réduire le coût de l'installation, deux zones, orientées l'une à l'est et l'autre à l'ouest comprennent chacune cinq étages combinés en un groupe de réglage. Cette solution a permis de réduire le nombre des sous-stations tout en assurant, de façon suffisante pour la pratique, la finesse, du réglage aussi en direction verticale, pour tenir compte de l'action du vent comme de l'irradiation solaire et de l'ombrage. La façade la plus étroite du bâtiment, orientée vers le sud, forme dans son ensemble une seule zone de réglage ; en outre, on a tenu compte des conditions particulières propres à l'étage supérieur réservé à la Direction, en le groupant en une zone de réglage autonome.

Dans cet immeuble aussi, l'air est amené dans les locaux par des plafonds perforés, et la charge de base, pour le chauffage, est couverte par des convecteurs disposés sous les fenêtres et masqués par des panneaux.

La capacité de refroidissement de 170 000 frig/h est fournie par deux compresseurs au fréon. A défaut de la quantité d'eau de refroidissement qui serait nécessaire, la chaleur des condenseurs est évacuée à l'atmosphère par un réfrigérant évaporateur.



Fig. 4. — Bâtiment administratif de grande hauteur, à Bâle, avec installation de climatisation classique et réglage par zones de cinq étages chacune.

Le système par convecteurs-climatiseurs

Le système classique décrit plus haut a pour caractéristique principale la mise en mouvement de gros volumes d'air, ce qui conduit à un réseau de canaux assez encombrant. Le volume d'air amené dans les locaux revient, dans la proportion d'environ 80 %, en recirculation à la centrale de climatisation, tandis que les 20 % restants seulement, évacués à l'extérieur, sont remplacés par de l'air frais.

A mesure que se faisait plus pressante, dans les gratte-ciel américains, la nécessité de climatiser entièrement ces bâtiments, et non seulement de les chauffer, le problème de l'emplacement occupé par les canaux d'aération devenait plus difficile, et l'on en vint par la suite à mettre au point un système évitant la recirculation de l'air, pour ne plus distribuer, par un réseau de canaux, que la quantité d'air minimum exigée par les besoins de l'hygiène (soit environ 20 %); c'est ce que représente le schéma de la figure 5.

Le climatiseur-convecteur, disposé le plus souvent sous les fenêtres, est formé, comme le montre cette figure, d'un système de tuyères éjectrices, dans lesquelles l'air primaire, insufflé sous une pression relativement élevée, se détend en aspirant un volume de trois à cinq fois plus grand d'air ambiant. Ce mélange est alors réchauffé ou rafraîchi sur les parois de l'échangeur contenu dans le convecteur, puis sort par le haut de l'appareil.

Ce système permet, en hiver, de collecter le courant d'air froid descendant des fenêtres et de le réchauffer

par mélange, de sorte que le voisinage de la fenêtre est agréablement climatisé. Les conditions sont tout aussi favorables en été, car le courant d'air frais insufflé verticalement vers le haut refroidit les stores intérieurs et diminue l'effet de leur rayonnement thermique. Comme on l'a déjà remarqué, ce genre de refroidissement procure une impression de bien-être plus agréable qu'une réduction supplémentaire de la température intérieure pour compenser le rayonnement des stores. A l'arrêt de l'installation de climatisation (soit pendant la nuit ou en fin de semaine), les convecteurs sont facilement à même de couvrir les déperditions de chaleur dans le bâtiment.

L'effet du convecteur-climatiseur disposé sous la fenêtre se limite à une profondeur d'environ 6 ou 7 m. Il faut amener séparément de l'air dans les locaux plus profonds ou disposés vers le milieu du bâtiment; on applique fréquemment, dans ce cas, des installations classiques ou un appareillage spécial à haute pression.

En réglant, dans le convecteur, la circulation du fluide réfrigérant ou chauffant, on a la possibilité d'influencer le climat individuel de chaque local, ce qui assure la plus grande souplesse d'adaptation aux exigences de confort individuelles. Les régulateurs entièrement automatiques pour convecteurs-climatiseurs qu'on trouve actuellement sur le marché sont, pour le moment encore, d'un prix assez élevé; aussi se

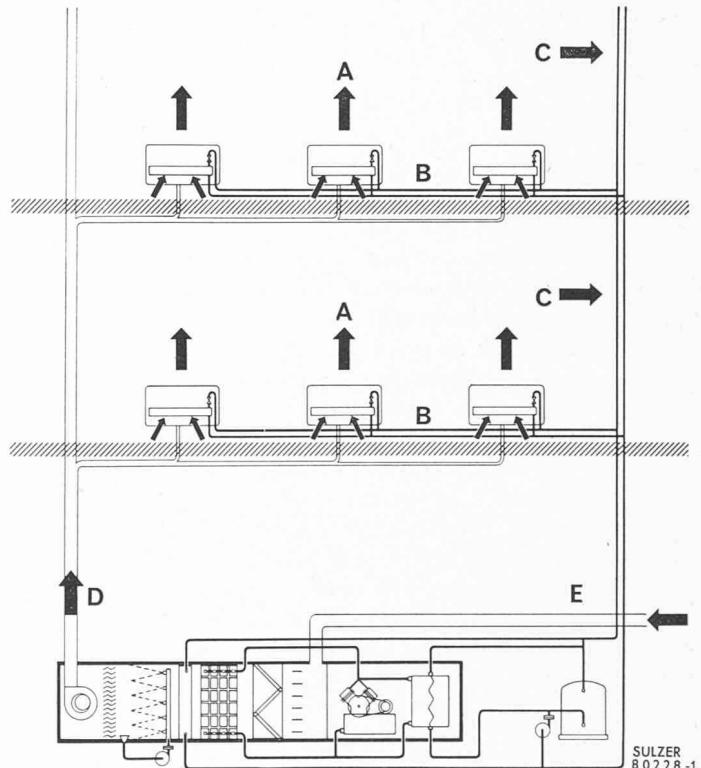


Fig. 5. — Schéma d'une installation de climatisation par convecteurs avec préparation centrale de l'air frais.

A Arrivée d'air	100 %
B Air en recirculation	80 %
C Evacuation d'air.....	20 %
D Air primaire	20 %
E Air frais	20 %

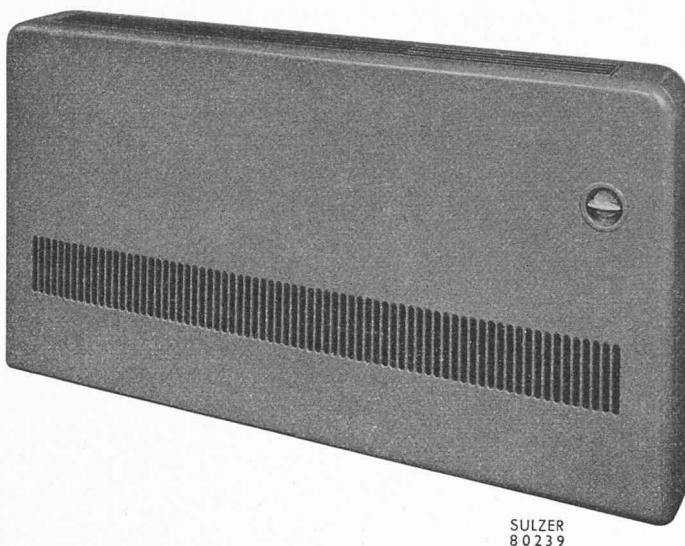


Fig. 6. — Convecteur-climatiseur pour montage à découvert.

contente-t-on, dans nombre de cas, des appareils semi-automatiques moins coûteux.

Par temps lourd et orageux, il est plus important de réduire le degré d'humidité relative de l'ambiance que d'en abaisser la température. Le convecteur-climatiseur offre à cet effet deux possibilités, soit par le réglage du point de rosée dans la préparation de l'air primaire, d'une part et, de l'autre, par la séparation de l'eau dans l'appareil lui-même, pourvu d'une cuvette collectrice avec conduite pour l'évacuation de l'eau. Comme l'expérience l'a montré, ce deuxième effet d'assèchement n'intervient qu'aux jours de haute humidité relative.

Le convecteur-climatiseur peut être soit disposé librement dans le local qu'il dessert (fig. 6), soit construit pour installation dans les embrasures de fenêtres, masqué par les boiseries (fig. 7 et 8).

Les appareils convenablement construits sont pratiquement silencieux, tant que la distribution d'air à haute pression n'est pas en elle-même une source de bruit, c'est-à-dire à condition que le réseau soit pourvu d'amortisseurs suffisamment efficaces et judicieusement placés.

Le système à deux canaux

Une solution intermédiaire entre le système de climatisation classique et le convecteur-climatiseur est celle de l'installation de climatisation à haute pression, comprenant en parallèle, dans tout le bâtiment, une circulation double d'air froid et chaud, permettant d'amener individuellement à chaque local, ou à chaque groupe de réglage, par l'intermédiaire d'un appareil mélangeur à réglage automatique (fig. 9), la quantité d'air frais nécessaire ou de lui fournir à volonté le froid ou la chaleur demandés. Outre le réglage pour la température, l'appareil mélangeur contient aussi un dispositif pour maintenir constante la quantité d'air en mélange. La figure 10 montre le schéma de principe d'une installation de ce genre, telle qu'elle équipe par exemple l'immeuble de grande hauteur représenté par la figure 11.



Fig. 7. — Convecteurs-climatiseurs masqués par les boiseries dans un bureau d'administration.

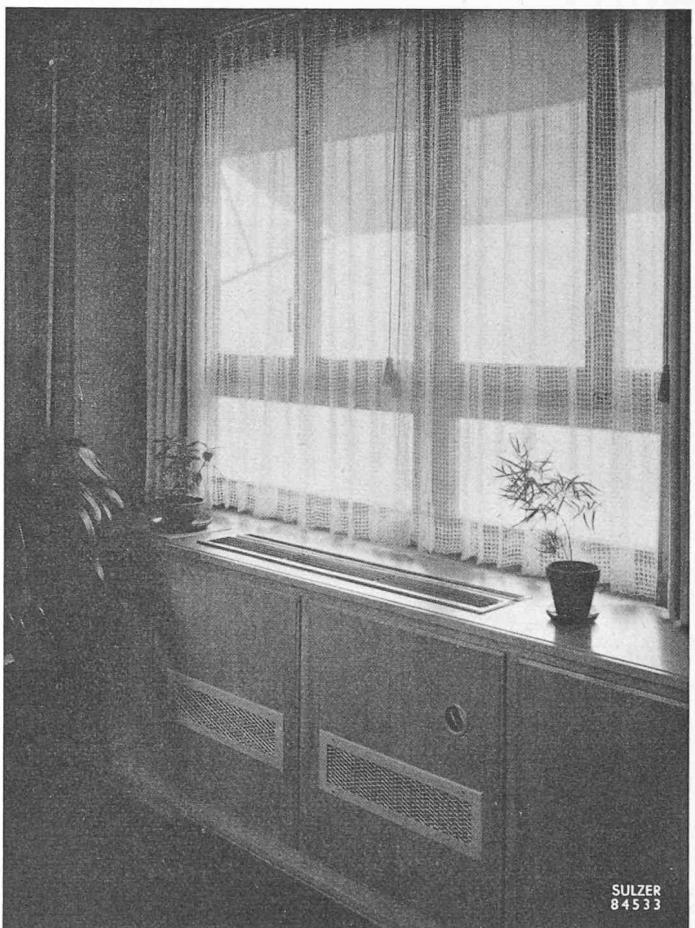


Fig. 8. — Convecteur-climatiseur masqué par les boiseries, dans un bureau de direction.

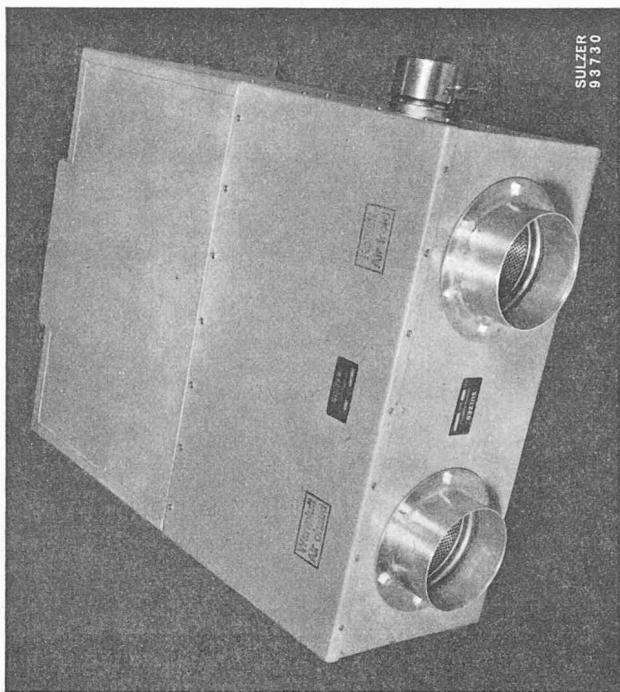


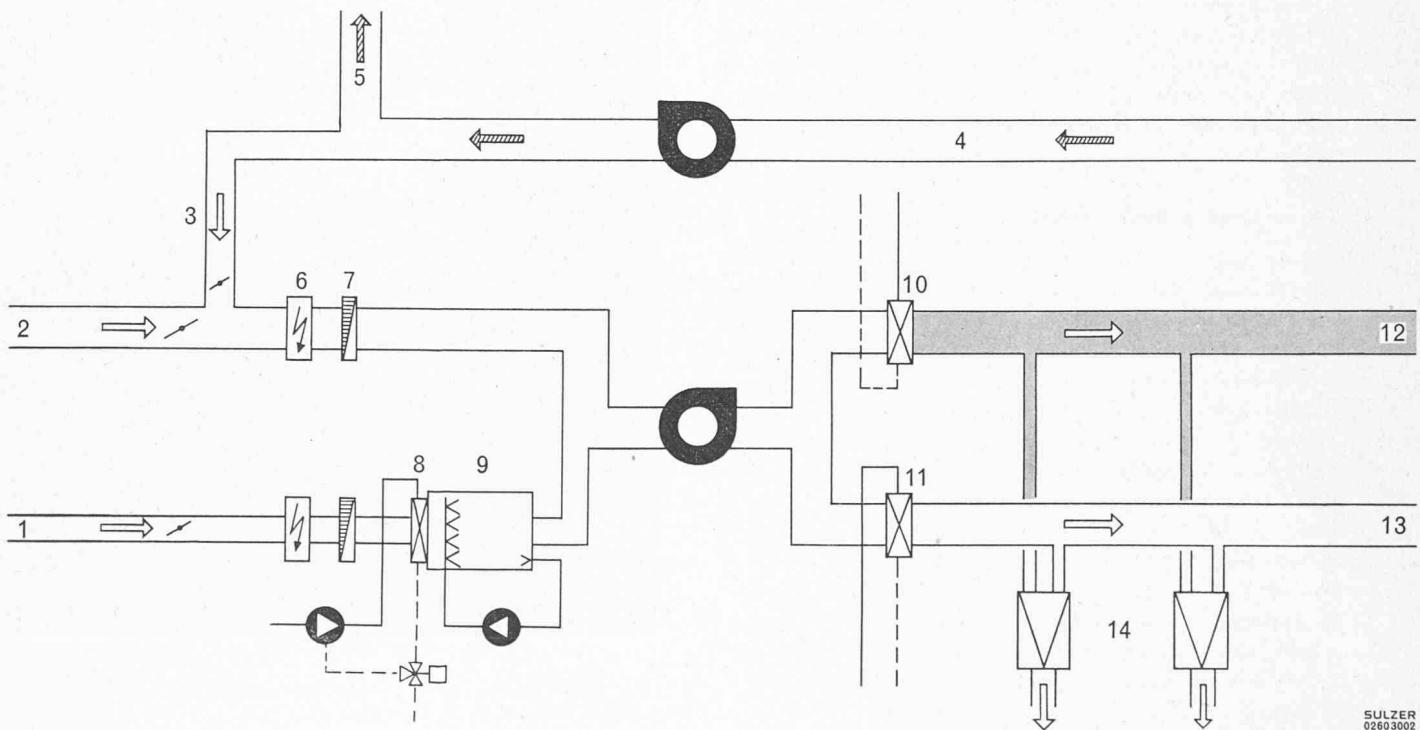
Fig. 9. — Appareils mélangeurs Sulzer pour le système à deux canaux, avec réglage automatique de la température et du débit d'air.



Fig. 11. — Bâtiment des bureaux dans une entreprise de l'industrie chimique, à Bâle.

Fig. 10. — Schéma d'un système à deux canaux.

1 Amenée minimum de l'air	8 Réchauffeur préliminaire
2 Amenée d'air complémentaire	9 Humidificateur
3 Air en circulation	10 Réfrigérant d'air
4 Sortie d'air	11 Réchauffeur d'air
5 Evacuation d'air	12 Canal d'air froid
6 Filtre électrostatique	13 Canal d'air chaud
7 Filtre mécanique	14 Appareils mélangeurs



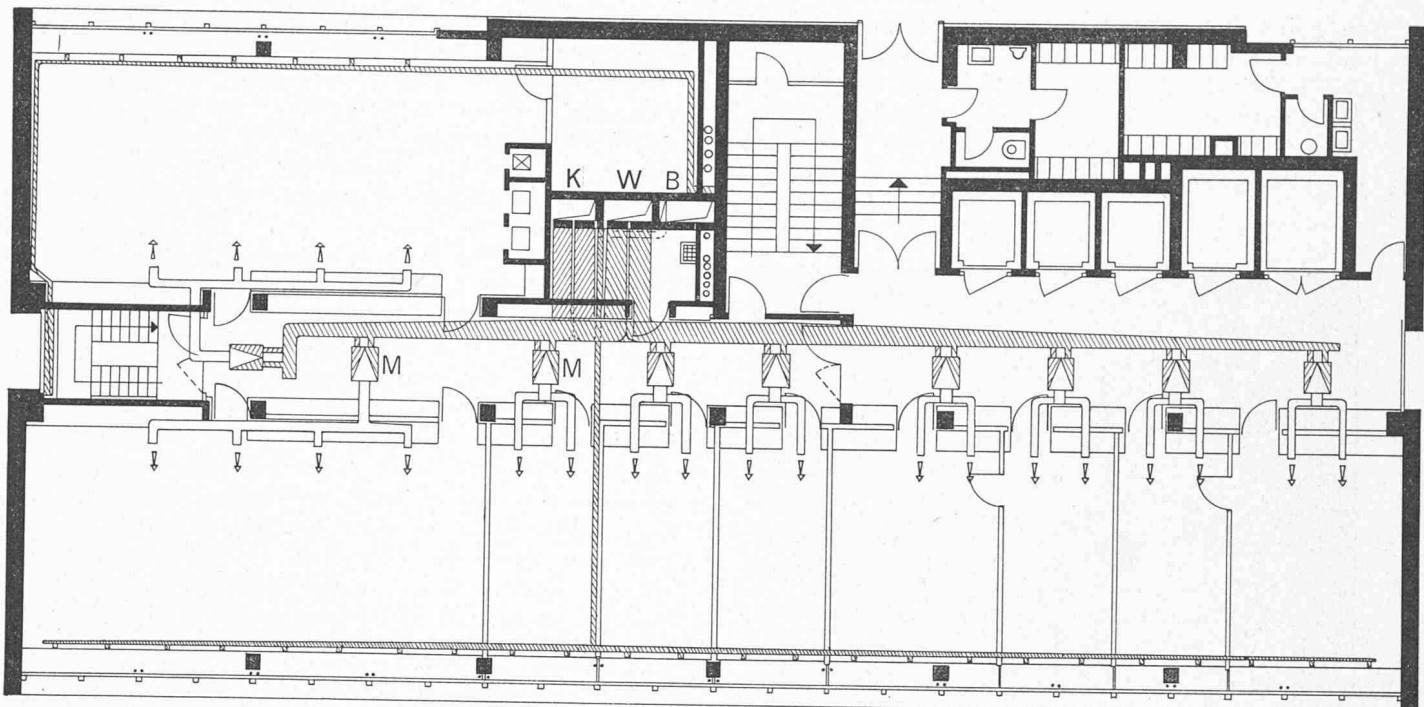


Fig. 12. — Plan d'étage typique d'un bâtiment de bureaux avec installation de climatisation à deux canaux.

B Canal d'insufflation d'air sous les fenêtres
 K Canal d'air froid

M Appareils mélangeurs
 W Canal d'air chaud

L'air quittant les locaux revient en partie à l'installation de conditionnement pour servir, comme dans le système usuel, par recirculation au transport de chaleur ou de froid.

La quantité totale d'air à distribuer ou en circulation dans le réseau est donc ici plus élevée que dans le système à convecteurs-climatiseurs ; elle atteint environ 75 % de celle que met en œuvre le système usuel. Pour cette raison, le système à deux canaux occupe pour la distribution verticale de l'air, une superficie d'étage un peu plus grande, ce qui, dans un immeuble de grande hauteur, a une assez grande importance. Il est toutefois possible de disposer les canaux dans l'intérieur du bâtiment, de sorte qu'il ne faut pas mettre à contribution à cet effet les colonnes, généralement étroites, des murs extérieurs. Grâce au système à deux canaux, on arrive, sans difficulté aucune, à conditionner des locaux de grande profondeur, ou les zones intérieures d'un bâtiment, tout aussi régulièrement et efficacement que les bureaux répartis sur la périphérie de l'immeuble.

Ici aussi, le système de chauffage assurant la charge de base est disposé sous les fenêtres, sous forme de radiateurs à eau chaude ou par amenée d'air chaud d'une installation indépendante. Dans ce dernier cas, l'air chaud, ou au besoin rafraîchi, est insufflé verticalement de bas en haut, ce qui, par rapport aux radiateurs, a l'avantage de lui donner, aussi en saison, une énergie cinétique suffisante pour combattre le courant d'air froid descendant le long des fenêtres ; dans le système par radiateurs ou convecteurs-climatiseurs, au contraire, cette énergie cinétique dépend de la température, de sorte qu'elle est souvent insuffisante

en période transitoire. En outre, cette amenée d'air se prête bien au refroidissement des fenêtres en été.

Le mélange d'air est introduit dans les locaux par des plafonds perforés, des anémostats ou par des appareils à insufflation sous les fenêtres. Il est possible de réduire sensiblement les frais d'installation si un seul appareil mélangeur peut desservir en commun plusieurs locaux de même orientation et de même destination, comme le montre la *figure 12*.

Dans l'installation suivant le schéma de la *figure 10*, la préparation de l'air frais est répartie sur deux unités partielles, dont l'une fournit en permanence la quantité minimum d'air frais correspondant aux exigences hygiéniques, sans mélange d'air en recirculation, tandis que la seconde, plus importante, fonctionnant avec amenée d'air frais et par recirculation, est dimensionnée pour fournir la charge de chaleur ou de refroidissement complémentaire. Le ventilateur d'amenée envoie le mélange d'air, après conditionnement, aux groupes de réchauffage complémentaire ou de refroidissement, d'où les canaux de répartition d'air chaud et froid alimentent les appareils mélangeurs. L'air sortant des locaux par des canaux collecteurs est ramené soit à l'extérieur, soit en partie, en recirculation, à la seconde installation de conditionnement. En hiver, la part remise en circulation augmente à mesure que la température extérieure s'abaisse, ce qui permet de diminuer la consommation de chaleur, tandis qu'en été, cette part augmente aussi, cette fois en même temps que la température extérieure, car l'air sortant des locaux est plus frais que celui de l'extérieur, de sorte qu'on peut plutôt abaisser la puissance frigorifique. En hiver, la température d'insufflation est mise

au point au thermostat, par un réglage extérieur, suivant la demande de chaleur au chauffage. En été, l'air extérieur suffit au rafraîchissement des locaux, dans l'installation décrite, jusqu'à la température extérieure de 14°C, au-dessus de laquelle il faut mettre le rafraîchissement artificiel en action.

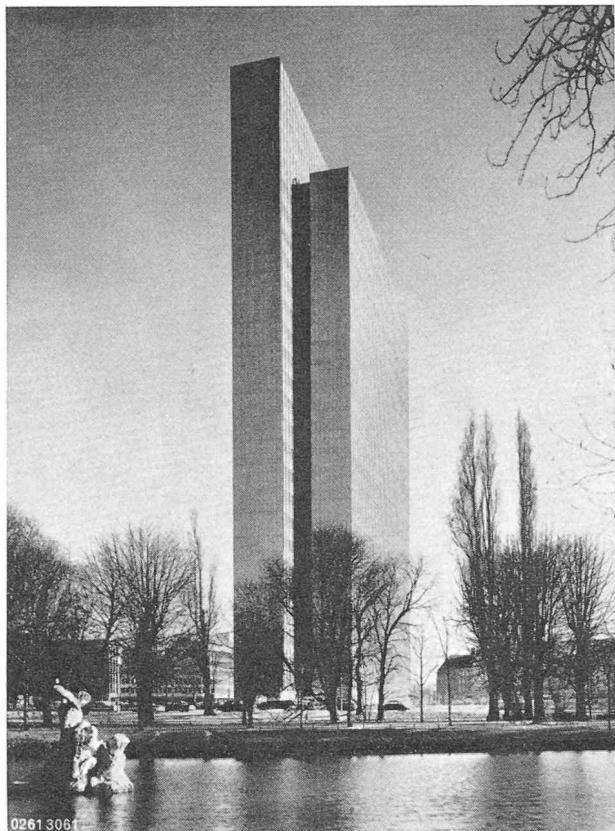


Fig. 13. — Bâtiment d'administration de la Phœnix-Rheinrohr AG., Düsseldorf, équipé d'installations de climatisation Sulzer (Gebrüder Sulzer, Heizung und Lüftung GmbH., Stuttgart).

Résumé et conclusions

L'étude de tout projet nouveau soulève dès son début la question du choix du système le mieux approprié pour la climatisation. Dans les immeubles de grande hauteur, qui font seuls l'objet de ces considérations, le système classique à basse pression n'entre plus guère

en ligne de compte à l'heure actuelle, car les canaux d'air occupent une surface trop grande à chaque étage.

Pour la même raison, le système à deux canaux peut aussi se trouver en désavantage par rapport aux convecteurs-climatiseurs, s'il s'agit de bâtiments très élevés avec superficie relativement faible, sans qu'il soit possible d'intercaler des étages intermédiaires pour les installations techniques.

Dans les installations avec convecteurs-climatiseurs, chaque embrasure de fenêtre est occupée par un appareil, ce qui donne toute latitude dans la répartition des locaux et permet aussi d'atteindre une capacité quelconque avec un petit nombre de types normaux. Dans le système à deux canaux, on a avantage à disposer les appareils mélangeurs dans les interstices des doubles plafonds des corridors, ce qui permet de ménager la précieuse superficie d'étage ; par contre, les canaux d'air occupent plus de place que les convecteurs-climatiseurs. Suivant la destination des locaux, il peut être possible de desservir plusieurs unités de construction (par axe de fenêtre) par un seul appareil mélangeur, ce qui a naturellement une influence favorable sur le prix et peut même y jouer un rôle décisif.

Quant au bruit, les deux systèmes sont sans doute équivalents, à condition d'une exécution soignée ; il est clair que l'estimation du bruit dû à l'installation sera fortement influencée par les bruits de fond provenant du voisinage. Un compromis s'imposera souvent entre le débit d'air désirable à un emplacement donné et l'intensité de bruit admissible dans un voisinage donné.

Un problème est souvent posé par l'alimentation des condenseurs dans les installations de production du froid, car la distribution publique d'eau froide peut être insuffisante ou même faire complètement défaut. Il ne reste le plus souvent qu'à évacuer la chaleur du condenseur à l'air atmosphérique, par un réfrigérant évaporateur qui n'absorbe que 5 ou 10 % de la quantité d'eau nécessaire à défaut de cette mesure. Certains services publics imposent, pour l'emploi de l'eau prise dans leur réseau aux fins de refroidissement, un chauffement minimum de 12°C, par exemple, dans les appareils réfrigérants.

De par le grand nombre des facteurs dont il faut tenir compte, il semble encore impossible d'énoncer des règles d'une validité générale pour le mode de climatisation le mieux approprié et le plus économique, et la solution la meilleure sera toujours le fruit d'une étude soignée, sous le rapport technique aussi bien qu'économique, par des spécialistes de ces problèmes.