

Mémento technique du bâtiment

pour le chargé d'opération de constructions publiques

Confort thermique



| Certu

MEMENTO TECHNIQUE DU BATIMENT

pour le chargé d'opération de constructions publiques.

LE CONFORT THERMIQUE

Juillet 2003

**Ministère de l'Équipement, des Transports,
du Logement, du Tourisme et de la Mer.**

**Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques.**



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



SOMMAIRE

I- LES ENJEUX	5
II- LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES EN JEU.....	5
III- LES PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES EN JEU.....	9
IV- NOTIONS ÉLÉMENTAIRES APPLIQUÉES AU BÂTIMENT.....	13
V- POINTS DE VIGILANCE.....	15
VI- LA RÉGLEMENTATION	17
VII- GLOSSAIRE.....	18
VIII- BIBLIOGRAPHIE.....	19

I - LES ENJEUX

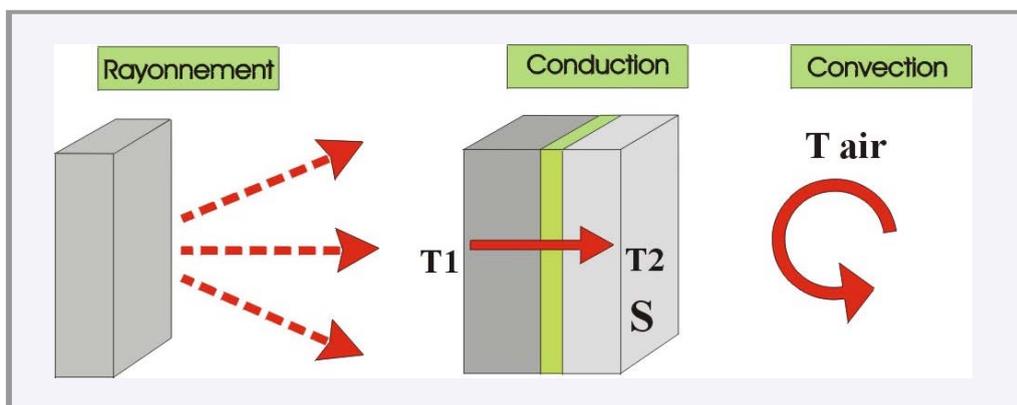
Ils s'expriment principalement à travers :

- le **confort** des occupants en toute saison, c'est-à-dire une ambiance adaptée aux usages prévues dans le bâtiment et permettant de satisfaire le confort d'hiver comme d'été
- l'**hygiène et la santé** des occupants (par rapport aux besoins en oxygène, à l'élimination des odeurs, fumées et gaz nocifs divers)
- la **pérennité du bâtiment et des équipements** (par rapport aux problèmes de condensation, de mise hors gel, ...)
- l'économie liée aux **consommations énergétiques** (le poste «chauffage» représente en moyenne 44 % dans les bâtiments autres que d'habitation)
- la **préservation de l'environnement**, par rapport à l'utilisation de ressources non renouvelables et aux émissions de polluants dans l'atmosphère.

D'autres enjeux peuvent encore être considérés en fonction de l'usage des bâtiments ; le confort pourra par exemple être relié à la notion de productivité dans le secteur tertiaire.

II - LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES EN JEU

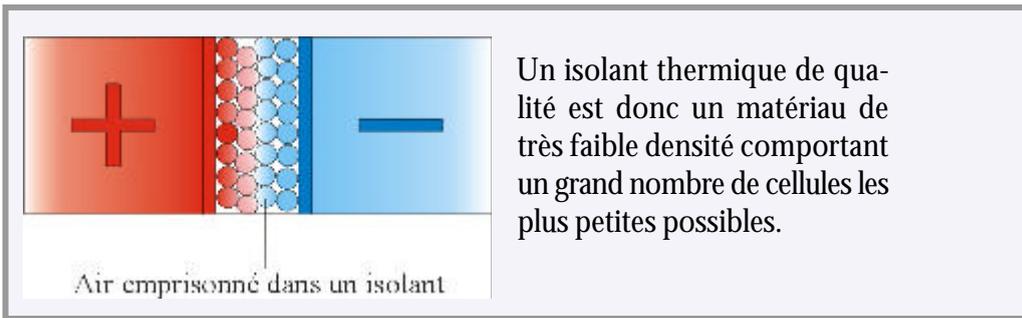
Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement (comme pour le corps humain avec l'environnement) s'effectuent suivant trois modes :



- le **rayonnement** : transfert d'un corps à un autre par ondes électromagnétiques, donc sans contact direct.

- la **conduction** : la chaleur se propage à l'intérieur de la matière (un même corps solide ou un même fluide liquide ou gazeux), de particule à particule.

- la **convection** : transfert entre l'air et la matière solide résultant du déplacement des particules (de l'air) au niveau de l'interface.

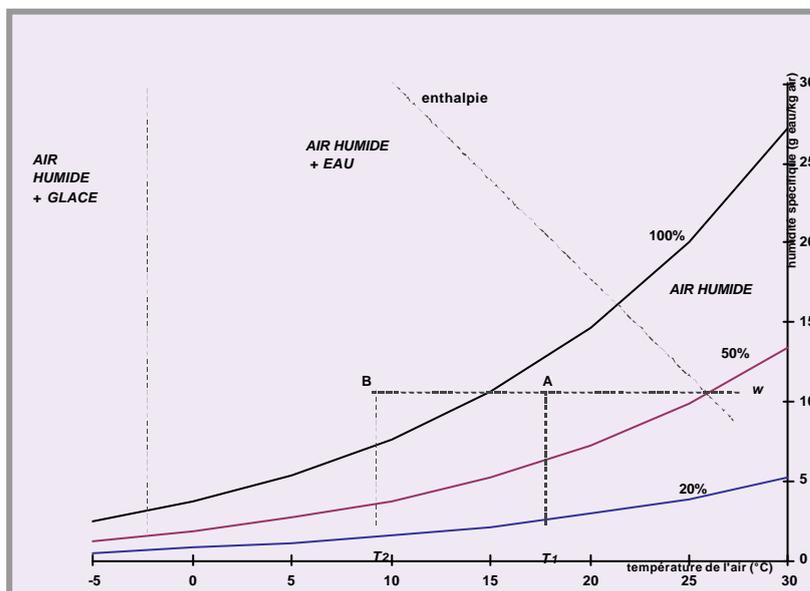


Si l'eau vient à remplacer l'air dans les pores d'un matériau, par condensation ou par remontée capillaire par exemple, elle réduit considérablement sa résistance thermique.

Aux phénomènes de transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement participent aussi les phénomènes liés aux **changements d'état de l'eau** (évaporation, condensation, sublimation). Pour appréhender les risques de condensation dans les bâtiments, on utilise le diagramme psychrométrique, ou **diagramme de l'air humide**.

Exemple d'application :

Pour une teneur en eau dans l'air donnée (w), si l'air est refroidi en passant du point A (à T_1 °C) au point B (à T_2 °C), on atteint le «point de rosée» à partir duquel il y a formation de condensation, notamment sur les parois dont la température en surface est inférieure ou égale à T_r .



Sur ce graphe l'**humidité spécifique**, c'est-à-dire la teneur en eau (en g par kg d'air) est représentée en fonction de la température de l'air. Des lignes obliques représentent une enthalpie donnée (= quantité de chaleur totale contenue dans la masse), et des courbes indiquent les **humidités relatives** de l'air (ou degré hygrométrique). La courbe où l'humidité est de 100 % marque la limite au-delà de laquelle on est en présence d'air saturé en humidité et d'eau à l'état liquide (ou solide si $T^\circ < 0^\circ\text{C}$).

Les «points de rosée», à partir desquels apparaît de la **condensation**, sont ceux de la courbe où l'humidité relative est de 100 %.

Ce diagramme permet donc de connaître la température des parois à partir de laquelle il y a formation de condensation superficielle (avec une humidité absolue donnée). Trois solutions existent alors pour éviter les condensations : augmenter la température des parois (en isolant), évacuer l'humidité de l'air intérieur par apport d'air neuf, et augmenter la température de l'air intérieur (en chauffant).

Remarques :

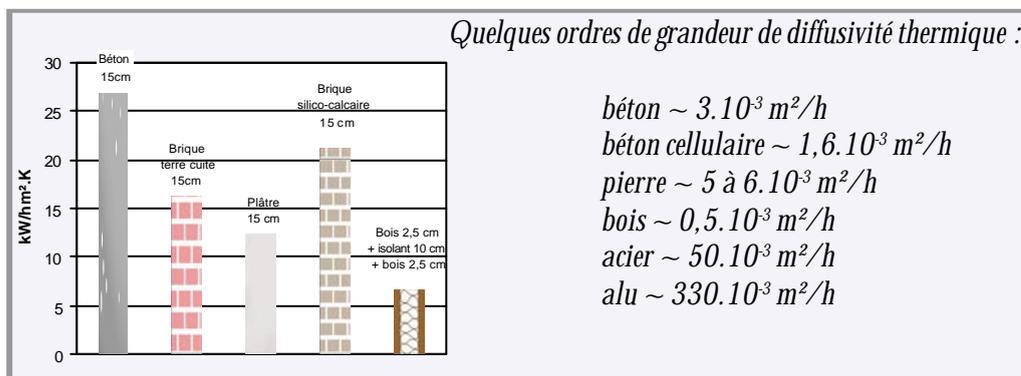
- l'air froid peut contenir beaucoup moins d'humidité qu'un air chaud avant d'être saturé.
- la formation de condensation s'accompagne d'un léger dégagement de chaleur.

L'inertie thermique est la capacité d'un matériau à stocker l'énergie, traduite par sa *capacité thermique*. Plus l'inertie est élevée et plus le matériau restitue des quantités importantes de chaleur (ou de fraîcheur), en décalage par rapport aux variations thermiques extérieures (le matériau mettant plus de temps à s'échauffer ou à se refroidir).

En général, plus un matériau est lourd et plus il a d'inertie.

L'inertie thermique est utilisée en construction pour atténuer les variations de température extérieure, et permet de limiter un refroidissement ou une surchauffe trop importante à l'intérieur. Elle n'est toutefois pas toujours adaptée aux locaux occupés et chauffés de manière intermittente.

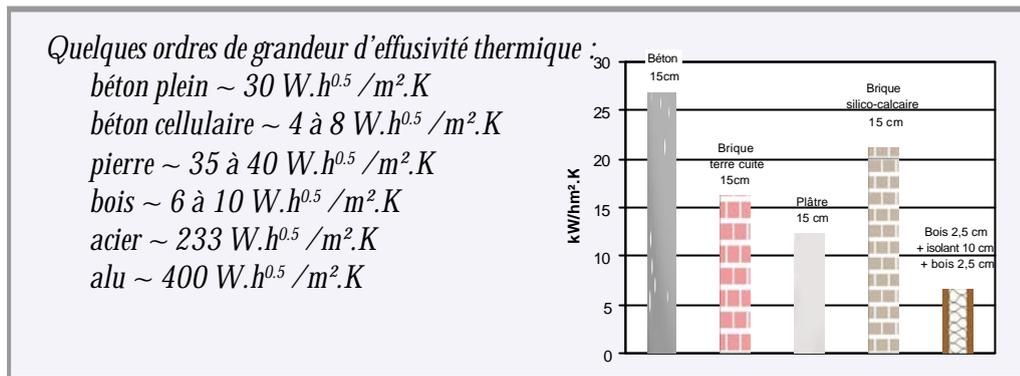
Pour bien utiliser l'inertie d'un bâtiment, il faut considérer la vitesse de réponse des matériaux pour transmettre une variation de température, traduite par la *diffusivité thermique*. En effet, l'inertie permet de tempérer les amplitudes journalières de températures intérieures face aux variations de températures extérieures, ce qui est générateur de confort et d'économie pour les locaux chauffés en permanence.



L'effusivité thermique caractérise la rapidité avec laquelle la température superficielle d'un matériau s'élève. Plus elle est grande et plus le matériau absorbe rapidement les apports de chaleur (internes ou solaires) sans que la température du local s'élève notablement.

Dans un climat tempéré à froid, les revêtements à effusivité faible sont plus appréciés (bois par exemple).

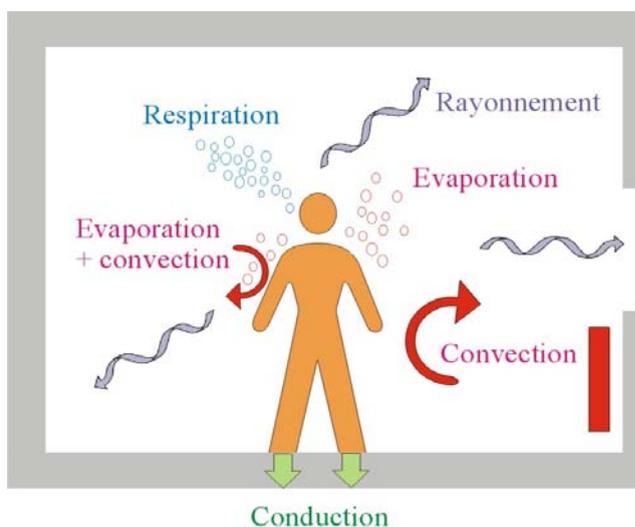
C'est l'inverse dans un climat chaud, où les revêtements à effusivité forte sont préférés (grès, faïence, ...).



III. LES PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES

Pour entretenir la vie, un corps humain transforme de l'énergie. Alors que la température du corps est maintenue constante à $37 \pm 0,8^\circ\text{C}$, celle de la peau est de l'ordre de $32 \text{ à } 33^\circ\text{C}$ (mais au niveau des pieds, elle peut descendre à $15 - 20^\circ$ si la température ambiante est faible, c'est-à-dire inférieure à 15°C).

La régulation physique de la température du corps s'effectue suivant différents modes : principalement par convection, rayonnement, et évaporation, et dans une moindre mesure par conduction, respiration et sécrétion.



La perte de chaleur est de l'ordre de 120 W dans des conditions de température de $18-30^\circ\text{C}$, pour un individu au repos, en air calme, et peut aller jusqu'à 500 W dans des conditions d'activité physique soutenue.

La notion de confort est intimement liée à des adaptations ponctuelles de la régulation corporelle, à la fois globale et locale (des extrémités du corps). La perception du froid et du chaud dépend de nombreux paramètres : le sexe, l'âge, la constitution, la santé, la nourriture, les vêtements, l'activité auxquels s'ajoutent encore des paramètres psychologiques, et même socio-culturels (abstraction faite de ceux liés à l'environnement).

Il est toutefois possible de caractériser des zones moyennes de confort (définies de manière statistique), sachant que les paramètres d'ambiance les plus déterminants sont :

- **la température de l'air** (et les gradients verticaux et horizontaux de température),
- **la température des parois** (et les asymétries de rayonnement des parois froides/chaudes) ainsi que le rayonnement solaire transmis à travers les parois vitrées,
- **l'humidité,**
- **les mouvements de l'air ambiant** (à travers les vitesses d'air).

Ces quatre données sont à considérer pour un individu moyen normalement habillé, avec un **type d'activité** donné (qu'il faut donc préalablement définir).

Remarques :

- on parle aussi de **température résultante**, représentative à la fois de la température de l'air et de la **température radiante** (c'est-à-dire la température des parois)
- les « gradients » de température sont en fait les variations de température observées suivant la hauteur (gradient vertical), la largeur ou la longueur d'un local (gradient horizontal).

Bien entendu, d'autres facteurs sont susceptibles de caractériser une ambiance donnée ; le bruit, l'éclairage, la pureté de l'air, les odeurs, l'état électrique de l'air, ...

Le **renouvellement d'air** est fondamental pour l'hygiène, la santé et la sécurité des occupants ainsi que pour la pérennité du bâti. Il permet d'apporter l'oxygène nécessaire à la respiration et d'évacuer la vapeur d'eau, source de condensation et de pathologies sur le bâti, ainsi que les polluants et les odeurs produites par l'activité humaine, par les équipements ou par les produits de construction.

Quelques ordres de grandeur :

- quantité d'air inspirée par un homme adulte sans activité physique : $\sim 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (maximum $9 \text{ m}^3/\text{h}$, avec activité physique),
- consommation en oxygène : 15 à 50 l/h suivant l'activité (l'air extérieur contient environ 21% d'oxygène en volume, et 0,03% de CO_2),
- rejet de CO_2 pour un individu au repos : 10 à 20 l/h.
- vapeur d'eau produite en moyenne par un individu : 50 g/h., production de vapeur d'eau globale, liée aux activités ménagères et humaines peut être estimée à 2,5 l/j/pers (en moyenne dans le logement).

Les exigences de confort hygrothermique (pour des individus «au repos», ...) sont en situation courante caractérisées par les valeurs suivantes :

- en confort d'hiver : $T_{\text{air}}^{\circ} \sim 20^{\circ}$ pour une humidité de 40 à 60 %
- en confort d'été : $T_{\text{air}}^{\circ} \sim 25^{\circ}$ si $T_{\text{ext}} < 30^{\circ}$,
et $T_{\text{air}}^{\circ} = (T_{\text{ext}} - 5^{\circ})$ si $T_{\text{ext}} > 30^{\circ}$

(un système de rafraîchissement ou de climatisation sera nécessaire ou non suivant les régions, les activités et les apports internes).

Remarques :

- en été, la T_{air}° «confortable» dépend de l'humidité (pour une vitesse d'air donnée) ; si l'humidité est de 50 %, $T_{\text{air}}^{\circ} < 28^{\circ}\text{C}$ convient, mais si l'humidité est de 70 %, il faut obtenir $T_{\text{air}}^{\circ} < 26^{\circ}\text{C}$
- la T° de confort peut varier de 17°C pour un gymnase à 22°C pour une infirmerie ou un vestiaire.

- l'écart entre la température de surface des parois et la température ambiante ne doit pas excéder :
 - 8° pour les parois vitrées
 - 5° pour les parois opaques (pour une base de $T_{\text{extérieur}}^{\circ}$ de 0°C)
- la température du sol doit pouvoir être maintenue supérieure à 17° (15° dans tous les cas)
- dans le cas de parois chauffantes rayonnantes, leurs températures de surface ne doit pas excéder :
 - 27° pour les plafonds et les parois verticales
 - 24° pour les planchers
- la variation de température avec la hauteur ne devrait pas excéder 1° par mètre dans la zone d'occupation, et 3° dans tous les cas (sauf conditions particulières à justifier)
- la vitesse de l'air en tout point des zones d'occupation ne doit pas dépasser 0,3 à 0,5 m/s (selon sensibilité des occupants).

Remarques :

- attention aux flux des dispositifs de renouvellement d'air, source potentielle d'inconfort

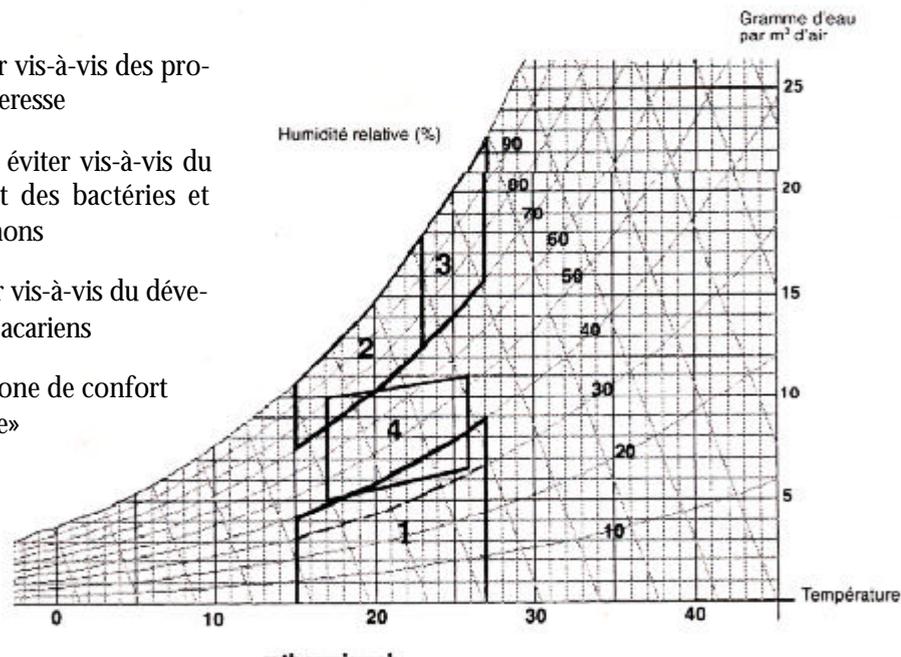
- l'influence des courants d'air est d'autant plus grande que la température est basse.

zone 1 : à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse

zone 2 et 3 : à éviter vis-à-vis du développement des bactéries et microchampignons

zone 3 : à éviter vis-à-vis du développement des acariens

zone 4 : «polygone de confort hygrothermique»



Exemple de zone de confort (établie par le COSTIC)

- il doit exister un apport d'air neuf, sachant que la limite admise pour la concentration en CO_2 dans l'air intérieur est de 1 300 ppm¹ (soit 1,3 l/m³) dans les locaux non fumeurs (Règlement Sanitaire Départemental). Les débits de renouvellement d'air nécessaire peuvent ainsi aller de 15 m³/h à plusieurs milliers de m³/h selon l'occupation et l'activité.

Exemple : sur la base d'une salle de classe de 150 m³ occupée par 25 personnes, rejetant chacune 15 l/h de CO_2 , et en l'absence de renouvellement d'air, au bout d'une heure, la concentration en CO_2 atteint déjà 2900 ppm. Pour ne pas dépasser 1300 ppm, il faudrait apporter un minimum de 17 m³/h/pers d'air neuf, soit 425 m³/h au total.

¹ ppm : partie par million, c'est-à-dire nombre de molécules pour un million de molécules d'air

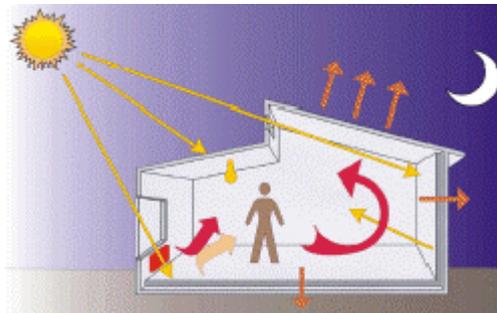
IV. NOTIONS ÉLÉMENTAIRES APPLIQUÉES AU BÂTIMENT

Les éléments à considérer pour agir sur les paramètres du confort hygrothermique sont principalement :

- les **conditions climatiques**, à travers :
 - l'ensoleillement (diagramme solaire, durées moyennes d'ensoleillement, ...),
 - la température de l'air (et ses variations quotidiennes et mensuelles),
 - l'hygrométrie (et sa variation mensuelle),
 - l'orientation et la fréquence des vents dominants,
 - les **degrés-jours** (somme des écarts positifs entre une T° conventionnelle, égale à 18° en général, et la T° extérieure moyenne journalière). Ordre de grandeur des degrés-jours en France (sur la base de 18°) : de 1600 °j (extrême sud-est) à 3200 °j (en région est) environ.
- les **dispositions constructives**, à travers l'orientation, les masques, les matériaux, les isolants, la volumétrie.
- les **équipements techniques** : systèmes de production et de distribution de chaleur et de froid, la régulation, le système de ventilation.
- les **apports internes**, chaleur produite par les occupants et par les équipements divers.

Remarques :

- les équipements présents dans certains bureaux peuvent apporter jusqu'à 40% des besoins thermiques d'hiver, et induisent des besoins de rafraîchissement en été.
- ordre de grandeur de chaleur produite par un ordinateur : 200 W.



L'ensemble de ces paramètres est à analyser en fonction des caractéristiques de l'occupation (effectifs, taux d'occupation, répartition par locaux, ...) pour apprécier l'adéquation entre besoins et conception.

La définition des exigences de confort hygrothermique et la recherche de dispositions techniques adaptées ne doivent pas perdre de vue la dimension de développement durable, en veillant à :

- réduire au maximum le recours à des systèmes actifs (c'est-à-dire nécessitant un apport d'énergie),
- choisir des équipements économes,
- optimiser les puissances installées,
- privilégier les ressources locales, dont les énergies renouvelables,
- considérer dans une analyse multicritère l'impact global écologique pour le choix des produits et systèmes.

Parallèlement, pour assurer une qualité d'air satisfaisante aux occupants, conserver le bâti et permettre le fonctionnement des appareils à combustion en toute sécurité, les locaux doivent être ventilés suivant le principe du « balayage » ; consistant à introduire de l'air neuf (air provenant de l'extérieur) dans les locaux les moins pollués et à faire circuler ce flux d'air jusqu'aux locaux les plus pollués, où l'air vicié est extrait et évacué vers l'extérieur.

On parle de « locaux à pollution non spécifique », où la pollution n'est liée qu'à la présence humaine, et de « locaux à pollution spécifique » (cuisines, salles d'eau, sanitaires, locaux techniques).

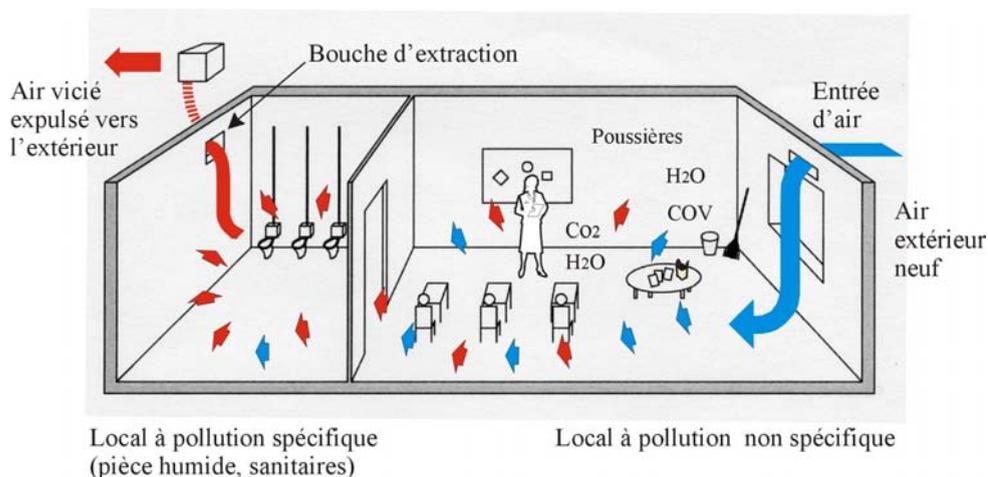
Certains locaux dont la pollution est particulière (présence de produits dangereux, émission de gaz de combustion) peuvent avoir un système de ventilation indépendant pour des contraintes de sécurité.

La maîtrise du renouvellement d'air nécessite un dimensionnement et une localisation adaptés des entrées d'air, des orifices de sorties d'air, et le cas échéant des systèmes mécaniques assurant la circulation d'air, ainsi que des performances minimales en étanchéité à l'air de l'enveloppe globale du bâtiment.

La conception et le dimensionnement de la ventilation d'un bâtiment repose principalement sur les caractéristiques de l'occupation (nombre, durées d'occupation, activités et polluants), tout en étudiant les éventuelles sources de pollution de l'environnement extérieur.

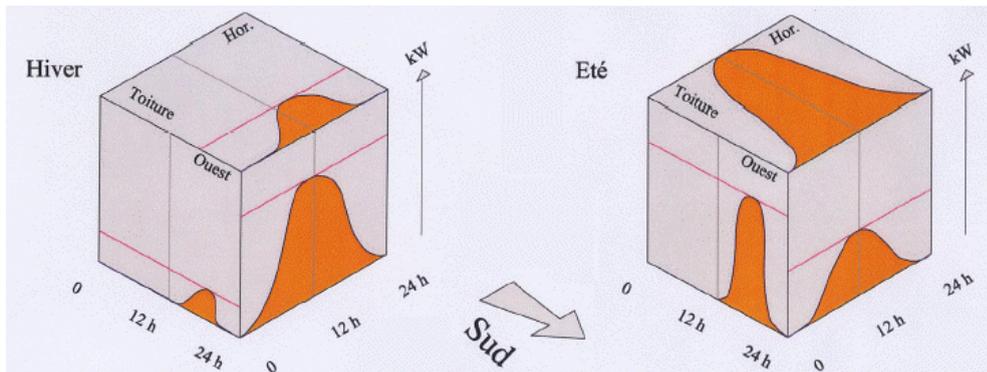
L'enjeu de conception consiste, tout en répondant aux besoins, à :

- limiter la gêne des occupants et/ou des activités due aux courants d'air,
- limiter les déperditions thermiques liées à l'apport d'air froid,
- limiter les transmissions ou émissions de bruit par les conduits, les orifices et les appareils mécaniques associés à la ventilation.



V. POINTS DE VIGILANCE

- Les apports de chaleur, notamment solaires, doivent être considérés avec attention pour limiter les **problèmes de surchauffe**, en été surtout, liés aux parois vitrées. Il faut retenir qu'il est plus difficile de se protéger du soleil bas du matin et du soir (est et ouest) que du soleil haut de midi (sud) en été, et que les surchauffes sont plus fortes à l'ouest après une journée d'utilisation des locaux qu'à l'est, bénéficiant de la fraîcheur de la nuit. En outre, il faut savoir que les protections solaires extérieures sont en général plus efficaces que les autres.



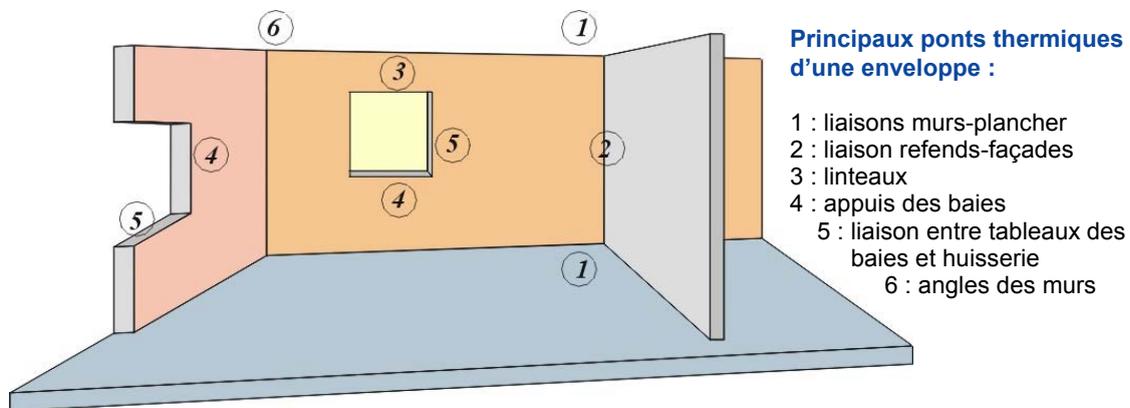
Puissance solaire reçue en hiver et en été sur les surfaces horizontales et verticales orientées au sud et à l'ouest :

- les orientations des vitrages à l'est et à l'ouest sont acceptables à condition de prendre des précautions (occultations efficaces, vitrages faiblement émissifs, ...),
 - les orientations sud, sud-est et sud-ouest sont favorables aux apports, donc à rechercher tout en limitant le rayonnement d'été par les dispositifs adaptés (casquette architecturale, ...),
 - les surfaces vitrées inclinées ou horizontales sont une source importante de surchauffe en été.
- Un **zonage thermique** rigoureux, défini par rapport aux besoins, à l'orientation des locaux et aux apports internes favorise une bonne pratique de l'intermittence. Or, l'intermittence (c'est-à-dire le fonctionnement discontinu des équipements) est la principale source d'économie d'énergie pour la plupart des bâtiments tertiaires.
 - Ne pas négliger les **effets de «parois froides»** liés à la présence de parois vitrées (froides en hiver), pour lesquelles le transfert de chaleur par rayonnement peut être une source d'inconfort important pour les occupants et de déperditions thermiques. Les vitrages orientés au nord sont toujours défavorables au plan thermique et doivent être réduits autant que possible.
 - Le **choix des émetteurs de chaleur** doit être cohérent avec les autres choix constructifs et les caractéristiques d'utilisation des locaux ; pour un local de grande hauteur, avec une occupation intermittente, les modes de diffusion par rayonnement à faible inertie sont à privilégier (limitation des effets de convection amenant l'air chaud vers le haut)
 - Dans un bâtiment, les **déperditions thermiques par convection** peuvent être importantes au niveau des plafonds et rampants (flux de chaleur ascendant), c'est pourquoi il faut porter une attention particulière à la volumétrie, à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, et au gradient de température vertical.

- La conception de l'enveloppe du bâtiment doit limiter les **points de faiblesse thermiques** qui tiennent principalement dans :

- les ponts thermiques (problème de conduction de chaleur vers l'extérieur en un point de rupture d'isolation thermique, comme les abouts de planchers par exemple),
- la perméabilité à l'air de l'enveloppe, au niveau des menuiseries, des liaisons entre panneaux, des passages des conduits, etc..., qui peut être source de déperditions thermiques importantes et de perturbation du renouvellement d'air,
- l'hétérogénéité de performance thermique des parois, qui peut générer des zones froides susceptibles de donner lieu à de la condensation, soit en surface, soit dans la masse.

Ce point de vigilance renvoie, au-delà de la conception, à l'attention particulière à porter sur les interfaces entre les lots au cours des travaux, nécessitant des points de contrôle rigoureux aux différentes étapes du chantier,



- Si la nécessité de renouveler l'air est essentielle, il faut chercher à maîtriser les **déperditions énergétiques dues à la ventilation**, en :
 - contrôlant les flux d'air et les débits (et donc les infiltrations parasites),
 - recherchant des solutions techniques économes en énergie (récupération sur air extrait, limitation des puissance des ventilateurs, ...).
- Les **dispositifs de soufflage d'air** (chauffage, rafraîchissement, ventilation) doivent être conçus et placés de façon à ne générer ni des vitesses d'air excessives dans les zones d'occupation ni de niveau sonore gênant pour les occupants.
- La **conception du système de ventilation** doit prendre en compte les besoins des différents locaux dans un bâtiment, et doit éviter de générer trop de déperditions thermiques en sur-dimensionnant le renouvellement d'air, ou de donner lieu à la formation de condensation sur les éléments du bâti par un sous-dimensionnement.
- La conception et la mise en œuvre du système de ventilation doit limiter les défauts d'**étanchéité des réseaux** (dans l'assemblage des conduits) et les **pertes de charge** dans le linéaire de conduits (changements de direction importants, longueurs excessives, ...), qui sont autant de causes de dysfonctionnement du renouvellement d'air
- Une attention particulière doit être portée à l'adéquation entre le **niveau de technicité des équipements** et le niveau de technicité des personnels amenés à les utiliser. Penser aussi à l'**accessibilité des organes** susceptibles d'être entretenus et réparés.

VI. LA RÉGLEMENTATION

Les premiers textes de réglementation thermique datent de 1974 pour le secteur résidentiel (imposant un coefficient de déperditions G inférieur à un seuil de référence) et de 1976 pour le non résidentiel (imposant un coefficient de déperditions G_1 inférieur à un seuil de référence).

La dernière réglementation thermique (à la date d'édition du présent document) est la « RT2000 », décrite par le décret modifiant le Code de la Construction et de l'Habitation du 29 novembre 2000, et l'arrêté de la même date, complétés par l'arrêté du 1^{er} décembre 2000.

Elle s'applique à tous les bâtiments neufs, résidentiel comme non résidentiel, et impose le respect simultané de 3 conditions :

1) un niveau de consommation énergétique de référence ($C_{réf}$) à ne pas dépasser

$$C \leq C_{réf} \quad (\text{règles Th-C})$$

prenant en compte :
 - le chauffage,
 - la ventilation,
 - la climatisation,
 - la production d'eau chaude sanitaire,
 - l'éclairage des locaux (en non résidentiel).

2) une température intérieure d'été de référence à ne pas dépasser (en cas de non climatisation)

$$T_{ic} \leq T_{ic\text{ réf}} \quad (\text{règles Th-E})$$

3) des performances minimales pour l'isolation thermique des parois et des baies, pour les équipements de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de climatisation, d'éclairage et des protections solaires

$U_{bât} < 1,3 U_{bât\text{ réf}}$ (coefficient moyen de déperditions par les parois et baies). (règles Th-bât). Condition uniquement obligatoire pour les logements

De plus, tout bâtiment doit laisser la possibilité de changer de mode de chauffage et d'énergie utilisés (principe de la réversibilité prévu par la loi sur l'air).

Deux modes d'application de la réglementation sont possibles :

- soit en justifiant les choix par le calcul (réalisés sur la base des règles Th-C, Th-E et Th-bât)
- soit en recourant à des solutions techniques agréées.

Les performances attendues et les règles de calculs diffèrent en fonction :

- de la zone climatique d'hiver (H_1, H_2, H_3),
- de la zone climatique d'été (E_a, E_b, E_c, E_d),
- de la classe d'exposition au bruit des infrastructures (BR_1, BR_2, BR_3).

Une révision des exigences de la RT2000 est prévue tous les 5 ans (en 2005, puis 2010, etc...).

VII. GLOSSAIRE

Coefficient de transmission surfacique U (W/m².K) : flux thermique en régime stationnaire par unité de surface, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.

Coefficient de transmission linéique y (W/m.K) : flux thermique en régime stationnaire par unité de longueur, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.

Conductivité thermique l (W/m.K) : flux thermique traversant un mètre d'épaisseur de matériau pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces du matériau.

Degrés-jours (DJ) : somme des écarts, sur une période de référence (année ou saison hivernale), entre une température conventionnelle (18°C en général) et la température moyenne journalière extérieure. On parle de degrés-jours unifiés si la température conventionnelle est prise égale à 18°C : $DJU = S [18 - ((t_{min} + t_{max})/2)]$ (sur le nb de jours de la période considérée).

Effet Joule : dégagement de chaleur produite par le passage d'un courant électrique dans un conducteur homogène. Les générateurs de chauffage à effet Joule sont les appareils électrique directs, sans fluide intermédiaire.

Espace chauffé : local ou volume fermé chauffé à une température supérieure à 12°C en période d'occupation.

Flux thermique f (W) : quantité de chaleur transmise à (ou fournie par) un système par unité de temps.

Humidité ou hygrométrie : eau ou vapeur d'eau contenues dans l'air ou dans les matériaux, exprimés à travers :

- . l'humidité absolue, poids de vapeur d'eau (en g) par m³ d'air
- . l'humidité spécifique : poids de vapeur d'eau (en g) par kg d'air humide
- . l'humidité relative (HR) ou degré hygrométrique : proportion d'eau contenue dans l'air en % par rapport à un air saturé (HR=100%).

Point de rosée : température à laquelle, pour une pression donnée, l'humidité contenue sous forme de vapeur devient saturante, c'est-à-dire commence à se condenser en gouttelettes d'eau.

Pont thermique : zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une moindre résistance thermique, par exemple les abouts de planchers et de murs, les jonctions de parois, les huisseries notamment métalliques.

Résistance thermique R (m².K/W) : inverse du flux thermique à travers un mètre carré d'un système pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces de ce système : $R = 1/U$.

Résistance superficielle Rs (m².K/W) : inverse du flux thermique passant par mètre carré de l'ambiance à une paroi, pour une différence de température d'un kelvin entre celles-ci.

Température :

. la température absolue est mesurée en kelvin (K) ; le 0 se situant au point de fusion de l'hydrogène.

. la température centigrade se mesure en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$), et correspond à : $0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$ soit : $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$ (un écart de température peut donc être donné indifféremment en K ou en $^{\circ}\text{C}$)

. la température radiante moyenne (ou rayonnante) d'un local est la moyenne pondérée des températures des parois : $T_{\text{radiante}} = \sum \text{SA}_r T / \sum \text{SA}_i$ (où A_i sont les surfaces des parois)

. la température résultante ou opérative est la moyenne entre la température radiante moyenne (ou T_{parois}) et la température de l'air : $T_{\text{résultante}} = (T_{\text{parois}} + T_{\text{air}}) / 2$.

VIII . BIBLIOGRAPHIE

Le Recknagel - Manuel pratique du génie climatique - Recknagel, Sprenger, Hönnmann, Schramek - Editions PYC - 1995 - 1996

Guide de la thermique dans l'habitat neuf - Charbonnier, Parant, Pouget - Editions du Moniteur - 1992

Calculs des déperditions et charges thermiques d'hiver - Collection des guides de l'AICVF - Editions PYC - 1989

Calculs des charges de climatisation - Collection des guides de l'AICVF - Editions PYC - 1992

Thermique appliquée aux bâtiments - Hernot - Editions EPIDA - 1994

Principes de l'aéraulique appliqués au génie climatique - Collection des guides de l'AICVF - Editions PYC - 1991

Conception et calcul des installations de ventilation des bâtiments et ouvrages - Collection des guides de l'AICVF - Editions PYC - 1992

Bâtiments à hautes performances énergétiques, guides sectoriels ADEME - Santé (1993) - Bureaux (1993) - Sports (1995) - Enseignement (1993)

L'isolation écologique – Jean Pierre OLIVA – Edition Terre Vivante - 2001

Qualité environnementale des bâtiments – Manuel à l'usage de la maîtrise d'ouvrage – ADEME (à paraître)

Guide de recommandations pour la conception de logements à hautes performances énergétiques en Ile-de-France – ADEME, ARENE, GDF – Nov 1999

Guide de présentation de la RT2000 (CD-Rom) – DGUHC, ADEME, CSTB

Ce mémento sur le confort thermique représente l'un des quatre premiers documents synthétiques relatifs aux ouvrages et systèmes techniques du bâtiment. Ils ont pour objet d'apporter rapidement des informations de base utiles aux chargés d'opérations des services des constructions publiques des DDE.

Tous les mémentos comportent une structure commune : rappel des enjeux, présentation des définitions élémentaires ou description des systèmes selon les cas, mise en exergue des points de vigilance à surveiller, un glossaire et une bibliographie.

Les trois autres documents concernent :

- Les toitures*
- Les façades*
- Le confort acoustique*