

TRANSPORT DE CHALEUR

Conduction-Convection-Rayonnement

B. PAULE - DA/EPFL 1995

Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement sont régis principalement par les trois mécanismes de transport de chaleur : conduction, convection, et rayonnement. La maîtrise de ces derniers conditionne directement les pertes et les gains énergétiques des bâtiments. Les implications architecturales sont très importantes et influencent largement les aspects organisationnels et formels des bâtiments.

(Certains des aspects traités dans les fiches "Chaleur latente" et "Hydrostatique" complètent utilement les informations développées ci-après).

La conduction

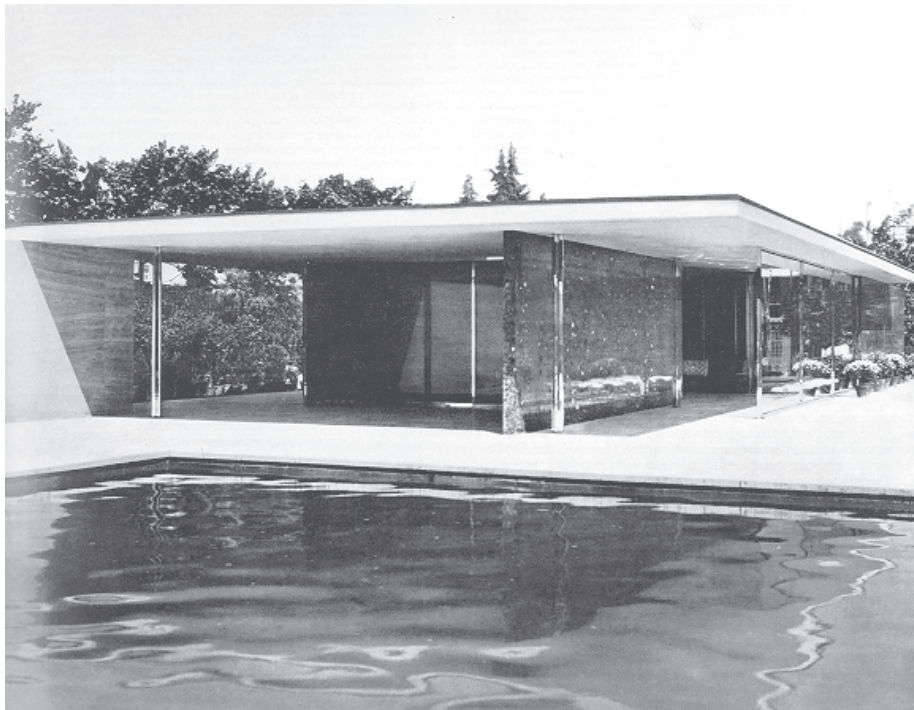
Les échanges thermiques par conduction se caractérisent par la propagation directe de la chaleur au sein des matériaux. Dès qu'il y existe une différence de température entre deux points d'une paroi, il y a conduction de chaleur dans celle-ci.

Pour limiter les échanges thermiques, on a recours à des matériaux isolants sur le plan thermique, qui ont pour propriété de "freiner" ces échanges. Un "pont de froid" ou pont thermique caractérise l'absence ou la discontinuité de l'isolation thermique.

La photo ci-contre montre un exemple typique de pont de froid : les éléments de structure (dalle de toiture, murs, planchers), traversent l'enveloppe du bâtiment, sans rupture de pont thermique. La chaleur peut donc se propager librement, entraînant des pertes énergétiques importantes.

Dans ce cas précis, la fonction du bâtiment, ainsi que sa localisation (Pavillon pour l'exposition universelle de Barcelone, par Mies van der Rohe) minimisent les effets néfastes.

Par contre, dans le cas des bâtiments chauffés, les ponts thermiques induisent la plupart du temps des phénomènes de condensation, qui ont pour corrolaire la dégradation des matériaux de construction.

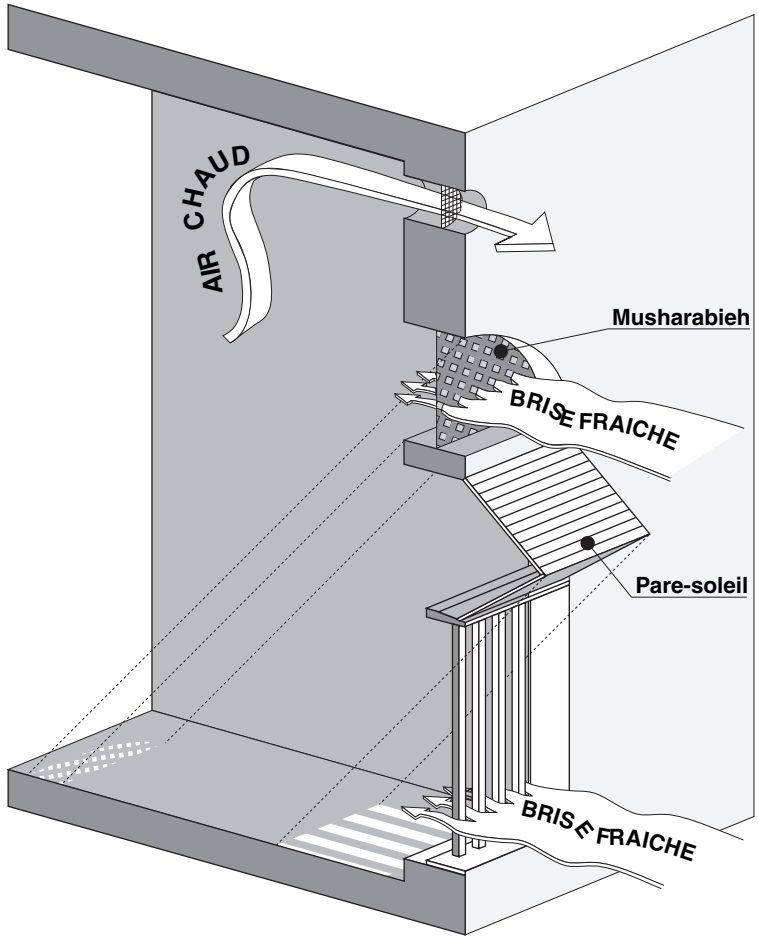


Pont thermique du fait de la continuité des matériaux entre l'intérieur et l'extérieur et de l'absence d'isolation thermique /1/.

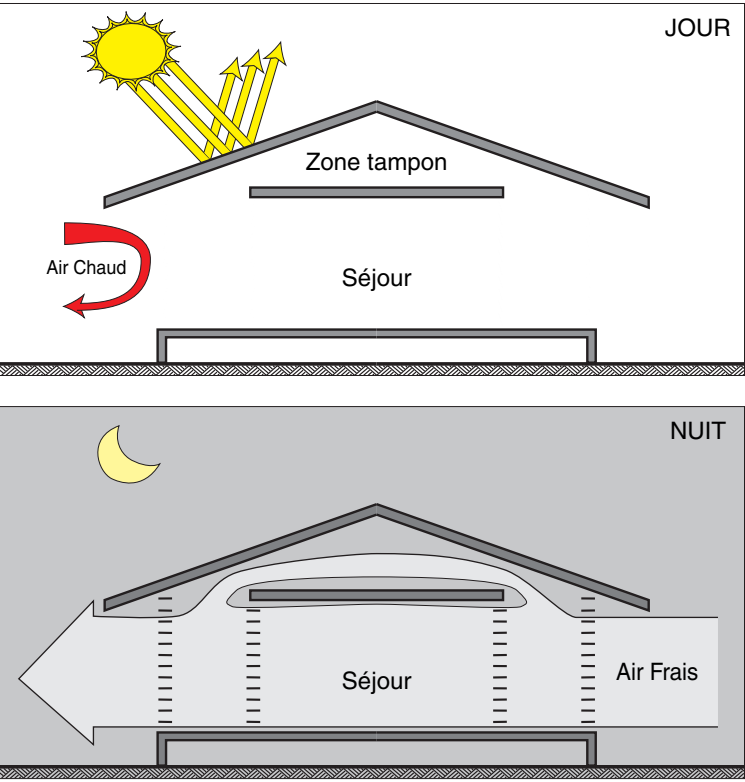
La convection

La convection se caractérise par des échanges de chaleur liés aux déplacements d'air. Les mouvement de ce dernier permettent ainsi généralement d'extraire de la chaleur du bâtiment. La convection naturelle a pour moteur la différence de densité de l'air en fonction de sa température (l'air chaud, plus léger, monte, tandis que l'air froid, plus dense, descend).

La figure ci-contre montre que l'architecture des pays chauds a su tirer parti des mouvements naturels de l'air pour réguler la température intérieure des bâtiments. Pendant la journée, des ouvertures situées en partie haute de la façade permettent l'évacuation de l'air chaud. Les ouvertures principales, situées en partie basse, sont équipées de musharabieh permettant la circulation de l'air frais, tout en bloquant la plus grande part du rayonnement solaire. Les brises nocturnes (fraîches), sont ainsi mises à



Exemple de ventilation naturelle en Iran /2/



Exemple de ventilation naturelle au Nord-Cameroun /3/

L'exemple ci-contre montre que l'architecture traditionnelle africaine joue sur la modulation de l'étanchéité à l'air des parois, pour favoriser la convection naturelle et réduire la température nocturne à l'intérieur des habitations (persiennes à lames mobiles).

De jour, la circulation d'air est réduite (lames fermées); l'espace compris entre les parois intérieures et extérieures sert de zone tampon.

De nuit, les lames sont en position ouverte ce qui permet de profiter des brises nocturnes pour créer une ventilation naturelle traversante. Le rafraîchissement est immédiat et ne tire pas profit de l'inertie des matériaux de l'enveloppe (constructions légères sans inertie thermique).

Le rayonnement

Le rayonnement caractérise les échanges de chaleur par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques. Ceux-ci s'effectuent à distance, sans transfert de masse ni contact thermique (le rayonnement solaire, qui transite à travers le vide intersidéral en est un bon exemple).

Deux corps de température différente échangent de l'énergie par rayonnement. Lorsqu'un corps possède une température plus élevée que son environnement, il émet globalement plus d'énergie par rayonnement qu'il n'en reçoit. En absence de source d'énergie interne ou externe, sa température tend à s'équilibrer avec celle de son environnement du fait de cet échange.

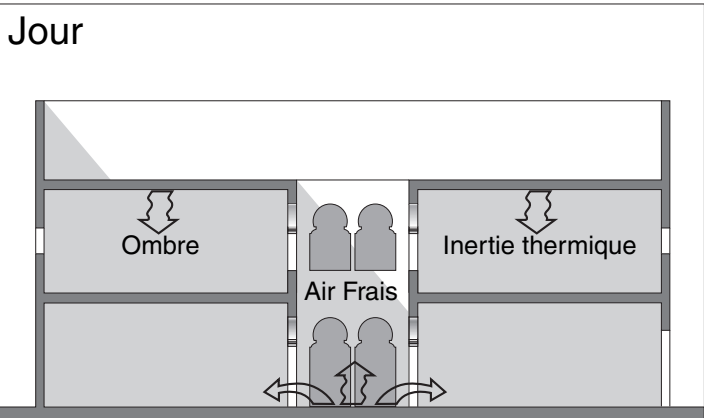
Dans la figure ci-contre, le poele rayonne plus d'énergie en direction du personnage qu'il n'en reçoit de celui-ci, induisant ainsi une sensation de chaleur. A l'inverse, le personnage émet plus d'énergie vers le vitrage qu'il n'en reçoit de celui-ci. Il perd donc de l'énergie en faveur de ce dernier, ce qui induit une sensation d'inconfort thermique.

En matière de confort thermique hivernal, le rayonnement occupe une place importante. L'un des facteurs essentiels du confort est la température des parois du local : si celle ci est plus faible que celle de l'air ambiant, l'occupant ressentira une sensation d'inconfort, même si l'air ambiant est à une température

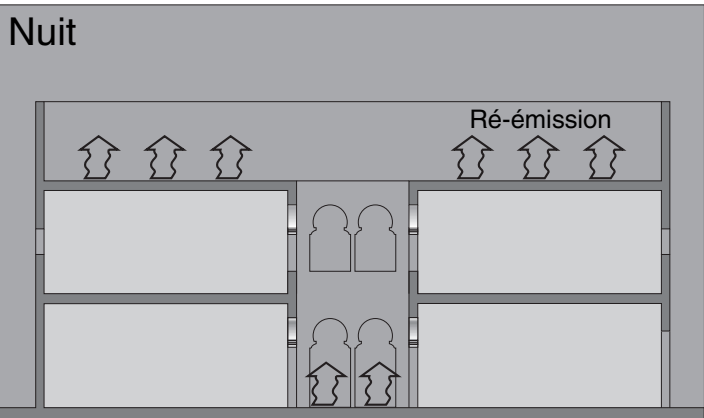


Echanges par rayonnement infrarouge /4/.

Jour



Nuit



Fonctionnement bioclimatique du patio /5/.

Les figures ci-contre montrent que le patio constitue un élément primordial du principe de "climatisation" de l'habitation arabe.

Les ouvertures vers l'extérieur sont réduites au minimum, alors que le bâtiment est largement ouvert sur le patio. L'étroitesse de celui-ci permet de maintenir la partie basse à l'ombre durant toute la journée. La végétation accentue encore cela.

Durant la nuit, la terrasse ré-émet la chaleur accumulée pendant la journée par rayonnement vers le ciel et abaisse ainsi sa température. Le fond du patio fait de même, ce qui crée un "lac" d'air frais en partie basse.

Le rez de chaussée reste ainsi frais pendant une bonne partie de la journée, tandis que les étages supérieurs sont protégés du rayonnement solaire par le "bouclier" constitué par la terrasse qui possède une grande inertie thermique.

On notera que dans ces pays, la durée des journées d'été n'est pas aussi longue que sous nos latitudes, ce qui favorise cette stratégie de rafraîchissement nocturne.

TRANSPORT DE CHALEUR

Conduction-Convection-Rayonnement

B. PAULE - DA/EPFL 1995

- La conduction est un mécanisme de transport de chaleur, basé sur l'échange d'énergie entre proches voisins constituants de la matière (agitation thermique). Elle nécessite un contact thermique et est induite par un gradient de température.

- La convection est un transfert de chaleur lié à des déplacements de matière (air, eau, etc). Elle est induite par des différences de densités (dûes à des différences de températures) ou à des différences de pressions (dûes à des mouvements d'air).

- Les échanges de chaleur par rayonnement s'effectuent par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques. Ils ne nécessitent ni contact thermique, ni déplacement de matière et ont lieu même dans le vide. Tout corps de température absolue supérieure à 0° Kelvin émet un rayonnement thermique

Références :

/1/ Photo tirée de "Mies van der Rohe : l'art de la structure", W. Blaser, Les éditions d'Architecture, Zürich, 1964.

/2/ Schéma d'après "Energia e tecnologia fra uomo e ambiente", Federico M. Butera, Dipartimento di programmazione progettazione e produzione edilizia. Politecnico di Milano.

/3/ Schémas d'après "L'habitat au Cameroun", J.-P. Béguin et Al. 1952

/4/ Schéma B. Paule LESO-PB/EPFL

5/ Schéma d'après "Energia e tecnologia fra uomo e ambiente", Federico M. Butera, Dipartimento di programmazione progettazione e produzione edilizia. Politecnico di Milano.