

solutions

Inertie thermique et confort d'été

●●● UNE TROP FORTE CHALEUR À L'INTÉRIEUR D'UNE HABITATION EST UN FACTEUR D'INCONFORT IMPORTANT. SI CELA EST SOUVENT VÉCU COMME UNE FATALITÉ, LA DEMANDE D'UN ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE INTÉRIEUR MAÎTRISÉ TOUT AU LONG DE L'ANNÉE EST POURTANT DE PLUS EN PLUS FORTE CHEZ LES USAGERS. LEUR ATTENTE EST D'AILLEURS REJOINTE PAR LES POUVOIRS PUBLICS, CAR LA NRT (NOUVELLE RÉGLEMENTATION THERMIQUE), EN COURS D'ÉLABORATION, PRENDRA EN COMPTE LE CONFORT D'ÉTÉ DANS LES BÂTIMENTS. LE BÉTON – MATÉRIAU LOURD – PRÉSENTE UNE TRÈS FORTE INERTIE THERMIQUE QUI APPORTE AUX MAÎTRES D'ŒUVRE UNE RÉPONSE CONSTRUCTIVE, POUR RÉALISER DES HABITATIONS BIEN CONÇUES EN MATIÈRE DE CONFORT THERMIQUE D'ÉTÉ.



→ Logements
Paris



→ École de chimie
Strasbourg p.21



→ Bibliothèque et archives municipales
Montpellier p.21

→ Le béton, un matériau "rafraîchissant"

L'ÉTUDE EFFECTUÉE PAR LE CSTB A LA DEMANDE DE CIMBÉTON ÉVALUE L'IMPACT DE L'INERTIE THERMIQUE DES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS SUR LE CONFORT D'ÉTÉ. IL EN RESSORT UN ENSEMBLE D'INFORMATIONS PERMETTANT DE CONCEVOIR DES ÉDIFICES PRÉSENTANT UNE INERTIE ÉVITANT LES SURCHAUFFES ET FAVORISANT LE CONFORT D'ÉTÉ.

Nous vivons tous ces chaudes journées d'été pendant lesquelles nous avons le sentiment d'être écrasé par la chaleur, particulièrement à l'intérieur des habitations. Un inconfort pris en compte dans l'élaboration de la nouvelle réglementation thermique : la recherche du confort thermique d'été et la nécessité d'éviter les surchauffes vont devenir une préoccupation croissante des maîtres d'œuvre.

● Évaluation du confort d'été

Le niveau de confort ou d'inconfort thermique est apprécié au moyen de la température opérative existante

dans un bâtiment et calculée tout au long d'un jour de référence. Ce dernier est lui-même défini en fonction de la situation géographique de l'édifice étudié. La température opérative (T_{op}) correspond à la moyenne de la température de l'air (T_{air}) et de la température moyenne des parois (température moyenne radiante T_{rm}) :

$$T_{op} = 1/2 \times (T_{air} + T_{rm})$$

La température opérative ainsi définie donne une meilleure indication que la température de l'air sur le confort ressenti par l'utilisateur. La variation de la température entre le jour et la nuit à l'intérieur du logement est un autre paramètre qui intervient dans l'évaluation de ce confort. En effet, un écart trop important est défavorable au confort car l'utilisateur peut être obligé de modifier sa vêtue en soirée et ressentir une fraîcheur trop importante en fin de nuit. En été, période qui fait l'objet de ce dossier, l'évaluation du confort thermique obtenu dans un logement prend donc en compte la température opérative des trois heures les plus chaudes du jour de référence et la différence de température obtenue entre le jour et la nuit. La température de 27 °C est reconnue comme limite du seuil d'inconfort.

● Les facteurs influents

Les paramètres qui ont une influence sur le confort thermique d'été dans l'habitat sont la protection contre le soleil, l'aptitude à la ventilation nocturne et l'inertie thermique de la construction. Les maîtres d'œuvre doivent avoir présent à l'esprit le rôle joué par chacun d'eux.

- L'existence de protections solaires disposées sur la face extérieure des vitrages contribue à minimiser fortement les apports solaires dont la plus grande partie provient de la transmission par les vitrages. Ces apports solaires constituent souvent une gêne et un inconfort important en été dans un logement.

- La possibilité d'assurer une bonne ventilation nocturne dans une habitation permet de rafraîchir la structure de la construction et d'éviter ainsi des surchauffes en journée. L'exposition multiple des façades favorise de bons débits de renouvellement d'air et, par conséquent, un rafraîchissement plus important du bâtiment. Les appartements traversants répondent à ces conditions. Cependant, l'aptitude à la ventilation nocturne est aussi liée à l'environnement urbain. Si l'habitation se situe en zone bruyante ou si un risque d'effraction existe, il n'est pas possible d'ouvrir les fenêtres sans pénaliser le confort acoustique ou la sécurité.

- L'inertie thermique d'un bâtiment dépend des matériaux de construction utilisés. En effet, l'inertie thermique d'un matériau correspond à sa capacité à accumuler puis à restituer un flux thermique chaud ou froid. Il faut savoir que plus un matériau est dense, plus sa capacité d'accumulation est importante et la restitution au fil du temps du flux thermique est d'autant plus régulière. Ainsi, l'inertie thermique d'un bâtiment peut s'évaluer en première approximation par la masse de matériau mis en œuvre. Le calcul de cette masse ne prend en compte que la masse des matériaux de construction comptés depuis l'intérieur du bâtiment jusqu'à la présence d'une couche isolante (lame d'air ou isolant). Il en résulte que plus la masse de matériau est importante, plus l'inertie est forte. Les parois constitutives de l'espace intérieur d'une habitation (murs, planchers, cloisons) participent toutes à l'inertie thermique d'un bâtiment. Pour les façades, l'isolation par l'inté-

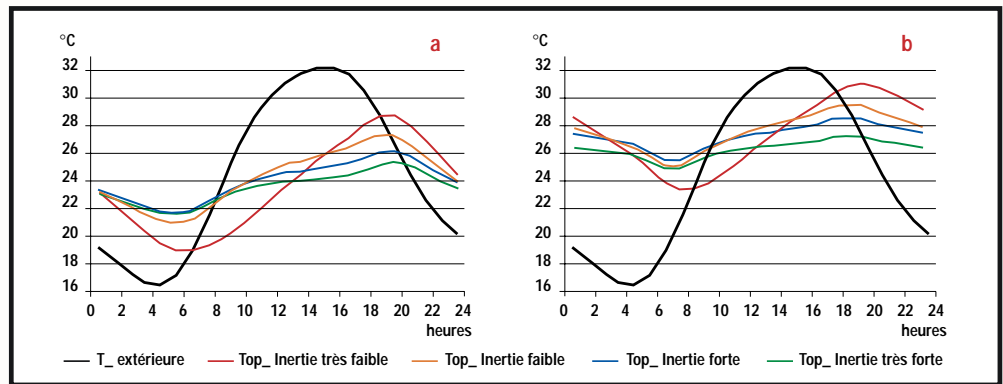
>>> Depuis longtemps, les constructeurs savent qu'un mur épais garde la fraîcheur.



rieur ne permet pas de profiter de la masse des matériaux, contrairement à l'isolation par l'extérieur. Ainsi, pour un même type de parois, il est possible d'obtenir deux inerties différentes selon la position de l'isolant.

● Impact de l'inertie thermique

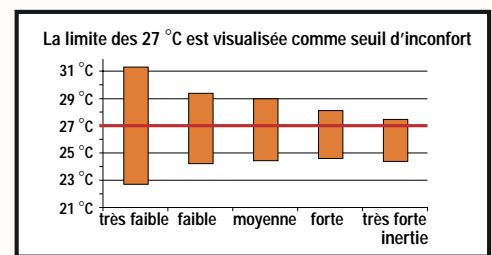
Il s'avère que l'inertie thermique joue un rôle essentiel dans le confort thermique d'une habitation comme peuvent le laisser supposer l'intuition du constructeur expérimenté et le bon sens. Pour faire, en toute connaissance de cause, des choix constructifs qui améliorent les performances de leurs projets en la matière, les maîtres d'œuvre doivent connaître avec précision l'impact de l'inertie thermique sur le confort d'été. Le CSTB a récemment réalisé à la demande de Cimbéton une étude consacrée à ce sujet. Elle porte sur des types de bâtiments et un éventail de situations en France métropolitaine, validés l'un et l'autre au niveau de la future réglementation thermique. La méthode employée répond quant à elle aux procé-



III Figure 1

Exemples d'évolution de la température opérative pour un logement collectif (a) et pour une maison individuelle (b).

dures homologuées au niveau européen. Il ressort de cette étude un ensemble d'informations qui méritent d'être présentées, commentées et retenues.



III Figure 2

Moyenne des températures opératives maximales atteintes et moyenne des variations de température opérative pour l'ensemble de l'étude paramétrique et par type d'inertie.

males atteintes ou des variations de température jour/nuit. L'étude montre aussi que la fréquence de dépassement du seuil de 27 °C pour la température opérative est d'autant plus importante que l'inertie thermique est faible.

L'observation des variations de températures opératives jour/nuit est elle aussi très instructive en ce qui concerne l'impact de l'inertie thermique du bâtiment. En effet, sur la figure 3, de fortes variations de température jour/nuit apparaissent pour les inerties très faibles et faibles, ce qui a pour conséquence de pénaliser le confort à l'intérieur du logement. Par contre, les inerties fortes et très fortes sont favorables à de faibles varia-

TECHNIQUE

Précisions sur l'étude du CSTB

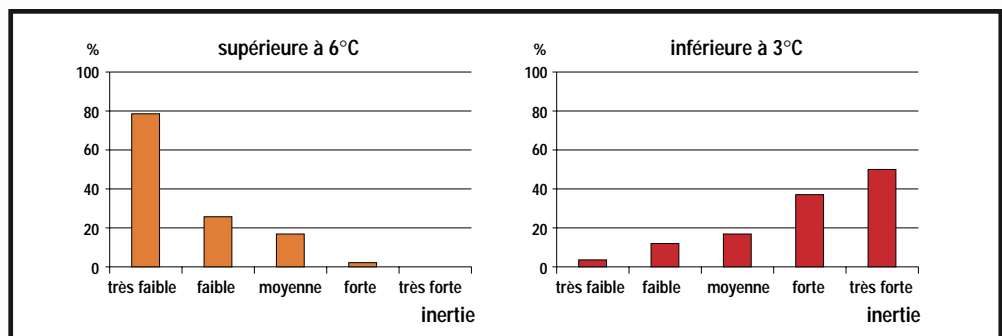
L'étude effectuée a été réalisée à l'aide du logiciel de calcul de thermique d'été pour les bâtiments résidentiels du CSTB : COMET. La méthode associée au logiciel suit la procédure de validation du projet de norme européen du TC89 WG6 sur les performances thermiques des bâtiments en été sans système de ventilation.

L'étude traite un éventail de situations pour la France métropolitaine et porte sur des catégories de bâtiments résidentiels qui sont validés au niveau de la future réglementation thermique. Elle prend en compte :

- quatre types d'habitations – deux logements collectifs et deux maisons individuelles – dont on fait varier l'orientation, la protection solaire et l'exposition au bruit ;
- cinq types de structures de construction conduisant à tester ces bâtiments pour cinq inerties thermiques – très faible, faible, moyenne, forte et très forte ;
- deux zones climatiques, nord et sud de la France.

● Influence de l'inertie du bâtiment

À travers deux scénarios différents de l'étude, la figure 1 montre l'impact de l'inertie d'un bâtiment considéré sur l'évolution journalière de la température opérative, comparée à la température extérieure. La lecture des courbes met en évidence que plus l'inertie du bâtiment est importante, plus la température opérative maximale et la variation de température sont faibles. Ceci montre bien que l'augmentation de l'inertie du bâtiment apporte un réel bénéfice à l'utilisateur. La figure 2 montre la moyenne des températures opératives maximales atteintes sur l'ensemble de l'étude ainsi que la moyenne des variations de température opérative. Considérée comme seuil d'inconfort, la température de 27 °C est visualisée. Le schéma met en évidence qu'une inertie forte ou très forte des habitations est favorable au confort d'été, qu'il s'agisse des températures maxi-



III Figure 3

Variations de température jour/nuit pour un jour chaud de référence : pourcentage des cas de dépassement observés par rapport à des valeurs seuil.

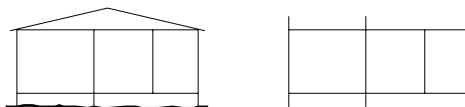
III Maisons individuelles

Plancher bas : plancher bois, isolant, lame d'air, plâtre.
Plafond : plâtre, isolant.
Mur extérieur : plâtre, isolant + ossature bois.
Refend : plâtre, ossature bois, plâtre.
Cloison intérieure : plâtre, lame d'air, plâtre.

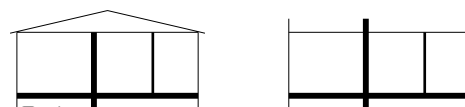
Plancher bas : carrelage, mortier, béton, isolant.
Plafond : plâtre, isolant.
Mur extérieur : plâtre, isolant, bloc creux, enduit.
Refend : plâtre, bloc creux, plâtre.
Cloison intérieure : plâtre, bloc creux, plâtre.

Plancher bas : carrelage, mortier, béton, isolant.
Plafond : plâtre, béton, isolant.
Mur extérieur : plâtre, bloc creux, isolant, enduit.
Refend : plâtre, bloc creux, plâtre.
Cloison intérieure : plâtre, lame d'air, plâtre.

Inertie très faible



Inertie moyenne



Inertie très forte



III Logements collectifs

Plancher : moquette, béton, isolant, plâtre.
Plafond : plâtre, isolant, béton, moquette.
Mur extérieur : plâtre, isolant + ossature, parement extérieur.
Mur mitoyen : plâtre, isolant + ossature, plâtre.
Refend : plâtre, ossature, plâtre.
Cloison intérieure : plâtre, lame d'air, plâtre.

Plancher : carrelage, mortier, béton, plâtre.
Plafond : plâtre, isolant, béton, moquette.
Mur extérieur : plâtre, isolant, béton, enduit.
Mur mitoyen : plâtre, isolant, béton, isolant, plâtre.
Refend : plâtre, béton, plâtre.
Cloison intérieure : plâtre, bloc creux, plâtre.

Plancher : carrelage, mortier, béton, plâtre.
Plafond : plâtre, béton, mortier, carrelage.
Mur extérieur : plâtre, béton, isolant, enduit.
Mur mitoyen : plâtre, béton, plâtre.
Refend : plâtre, béton, plâtre.
Cloison intérieure : plâtre, lame d'air, plâtre.

III Variation de l'inertie thermique en fonction des parois

Tant en maison individuelle qu'en logement collectif, la composition des parois participe à la plus ou moins forte inertie des bâtiments. Les schémas ci-dessus présentent différents degrés d'inertie thermique obtenus en fonction de la nature des parois verticales et horizontales dans deux types d'habitation. Il s'agit d'une maison individuelle isolée à rez-de-chaussée sur vide sanitaire et d'un logement dans un immeuble collectif.

tions de température opérative jour/nuit. L'étude a permis de quantifier l'effet de l'inertie thermique sur le confort d'été. Il en ressort les conclusions suivantes :

- Plus l'inertie thermique de l'habitation augmente, plus la température maximale atteinte et les variations de température jour/nuit sont faibles. Ces deux résultats sont particulièrement favorables au confort thermique en été. L'inertie thermique permet donc de lisser les flux thermiques et les températures extrêmes.
- Associée aux autres facteurs influants et notamment à la ventilation nocturne de l'habitation, une bonne inertie permet d'obtenir le confort thermique d'été dans la plupart des situations, en stockant la fraîcheur nocturne qui est restituée dans la journée.
- L'utilisation de matériaux lourds contribue à donner au bâtiment une inertie forte. Elle évite les surchauffes et favorise une plus grande stabilité des températures. Le béton – matériau lourd – présente une très forte inertie thermique apportant satisfaction à ces trois critères. Il offre aux maîtres d'œuvre une réponse constructive pour réaliser des habitations bien conçues en matière de confort thermique d'été. ■

TEXTE : NORBERT LAURENT

PHOTO : COLOMB/CAMPAGNE, CAMPAGNE

LOGEMENTS SOCIAUX – MARNE

→ Inertie thermique, confort et économie

Les architectes Lucie Jeanneau et Jean-Claude Laisné ont récemment terminé deux opérations de logements sociaux dans le département de la Marne. A Reims, pour le projet de 48 appartements répartis en trois plots, comme à Fère-Champenoise pour un ensemble de 50 pavillons, les architectes ont porté une grande attention aux questions d'économie d'énergie, d'isolation et de confort thermique. " Dans notre agence, nous travaillons fréquemment sur des programmes de logements sociaux, pour lesquels les maîtres d'ouvrage ont des budgets très serrés, rappelle Jean-Claude Laisné. Cela nécessite une discipline et un investissement de matière grise pour choisir les matériaux et les solutions constructives qui vont permettre, en particulier, de réduire les consommations d'énergie afin de dépenser justement les budgets de construction et d'entretien. En effet, de ces choix dépendent les économies qui pourront être faites sur les loyers et les charges, sans nuire à la qualité

et au confort. Par exemple, le fait de diminuer les consommations d'énergie permet de réduire les charges des locataires. Pour le projet de Reims, le maître d'ouvrage 'l'Effort rémois' avait pour objectif de baisser le loyer et les charges de 15 %, tout en offrant 15 % de surface supplémentaire ; à Fère-Champenoise, l'Opac de la Marne voulait aussi diminuer les charges. Pour atteindre les objectifs d'économie fixés, nous avons choisi des solutions constructives mettant en œuvre le béton et le béton cellulaire pour les parois et les planchers. Nous avons pu constater, en particulier dans les maisons, que ce choix, accompagné d'une bonne orientation, d'une implantation judicieuse des ouvertures et d'une bonne ventilation nocturne, est très favorable au confort thermique d'été." Utilisé pour les planchers, le béton est un matériau lourd qui présente une forte inertie favorable au confort d'été. Bien que possédant une inertie inférieure à celle du béton, le béton cellulaire possède des qualités d'isolation thermique répondant aux exigences requises. Simplement peint dans les maisons, il est en contact direct avec l'intérieur et participe aussi au confort d'été.



ÉCOLE DE CHIMIE – STRASBOURG

→ Penser le confort, dès la conception

“ Dans nos projets, nous intégrons toujours la dimension du confort thermique en associant la réflexion sur la protection solaire et le dimensionnement des ouvertures à la recherche d’inertie pour les matériaux employés, précise Michel Spitz, architecte à Colmar. Pendant l’été, l’Alsace connaît des journées très chaudes. Pour assurer un bon confort thermique diurne, il est nécessaire d’avoir un bon rafraîchissement nocturne de l’ouvrage. Il faut mettre en place les solutions techniques permettant de bien ventiler la maison avec l’air frais de la nuit et ainsi faire fonctionner toute la masse

de la maison en inertie. Cela implique de construire les planchers et les murs avec des matériaux lourds comme le béton. Dans l’architecture que nous dessinons, nous nous plaçons en rupture avec la tendance qui vise à alléger le plus possible les parois. Nous utilisons très peu les éléments légers et les façades légères, nous travaillons sur la matérialité, la masse. La prise en compte d’exigences telles que le confort d’été dès la conception n’est pas du tout une contrainte au niveau de l’architecture. Cela s’inscrit dans une démarche globale de conception parfaitement conforme avec nos soucis de gérer l’économie de mise en œuvre du projet et de développer une architecture aux formes simples et esthétiques.

Pour le projet de l’École de chimie et des polymères de Strasbourg, nous avons pris en compte tous les critères de la démarche HQE (haute qualité environnementale) dont l’objectif est de préserver les ressources naturelles et de satisfaire aux exigences de confort, de santé et de qualité de vie des occupants. La structure et les parois en béton confèrent au bâtiment une bonne inertie qui favorise hiver comme été le confort thermique. Sur toute la partie des laboratoires, nous avons mis en œuvre des panneaux préfabriqués présentant une double peau de béton enserrant 15 cm d’isolant. Le parement intérieur est simplement peint.”

PHOTO : JEAN-MARIE MONTHIERS



BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES MUNICIPALES – MONTPELLIER

→ Défense passive, confort actif

Le nouveau bâtiment de la bibliothèque et des archives municipales de Montpellier, conçu par les architectes Paul Chemetov et Borja Huidobro, présente au sud un parallélépipède de béton brut abritant sur huit niveaux les magasins de livres et les bureaux. Un volume vitré lui répond au nord et accueille sur quatre

niveaux les salles de lecture. Entre les deux se développe une rue intérieure animée par les circulations.

Dès les premières phases de conception du bâtiment, la performance thermique de l’édifice a été prise en compte par les architectes. Le cahier des charges du concours d’architecture demandait de répondre au souci du maître d’ouvrage de minimiser les coûts d’exploitation, dont en premier lieu les consommations d’énergie. Cet aspect a pesé dans le choix du projet lauréat.

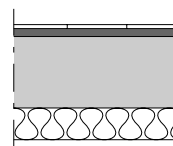
À partir de l’esquisse, la performance thermique du bâtiment a été évaluée par un bureau d’étude, grâce à une simulation informatique du comportement hygrothermique sur une durée d’un an. Le bureau d’études est aussi intervenu comme conseil auprès des architectes, en particulier pour la définition de toute la peau du bâtiment, afin de limiter les transferts thermiques avec l’extérieur, notamment par rapport à la surchauffe solaire. Ainsi, la façade opaque sud en béton protège le bâtiment du rayonnement direct, tandis que les salles de lecture sont éclairées par un mur-rideau orienté au nord. Grâce aux dispositions constructives et au choix de matériaux comme le béton effectués pour optimiser la performance thermique, les besoins de climatisation sont réduits de 60 % dans ce bâtiment.

PHOTO : E. HANNOTEAUX

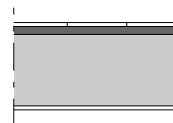
III Exemples de parois à forte inertie thermique

Maisons individuelles

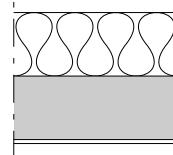
Plancher bas (en cm) :
carrelage (1), mortier (2),
béton (18), isolant (8).



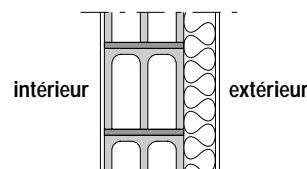
Plancher intermédiaire (en cm) :
carrelage (1), mortier (2), béton (18),
plâtre (1).



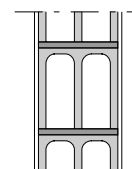
Plafond (en cm) :
plâtre (1), béton (16),
isolant (16).



Mur extérieur (en cm) :
plâtre (1), bloc creux (20),
isolant (8), enduit (1,5).

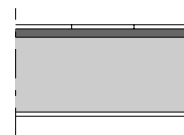


Refend (en cm) :
plâtre (1), bloc creux (20),
plâtre (1).

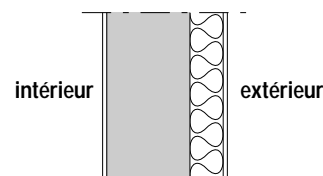


Logements collectifs

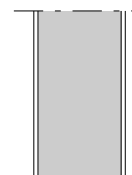
Plancher/plafond (en cm) :
carrelage (1), mortier (2),
béton (18), plâtre (1).



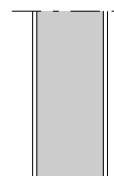
Mur extérieur (en cm) :
plâtre (1), béton (20),
isolant (8), enduit (1).



Mur mitoyen (en cm) :
plâtre (1), béton (20),
plâtre (1).



Refend (en cm) :
plâtre (1), béton (16),
plâtre (1).



Échelle 5 cm/m