

3 | CHANGEMENT DE PHASE

Des matériaux à échelle microscopique

Les produits incorporant des matériaux à changement de phase sont encore peu nombreux. Si leurs caractéristiques précises sont soigneusement prises en compte, ils procurent un surcroît d'inertie thermique modérant par là même la consommation d'énergie.

Les matériaux sont capables d'absorber ou de restituer de la chaleur par simple changement d'état. C'est-à-dire en passant de l'état solide à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état gazeux, avec de très faibles variations de température.

Utiliser ce phénomène en bâtiment nécessite que ces températures se situent à des niveaux proches des températures ambiantes habituelles. En absorbant un surcroît de chaleur et en le restituant lorsque la température ambiante diminue, les Matériaux à changement de phase (MCP) jouent un rôle d'amortisseur des variations de température intérieure. Ce qui améliore le confort et modère les consommations d'énergie.

Le Cstb (Centre scientifique et technique du bâtiment) a conduit des évaluations sur trois MCP : la paraffine, l'acide gras eutectique (myristique-caprique) et le sel hydraté eutectique (chlorure de calcium + potassium). La température de fusion de la paraffine est de 25 °C environ, celle de l'acide gras eutectique de 21,5 °C et celle du sel hydraté eutectique de 27 °C. Il s'agissait de vérifier l'effet de ces matériaux sur le confort et la consommation d'énergie durant des périodes de climatisation, ainsi qu'en période de chauffage intermittent en intersaison. Le Cstb s'est également penché sur le vieillissement des MCP, notamment de la paraffine. Les expérimentations ont montré que le changement de phase avait lieu au moins une fois par jour et durant la plus grande partie de l'année. Ils ont également montré que, malgré une variation de volume de 10 % de la paraffine entre ses états solides et liquides, aucun dommage (fatigue) dû à des contraintes physiques au sein du matériau n'était à déplorer dans le temps. D'où l'estimation que la durée de vie des MCP est pratiquement identique à celle du bâtiment.

Deux bâtiments équipés de surfaces contenant des MCP ont été instrumentés dans le cadre d'un programme Prebat de 2005



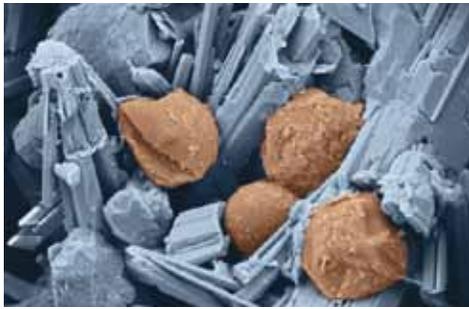
Le plafond CoolZone de Armstrong se présente sous forme de dalles métalliques de faux plafond, dans des dimensions classiques de 600 x 600 ou 675 x 675 mm. (Doc. Armstrong.)

à 2007. L'ensemble des études a mis en évidence que l'efficacité du système dépend largement de la possibilité de décharger la chaleur stockée. Durant les périodes estivales, le Cstb recommande

une surventilation nocturne pour décharger, la nuit, la chaleur accumulée le jour dans les MCP. Cette stratégie ne fonctionne pas en périodes de longue canicule. C'est pourquoi la présence d'un puits canadien

Le principe du changement de phase

Un matériau stocke ou cède de la chaleur par simple changement d'état, accompagné d'une très faible variation de sa température. On exprime ce transfert de chaleur par la «chaleur latente de changement de phase», notée «Lf, f» comme Fusion, dans le cas d'un passage entre les états liquide et solide, ou bien notée «Lv, v» comme Vaporisation, lors d'un passage entre états liquide et gazeux. Les quantités de chaleur stockée ou cédée au cours d'un changement de phase sont bien plus importantes que celles que l'on peut transférer par chaleur sensible. Par exemple, la chaleur massique CP de l'eau est 4186 J/(kg.K) à 20 °C, tandis que sa chaleur latente Lf (passage de la glace à l'état liquide) à 0 °C est de 330000 J/kg. Le changement d'état de la glace en eau, sans variation de température, mobilise près de quatre-vingts fois plus d'énergie que l'élévation de la chaleur sensible de l'eau de 1 °C. Dans le bâtiment, cette propriété est utilisée de longue date sous forme de stockages de glace, servant à déplacer les consommations électriques des systèmes de climatisation vers les plages horaires où le kilowattheure est le moins cher.



Divers matériaux à changement de phase ont été testés dans plusieurs laboratoires européens, dont le Fraunhofer Institut en Allemagne. Pour l'instant, seule la paraffine a reçu des applications commerciales. (Doc. Fraunhofer)



En Allemagne, des enduits contenant des capsules Micronal sont également disponibles. (Doc. BASF)

efficace, ou d'un échangeur air neuf/eau glycolée à partir de capteurs enterrés est un complément utile. En mi-saison, identifier la bonne stratégie est moins simple. Si les MCP ont emmagasiné de la chaleur, la réduction ou l'arrêt du chauffage durant la nuit peut suffire à provoquer l'abaissement de température requis pour la régénération. La surventilation nocturne peut aussi s'avérer nécessaire. Un arbitrage confié à une GTB capable d'un auto-apprentissage paraît alors nécessaire.

Les solutions techniques exploitables

Ensuite, il faut une surface de MCP suffisante pour en escompter un bénéfice quelconque. Les fabricants de matériaux incorporant des MCP fournissent des méthodes de dimensionnement. La conductivité thermique du matériau dans lequel sont emprisonnés les MCP influe sur le résultat. Plus elle est importante, meilleur est le bénéfice. Certains industriels travaillent à l'incorporation de MCP dans des panneaux de plâtre contenant des fibres de graphite orientées. Ce qui devrait considérablement améliorer le rendement des MCP, grâce à l'excellente conductivité thermique du graphite.

Enfin, la mise en œuvre n'est pas sans importance. Il faut éviter de placer les composants contenant des MCP derrière des écrans thermiques (doubles plaques de plâtre, plaque de plâtre + doublage isolant). À ce titre, si les MCP sont incorporés dans des briques ou parpaings, comme cela commence à apparaître sur le marché allemand, l'isolation par l'intérieur est proscrite.

Les fournisseurs de capsules vendent leurs produits à des intégrateurs qui les incorporent dans des solutions finies. En France,

on ne compte pour l'instant que quatre solutions techniques exploitables à base de MCP. Les capsules Micronal de BASF sont incorporées dans le plafond CoolZone de Armstrong. Knauf commercialisait des plaques de plâtres contenant des capsules Micronal, mais leur vente est suspendue sur le marché français. De nombreux autres produits incorporant les capsules Micronal sont en revanche disponibles en Allemagne: les plafonds rafraîchissants Illkatherm System de Illkatherm Technik, le plâtre Maxit Clima de Maxit (Groupe Saint-Gobain) à appliquer à l'intérieur des bâtiments, le bloc béton de H+H, etc.

Le plafond CoolZone de Armstrong se compose de dalles de faux plafonds, métalliques et comportant un insert. Classées au feu B-s1L, d0, ces dalles contiennent 25 % de Micronal BASF, qui procure une capacité de stockage de chaleur latente de 140 Wh/m² et une capacité de stockage de chaleur totale de 175 Wh/m² avec 5 K d'élévation de température au-delà de 23°C. Une surface de couverture du plafond de 30% donne un stockage de 662 Wh. Avec une charge thermique à absorber de 30 W/m², cela permet de retarder la mise en route de la climatisation d'une heure et vingt minutes. Avec la même charge, une couverture de 57% aboutit à un stockage de 1260 Wh, le déphasage étant cette fois de quatre heures vingt-sept minutes. Armstrong estime que la réduction de consommations d'énergie (climatisation) peut aller de 20 à 70% !

DuPont est le seul à utiliser sa solution Energain commercialisée sous la forme de panneaux semi-rigides de 1 x 1,20 m, en matière de synthèse. Pesant 5,4 kg et entièrement revêtus d'une feuille d'aluminium, ils peuvent être recoupés sur le chantier. DuPont indique que les études de dimensionnement et les simulations sont réalisées par le logiciel CoDyBa. Le module additionnel et les données nécessaires sont téléchargeables depuis le site : www.energain.dupont.com. DuPont revendique dans des bâtiments neufs, un écrêtement des surchauffes de 7°C, une réduction des consommations de chauffage de 15% et de 35% en climatisation. Les capsules Inertek PCM118 sont incorporées par le Winco Technologies dans son enduit Enerciel à raison de 50% du volume. L'enduit s'applique en couche de finition à l'intérieur des bâtiments, sur une seule couche de 3 mm d'épaisseur, par projection mécanique, à la spatule ou à la taloche. Enerciel peut être poncé, recouvert de papier peint ou d'un autre enduit. Winco indique que son enduit est capable de réduire les pointes de chaleur et de froid de 6 K environ. Avec une capacité d'accumulation de chaleur de 47 Wh/m², il repousse de trois heures la mise en route de la climatisation. o P.P.

Trois capsules disponibles

Tous les produits sont à base de paraffine, de provenance et de qualités différentes.

- **MCI Technologies** revendique une paraffine strictement d'origine végétale.
- **Les capsules Micronal de BASF** mesurent 5 µm et contiennent 48% de cire de paraffine sans formaldéhyde. Elles sont calibrées pour une température de changement de phase de 21, 23 ou 26°C.
- **Les capsules de paraffine de DuPont** mesurent 75 µm d'épaisseur x 50 mm de longueur. Elles contiennent 60% de paraffine et sont calibrées pour une température de changement de phase de 21,7°C.

Fabricant du MCP	MCP	Produit fini	Température de changement de phase	Plage de température utile	Capacité d'accumulation de chaleur (en kJ/kg)
BASF	Micronal	Poudre	26°C	0 - 30°C	59
BASF	Micronal	Poudre	23°C	0 - 30°C	55
BASF	Micronal	Poudre	21°C	0 - 30°C	51
BASF	Micronal	Dispersé en liquide	26°C	0 - 30°C	145
BASF	Micronal	Dispersé en liquide	23°C	0 - 30°C	135
BASF	Micronal	Dispersé en liquide	21°C	0 - 30°C	125
DuPont	Energain	Panneau 1 x 1,2 m	21,7°C	14-30°C	170
MCI Technologies	Inertek PCM118	Poudre	22 à 25°C	22 à 18°C	180