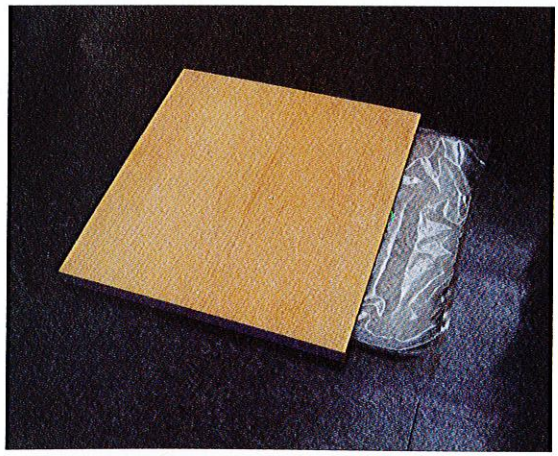
Des matériaux qui fondent et se solidifient dans les murs



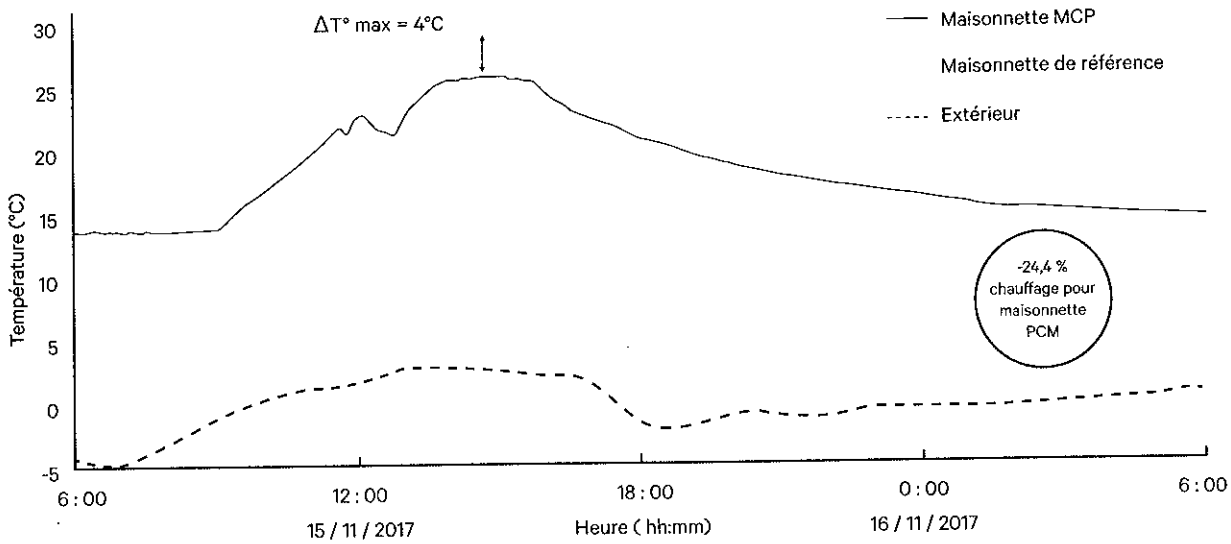
Échantillon d'un panneau de finition intérieure en bois renfermant un sachet de matériaux à changement de phase biosourcés et utilisé dans le projet de recherche de Damien Mathis.

Lorsque la glace fond sous l'effet de la chaleur, l'eau, devenue liquide, a emmagasiné de l'énergie. Si l'eau gèle et retourne à l'état solide, inversement, elle va restituer l'énergie emmagasinée. Le principe vaut évidemment pour tous les matériaux dès lors qu'ils changent de phase. De ce principe a surgi une idée : intégrer dans l'enveloppe du bâtiment un matériau qui change de phase aux alentours de 20 °C pour emmagasiner l'énergie des gains solaires et soulager les systèmes mécaniques de chauffage et de climatisation. Aperçu de la recherche et développement sur le sujet.

« Un matériau à changement de phase (MCP) est un matériau capable de stocker de la chaleur par fusion et, inversement, de relâcher cette chaleur pendant la solidification », explique **Damien Mathis**, étudiant à la **Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois** (CIRCERB) à l'Université Laval et qui effectue un doctorat sur l'intégration des MCP dans les murs en bois. Conséquence de ce changement de phase, les MCP ont une grande masse thermique pour un petit volume. « Le but de mettre des MCP dans un mur est d'augmenter la masse thermique. C'est ce qui fait qu'un bâtiment va se réchauffer ou se refroidir moins vite. C'est particulièrement intéressant pour les constructions en ossature légère », explique à son tour **Michaël Kummert**, professeur agrégé en génie mécanique, à l'**École polytechnique**, et qui a participé à une étude avec **Hydro-Québec** pour intégrer des MCP dans un mur.

Concrètement, en hiver, le soleil qui frappe un mur sans masse thermique pourrait faire monter la température dans la pièce à 25 °C, et dès que le mur passera à l'ombre, la température redescendra et le chauffage se remettra en marche rapidement pour maintenir la température de consigne du thermostat. Avec des MCP, la chaleur du soleil fait fondre les MCP qui vont ainsi emmagasiner la chaleur alors que la température dans la pièce atteindra peut-être 23 °C. Quand le soleil disparaît, les MCP se solidifient et relâchent la chaleur, mais comme la solidification prend du temps, la température mettra du temps à redescendre à 21 °C, retardant la mise en route du chauffage. Cependant, nuance Michaël Kummert, « la masse thermique n'a pas d'effet sur la résistance thermique du mur. Elle ne change pas les déperditions de chaleur. Elle déplace les pointes de température et peut permettre de mieux utiliser les gains solaires ».

Comportement des maisonnettes pour une journée ensoleillée de novembre



Source : Damien Mathis

Le processus fonctionne en sens inverse en été, mais avec une différence que soulève Michaël Kummert. « Ce qui crée les besoins en chauffage en hiver, c'est qu'il fait froid dehors et il fait froid tout le temps. En été, ce qui crée les besoins de climatisation, ce sont les gains solaires et, même en été, le soleil se couche et le bâtiment a un peu de répit la nuit », compare-t-il. Les MCP vont absorber la chaleur pendant la journée, réduire en l'étalant dans le temps la hausse de température dans le bâtiment, et donc étaler la demande de climatisation. Éventuellement, si cette hausse de température n'est que de 2 °C et donc supportable, les MCP éviteront même de climatiser.

La nuit, avec la baisse de température, les MCP vont se solidifier en relâchant la chaleur emmagasinée. « Il faut une ventilation nocturne adaptée pour refroidir et solidifier le MCP pour qu'il puisse à nouveau fondre et accumuler la chaleur le lendemain », prévient Damien Mathis.

Les besoins de climatisation dépendent aussi des activités dans le bâtiment. Michaël Kummert donne un exemple d'application dans la cuisine d'un restaurant où la surchauffe vient des appareils de cuisson. Des MCP dans le plafond qui fondent à 23 °C peuvent emmagasiner la chaleur pendant leur fusion et empêcher ou retarder la montée de la température au-delà. Mais encore une fois, « la chaleur est là et il faudra l'évacuer. Ça va aider la climatisation en la déplaçant dans le temps, mais pas forcément l'éviter », commente Michaël Kummert.

Parallèlement, les MCP présentent un autre avantage pour le confort thermique des occupants. Damien Mathis rappelle en effet que le confort thermique dépend de la température opérative, qui tient compte de la température ambiante indiquée par le thermomètre, mais aussi de la température radiative des murs. Des murs chauds radient une chaleur non mesurée par un thermomètre classique, mais perçue par les occupants. En été, des murs équipés de MCP chaufferont moins que des murs qui en sont dépourvus. Ainsi, des murs plus froids échangeront moins de chaleur par rayonnement avec les occupants et ceux-ci verront leur confort thermique augmenter.

De la théorie à la pratique

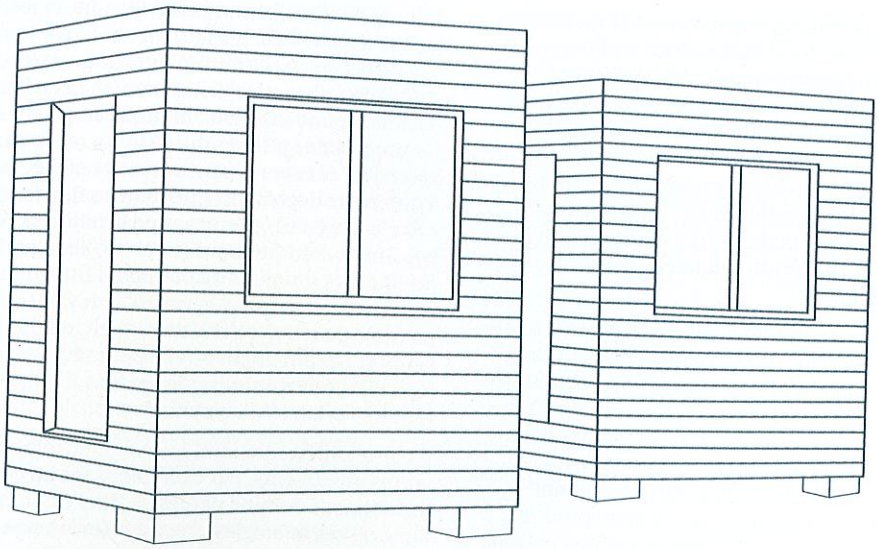
Les MCP demandent cependant d'être apprivoisés pour en tirer tous leurs bénéfices potentiels. Pour être fonctionnel, le MCP doit alternativement passer de l'état liquide à l'état solide. Le premier défi est alors de connaître la température de changement de phase optimale selon le climat, voire même selon l'orientation du bâtiment. « Si on a un MCP qui fond à 25 °C et qu'on n'atteint jamais 25 °C, il ne sera jamais activé », illustre Michaël Kummert. Le deuxième défi vient du fait que les MCP ne changent pas de phase à une température aussi précise que l'eau. Le changement de phase peut se dérouler sur une fourchette de quelques degrés. Un troisième défi vient avec le transfert de chaleur entre le mur et le MCP. Si la couche extérieure du mur chauffe sans avoir le temps de transférer sa chaleur au MCP, il ne sera pas activé non plus.

En pratique, les MCP en cours d'expérimentation dans les bâtiments ont une température de changement de phase comprise entre 15 et 25 °C. Ce sont des sels hydratés ou des composés organiques qui peuvent être encapsulés dans de petites billes ou ensachés dans des pochettes de plastique.

Damien Mathis utilise pour ses recherches un MCP 100 % biosourcé fabriqué à partir de résidus agroalimentaires. Il est ensaché et inséré dans un panneau de bois de finition intérieure qui cumulerait donc les fonctions esthétique et fonctionnelle. Il a construit deux maisonnettes prototypes en ossature légère en bois avec une enveloppe classique constituée du revêtement intérieur, un isolant, un pare-vapeur et la finition de bois intérieure pourvue ou non de MCP. Côté sud, une fenêtre surdimensionnée apporte des gains solaires, excessifs en été pour mettre à l'épreuve les MCP en condition de climatisation. Les maisonnettes sont équipées de calorifères avec la consigne de maintenir la température à 18 °C la nuit et à 20 °C le jour. Des capteurs de mesure installés dans les maisonnettes ont mesuré la température et les besoins en chauffage toutes les cinq minutes pendant huit mois. Pour la saison de chauffe, une réduction de la consommation en chauffage grâce au MCP a été observée. Cette économie est maximale lors de journées parfaitement ensoleillées mais devient négligeable les jours avec un ciel couvert. Par exemple, les MCP ont permis une réduction de consommation d'environ 9 % pour les mois de mars et avril. Pour le confort d'été, les MCP parviennent à réduire la surchauffe. Certains jours, la réduction de la surchauffe atteint 5 °C. Tous ces résultats seront compilés cet été puis feront l'objet d'une publication scientifique.

De son côté, Michaël Kummert a testé des MCP organiques distribués par **BioPCM** et incorporés dans des pochettes plastiques qui peuvent être fixées, par exemple, derrière des panneaux de gypse. Ils ont été testés dans deux cabanons dans les installations d'Hydro-Québec à Shawinigan. Là aussi, il s'agissait de mesurer la demande de chauffage pour atteindre la température de consigne afin d'évaluer l'effet des MCP sur la demande énergétique. « L'effet mesuré a été faible parce qu'il faudrait de grandes quantités de MCP pour augmenter réellement la masse thermique, rapporte Michaël Kummert. Mais on a compris comment fonctionnait le matériau et on a de bons modèles pour simuler son comportement. »

Mieux que des essais dans des prototypes, Damien Mathis rapporte une étude réalisée grandeur nature lors de la rénovation d'un bâtiment à Lyon. Les MCP intégrés dans les plaques de plâtre des murs ont permis d'abaisser à la fois la température ambiante et la température des murs pour un meilleur confort des occupants. Mais il en faudrait d'autres, des essais grandeur nature. « On a besoin de projets pilotes efficaces et démonstratifs de la performance de la technologie », estime Damien Mathis. —



Dans le cadre de sa recherche sur les MCP, Damien Mathis a conçu deux maisonnettes prototypes, l'une pourvue de MCP, l'autre non.