

TIM pour batteries Li-ion?: un choix décisif

06 août 2026, 14:16

Carl Emmerechts

Le rôle du matériau d'interface thermique (TIM) dans la performance des modules Li-ion

Dans un module de batteries Li-ion, le matériau d'interface thermique, ou TIM (Thermal Interface Material), passe souvent après le choix des cellules, la conception de la plaque froide ou la stratégie de contrôle. Pourtant, ce composant influence directement le chemin thermique entre les cellules et le système de refroidissement. Lors d'une charge rapide, d'une décharge à forte puissance ou de cycles répétés, chaque cellule génère de la chaleur. Si le TIM ne permet pas d'évacuer correctement cette chaleur jusqu'à la plaque froide, le module peut fonctionner à une température plus élevée, vieillir plus vite et perdre une partie de sa marge de sécurité.

Le TIM comble les interfaces imparfaites

Les surfaces qui semblent planes dans un modèle de conception assistée par ordinateur (CAO) sont en réalité inégales et irrégulières à l'échelle microscopique. À l'échelle du module, les tolérances de fabrication entre les cellules, le châssis et la plaque froide créent aussi des jeux plus importants.

Sans TIM adapté, ces espaces se remplissent partiellement d'air, l'un des pires conducteurs possibles dans le chemin thermique. Le résultat peut être un module qui semble correct en CAO, mais qui fonctionne à une température plus élevée en conditions réelles. Il vieillit alors plus vite, développe des gradients de température plus importants d'une cellule à l'autre et perd une partie de sa marge de sécurité. [\[1,2\]](#)

De la conductivité à l'impédance thermique?

La conductivité thermique indiquée sur une fiche technique ne représente pas la performance réelle de l'interface. Elle n'est qu'un élément du chemin thermique.

La résistance d'interface thermique se résume comme suit?:

Résistance d'interface =

résistance de contact (surface 1) + $\frac{\text{épaisseur du join}}{\text{conductivité du TIM}}$ + résistance de contact (surface 2).

En pratique, un TIM à conductivité intrinsèque élevée peut sous-performer. C'est le cas s'il est trop épais, trop rigide, insuffisamment comprimé, incapable d'épouser la rugosité des surfaces ou affecté par des vides.

À l'inverse, un matériau à plus faible conductivité peut offrir de meilleures performances s'il crée un contact plus fin et plus intime avec les surfaces. La spécification industrielle doit donc porter sur l'impédance thermique ou la résistance thermique dans un assemblage représentatif, à des niveaux réalistes de pression, de jeu et d'état de surface, et non sur la conductivité seule. [\[1,3\]](#)

Mesure de la conductivité thermique d'un TIM par HotDisk® (photo Sirris)

Mesure de la conductivité thermique d'un TIM par HotDisk® (photo Sirris)

Pad thermique, pâte ou gap filler?: que choisir???

Le choix entre un pad thermique, une pâte thermique ou un gap filler liquide, c'est-à-dire un matériau thermoconducteur destiné à combler les jeux entre composants, n'est pas une simple question d'achat. Le choix dépend surtout de la réalité mécanique et industrielle du module?: interfaces plus ou moins planes, jeux variables, pression disponible, automatisation, démontabilité et besoin d'évacuation thermique.

Le pad thermique?: simple, mais sensible aux jeux

Un pad thermique est un matériau préformé, déjà réticulé avant assemblage. Propre et disponible en épaisseurs définies, il est facile à manipuler et se retire plus facilement lors d'une reprise. Il convient aux interfaces relativement planes et démontables, notamment en phase prototype ou en production à plus faible volume.

Attention toutefois?: le pad doit être comprimé pour épouser la rugosité des surfaces et réduire la résistance de contact. Si les tolérances du pack sont importantes, le contact peut être bon dans certaines zones et insuffisant dans d'autres, créant alors des points chauds locaux. Un pad à conductivité élevée est souvent plus chargé en particules céramiques, ce qui le rend plus rigide et moins conformable. Le gain apparent de conductivité peut ainsi se perdre aux interfaces.

Le gap filler liquide?pour les jeux variables

Les gap fillers liquides et les pâtes thermiques abordent le problème différemment. Avant durcissement, ils s'écoulent dans les aspérités de surface et compensent les jeux variables. Ils peuvent être appliqués par des équipements automatisés de dosage, de mélange et de dépose.

Ils sont particulièrement adaptés aux modules à haute densité, aux grandes plaques froides et aux lignes d'assemblage industrielles où répétabilité et tolérances dimensionnelles sont critiques. Une fois durci, un gap filler reste souple et fournit un pont thermique stable.

En contrepartie, plusieurs paramètres doivent être maîtrisés?:

- le motif de dépose

- la viscosité
- le temps ouvert
- la compression
- le durcissement
- la propreté
- la démontabilité
- et la porosité

Pâtes, gels et adhésifs thermoconducteurs

Une pâte non durcissante ou un gel souple peut être utile lorsque la reprise est importante. Ces solutions doivent toutefois être testées face au pump-out, à la fissuration, à la séparation d'huile, aux vibrations et au cyclage thermique.

Un adhésif thermoconducteur peut combiner des fonctions thermiques et structurelles, mais il réduit généralement la capacité de reprise et transfère les charges mécaniques vers les cellules ou la structure du module. [\[5,8\]](#)

Les essais montrent l'importance du contact

Les résultats expérimentaux montrent que la conformabilité du matériau compte autant que sa conductivité nominale (voir quelques références ci-dessous).

Dans les essais de Parker LORD [\[1\]](#), un gap filler liquide de 4,1 W/mK affichait une impédance interfaciale de 0,75 K.cm²/W dans des assemblages cuivre-TIM-cuivre.

Un pad commercial présentant une conductivité très proche, soit 4,2 W/mK, a atteint une valeur de 4,10 K.cm²/W, ce qui équivaut à un rapport de 5,5. Dans la même étude, un autre pad présentait environ 2,3 fois l'impédance interfaciale du gap filler comparable.

La différence ne venait pas d'une propriété exceptionnelle du matériau, mais d'une meilleure conformabilité : le matériau liquide déplaçait l'air et établissait un contact plus intime avec les deux substrats. Une autre étude s'est penchée sur l'application de la batterie en utilisant cinq cellules prismatiques sur une plaque refroidie [\[2\]](#). Lors d'une charge à 1,5°C, les gap fillers liquides évacuaient davantage de chaleur et produisaient des températures de cellules plus basses que des pads de conductivité nominale comparable.

Avec des cales d'un millimètre simulant les tolérances de fabrication, la différence se creusait davantage : un gap filler de 2 W/mK avec cales évacuait plus de chaleur qu'un pad à 4 W/mK sans cales.

Choisir le bon TIM selon le cas d'usage

Ces résultats ne signifient pas que les gap fillers sont toujours la meilleure solution. Ils signifient que le meilleur TIM est celui dont la forme physique correspond à la réalité mécanique du module.

Un gap filler liquide est souvent une option judicieuse lorsque :

- les jeux sont variables
- les surfaces sont rugueuses
- les plaques froides sont de grande taille
- l'automatisation est prévue
- et le besoin d'évacuation thermique est élevé

Un pad thermique reste attractif lorsque?:

- l'interface est plane et le jeu maîtrisé
- la propreté d'assemblage et la démontabilité sont prioritaires
- le programme est en phase prototype avec des opérations de service simples

Une pâte ou un gel convient à certaines interfaces à faible pression et à des assemblages réparables. Il ne faut toutefois pas les considérer comme automatiquement robustes.

La thèse de Maddila et Rostami [3] a montré qu'une pression accrue réduisait la résistance thermique tant pour un pad de 2 mm que pour un gel de 2 mm. En revanche, un gel très fin soumis à une forte pression peut se fissurer et perdre en conductance effective.

Autrement dit, la pression peut améliorer le contact, mais une pression excessive ou une épaisseur trop faible peut introduire un nouveau mode de défaillance.

La qualité de dépose comme indicateur clé

Pour des matériaux déposés, la qualité du procédé fait partie du choix du matériau. Un gap filler performant sur fiche technique donne de mauvais résultats si de l'air reste piégé pendant l'application.

Shim, Yu, Kim et Jang [4] ont utilisé la tomographie à rayons X pour comparer une dépose en lignes et une dépose en plan d'une pâte TIM. La méthode de dépôt en lignes a produit une porosité moyenne d'environ 1,99 %, contre environ 0,30 % pour la dépose en plan.

L'écart moyen de conductivité effective semblait modeste?: 4,855 W/mK contre 4,994 W/mK. Cependant, les simulations de module ont montré des hausses locales de température d'environ 0,7 à 1,0 °C par rapport à un cas sans vide. La hausse augmentait encore lorsque les vides se situaient à proximité des points chauds.

La leçon pour la fabrication est pratique. Il faut spécifier?:

- le chemin de dépose
- l'espacement des cordons
- le volume du matériau
- la vitesse de fermeture
- le dégazage
- les conditions de durcissement
- et les critères d'inspection

La porosité n'est donc pas une curiosité de laboratoire, mais un indicateur clé de performance en production.

La durabilité se valide dès la conception

La durabilité d'un TIM doit être conçue et vérifiée. Elle ne se présume pas. Dans une batterie, le matériau d'interface thermique est censé fonctionner pendant de nombreuses années. Il subit des cycles de température, de l'humidité, des vibrations, des chocs, de la compression, des différences de potentiel électrique et des incompatibilités de matériaux.

Les TIM à base de polymères peuvent vieillir chimiquement, perdre leur adhérence, changer de dureté, se fissurer, se délaminer, sortir de la ligne de joint ou perdre leurs propriétés diélectriques.

Un plan de validation ne doit donc pas se limiter à une mesure initiale de conductivité. Il devrait combiner?:

- la sélection des matériaux
- des essais d'impédance thermique à une épaisseur de joint et une pression représentatives
- des essais thermiques au niveau du module
- un vieillissement sous cyclage thermique et chaleur humide
- des essais de vibration ou de choc
- une inspection de l'interface après vieillissement

Les composites polymères au nitrure de bore et d'autres systèmes chargés en céramiques électriquement isolantes sont prometteurs. Ils peuvent combiner transport thermique et comportement diélectrique. Ils doivent toutefois être évalués comme interfaces complètes, et pas uniquement comme des matériaux massifs. [\[5,6\]](#)

Sécurité : intégrer le TIM dans l'architecture globale

La sélection du TIM est liée à la sécurité, même si un TIM n'est pas, à lui seul, un dispositif de protection contre l'emballement thermique.

Une bonne interface maintient les températures normales de fonctionnement plus basses et plus homogènes. Cela contribue à réduire le vieillissement inégal entre cellules et préserve la marge de conception.

La propagation d'un emballement thermique implique toutefois plusieurs mécanismes?: conduction, convection, rayonnement et éjection de gaz ou de particules chauds. Elle doit être traitée par l'architecture du pack, les barrières, l'évacuation de gaz, la détection et la stratégie de refroidissement. Le concepteur doit aussi comprendre où la chaleur circulera lors d'un événement abusif.

Le bon réflexe pour une équipe de conception industrielle consiste donc à intégrer le TIM dès les premières boucles d'architecture. Il doit faire partie des discussions thermiques, mécaniques, industrielles et sécurité. Ne validez donc pas un matériau parce que sa conductivité semble attractive. Validez-le parce que son impédance thermique, sa conformabilité, sa fenêtre de procédé, son comportement diélectrique, sa durabilité et ses modes de défaillance ont été démontrés dans l'environnement réel du module. [\[7\]](#)

Vous concevez ou optimisez des modules de batteries Li-ion??

Sirris est un centre d'excellence qui accompagne les projets de développement industriel. Ses experts vous aident à sélectionner et valider vos matériaux d'interface thermique, grâce à la modélisation numérique, aux simulations CFD (mécanique des fluides numérique) et à la réalisation de prototypes industriels.

Nous intervenons aussi dans la qualification des propriétés critiques des matériaux, notamment la conductivité et la diffusivité thermique par HotDisk®, ainsi que la capacité thermique spécifique par DSC.

[Contactez nos experts](#)

En savoir plus sur l'innovation des batteries ?

Le développement de systèmes de batteries performants ne se limite pas à la gestion thermique. Découvrez comment Sirris développe, dans le cadre du projet SHIFT, des modules de batteries modulaires, des systèmes intelligents de gestion de l'énergie et des systèmes énergétiques hybrides pour des applications exigeantes.

Découvrir le projet SHIFT

Références

[1] Parker LORD, Liquid-Dispense Gap Fillers versus Thermal Pads: A Case Study on Thermal Performance, White Paper LL3248, 2026.

[2] Parker LORD, Battery Cooling Performance: Comparing Liquid-Dispense Gap Fillers with Thermal Pads, White Paper LL3250, 2020.

[3] R. V. Maddila and S. Rostami, Investigation of the Effect of Thermal Interface Materials on the Cooling of Battery Cells, Master thesis, Chalmers University of Technology, 2023.

[4] J. Shim, M. Yu, H.-K. Kim and S. Jang, Effective thermal conductivity and cooling performance of battery pack modules as a function of porosity introduced during thermal interface material application, Journal of Computational Design and Engineering, 2026.

[5] R. Stadler and A. Maurer, Methods for Durability Testing and Lifetime Estimation of Thermal Interface Materials in Batteries, Batteries 5(2), 34, 2019.

[6] S. K. Mohonta et al., Polymer-BN Composites as Thermal Interface Materials for Lithium-Ion Battery Modules: Experimental and Simulation Insights, Batteries 11, 431, 2025.

[7] Y. Jiang, Y. Jiang and P. Wang, A review on mitigating thermal runaway propagation in battery packs: from mechanisms to modeling and design optimization, Energy Advances, 2026.

[8] Parker Hannifin/Parker LORD, CoolTherm Materials for Electric Marine, Product Brochure PB3113, 2025.

Auteurs



Carl Emmerechts