

Etude de dispositifs simples pour la caractérisation thermique

Yves Jannot

Objectif

Répondre à des besoins de caractérisation thermique à l'aide de dispositifs robustes, simples à utiliser et de faible coût. Le respect de ces contraintes nécessite par contre une modélisation complexe et des méthodes d'estimation performantes pour l'obtention d'une bonne précision

Méthode

Une précision satisfaisante peut être atteinte à l'aide de dispositifs simples sous réserve d'être capable :

- de caractériser le capteur soit par sa capacitance thermique dans le cas d'un système mince soit par son quadripôle ou sa fonction de transfert dans le cas d'un système épais,
- d'estimer les résistances thermiques de contact entre les différents éléments du dispositif.

Les méthodes de caractérisation et d'estimation que nous utilisons reposent sur :

- une modélisation complète du système par la méthode des quadripôles,
- l'utilisation de la méthode de Sthefest pour le calcul des transformées de Laplace inverse,
- l'utilisation de la méthode de Newton pour la minimisation des écarts quadratiques entre thermogrammes expérimentaux et théoriques.

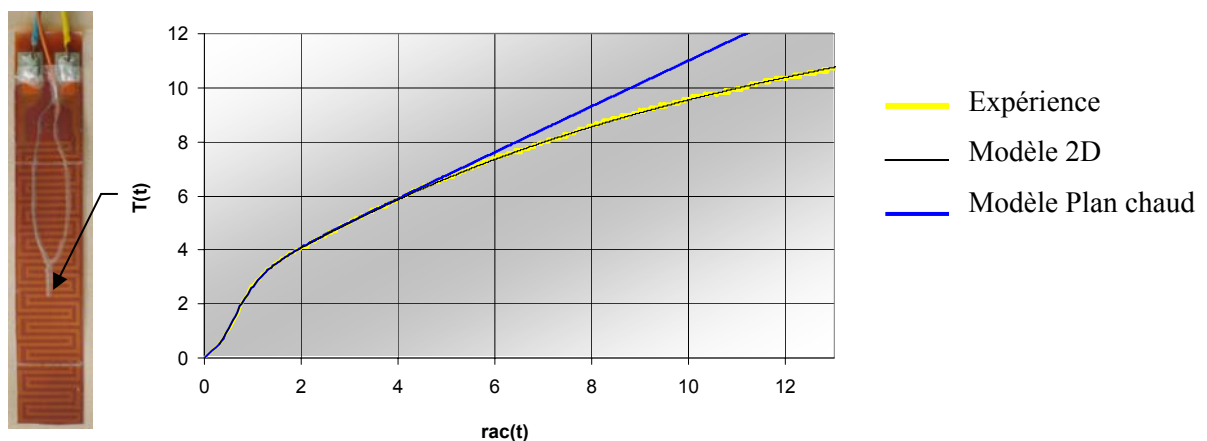
Le choix de la simplicité de l'outil (et non du modèle) a également été fait pour le traitement des données conduisant à l'estimation des paramètres : tout le traitement des données (inversion de Laplace et minimisation d'un écart par la méthode de Newton) est réalisé dans Microsoft Excel.

Les dispositifs suivants ont été étudiés et ont donné lieu à une publication pour chacun :

- ruban chaud avec mesure de température au centre pour la mesure de l'effusivité et de la conductivité thermique [1],
- élément Peltier + bloc de laiton pour l'estimation du profil (linéaire) de température à l'intérieur d'un produit en cours de congélation [2].

Une étude similaire est en cours pour la mesure de l'effusivité et de la conductivité thermique de plaques minces par la méthode du plan chaud avec mesure de température au centre.

Exemple : Mesure des propriétés thermiques d'un grès par la méthode du ruban chaud : thermogrammes expérimentaux et théoriques.



Résultats :

Le modèle 2D représente parfaitement la courbe expérimentale y compris aux temps courts où la température est très sensible à la résistance de contact et à la capacitance de la sonde. L'estimation des paramètres conduit à : Effusivité = $1750 \text{ J.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}.\text{s}^{-1/2}$, Conductivité = $1.89 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$, Résistance de contact = $2.5.10^{-3} \text{ °C.m}^{-2}.\text{W}^{-1}$, Capacitance de la sonde = 0.302 J.°C^{-1} .

Bibliographie

1. “Simplified estimation method for the determination of the thermal effusivity and thermal conductivity using a low cost hot strip”, Jannot Y., Meukam P., *Measurement Science and Technology*, vol. 15, pp. 1932-1938, 2004.
2. “Study of a transient non-intrusive sensor for internal temperature estimation during freezing”, Jannot Y., Batsale J.-C., Chausi B., *International Journal of Refrigeration*, 27 (2004), pp. 612-620.
3. “Thermo physical characteristics of economical building materials”, P. Meukam, Y. Jannot, A. Noumowe and T. C. Kofane, *Construction and Building Materials*, Volume 18, Issue 6, July 2004, pp. 437-443.