

Annexe : Evolution de la cristallinité en fonction de la température

Conception des pièces en plastique pour éviter les défauts géométriques

Edité le 01/01/2004

Cédric LUSSEAU - Jean-Loup PRENSIER

Messieurs Astarita et Kenny (chercheurs italiens) ont proposé un modèle permettant de calculer le taux de cristallinité en fonction de la température. Ce modèle s'exprime par l'expression suivante:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = (1 - X)T^*(1 - T^*)$$

Cette équation permet de calculer les variations du taux de cristallinité dans l'épaisseur et au fil du temps, mais ne tient pas compte du phénomène de germination et croissance : elle nous donne en effet un taux de cristallinité qui tend vers 1. Or, nous cherchons à l'appliquer à un polymère qui est partiellement cristallin car la présence d'impuretés ou de malformations limite l'extension des lamelles cristallines. Pour prendre en compte la limite de croissance, il faut donc changer l'asymptote de l'équation précédente. Nous proposons donc plutôt l'équation suivante :

$$\frac{\partial X}{\partial t} = (X_l - X)T^*(1 - T^*)$$

où X_l est le taux de cristallinité limite atteint par le polymère (qui peut être mesuré à l'aide d'une DSC¹ et dépend du matériau considéré) et T^* est la température adimensionnée (déterminée à partir des résultats de la simulation thermique, en tenant compte de la variation des caractéristiques avec la température).

Nous intégrons ensuite cette équation entre deux pas de temps successifs. Avec $X_l = 0,4$, on obtient :

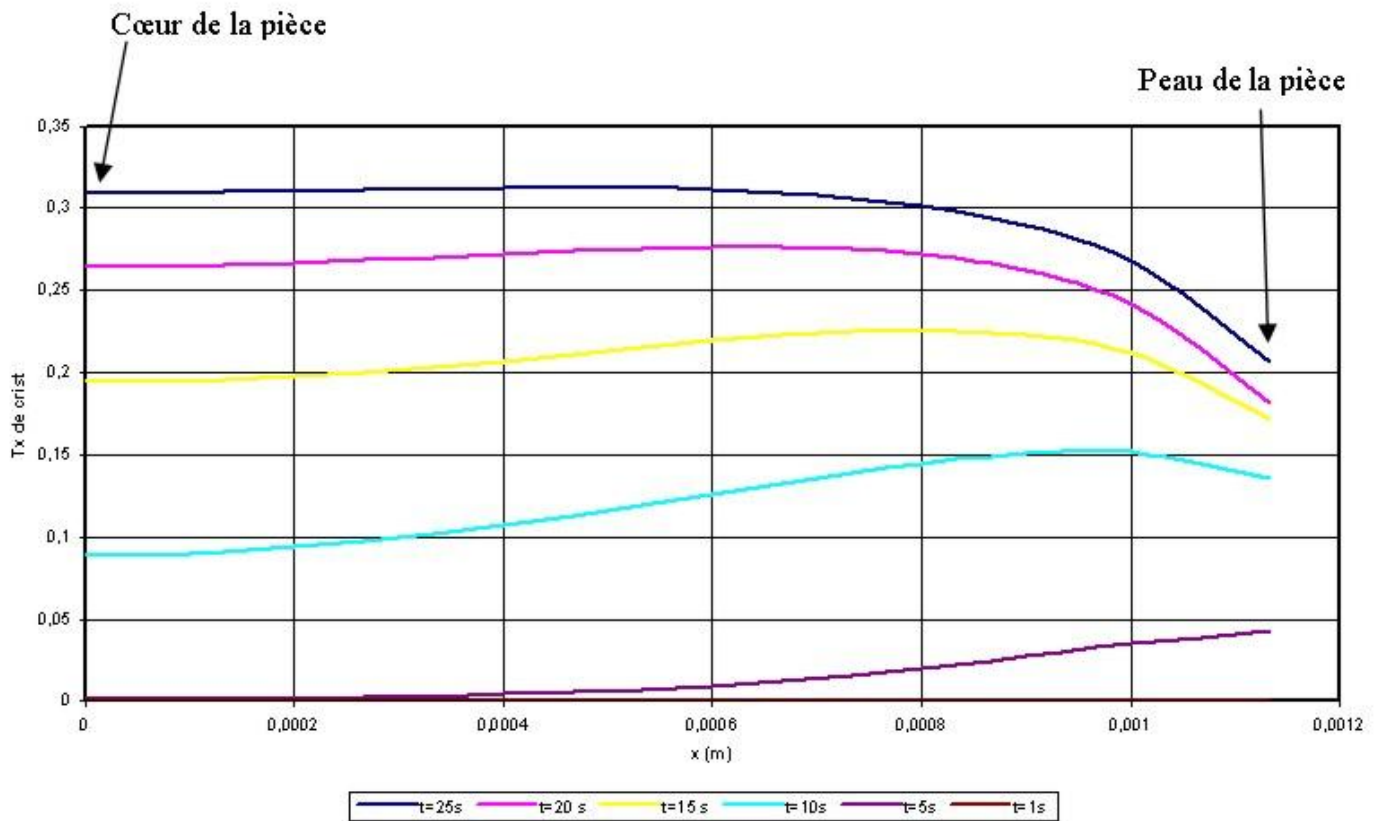
$$\int_{X_i}^{X_{i+1}} \frac{dX}{0,4 - X} = \int_{t_i}^{t_{i+1}} T(1 - T^*)dt$$

c'est à dire :

$$X_{i+1} = 0,4 - (0,4 - X_i) \exp[-T^*(1 - T^*)(t_{i+1} - t_i)]$$

La courbe ci-après montre le taux de cristallinité dans l'épaisseur (une éprouvette de 2.4 mm d'épaisseur initialement à 185°C et soumise à un refroidissement des deux côtés à 60°C) à différents instants. A la fin du refroidissement, le taux de cristallinité est de 35% au milieu et de 20% sur la peau.

¹ Differential Scanning Calorimetry ou calorimétrie différentielle à balayage



Plus la pièce est refroidie rapidement (peau) moins la structure est arrangée de façon cristalline. Le retrait est donc plus important au niveau de la peau qu'au niveau du cœur : on retrouve donc l'influence du refroidissement et de la géométrie de la pièce sur le retrait de la pièce.

Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>