

# Forme optimale pour la congélation d'un hydrogel

**Encadrants :** Lila Séguy, Suzie Protière, Axel Huerre

**Laboratoires :** Institut d'Alembert, UMR7190, SU, 75005 Paris  
Matières et Systèmes Complexes, UMR7057, UP, 75013 Paris

**Contact :** lilaseguy@outlook.fr, protiere@ida.upmc.fr, axel.huerre@gmail.com

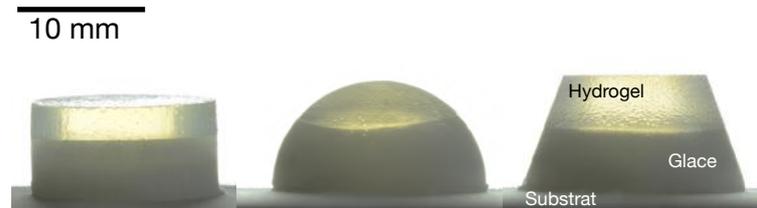


Figure 1 : Congélation sur un substrat froid ( $-50^{\circ}\text{C}$ ) d'un cylindre (a), d'une sphère (b) et d'un cône tronqué (c) en hydrogel d'agar.

Un hydrogel est composé d'une matrice de polymère pouvant contenir une quantité très importante d'eau. Bien que 99% de sa masse soit de l'eau, il conserve les propriétés d'un solide. En plaçant l'hydrogel sur un substrat de température inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$ , celui-ci peut geler unidirectionnellement. La nature solide de l'hydrogel permet de congeler des objets de différentes formes sans contenant (Figure 1).

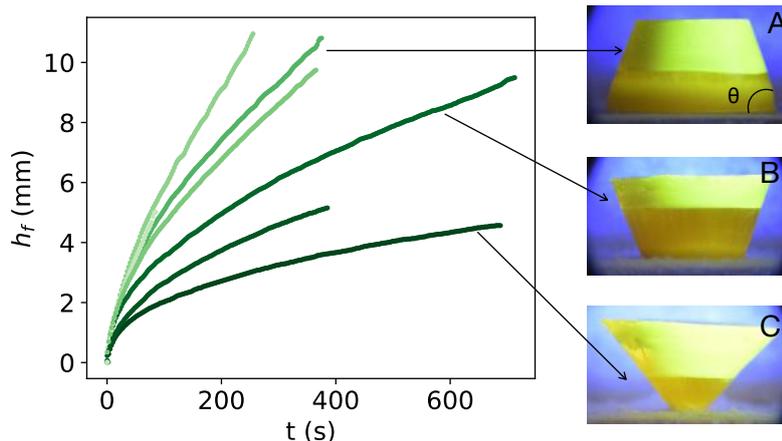


Figure 2 : Hauteur du front de congélation  $h_f$  en fonction du temps pour des cônes avec différentes ouvertures angulaires  $\theta$ :  $70^{\circ}$  (A),  $110^{\circ}$  (B),  $130^{\circ}$  (C).

La géométrie de l'objet influence grandement sa dynamique de congélation. En effet, si la section horizontale diminue le long de la hauteur, la congélation sera plus rapide, comme on peut le voir sur le cas A de la figure 2, qui représente la hauteur du front de congélation en fonction du temps. Au contraire, si la section augmente (cas B et C), l'avancée de ce front sera ralentie.

Le but de ce stage est d'obtenir théoriquement et expérimentalement la forme optimale permettant un temps minimal de congélation pour un volume donné. Ce sujet est analogue au problème d'optimisation de temps d'imbibition de milieux poreux, déjà abordé dans la littérature [1].

## Compétences requises :

**L'étudiant.e devra avoir un intérêt marqué pour les expériences et l'analyse d'images. Il/elle sera amené.e à développer des modèles théoriques minimalistes (transferts thermiques, changement de phase, etc.) et à maîtriser certains concepts mathématiques.**

[1] Gorce, IHewitt, and Vella, *Capillary Imbibition into Converging Tubes: Beating Washburn's Law and the Optimal Imbibition of Liquids*, Langmuir 2016