

# La forme des bulles piégées dans la glace

Virgile Thiévenaz<sup>1</sup>, Alban Sauret<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PMMH, CNRS, ESPCI Paris, Sorbonne Université, Sorbonne Paris Cité, 7 quai Saint-Bernard, 75005 Paris

<sup>2</sup> Department of Mechanical Engineering, University of California Santa Barbara, 93106 Santa Barbara, USA  
virgile.thievenaz@espci.fr

Un glaçon est rarement transparent, souvent opaque. Il contient de nombreuses petites bulles d'air [1]. Si l'on y regarde de près, ces bulles ne sont jamais sphériques mais allongées. Et deux bulles voisines peuvent avoir des tailles et des formes bien différentes. Certaines de ces bulles peuvent même former de longs cylindres, de plusieurs centimètres [2].

La plupart des gaz sont solubles dans l'eau mais très peu dans la glace. Ainsi, lorsque l'eau gèle, les gaz dissous sont expulsés et se concentrent devant le front de solidification. Des bulles s'y forment et sont capturées par la glace (Fig. 1). La combinaison entre solidification, capillarité, et diffusion du gaz donne aux bulles leurs formes spécifiques.

Nous montrons que sous certaines hypothèses, la forme des bulles peut être décrite par une seule équation différentielle ordinaire, fortement non linéaire. Cette équation met en jeu deux nombres sans dimensions liés à la sursaturation en gaz dissous et à la vitesse de solidification. Son étude permet d'expliquer certaines caractéristiques morphologiques communes à toutes les bulles comme l'arrondi de leur sommet. En-dessous d'une certaine vitesse de solidification se produit une bifurcation, après laquelle les bulles suffisamment grandes ne se referment jamais mais tendent vers une forme cylindrique.

Au-delà de l'étude mathématique, nous ajustons des solutions de cette équation différentielle à la forme de bulles observées expérimentalement. Cet ajustement est quantitatif dans la plupart des cas. Nous en déduisons la sursaturation ainsi que le rayon de nucléation des bulles. Cette méthode pourrait permettre de remonter dans l'histoire de bulles présentes dans des échantillons de glace, ainsi que de mieux contrôler la taille des pores de matériaux formés par trempage de solutions de gaz.



**Figure 1.** Bulles piégées dans la glace. Aucune n'est sphérique.

## Références

1. A. CARTE, *Proc. Phys. Soc.*, **77**, 3, 757 (1961).
2. S. BARI & J. HALET, *J. Glaciol.*, **13**, 69, 489–520 (1974).