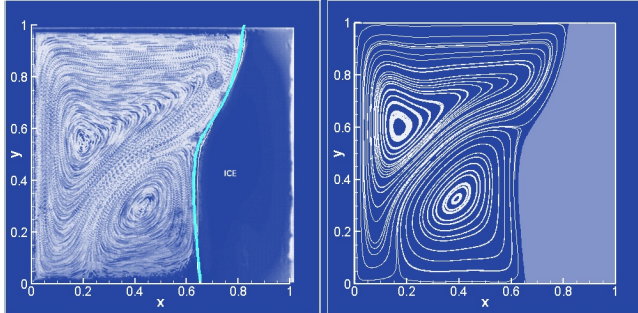


Calcul scientifique

Un grand nombre de phénomènes naturels peuvent être modélisés par des **équations aux dérivées partielles** (EDP). Ces équations établissent un lien entre les variations temporelles et spatiales d'une quantité d'intérêt. L'objectif du calcul scientifique est de proposer des **méthodes numériques** pour calculer des **solutions approchées**.

Matériaux à changement de phase (MCP)

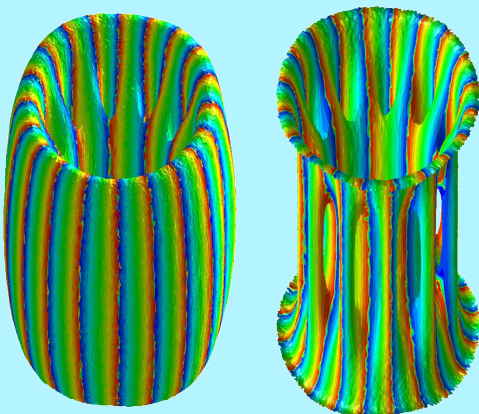


Changement de phase eau liquide/glace: expérience et simulations.

Ces matériaux emmagasinent une forte quantité d'énergie en fondant lors d'un pic de chaleur, et la restituent lorsque la température diminue. Les applications industrielles sont nombreuses : électronique, bâtiment, transports. L'enjeu est de développer des outils mathématiques avancés pour la modélisation (**équation de Navier-Stokes-Boussinesq**) et la simulation numérique des **écoulements complexes avec des effets thermiques**.

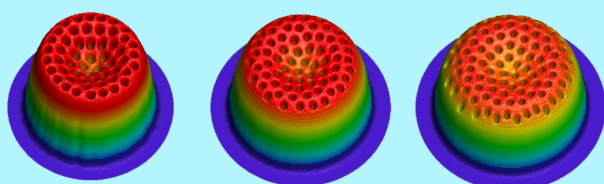
Atteindre les objectifs en calcul scientifique, c'est voir ses lignes de code se métamorphoser en vrai banc expérimental.

Condensat de Bose-Einstein



Vortex géant dans le cas d'une rotation rapide : vue d'ensemble (gauche) et détail de l'intérieur (droite).

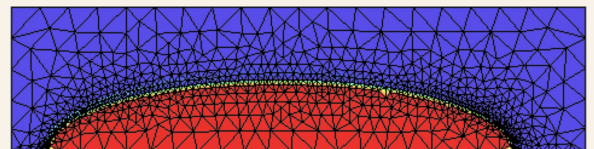
$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + V_{\text{trap}} \psi + g|\psi|^2 \psi - i\hbar \Omega \mathbf{A} \cdot \nabla \psi$$



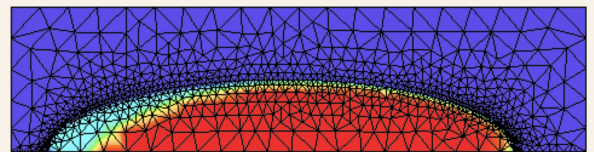
Réseau de vortex d'Abrikosov pour différentes «formes de tasses».

Biofilms

Il s'agit d'une communauté de micro-organismes (bactéries, champignons, algues), adhérant entre eux et à une surface. De tels biofilms se forment par exemple lors d'une infection due au staphylocoque doré, qui se fixe dans les articulations, les os, les poumons... Modéliser mathématiquement leur formation permet de **simuler numériquement des expériences** qu'il serait coûteux de réaliser en laboratoire.



Simulation numérique de la croissance d'un biofilm bactérien : sans antibiotique (haut) ou avec (bas).



C'est un nouvel état de la matière constitué d'atomes identiques, qui à très basse température se placent dans le même **état quantique**. Il forme un **système superfluide** (sans viscosité).



Café classique vs. café superfluide

Lorsqu'un fluide classique est mis en rotation, les forces de frottement impriment une rotation en bloc. Dans un superfluide, on observe la création de **tourbillons (vortex) quantiques**, qui apparaissent comme des petits trous désertés par les atomes du fluide (cercles noirs).