



RAPPORT DE STAGE

Fracturation de floes de glace par percussion dans un modèle granulaire

Étudiant

Desmond Roussel NZOYEM

Superviseur

Stéphane LABBÉ

Enseignant référent

Christophe PRUD'HOMME



*Ce stage a été effectué dans le cadre du master 2 CSMI,
du 03 février 2021, au 31 juillet 2021 ;
initié par le groupe SASIPau LJLL.*

Année académique 2020 - 2021

7 février 2021

Remerciements

Table des matières

Remerciements	i
1 Introduction	1
2 Environnement économique du stage	2
2.1 Le secteur d'activité	2
2.2 Le Laboratoire Jacques-Louis Lions	2
3 État de l'art	3
3.1 Position du problème	3
3.1.1 Modélisation d'un floe de glace	3
3.1.2 Cinétique d'un floe	4
3.2 État de l'art	4
4 Travaux et apports	6
4.1 Les travaux effectués	6
4.2 Les apports du stage	6
5 Déroulement du stage	7
5.1 Journal de bord	7
6 Conclusion	8

Chapitre 1

Introduction

Chapitre 2

Environnement économique du stage

2.1 Le secteur d'activité

2.2 Le Laboratoire Jacques-Louis Lions

Chapitre 3

État de l'art

3.1 Position du problème

3.1.1 Modélisation d'un floe de glace

Nous commençons par présenter une modélisation mathématique d'une plaque de glace (appelé floe) sur la mer. Six variables sont nécessaires pour décrire un floe sur la mer (voir figure 1) :

- Un ouvert connexe $\omega \in \mathbb{R}^2$ décrivant la section longitudinale du floe;
- Deux fonction $h_+, h_- \in \mathcal{F}(\omega, \mathbb{R})$ décrivant l'épaisseur du floe, telle que $\forall x \in \omega, h_-(x) \leq h_+(x)$;
- Le centre de gravité du floe $G(w)$;
- Deux vecteurs $e_1(\omega)$ et $e_2(\omega)$ formant une base sur ω .

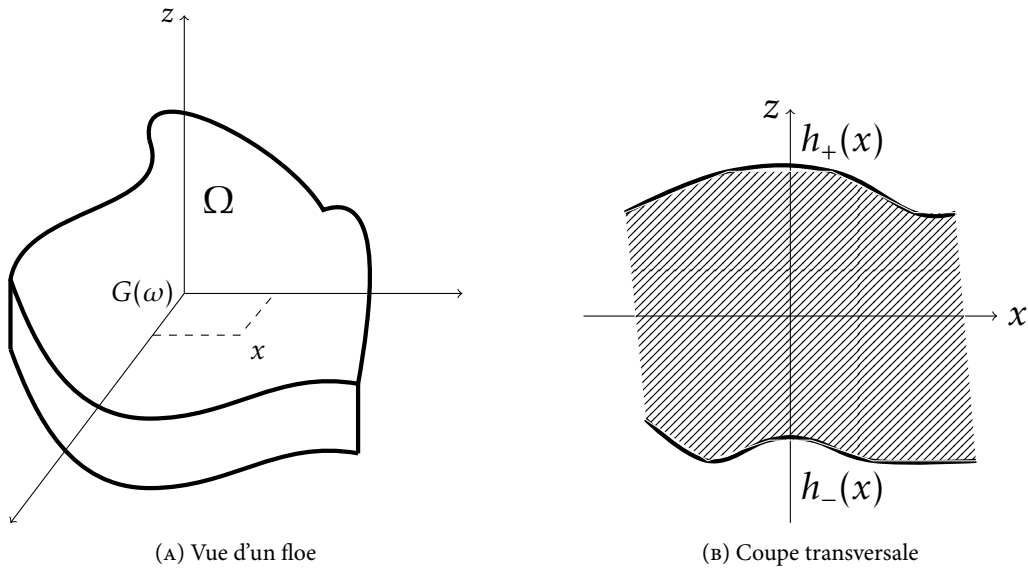


FIGURE 3.1 – Illustration de la géométrie d'un floe de glace Ω .

LES VECTEURS $E1$ ET $E2$ (ET TOUS LES AUTRES VECTEURS) DOIVENT ETRE EN GRAS!

Le volume Ω du floe est donné par :

$$\Omega = \{(x, z) | x \in \omega \in \mathbb{R}^2, z \in]h_-(x), h_+(x)[\}.$$

Les fonctions h_- et h_+ permettent de définir trois quantités (voir figure 2) :

- L'épaisseur moyenne du floe : $\bar{h} = \sup_{x \in \omega} h_+(x) - \inf_{x \in \omega} h_-(x)$;
- La plus forte épaisseur : $\bar{h}^* = \sup_{x \in \omega} |h_+(x) - h_-(x)|$.
- La plus faible épaisseur : $\underline{h}^* = \inf_{x \in \omega} |h_+(x) - h_-(x)|$.

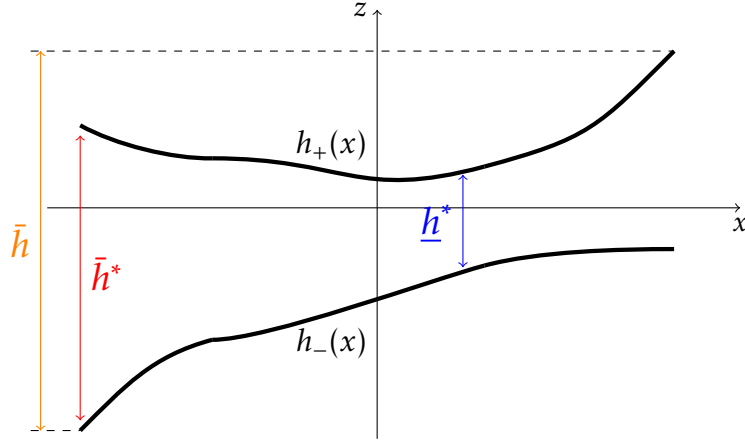


FIGURE 3.2 – Illustration des différentes épaisseurs décrivant le floe de glace. Pour l'instant, afin d'obtenir un floe relativement plat (i.e \bar{h} faible), h_- sera pris identiquement nul, et h_+ constant.

Les vecteur $e_1(\omega)$ et $e_2(\omega)$ sont liés à ω , et pointent vers un point fixe du bord $\partial\omega$ du floe i.e :

$$\exists \sigma_i \in \partial\omega | e_i(\omega) = \frac{\sigma_i - G(\omega)}{\|\sigma_i - G(\omega)\|}, \text{ pour } i \in \{1, 2\},$$

où $\|\cdot\|$ désigne la norme euclidienne de \mathbb{R}^2 . Notons que $\sigma_1 \neq \sigma_2$, et $e_1(\omega) \cdot e_2(\omega) = 0$ de façon à ce que la base $(e_1(\omega), e_2(\omega))$ soit directe.

Un floe $F = (\omega, e_1(\omega), e_2(\omega), G(\omega), h_-, h_+)$ se déplace sur la mer¹ $\mathcal{M} \in \mathbb{R}^2$. Au temps t après une translation de vecteur $u(t)$ (et de matrice $T_{u(t)}$), et une rotation de vecteur $\theta(t)$ (et de matrice $R_{\theta(t)}$), on obtient le floe F_t défini par (voir figure 3) :

$$F_t = (T_{u(t)}R_{\theta(t)}\omega, T_{u(t)}R_{\theta(t)}e_1(\omega), T_{u(t)}R_{\theta(t)}e_2(\omega), T_{u(t)}R_{\theta(t)}G(\omega), h_-, h_+).$$

REMPALCER CES TRANSFORMATION ENCOMBRANTES PAR UN *prime* SIMPLE!

Lors de leur mouvements sur la surface de la mer, les floes se fracturent sous l'effet des vents et des courants océaniques. Nous nous intéresserons donc au phénomène de percussion en vue de l'initialisation des fractures dans les floes de glace.

3.1.2 Cinétique d'un floe

DEFINIR LE REPERE *ABSOLUE* DU FLOE EN 2D, AVEC LE REPERE LOCAL. ECRIRE LE VECTEUR POSITION, ET ECRIRE LES EQUATIONS DE NEWTON-EULER.

3.2 État de l'art

1. Pour l'instant, la mer est considérée comme un ouvert dans \mathbb{R}^2 . Plus tard, nous prendrons en compte son épaisseur lorsque nous modéliserons la mer par une sphère

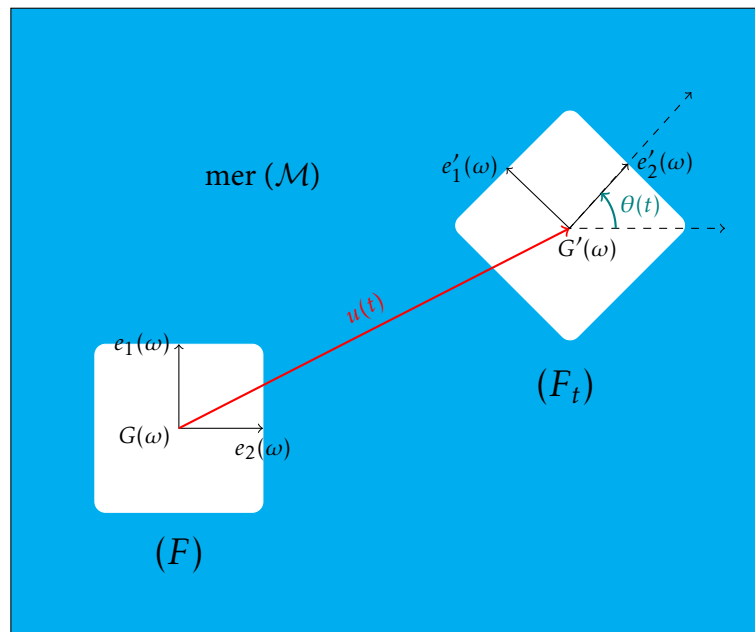


FIGURE 3.3 – Illustration du mouvement d'un floe de glace F dans la mer, après une translation de vecteur $u(t)$ et une rotation d'angle $\theta(t)$, pour obtenir le floe F_t . On observe la transformation des propriétés du floe, en particulier les vecteurs $e_1(\omega)$ et $e_2(\omega)$ qui restent liés au floe.

Chapitre 4

Travaux et apports

4.1 Les travaux effectués

4.2 Les apports du stage

- L'utilisation de TIKZ

Chapitre 5

Déroulement du stage

5.1 Journal de bord

Chapitre 6

Conclusion