

# Aplicació del Material Point Method (MPM) a la deformació d'objectes

Martín Garcia, Pol

September 19, 2019

Director: Susín Sánchez, Toni

Especialitat Computació  
Facultat d'Informàtica de Barcelona

## Contents

<b>1</b>	<b>Introducció</b>	<b>1</b>
1.1	Context . . . . .	1
1.1.1	Conceptes bàsics . . . . .	1

# 1 Introducció

Aquest treball de fi de grau ha estat centrat en la simulació de fluids, una temàtica molt ampla que tot i que conceptualment sembla trivial, és molt complexa. Molts detalls i decisions s'han de tenir en compte a l'hora d'implementar un simulador d'aquestes característiques, com la representació del fluid, si aquest es comprimeixible, elàstic, col·lisions, etc.

Per a poder presentar el treball correctament, aquest document també serveix com a introducció a la simulació de fluids sense assumir coneixements previs en aquest aspecte. I finalment també es busca mostrar com la simulació de materials sòlids elàstics es poden representar com a fluids, de la manera més eficient possible.

## 1.1 Context

La simulació de fluids, o dinàmiques de fluids computacionals (CFD's), és una disciplina que mitjançant tècniques d'anàlisi numèric busca resoldre problemes que impliquen, d'alguna manera, algun tipus de fluctuació o interacció amb fluids.

La base de qualsevol simulador de fluids són les equacions de Navier-Stokes, que descriuen la mecànica d'aquests; però necessitem molt més que les equacions per a poder implementar aquest programa, doncs també són necessaris coneixements de software i hardware per a una implementació eficient, tècniques de gràfics per computador per a una adequada visualització, i coneixements matemàtics d'àlgebra lineal que ja s'han vist durant l'educació oferida per la Facultat d'Informàtica de Barcelona, sobretot en la branca de computació. Tot i així, l'abast del projecte ens obliga a sortir de l'àmbit de coneixements d'un enginyer informàtic, i integrar múltiples conceptes matemàtics de diferents caires, que seran explicats degudament.

En el nostre cas les matemàtiques ens ajudaran a definir el comportament i les limitacions del nostre simulador, que a partir d'ara anomenaré *solver*, per a poder configurar-lo amb coneixement a posteriori, i sempre ser conscients de l'estat sistema que s'està processant.

### 1.1.1 Conceptes bàsics

Abans d'entrar en detalls, hi ha uns coneixements bàsics que s'han de tenir en compte degut a l'amplia projecció dels simuladors de fluids.

**Podem diferenciar els tipus de solvers** en 3 subgrups, que varien intrínsecament en el mateix concepte de la representació del fluid. Aquesta representació marcarà la manera d'interactuar i tractar el fluid tant amb ell mateix, com amb cossos externs.

**Graella:** Podem representar el fluid en un instant de temps concret com a una magnitud en un punt d'una graella, identificant la quantitat de fluid en aquella posició en un moment concret; per altra banda, cada cel·la de la graella té alguna representació de direcció i magnitud de moviment del fluid.

A més a més, podem emmagatzemar altra informació a cada posició de la graella, o usar les dades ja guardades per a processar l'estat del sistema en un instant de temps posterior, tenint en compte que a cada cel·la només hi pot haver una

quantitat màxima de fluid (volum màxim) per a que no sigui un fluid comprimible, i així provocar una dissipació d'aquest i el consegüent moviment.

En conjunt creem un espai acotat per les dimensions de la graella, on el fluid es mou de manera quantitativa a través de les diferents cel·les d'acord amb la pròpia informació d'aquestes.

Aquesta representació es coneix com simulador eulerià.

**Partícules:** Podem representar un petit volum de fluid com a una partícula en una posició a un espai indeterminat en un instant de temps, de manera que sempre representa la mateixa quantitat de fluid, i a més guardem tota la informació de moviment (força, velocitat,...) a un nivell molt concret.

Aquesta representació permet, per exemple, barrejar dos fluids mantenint alhora les seves propietats separades, o simular interaccions entre partícules o sòlids externs amb molt més nivell de detall. També cal dir, que aquest mètode dificulta la tasca de mantenir un volum constant del fluid, i sobretot necessita computar interaccions entre totes les partícules, comput que resulta costós.

Els simuladors de partícules són coneguts com a lagrangians.

**Híbrids:** Si mesclem els dos conceptes anteriors, podem obtenir un simulador que, podem dir, rep el millor dels dos mètodes.

Per una banda, representem el fluid com partícules a cada instant de temps amb totes les seves propietats; i per altra banda el comput d'interaccions entre aquestes el gestionem mitjançant una graella (la qual defineix l'espai del sistema) a on hi traspassem les característiques de les partícules en determinades zones, de manera que la computació de col·lisions i/o interaccions és molt més eficient i acotada.