

# M1 CHPS

## Architecture Parallèle

Joël BOUGRON

*Université Paris Saclay*

Résumé d'un article de Michele Trent et Piet Hut du 20 mai 2008

22 janvier 2023

Comment simuler un système de  $N$  corps interagissant gravitationnellement et éventuellement soumis à un champs potentiel externe ? Michele Trent et Piet Hut, dans leur article du 20 mai 2008, proposent une revue des réponses disponibles. La question est pertinente car il n'est trouvé à ce jour aucune solution analytique pour trois corps (et plus) en appliquant la loi de Newton. Par conséquent, on doit intégrer numériquement. Cependant, les coûts de simulation sont variables.

En effet, les systèmes physiques diffèrent en fonction de leur échelle de temps et de leur collisionnalité. En particulier, est-ce que l'âge et la proximité des corps seront suffisants selon le temps "de relaxation" nécessaire pour atteindre l'équilibre thermodynamique ? Ainsi, on a une collisionnalité des amas stellaires denses et des trous noirs, ce qui est sans objet pour la dynamique des étoiles et des galaxies. Or on sait que deux particules très proches induisent une singularité qui dépend des conditions initiales et dans ce cas un pas de temps prédéfini et constant n'est plus représentatif. Il est alors possible d'appliquer des pas de temps variables, de supprimer la singularité par une modification de la gravitation sur une "longueur d'adoucissement" à petite échelle, ou encore de faire appel à d'autres techniques numériques.

Pour une grande échelle de temps, il est statistiquement pertinent de formaliser avec l'équation de Boltzmann sans collision en associant une longueur d'adoucissement (cette fois en négligeant les interactions à petite échelle). On réduit alors les dimensions de l'espace de phase en considérant un champs moyen selon une fonction de distribution et des probabilités. Dans ce cadre, un maillage diminue la complexité, que ce soit par grille statique, ou adaptative pour affiner. En complément, pour intégrer la collisionnalité, on peut adjoindre un opérateur spécifique. Pour plus de précisions, on a des méthodes dites de champs "auto-cohérent", ainsi que des diminutions possibles du maillage.

De manière générale, les collisions induisent une certaine précision et les méthodes directes s'y prêtent. D'où un certain coût, en particulier par l'adaptation du pas de temps. A contrario, avec des approximations et des gains de performance, des schémas par arborescence sont adaptés aux phénomènes sans collisions. A compléter pour des mêmes effets lointains s'appliquent pertinemment sur des plusieurs particules très proches.

Dans tous les cas, le matériel contribue fortement à la performance, que cela soit par l'utilisation de la carte graphique. Ou encore, vu que les équations de la gravitation présentent un formalisme relativement simple, des applications de "pipeline matériel" ont toute leur place.