

Étude dynamique de l'effondrement d'un nuage de  
gaz et de poussière :  
quelles sont les propriétés thermodynamiques des  
planétésimaux formés?

SEGRETAIN Paul<sup>1</sup>, MÉHEUT Héloïse<sup>1</sup>, MOREIRA Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur, Université Côte d'Azur  
<sup>2</sup>ISTO, CNRS

paul.segretain@oca.eu

# Contexte

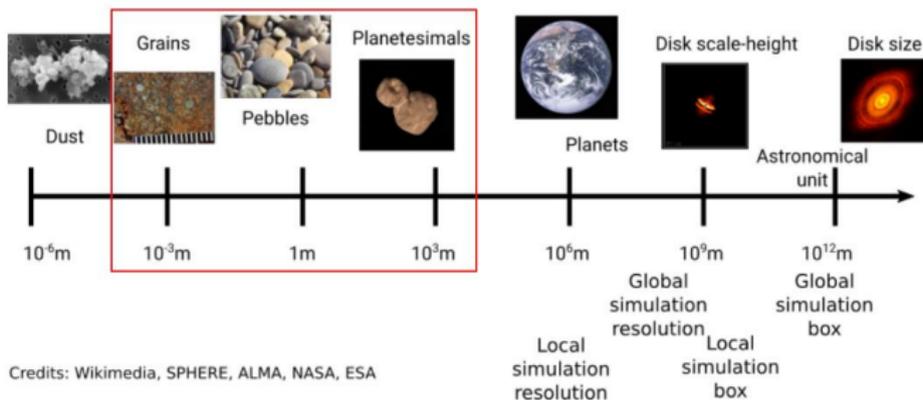
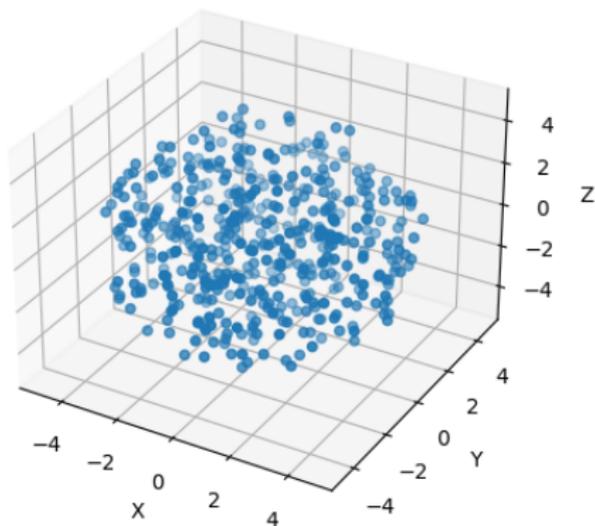


Figure: Échelles mises en jeu au cours de la formation planétaire

# Contexte



## Hypothèses de départ

- Modèle de formation incrémentale des planètes
- La poussière a déjà été concentrée dans une zone petite comparée au disque.

## Buts

- Étude numérique thermodynamique de l'effondrement gravitationnel sphérique d'un nuage de particules couplées au gaz

## Buts

- Étude numérique thermodynamique de l'effondrement gravitationnel sphérique d'un nuage de particules couplées au gaz
- À long terme, étude de la dissolution de gaz rare (néon) dans les planétésimaux en formation.

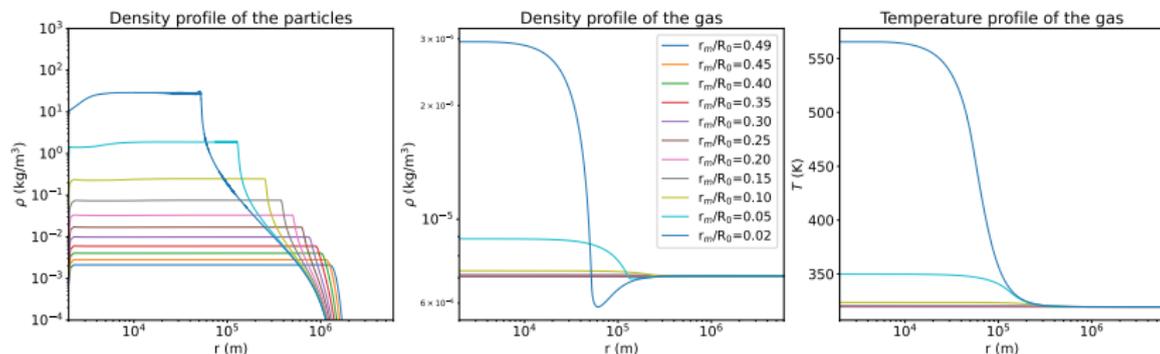
## Code IDEFIX (Lesur et al, 2023)

- Code de simulation (M)HD
- Les équations de Navier-Stokes sont résolues sur une grille
- Les particules sont modélisées par une approche lagrangienne (super-particules)
- L'auto-gravité est résolue par des méthodes algébriques.
- Rétroaction du frottement des particules sur le gaz : seul le gaz chauffe.

## Conditions initiales

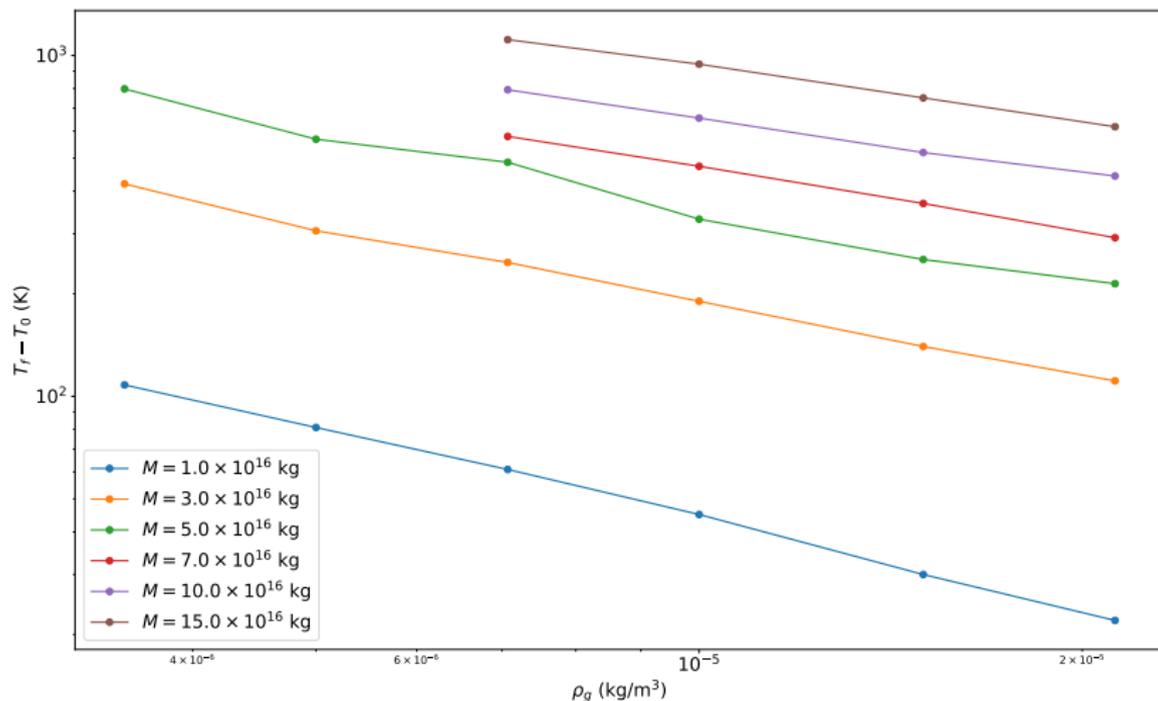
- Simulations 1D
- Particules : profil de densité avec un cœur uniforme et une queue gaussienne, pas de vitesse initiale
- Gaz initialement statique, avec une densité et une pression uniforme
- Temps de friction :  $9 \times 10^4$  s, soit une taille d'environ 10 cm.

# Résultats : Évolution temporelle



**Figure:** Évolution temporelle de la densité du nuage de particule (gauche), de la densité du gaz (centre) et de la température (droite) durant l'effondrement, pour  $M = 3 \times 10^{16}$  kg,  $R_0 = 1,5 \times 10^6$  m,  $\rho_g = 7 \times 10^{-6}$   $\text{kg/m}^3$ .

# Résultats : Exploration de paramètres



**Figure:** Variation de la température finale au centre des simulations pour différentes masse de particules et densité de gaz.

# Conclusion

## Résultats

- La température finale au centre est approximativement proportionnelle à la masse de particules et inversement proportionnelle à la densité de gaz.
- Une température de  $10^3$  K est atteignable, ce qui serait suffisant pour dissoudre du gaz dans les planétésimaux en formation.

# Conclusion

## Résultats

- La température finale au centre est approximativement proportionnelle à la masse de particules et inversement proportionnelle à la densité de gaz.
- Une température de  $10^3$  K est atteignable, ce qui serait suffisant pour dissoudre du gaz dans les planétésimaux en formation.

## Futur

- Exploration de l'espace des paramètres pour l'étude de la température finale du gaz, avec une meilleure prise en compte du chauffage des particules;
- Passage en 2D pour prendre en compte une dispersion de vitesse initiale des particules.