

# Questions / Choix à discuter

- Ne pas parler des modes 0 ?
- Pas nécessaire de faire des conclusions intermédiaires
- Que dire sur les données brutes pour pas empiéter sur la discussion ?
- Est-ce qu'on se passe de l'exposant de pseudo-gap ? Ca permettrait de libérer du temps pour la clarté

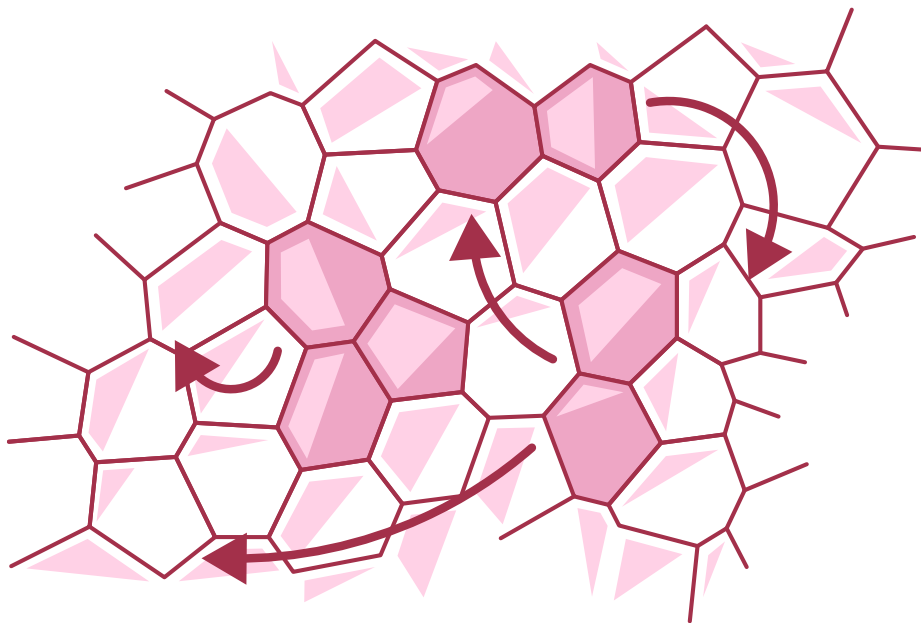
Soutenance de thèse

# Criticalité de transitions absorbantes en matière molle en présence d'interactions à longue portée

Tristan Jocteur

Direction de thèse  
Eric Bertin & Romain Mari

Laboratoire Interdisciplinaire de Physique  
Université Grenoble Alpes



Flash slide juste pour illustrer la transition de réversibilité et la transition vers l'écoulement, comprendre que c'est deux choses très différentes.

Annonce : en fait elles sont similaire si on les voit comme des TphiAbs (amène la présentation des TphiAbs)



# Introduction & motivations

- A) Transitions de phase, états absorbants
- B) Transition de réversibilité, transition vers l'écoulement
- C) Une comparaison motivée par des similitudes

## II - Transition vers l'écoulement

## III - Transition de réversibilité

## IV - Discussion

## Transitions de phase

$$T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$



$$T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$



## I-A) Transitions de phase, états absorbants

# Transitions de phase

Phase 1

glace

agencement ordonné  
des molécules

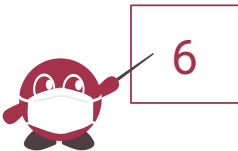
Phase 2

eau liquide

agencement désordonné  
des molécules

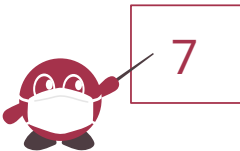
$$T_c = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$T$



# Transitions de phase

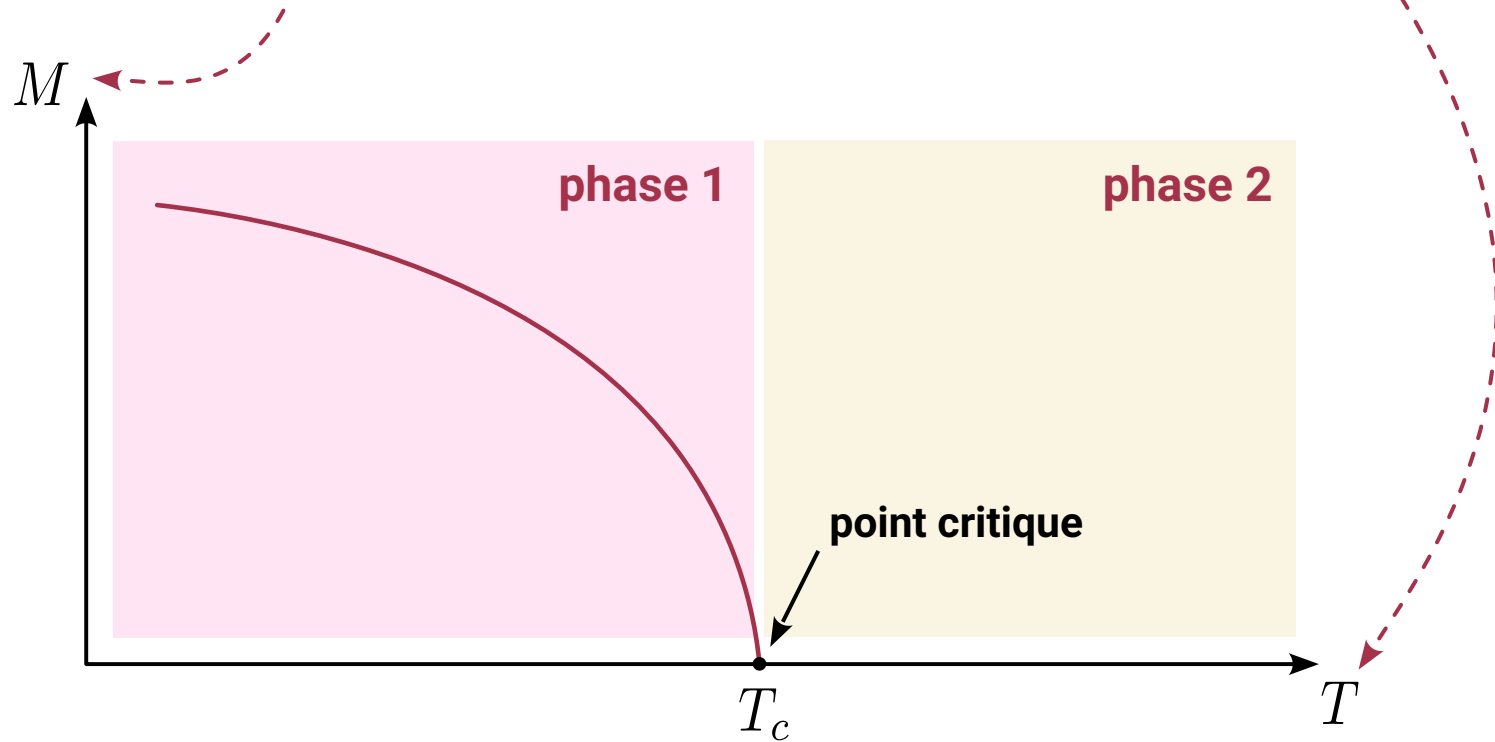
Slide clou et microscopique chiante, se passer de glace/eau ? On peut aller dessus en moins de 30 sec en vrai



## I-A) Transitions de phase, états absorbants

# Transitions de phase

Transition physique entre deux phases caractérisées par un **paramètre d'ordre** lors d'une variation d'un **paramètre de contrôle**

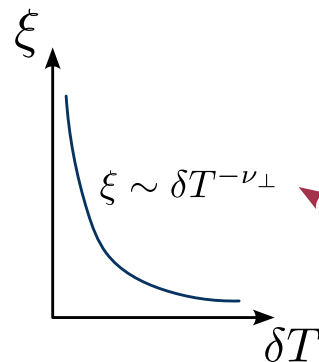
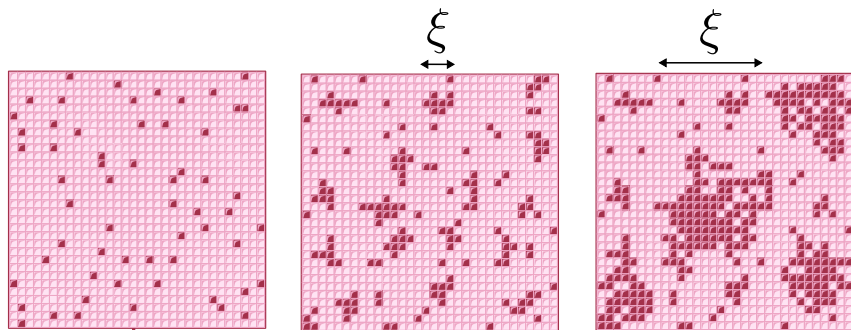




## I-A) Transitions de phase, états absorbants

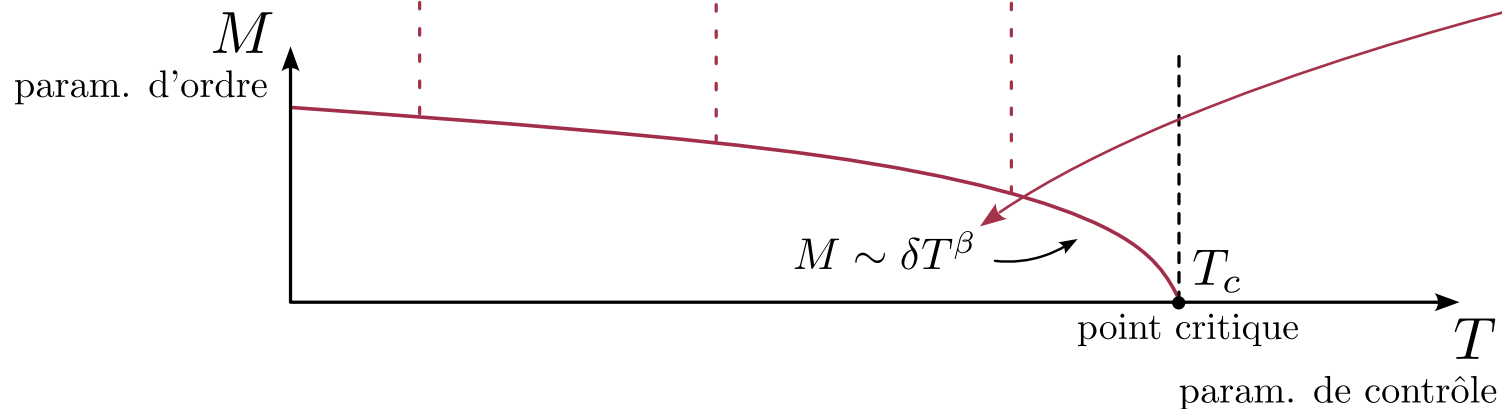
# La divergence de la longueur de corrélation rend le problème sans échelle

$$M = \frac{\begin{array}{|c|} \hline \blacksquare \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \blacksquare \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \blacksquare \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \blacksquare \\ \hline \end{array}}$$



Lois de puissance

Exposants critiques

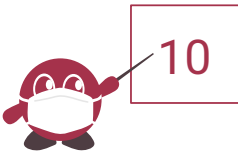


## I-A) Transitions de phase, états absorbants

# La non-pertinence des détails microscopiques implique une universalité

Si rien en-dessous de la longueur de corr ne compte + la longueur de corr diverge, alors les détails ne comptent pas = présentation du principe d'universalité

Mentionner l'exemple d'une classe qui rassemble différents phénomènes pour montrer l'intérêt



## I-A) Transitions de phase, états absorbants

### Transitions de phase absorbantes

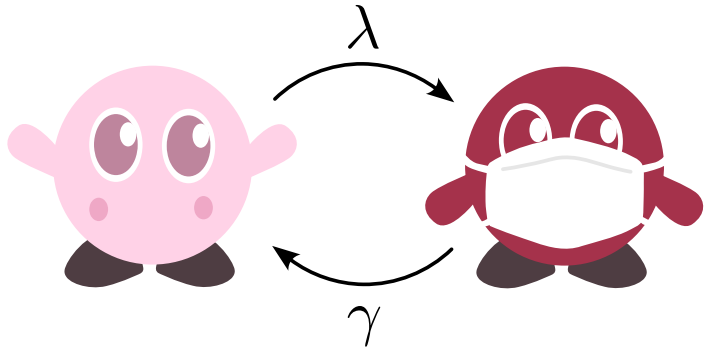
entre une **phase active** et une **phase arrêtée** (absorbée)

#### Etat absorbant

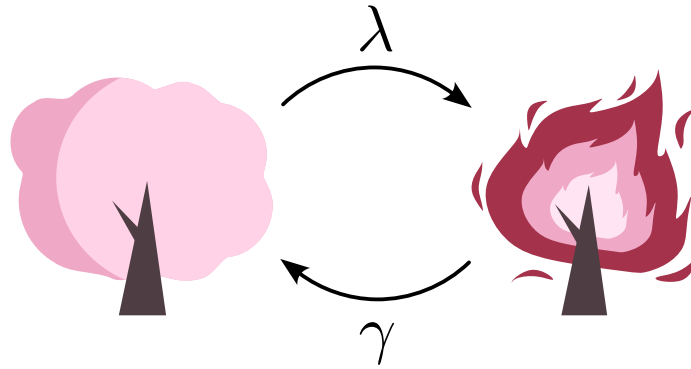
peut être atteint mais pas échappé



situation hautement **hors d'équilibre**



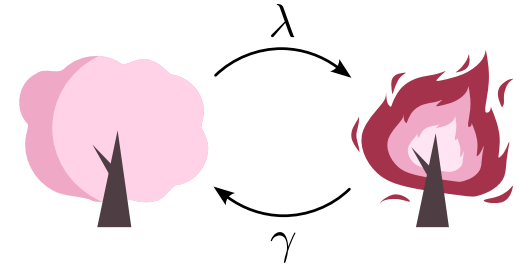
Epidémies



Feux de forêt

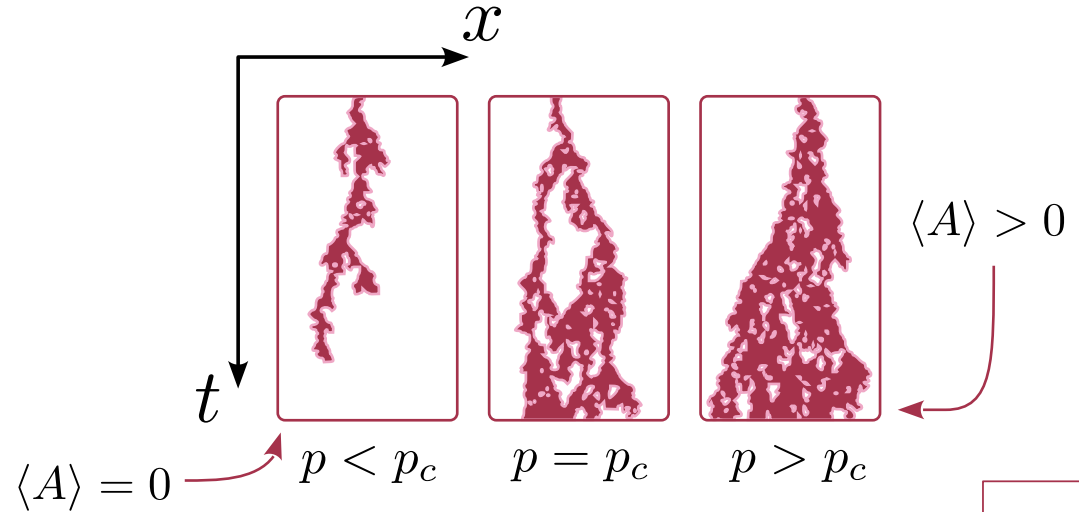
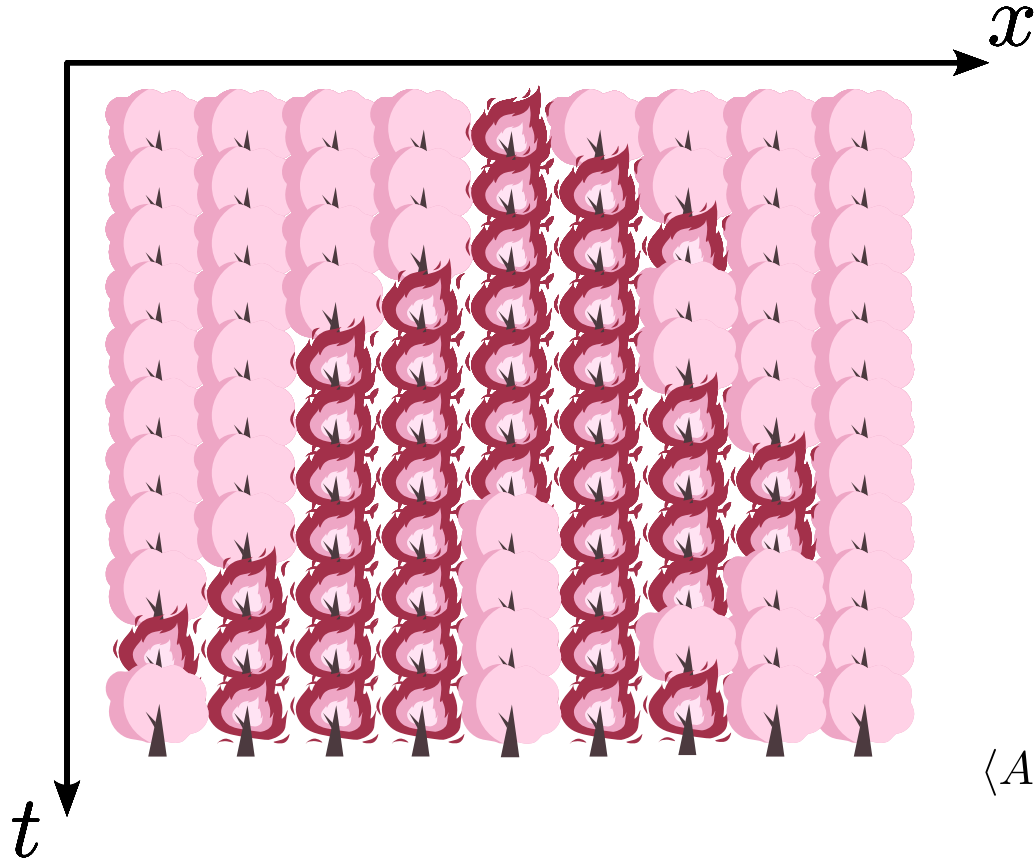
# I-A) Transitions de phase, états absorbants

## Exemple des feux de forêt



Paramètre de contrôle :  $p = \lambda/\gamma$

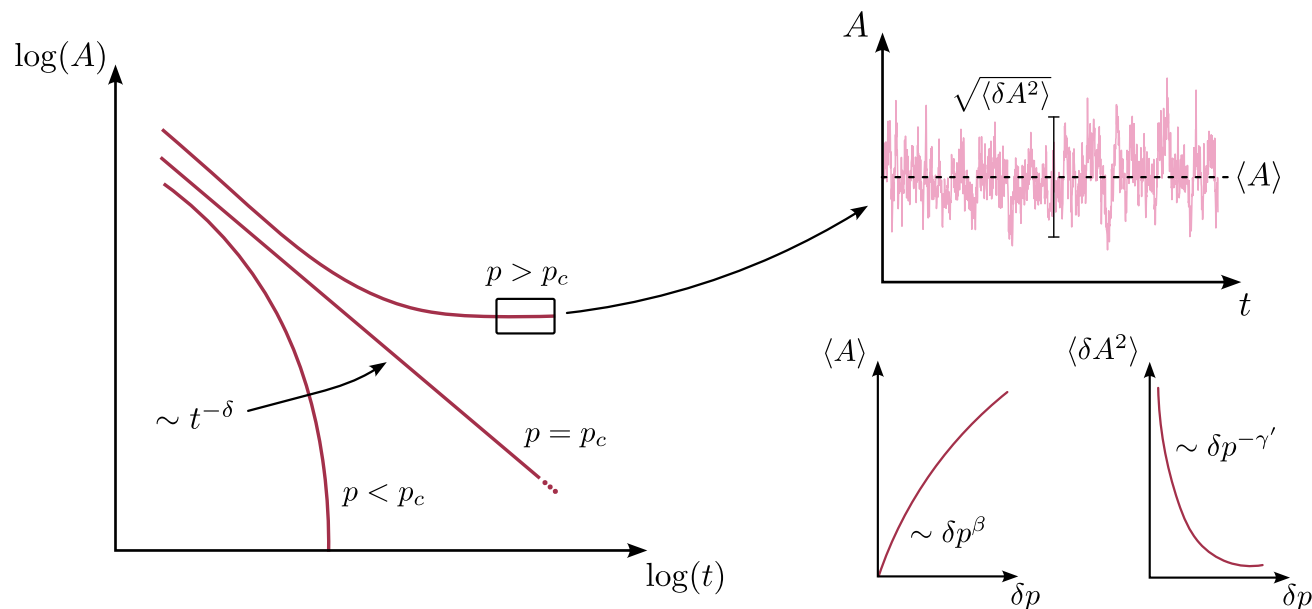
Paramètre d'ordre :  $\langle A \rangle$



# I-A) Transitions de phase, états absorbants

## Universalité des transitions de phase absorbantes

### Exposants critiques



### Classes d'universalité

#### Percolation dirigée

- état absorbant unique
- pas de symétrie

#### Percolation dirigée conservée

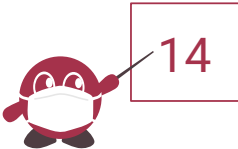
- infinité d'états absorbants
- champ conservé



## I-A) Transitions de phase, états absorbants

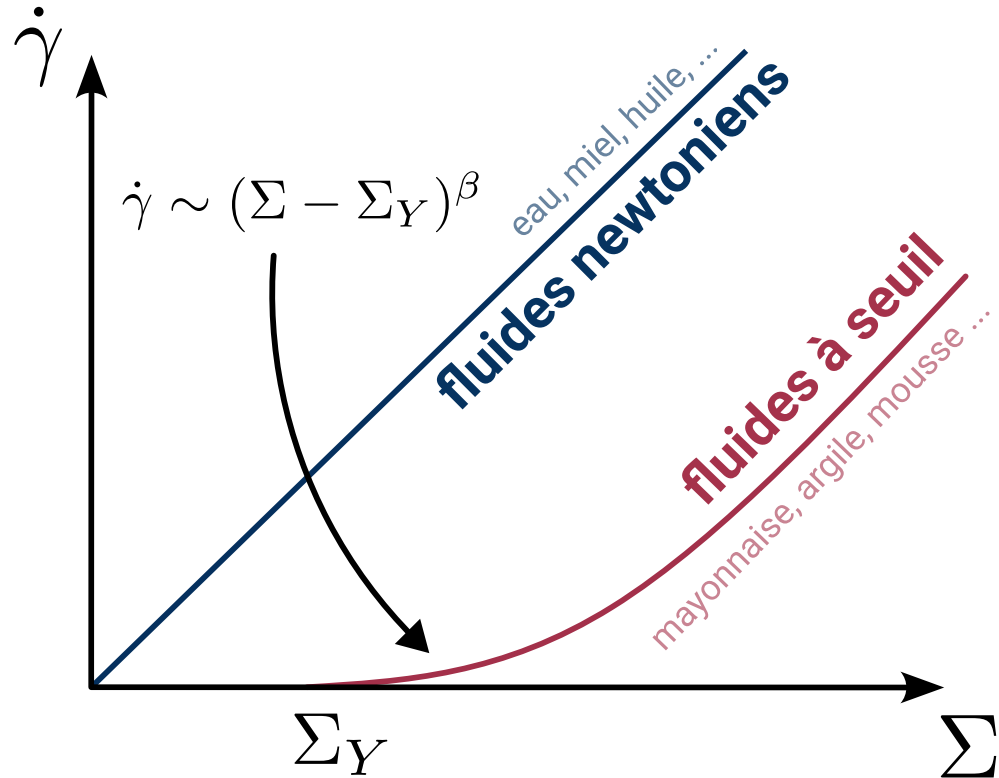
# Universalité des transitions de phase absorbantes

Mettre les avalanches ici ?



## I-B) Transition vers l'écoulement, transition de réversibilité

### Transition vers l'écoulement : caractéristique des fluides à seuil



#### Contrainte seuil

**en-dessous** de laquelle le matériau **ne s'écoule pas**

#### Exemple de la mousse de savon

Solide au **repos**



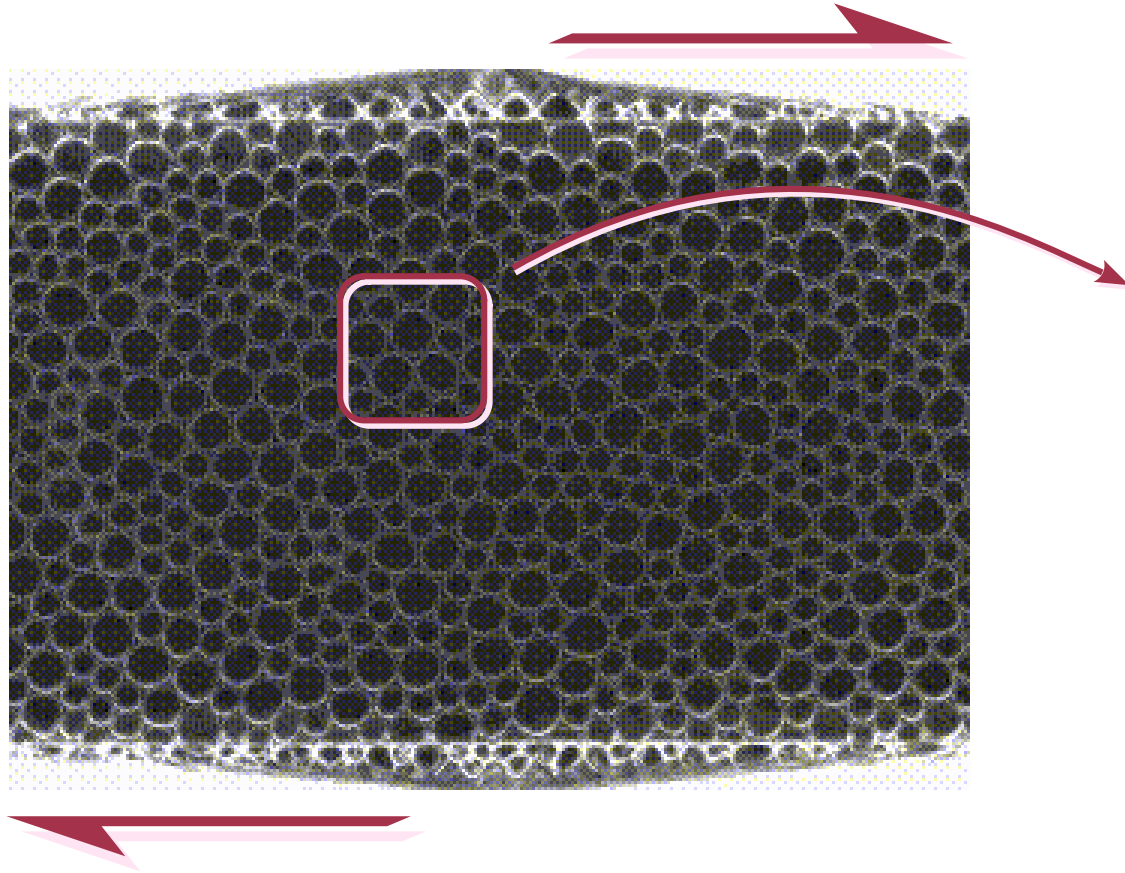
S'écoule **sous contrainte**



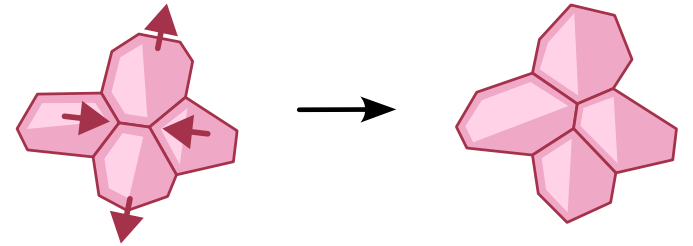
- Explication à l'**échelle microscopique**

## I-B) Transition vers l'écoulement, transition de réversibilité

### L'écoulement comme une succession de déformations plastiques locales



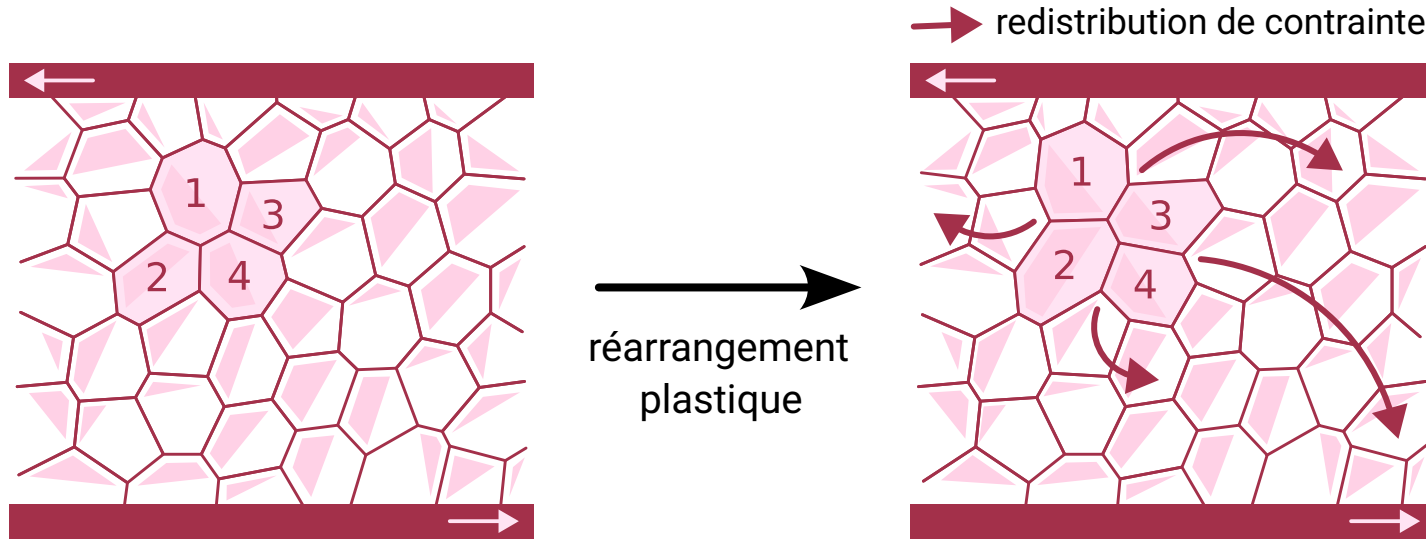
réarrangement plastique





## I-B) Transition vers l'écoulement, transition de réversibilité

### Phénoménologie des écoulements amorphes



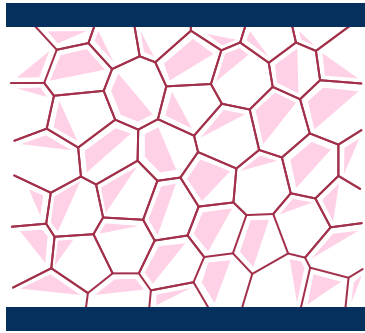
- 1 **accumulation locale** de contrainte
- 2 **relaxation de contrainte** et **déplacement local** induit par le réarrangement
- 3 **redistribution** élastique à **longue portée** de la contrainte relaxée
- 4 déclenchement de **nouveaux réarrangements**

## I-B) Transition vers l'écoulement, transition de réversibilité

# La transition vers l'écoulement comme transition de phase absorbante

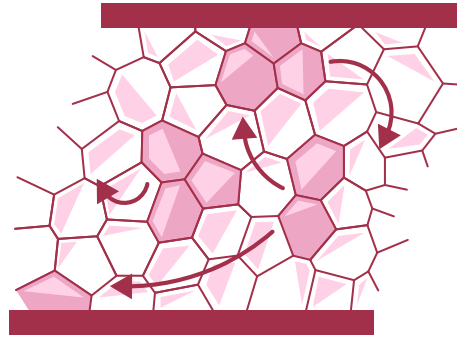
### état absorbant arrêté

le système finit par tomber dans un état sans réarrangement



### état actif coulant

les réarrangements en déclenchent d'autres continuellement



$\Sigma_c$

$\Sigma$

### Paramètre de contrôle

$\Sigma$

contrainte de cisaillement

### Paramètre d'ordre

$\dot{\gamma}$

taux de cisaillement

## I-B) Transition vers l'écoulement, transition de réversibilité

# La transition de réversibilité : réversibilité des équations de Stokes

## I-B) Transition vers l'écoulement, transition de réversibilité

# Rupture de réversibilité dans les suspensions cisillées

Présentation de l'expérience de Pine avec schéma du dispositif + vidéos du Nature

# La diffusion stroboscopique comme une succession de contacts

Expliquer le mécanisme à l'œuvre au niveau micro (orbites) et identification param ordre param controle

## I-C) Une comparaison motivée par des similitudes

### Les ingrédients de la classe CDP et des interactions à longue portée

Identifier infinité d'états abs et champ conservé dans les deux cas. Donner les modalités de la longue portée dans les deux cas. (Slide à découper en deux)

## I-C) Une comparaison motivée par des similitudes

### Un caractère convexe surprenant

Montrer des mesures de convexité, dire que c'est atypique, mentionner LR-CDP et dire que c'est pas compatible, quel est l'effet de la LP ici ?

## I-C) Une comparaison motivée par des similitudes

### Des interactions à longue portée qui font du bruit

Montrer des mesures de convexité, dire que c'est atypique, mentionner LR-CDP et dire que c'est pas compatible, quel est l'effet de la LP ici ?



# Problématique

**Comment se comparent les comportements critiques de la transition de réversibilité et de la transition d'écoulement ?**

## Objectifs

**Modéliser les transitions de réversibilité et d'écoulement grâce à des modèles minimaux**

**Déterminer l'évolution du comportement critique avec la portée des interactions**

**Comparer les deux évolutions à travers le prisme de théories existantes**

## II-A) Modélisation élastoplastique de la transition vers l'écoulement

### Approche mésoscopique de la transition vers l'écoulement

Schéma du principe d'un EPM avec définition des variables locales et leur lien au param d'ordre et de controle

## II-A) Modélisation élastoplastique de la transition vers l'écoulement

### Le modèle de Picard et ses déclinaisons

Mettre les équations d'évolution, le kernel d'Eshelby et sa généralisation.

Bonus : vidéo activité plastique en synchro avec  
évolution de l'activité moyenne

# Augmentation de la convexité et suppression des fluctuations critiques

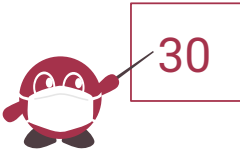
Discussion factuelle autour de la figure de l'article.

Paysage global à évacuer si on ne veut pas parler des modes 0.

## II-B) Résultats

### Perte en compacité des avalanches

Distribution et mesure par collapse



# Perte en compacité des avalanches

Evolution des exposants

## Le Random Organization Model comme modélisation minimale

Principe stroboscopique du ROM,  
avec le schéma de la thèse



### III-A) Modélisation

## Modéliser les interactions médiées par le fluide dans le modèle stroboscopique

Méthode aléatoire.

Dire que c'est le pdv de l'effet d'un dipôle pour caractériser qq valeurs réelles de  $\alpha$ .

Bonus : vidéo activité spatialisée en synchro avec  
évolution de l'activité moyenne

### III-B) Résultats

## Augmentation de la convexité et suppression des fluctuations critiques

Discussion autour des figures récap.

### III-B) Résultats

## Perte en compacité des avalanches

Pareil que pour le yielding, pas grand-chose de plus à dire

## IV-A) Analogie informée

### Analogie globale

Faire le lien entre les différentes quantités micro et macro, les processus, et les résultats qualitatifs.

C'est une conclusion niveau débutants.

### Modes de création de l'activité

Présenter les modes de création de l'activité dans les deux cas pour bien séparer transport induit localement et bruit induit à distance. Commencer par les particules car c'est explicite puis venir sur le yielding.

## IV-B) Cadres théoriques existants

### Le cadre LR-CDP pour comprendre le transport à longue portée

Présenter l'équivalence dans le ROM et mentionner le depinning pour le yielding. Montrer l'évolution attendue (exposants limites et bornes de portée)

## IV-B) Cadres théoriques existants

### Le cadre Lévy-Hébraud-Lequeux pour comprendre l'effet d'un bruit interne

Mentionner que le bruit il est compris par Hébraud-Lequeux pour le yielding, généralisons le pour les particules.

Présentation du modèle dans le cadre du MROM.



## IV-B) Cadres théoriques existants

# Le cadre Lévy-Hébraud-Lequeux pour comprendre l'effet d'un bruit interne

Généralisation du cadre Hébraud-Lequeux à la longue portée.

# Résumé des éléments de comparaison théoriques

Figure paysage théorique de la thèse, juste la montrer elle sera en transparence après.

## IV-B) Cadres théoriques existants

# Le cadre Lévy-Hébraud-Lequeux pour comprendre l'effet d'un bruit interne

Généralisation du cadre Hébraud-Lequeux à la longue portée.

## IV-C) Analyse comparée des évolutions de convexité

### Des transitions partageant des similarités mais aussi des différences

Flash slide pour montrer les deux courbes côte à côte.

## IV-C) Analyse comparée des évolutions de convexité

### Un mécanisme de transport uniquement à courte portée dans la transition de réversibilité

Explication de la borne inf pour le MROM par absence de LP + Explication de la différence à très longue portée par les corrélations passives.

## IV-C) Analyse comparée des évolutions de convexité

### Un transport à longue portée et des corrélations spécifiques dans la transition d'écoulement

Explication du assez bon collage à LR-CDP, et  
de la diff pour la borne de bruit

## V) Conclusion

### Bilan

Résumé rapide du but de la thèse et des réponses apportées, mention du reste du travail présent dans le manuscrit pas présenté à des fins de clarté.

## V) Conclusion

### Perspectives

Reprendre les perspectives du manuscrit.



MERCI blablabla

