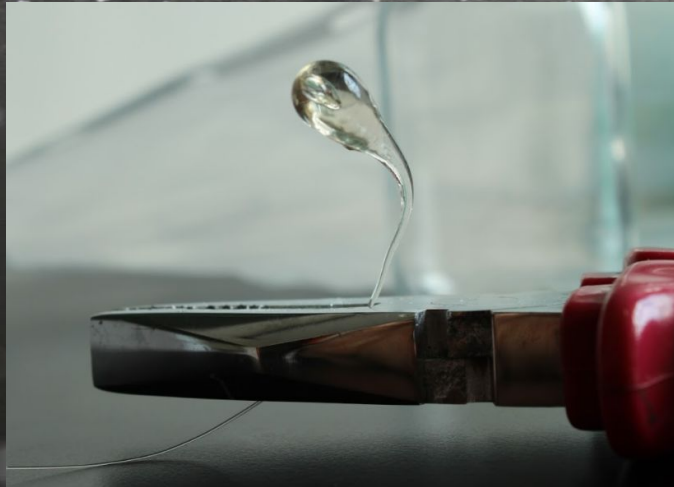
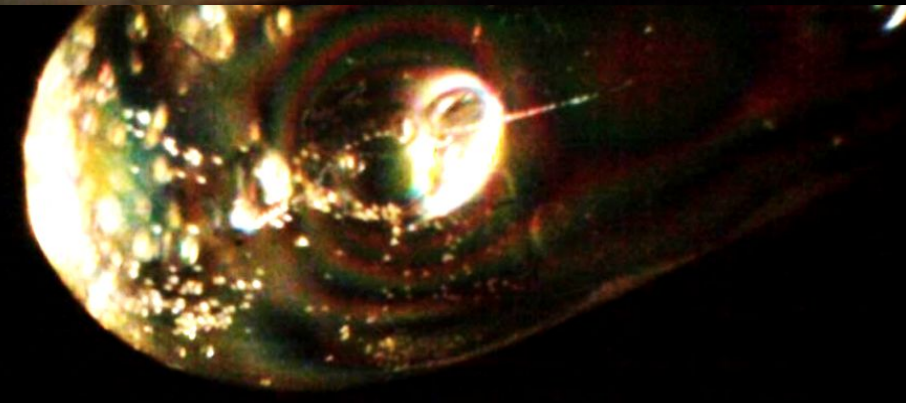
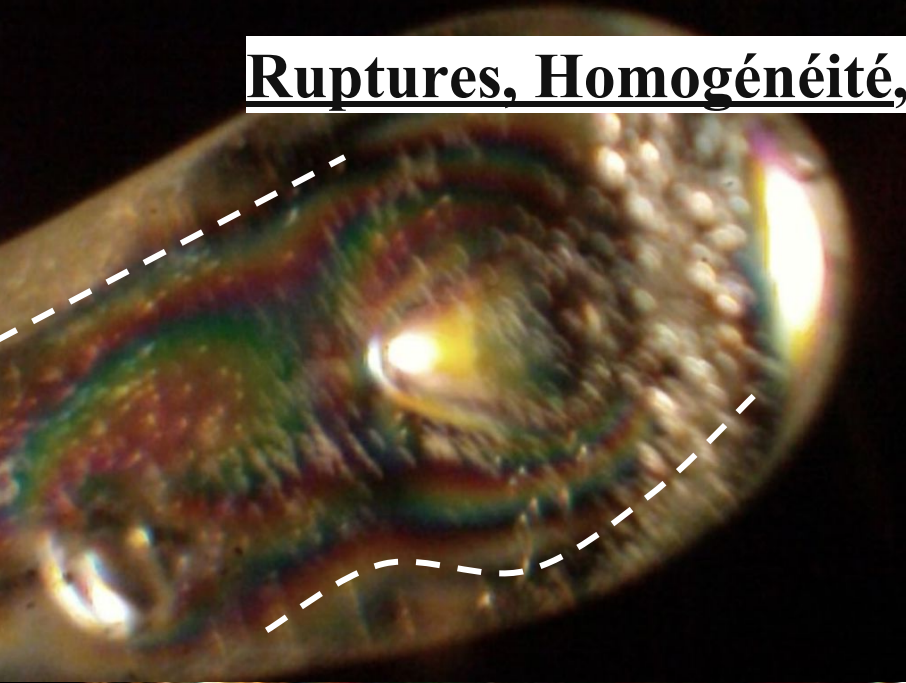


Explosion de larmes bataviques et analyse des fragments

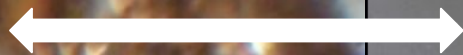


Ruptures, Homogénéité, Interfaces, Interactions.

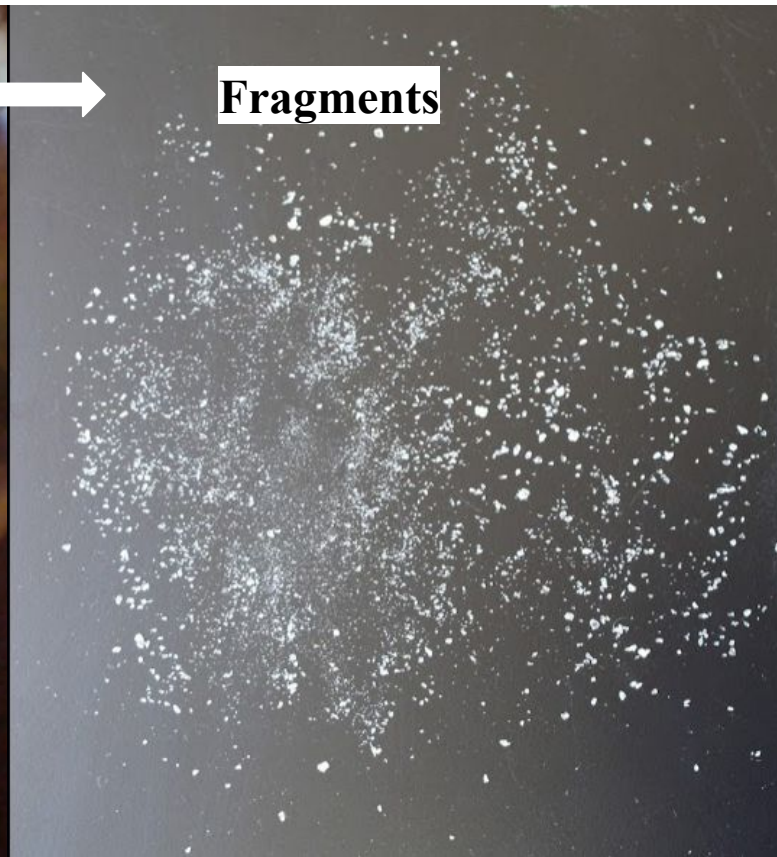
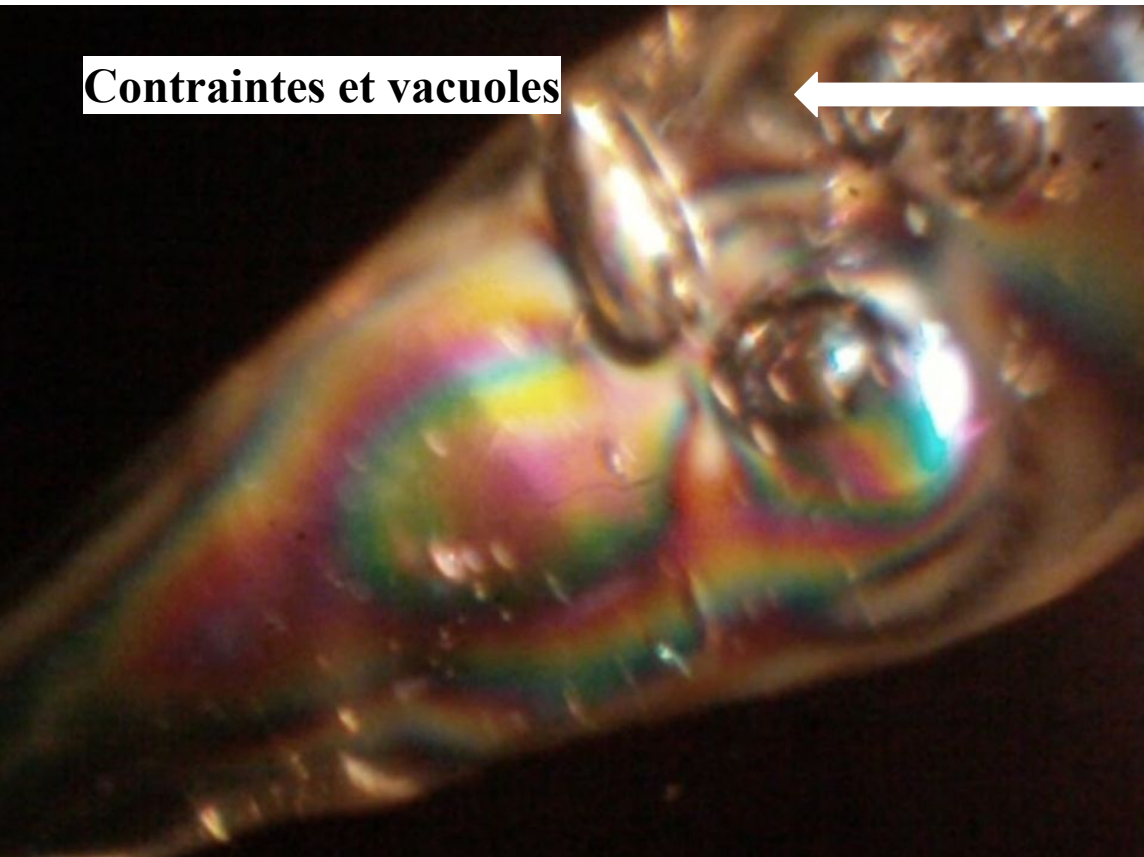


Objectif :

Contraintes et vacuoles



Fragments



Plan

- Trempe, création de contraintes résiduelles
- Biréfringence, polarimétrie en lumière blanche
- Fragmentation, étude statistique
- Conjecture sur les fragments
- Protocole
- Résultats
- Conclusion, optimisation

Trempe: Fabrication des larmes de verre

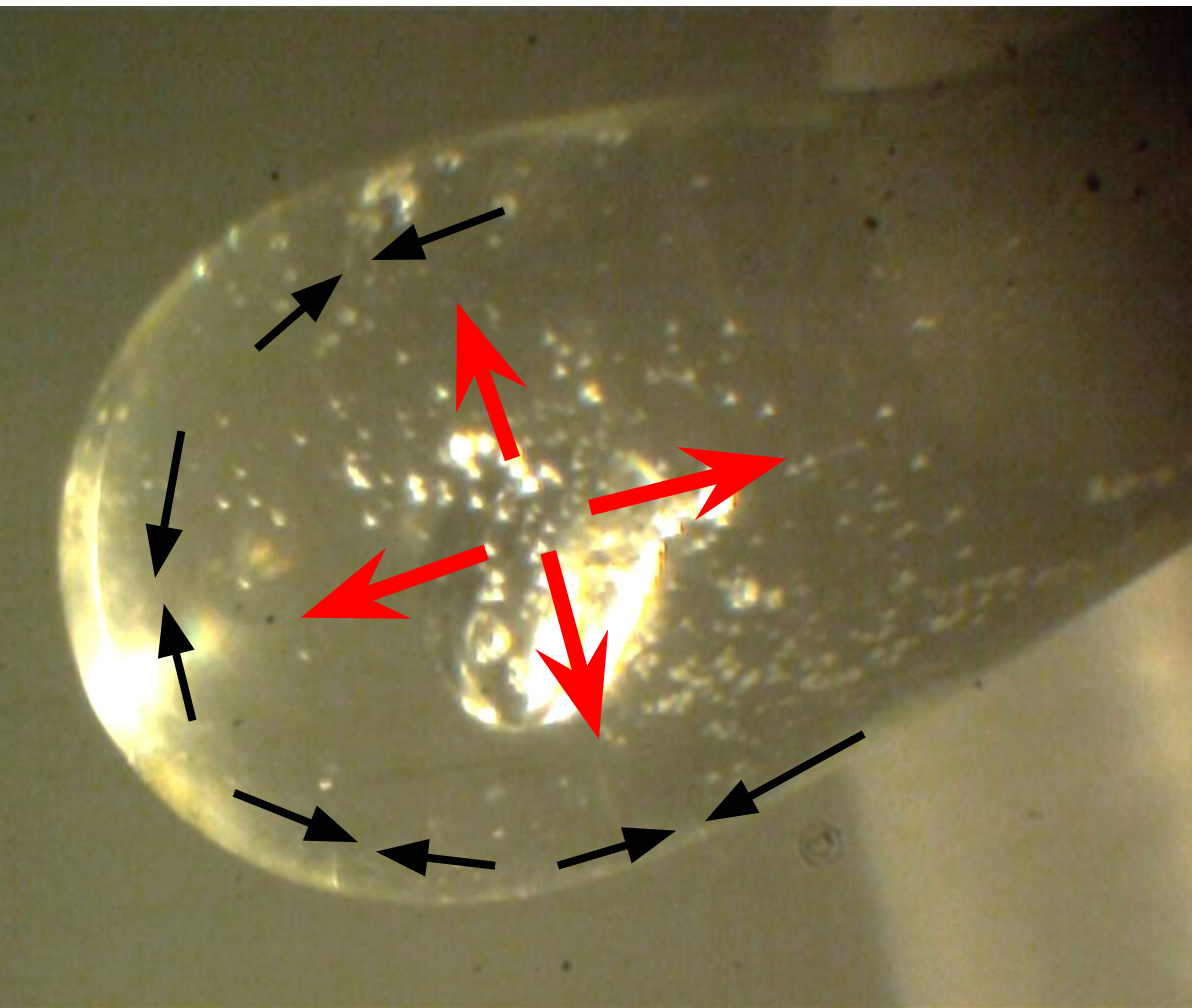


Chalumeaux

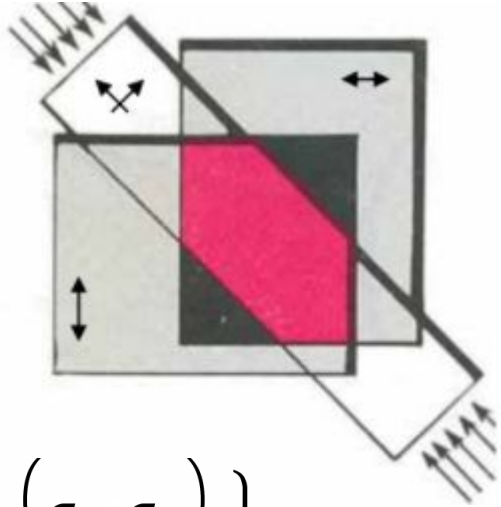
Eau de trempe : autour de 50°
C

Trempe



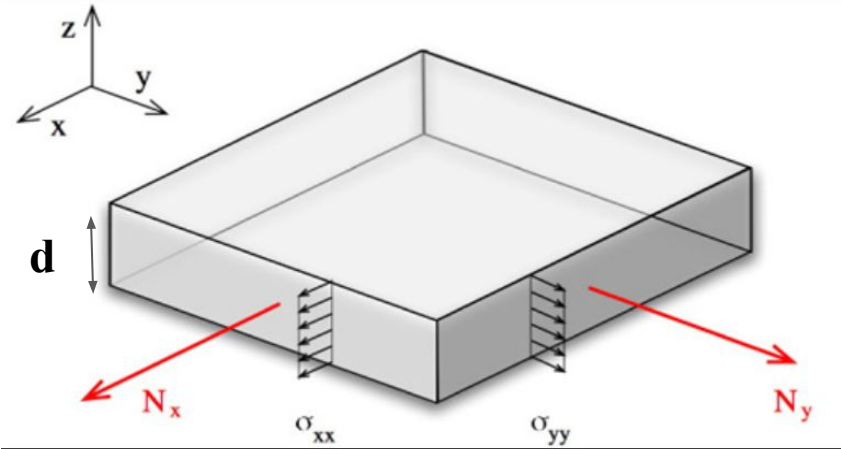


Biréfringence



$$\left. \begin{array}{l} n_x(\sigma_x, \sigma_y) \\ n_y(\sigma_x, \sigma_y) \end{array} \right\} n_x - n_y = k(\sigma_x - \sigma_y)$$

$$\delta = d \cdot k \cdot (\sigma_x - \sigma_y)$$



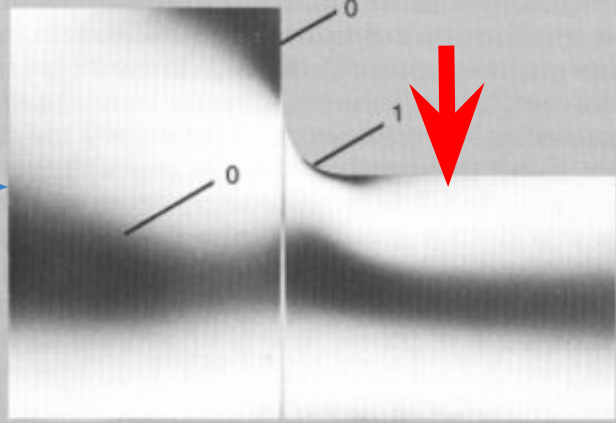
La lumière plane entrante selon z . Les **deux composantes sortantes vibrent selon les axes de contrainte x et y** (axes optiques principaux) sortent **déphasées** :

n_x, n_y : deux indices de réfraction principaux

d : épaisseur de l'objet

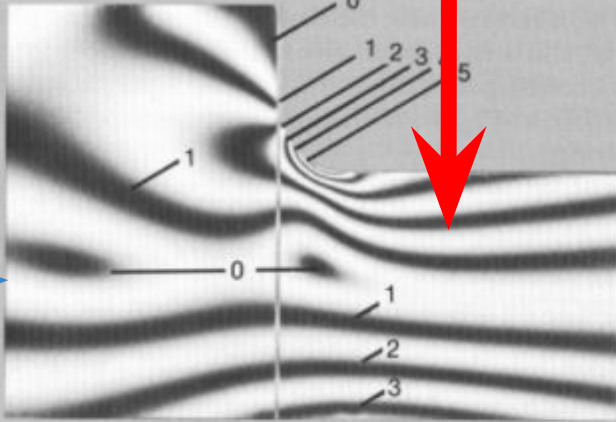
c : caractéristique du matériau

Polarimétrie



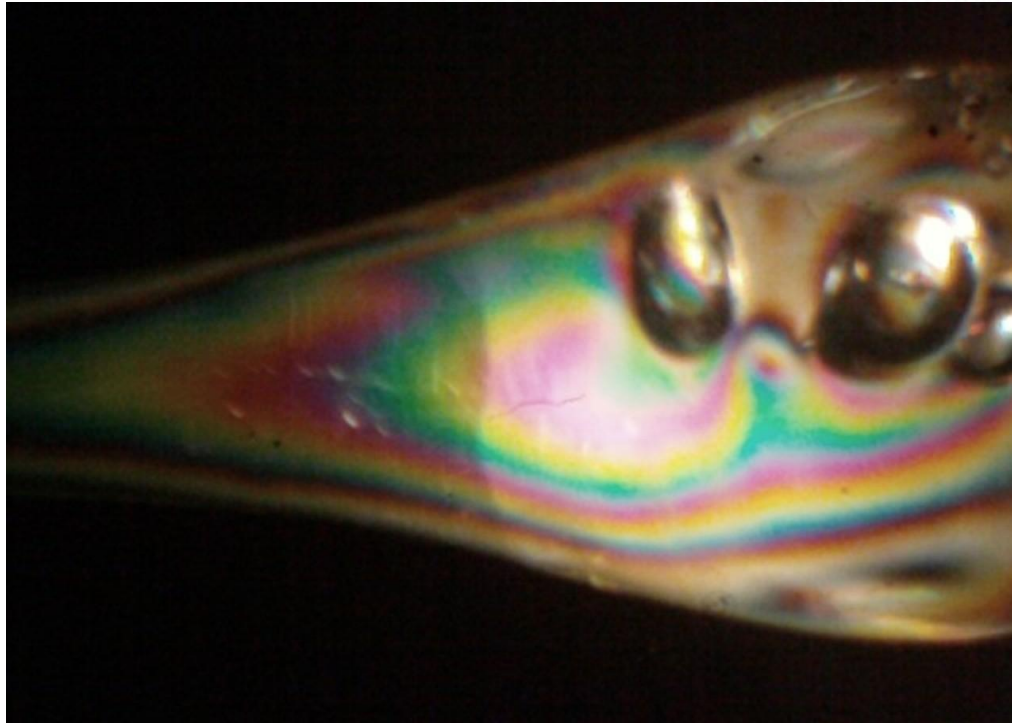
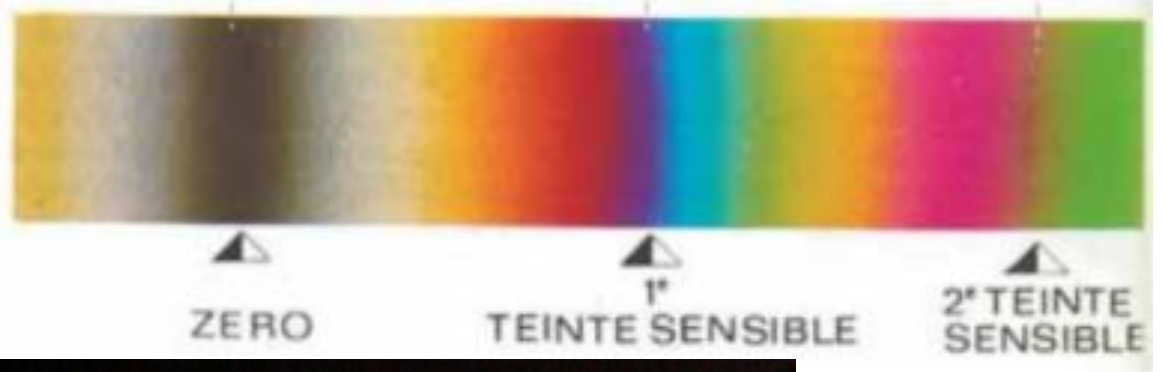
(a)

Charge (b) > Charge (a)



(b)

Lumière blanche



Fragmentation : Approximation par une loi de puissance

s : surface (diamètre)

$n(s)$: nombre de fragments de taille comprise entre s et $s+ds$

C : constante

D : dimension fractale

Approximation

$$n(s) = Cs^{-D}$$

$$\frac{d(\log(n))}{d(\log(s))} = -D$$

Conjectures



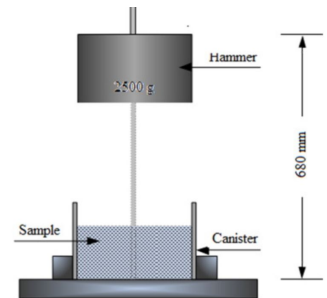
“Grandes contraintes => petits fragments

Fortes contraintes => grande dimension fractale

Enveloppe épaisse => grands fragments

Vacuoles => Petits fragments ”

$$D = 0.114 \ln E_m + 1.653$$

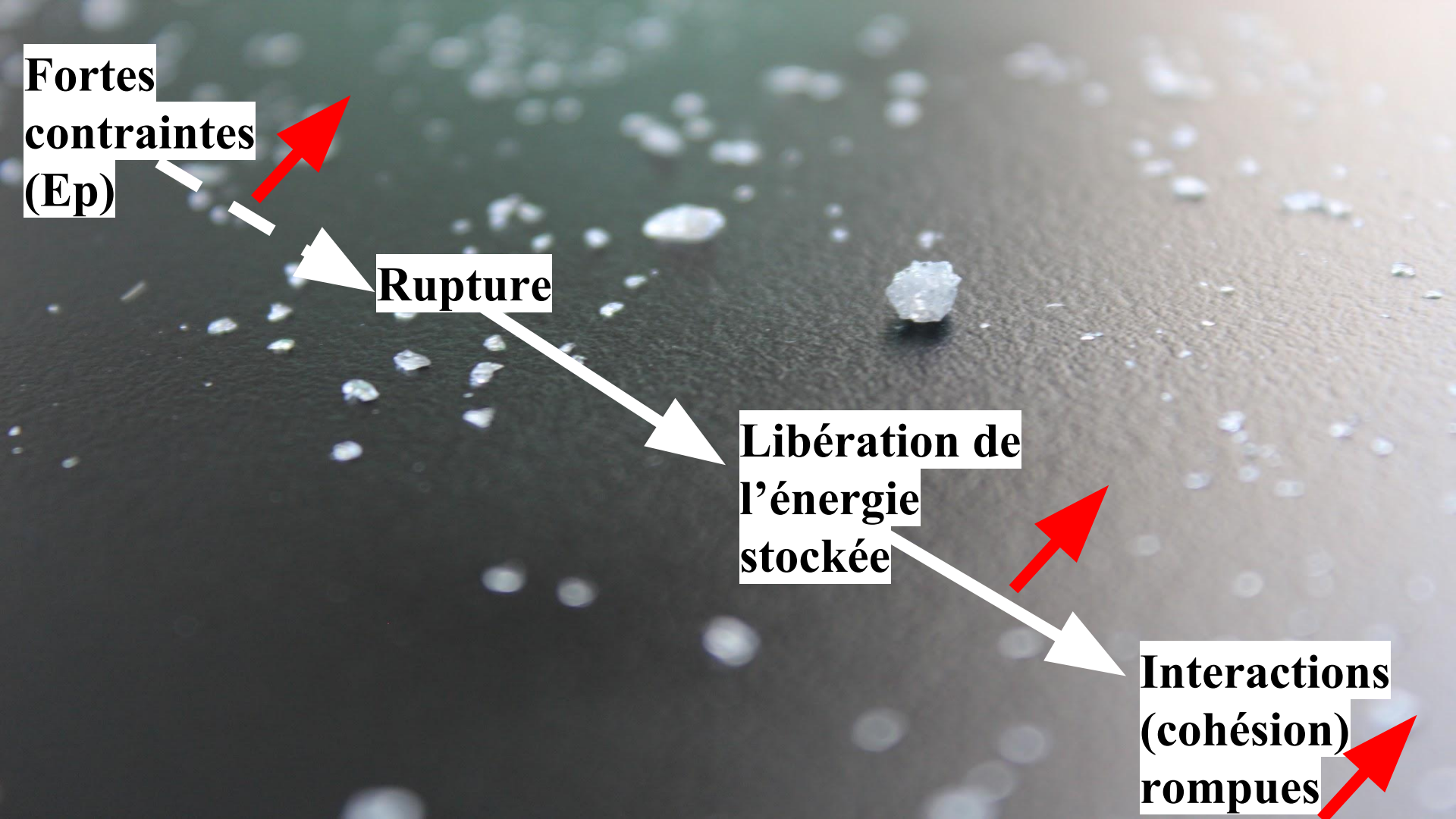


**Fortes
contraintes
(E_p)**

Rupture

**Libération de
l'énergie
stockée**

**Interactions
(cohésion)
rompues**



Protocole expérimental

- **Fabriquer** un nombre conséquent de larmes de verre
- Analyser **qualitativement les contraintes par polarimétrie**
- Exploder les larmes de verre et disposer les **fragments sur un fond noir**
- Prendre une **photo** de chacune des familles de fragments
- Utiliser un algorithme de traitement d'image qui **compte les fragments et leur surface (en pixels)** (voir [*annexe*](#))
- Faire une **analyse statistique sur les fragments** de grande taille
- Confirmer ou infirmer mon hypothèse

Données pour chaque larme de verre (+image)

Quantitatif :

- Grand **diamètre** de la larme
- **Moyenne** des surfaces des fragments (+ de 2mm²)
- **Dimension fractale**
- **Médiane**, quartiles

Qualitatif:

- Grandes vacuoles
- Moyennes vacuoles
- Petites vacuoles
- Les contraintes

(Exemple larme P1 en [annexe](#))

- Pixel par mm²
- Niveau de gris
- Surface réelle des pièces en mm²
- durée (s)

Comment analyser les résultats ?

Influence des facteurs:
Grand diamètre
Contraintes résiduelles
(dimension fractale)
Vacuoles
sur

Nombre de fragments

Taille des fragments

The background is black with a dense field of multi-colored confetti (red, green, blue, purple, yellow) scattered across it. Two solid yellow circles are positioned in the top-left and top-right corners.

Résultats

Dimension fractale (D)

$$n(s) = Cs^{-D}$$

	Grand diamètre	Grandes, Moyennes, petites vacuoles	Polarimétrie	<u>Dimension fractale</u>
S10	6.34	1;2;0	centre des anneaux bas, 1ere isochrone bleue étalée sur la moitié du bulbe, très grande enveloppe, <u>régulier</u>	2.1735
S7	6.78	1;1;dizaines	Taille de guêpe (autour de la vacuole+centre bas), <u>régulier</u>	1.972
S9	6.93	1;0;0	pas de centre, grandes isochrones haut du bulbe (<u>irrégulier</u>) avec 2 ronds, bas <u>régulier</u>	2.285
S8	/	0;4;10	<u>irrégulier</u> , grande enveloppe	1.933
S3	6.48	1;0;15	<u>très irrégulier</u> , petit centre en bas, enveloppe large, isochrone rouge autour de la vacuole	2.019
S1	6.92	1;0;20	taille de guêpe sous la vacuoles, <u>régulier</u>	2.222
P1	08.05	1 _{longue} ;0;0	centre bas, taille de guêpe, <u>régulier</u>	1.981
P2	/	3;4;0	<u>irrégulier</u> autour de la vacuole, enveloppe, haut du bulbe noir	2.128

Nombre de fragments

+2mm²

	Grand diamètre	Grandes, Moyennes, petites vac	Polarimétrie	Dimension fractale	Nombre de fragments (> 2mm²)
S7	6.78	1;1;dizaines	Taille de guêpe (autour de la vacuole+centre bas), <u>régulier</u>	1.972	<u>2380</u>
S8	/	0;4;10	<u>irrégulier</u> , grande enveloppe	1.933	2120
S10	6.34	1;2;0	centre des anneaux bas, 1ere isochrone bleue étalée sur la moitié du bulbe, très grande enveloppe, <u>régulier</u>	2.1735	1420
P2	/	3;4;0	<u>irrégulier</u> autour de la vacuole, enveloppe, haut du bulbe noir	2.128	1340
S9	6.93	1;0;0	pas de centre, grandes isochrones haut du bulbe (<u>irrégulier</u>) avec 1 ronds, bas <u>régulier</u>	2.285	1370
S1	6.92	1;0;20	taille de guêpe sous la vacuoles, <u>régulier</u>	2.222	950
P1	08.05	1 _{longue} ;0;0	centre bas, taille de guêpe, <u>régulier</u>	1.981	950
S3	6.48	1;0;15	<u>très irrégulier</u> , petit centre en bas, enveloppe large, isochrone rouge autour de la vacuole	2.019	<u>730</u>

Taille moyenne des fragments

+2mm²

	Grand diamètre	Vacuoles	Polarimétrie	Dimension fractale	Taille moyenne
S7	6.78	1;1;dizaines	Taille de guêpe (autour de la vacuole+centre bas), <u>régulier</u>	1.972	5.17
P1	08.05	1 _{longue} ;0;0	centre bas, taille de guêpe, <u>régulier</u>	1.981	5.10
S8	/	0;4;10	<u>irrégulier</u> , grande enveloppe	1.933	4.93
P2	/	3;4;0	<u>irrégulier</u> autour de la vacuole, enveloppe, haut du bulbe noir	2.128	4.76
S3	6.48	1;0;15	<u>très irrégulier</u> , petit centre en bas, enveloppe large, isochrone rouge autour de la vacuole	2.019	4.75
S1	6.92	1;0;20	taille de guêpe sous la vacuoles, <u>régulier</u>	2.222	4.55
S10	6.34	1;2;0	centre des anneaux bas, 1ere isochrone bleue étalée sur la moitié du bulbe, très grande enveloppe, <u>régulier</u>	2.1735	4.5
S9	6.93	1;0;0	pas de centre, grandes isochrones haut du bulbe (<u>irrégulier</u>) avec 2 ronds, bas <u>régulier</u>	2.285	4.40

Conclusion

Tendances seulement, lien marqué entre la dimension fractale et la taille des fragments

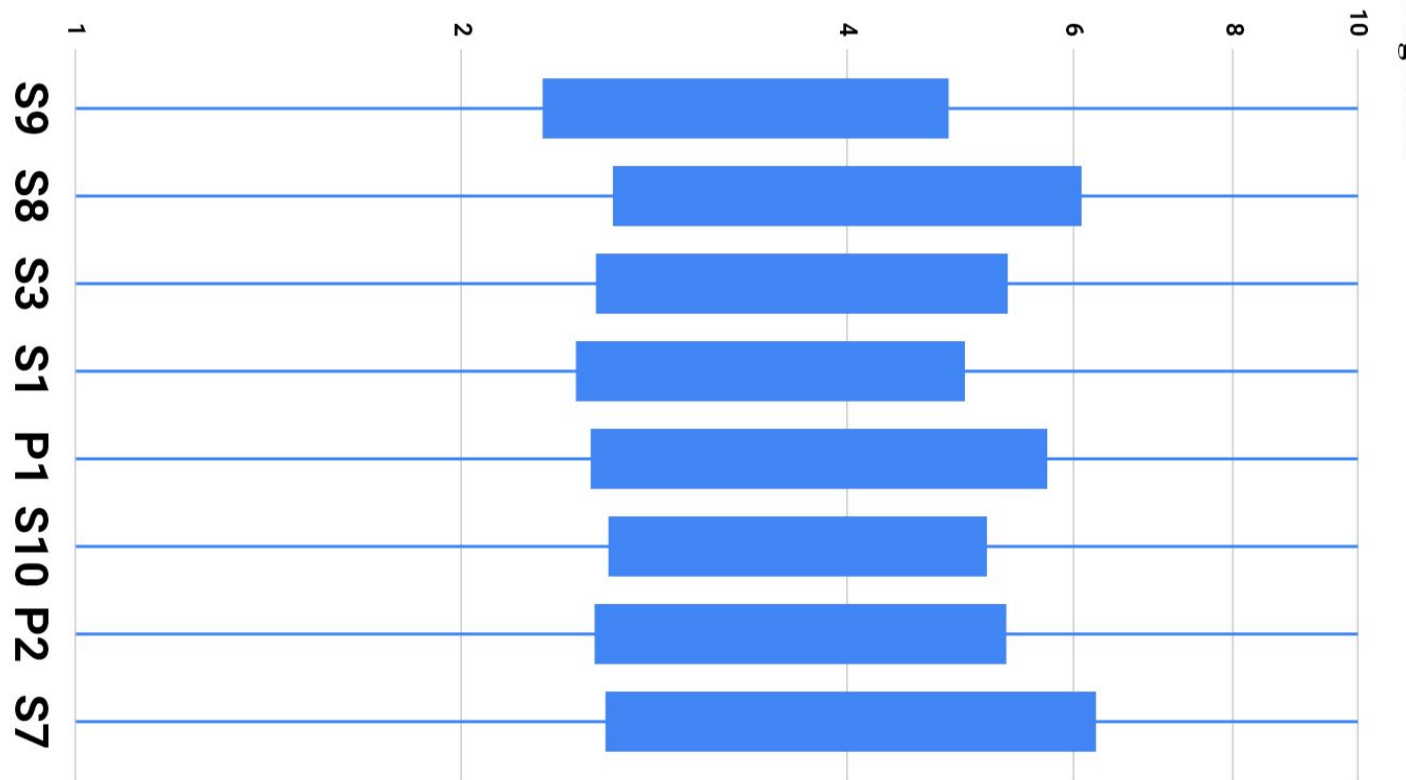
Améliorations :

- plaque noir plus grande plus lisse, mieux séparer les fragments, meilleures techniques photos
- étude des petits fragments
- *integrated photoelasticity*
- tamisage

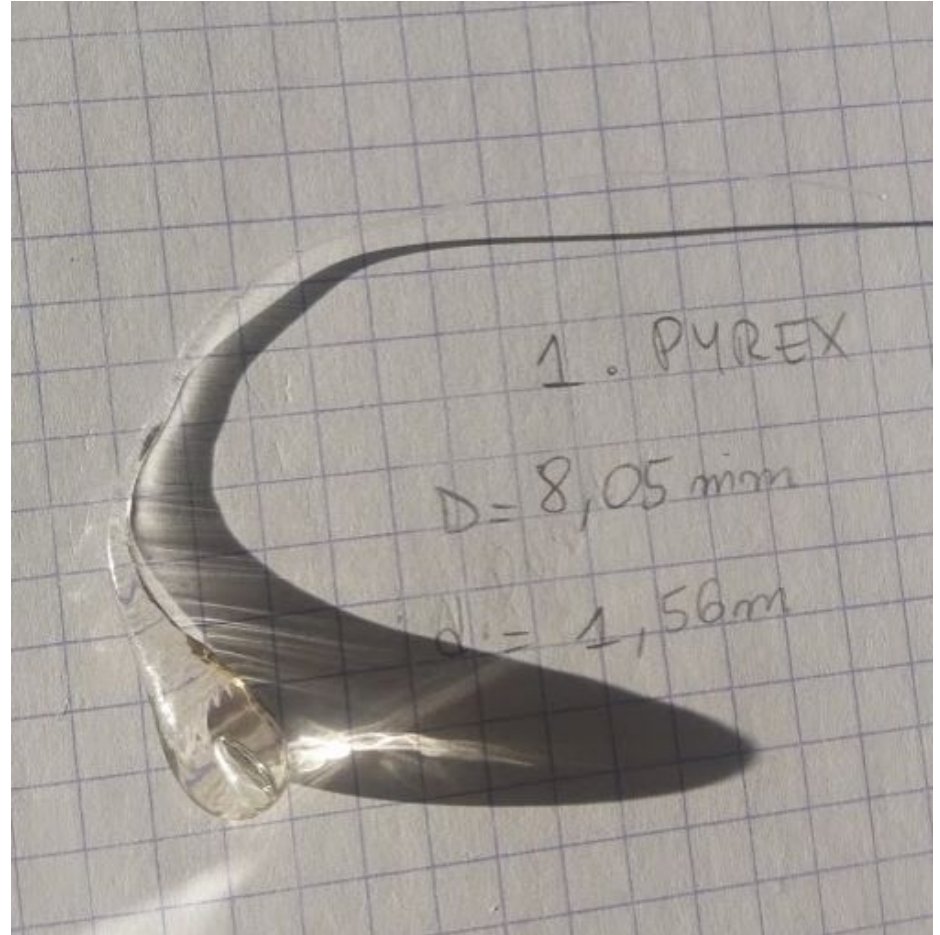
Annexe

- [Diagramme en boîte](#)
- [Larme P1](#): mise en oeuvre du protocole
- [Contacts](#)

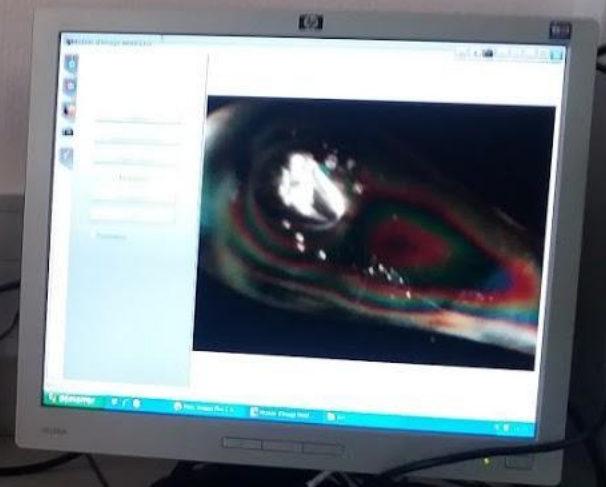
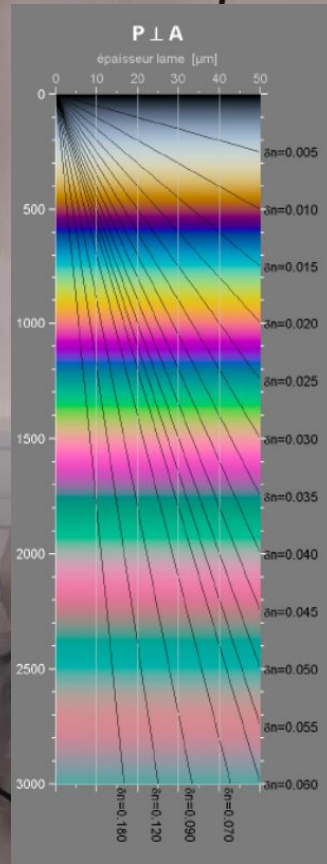
Diagramme en boîte de la distribution des fragments



Exemple : Larme P1

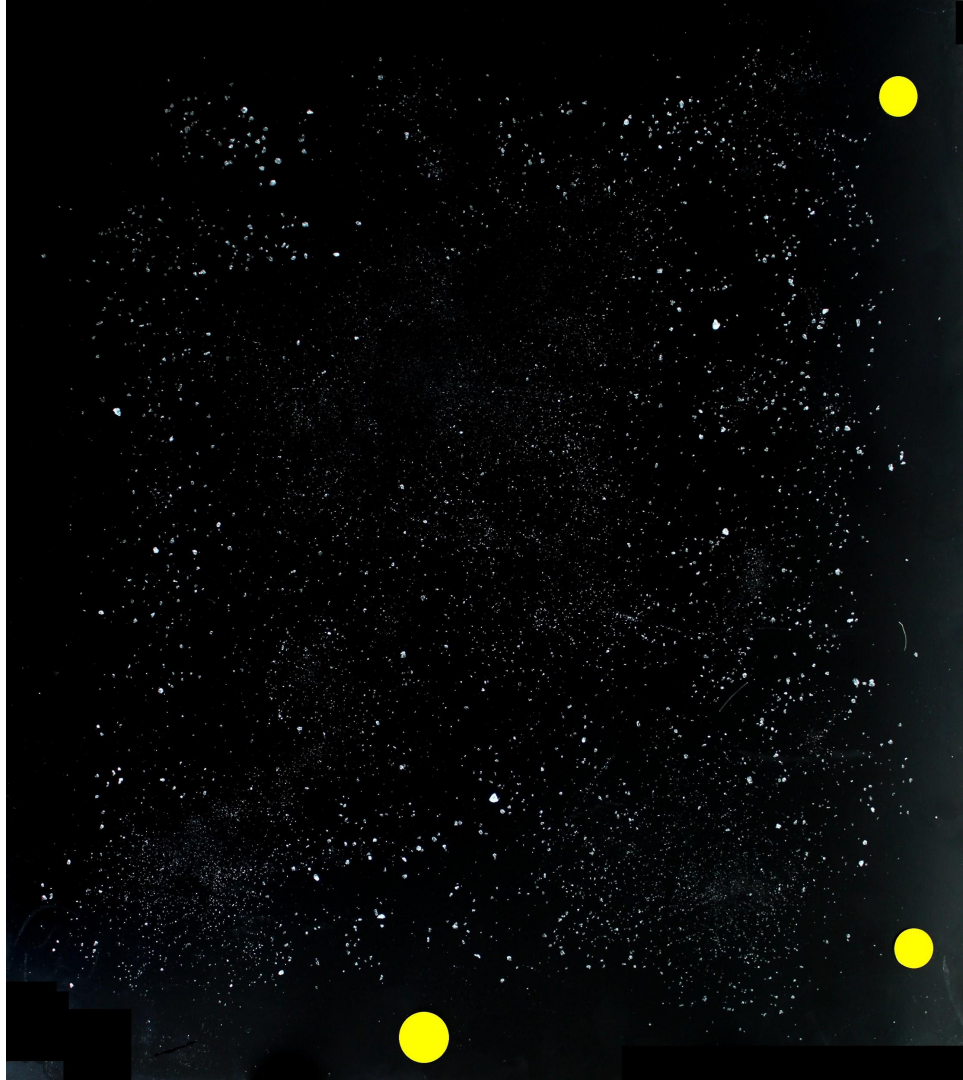


Enveloppe : zone sans contraintes
Forme des franges ici régulière













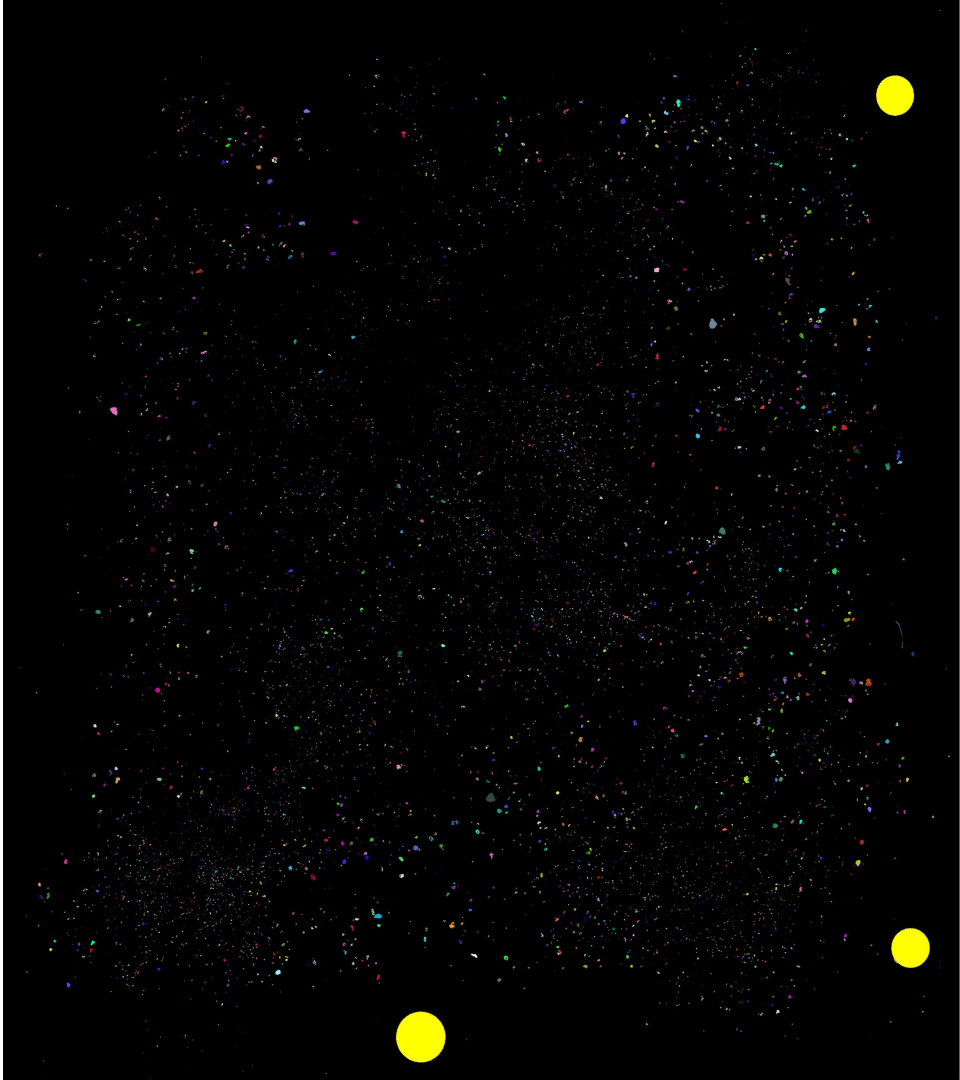
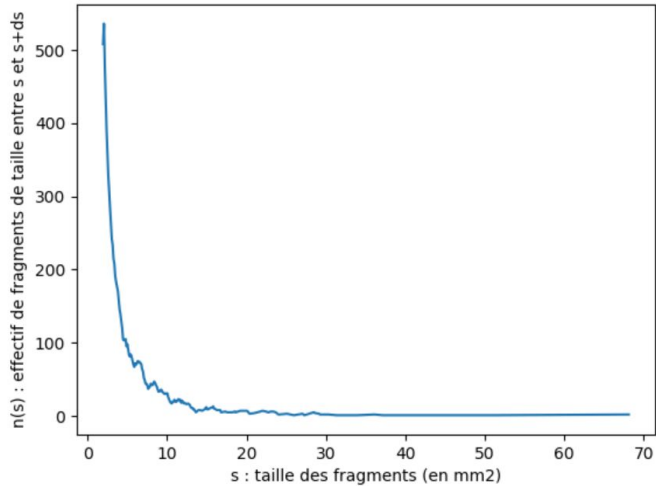
```
>>> (executing lines 239 to 268 of "code tipe.py")  
on compte 8414 taches (elles ne sont pas toutes exp  
loitables (cf 2 approches). Sur cette image, 1 mm2  
correspond à 9.163 pixels
```

```
[nombre de fragments,moyenne, écart-type,médiane,  
quartiles Q1, Q3] :
```

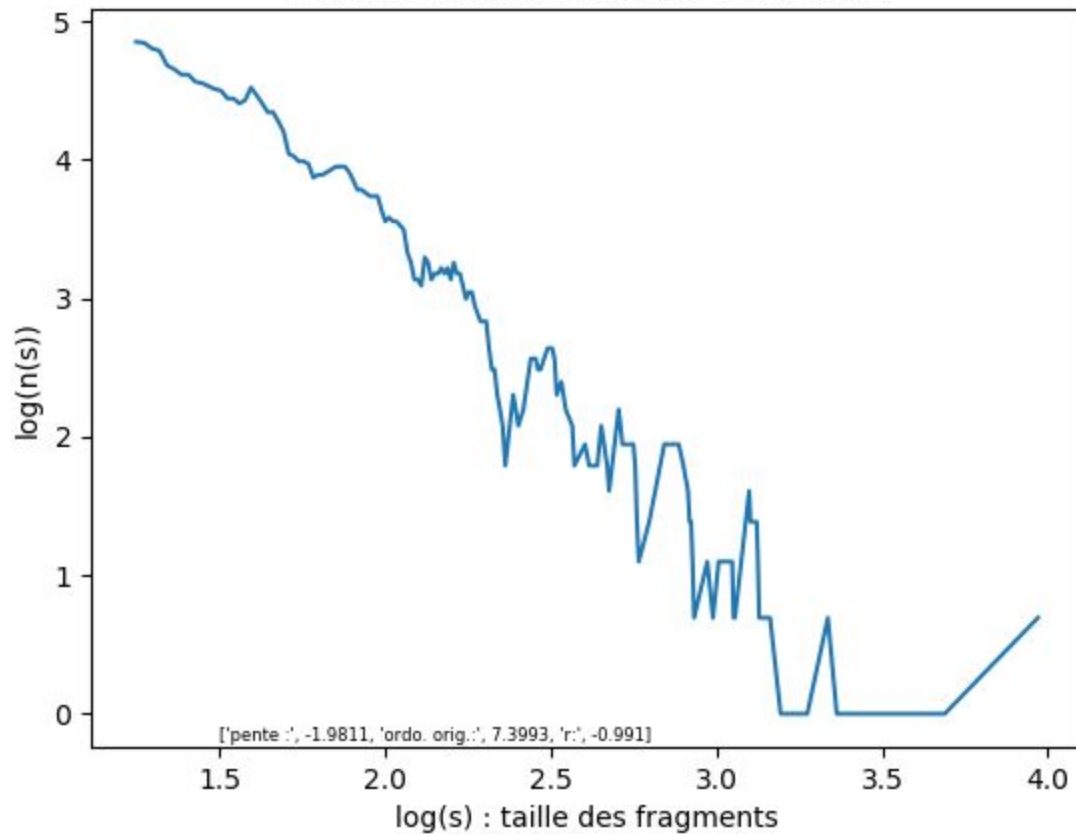
```
ETUDE SUR FRAGMENTS AU DESSUS DE 2 MM2  
[1296, 5.467, 5.341, 3.492, 2.51, 6.33]
```

```
ETUDE SUR FRAGMENTS +10 PIXELS  
[2959, 3.189, 4.072, 1.74625, 1.30968, 3.16507]
```

Distribution empirique des tailles de fragments



P1A: Dimension Fractale (2 mm2+)



['pente :', -1.9811, 'ordo. orig.:', 7.3993, 'r:', -0.991]

Contacts

- **Tristan Beldi, verrier à l'université de montpellier**
- **Laurent Duffour, ingénieur à Primeverre**
- **Usine de verre recyclé**
- **Anne-Lise Faivre, enseignante-chercheuse à l'université de montpellier**