

Extrait du Géologie et géo-tourisme

<http://jfmoyen.free.fr>

La rhéologie, c'est rigolo...

- Textes et documents pédagogiques - Fragments -

Date de mise en ligne : vendredi 4 septembre 2009

Description :

Où l'on joue avec la nourriture !

Géologie et géo-tourisme

(abridged english version : this is my version of the "[Cake practical](#)" proposed by Christie at UCT. See the details on her blog).

Il y a quelques temps, ma collègue Christie Rowe à Cape Town a décrit sur son blog le "[cake practical](#)", un TP de rhéologie visant à démontrer le comportement rhéologique des matériaux naturels en faisant des mesures en salle. Comme j'enseigne cette année la géologie structurale à Saint-Etienne [1], j'ai décidé de créer ma version du même TP.

Dans les documents joints, vous en trouverez l'énoncé, ainsi qu'un fichier excel qui montre les résultats.

Le matériau que nous avons étudié provenait directement d'un hypermarché voisin, et répond au nom de "[brioche tressée](#)". Pas totalement fraîche d'ailleurs, je l'avais achetée la veille. Nous avons conduit une série d'expériences à contrainte croissante, pour mesurer les propriétés du matériau en question.

D'abord, il faut préparer les échantillons : essayer d'obtenir un volume de forme régulière, assez plat sur le dessus pour pouvoir exercer une contrainte facilement (sans rien renverser). Essayer, aussi, d'avoir des échantillons à peu près de la même taille, pour limiter les différences potentielles (en principe les propriétés rhéologiques sont intensives, mais enfin, il y a bien assez de sources d'erreurs comme ça !).



Préparation des échantillons



Préparation des échantillons

Ensuite, il faut exercer une contrainte connue. Nous l'avons fait en utilisant des objets d'un poids connu (pas toujours simple, surtout pour les gros poids, de les peser bien à plat et d'éviter qu'ils ne tombent).



Mesure de la déformation

(Celia a l'air de s'emm...nnuyer ferme sur cette photo !)

Enfin, il faut mesurer la taille de l'objet déformé :



Mesure de la déformation

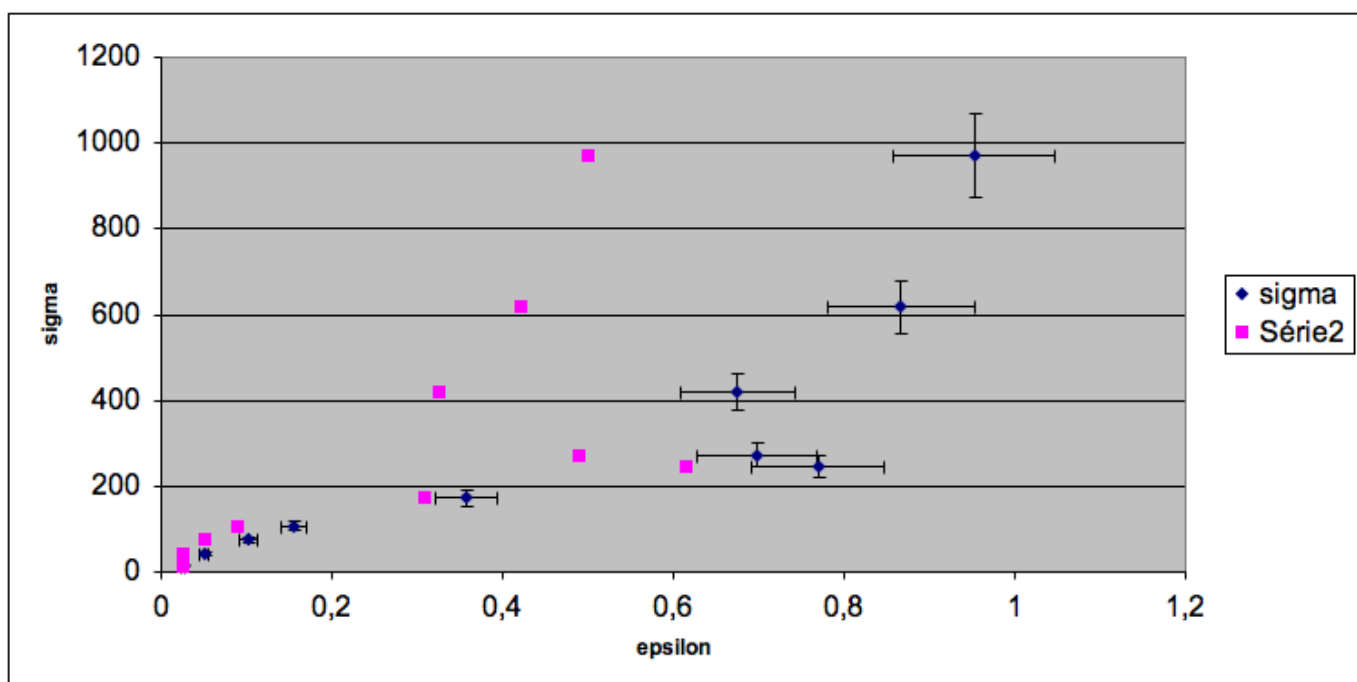


Mesure de la déformation

Si on a pris la précaution de se munir d'un ordinateur portable, on peut alors rentrer les données directement dans un tableur, et tracer les courbes en direct.

Les résultats sont étonnamment bons.

- ▶ D'abord, on note que la brioche a un comportement très nettement élastico-plastique, avec une composante élastique assez importante, et une composante plastique. La composante élastique représente, en général, plus de la moitié de la déformation totale. En réalité, cette composante est d'ailleurs anélastique : la déformation est non-permanente (*recoverable*), mais pas instantanée, il faut presque une minute pour le retour à l'état initial.
- ▶ Si on s'intéresse à la partie élastique de la déformation, on observe un résultat assez étonnant (en bleu sur le diagramme, déformation totale ; en rose, partie élastique de la déformation) :

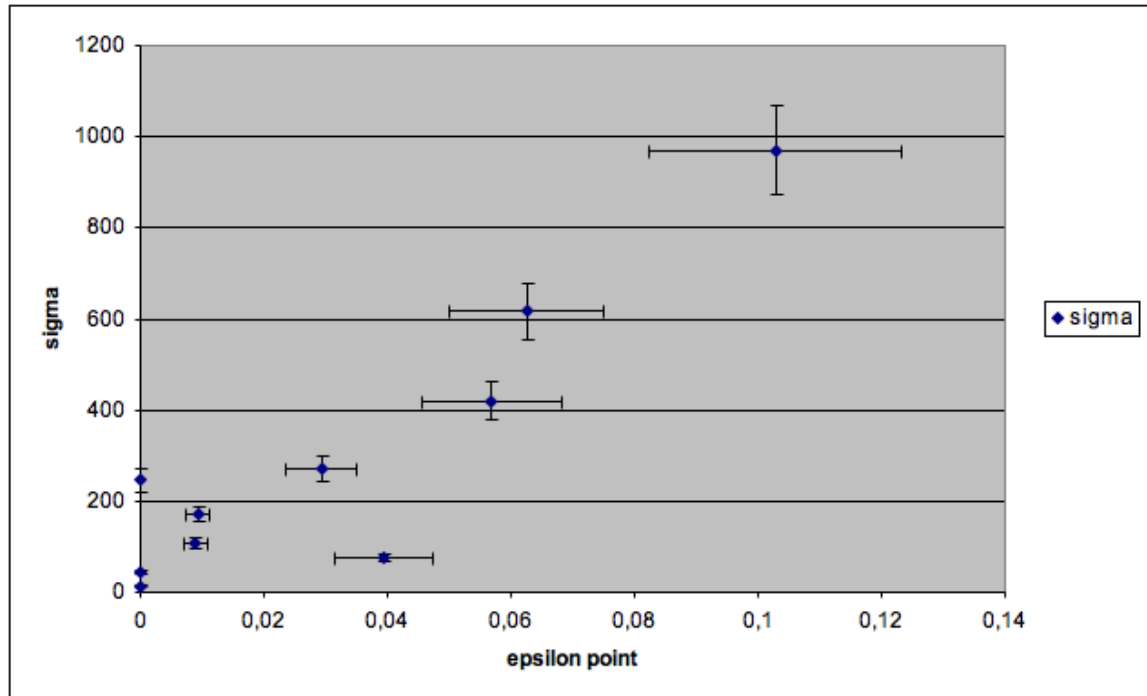


pour des contraintes de l'ordre de 200-300 Pa, on a une sorte de "bifurcation" de la courbe contrainte-déformation, avec un régime à faible contrainte (< 300 Pa) différent du régime à contrainte élevée. A faible contrainte, on a un module d'Young (E) de l'ordre de 500 Pa ; il est de 1500 Pa pour des contraintes plus élevées. Nous avons postulé que vers 300 Pa, il doit se passer "quelque chose" dans la brioche, peut être la destruction des parois entre les bulles d'air dans la pâte, qui fait que l'élasticité change (parce qu'elle ne vient plus de la compression de l'air, mais de celle de la pâte ??).

Christie, en utilisant un gâteau fait maison ("from an ordinary cake mix", donc je suppose, une sorte de quatre-quart) arrive à des valeurs de 5-8 kPa (sans le changement de régime que nous avons noté). Ce qui montre que le gâteau

est plus rigide que la brioche, c'est assez logique !

- ▶ Si on regarde la partie plastique de la déformation, on est très dépendant d'une mesure très imprécise du temps (et qui en plus inclut aussi la partie anélastique). N'empêche que le diagramme contrainte-taux de déformation est raisonnablement linéaire :



et on peut fitter les observations par un modèle newtonien avec une viscosité de 10 000 Pa.s (on pourrait aussi bien utiliser un modèle non-Newtonien, vu les barres d'erreur, mais le bon vieux rasoir d'Occam va nous pousser à ne pas nous compliquer la vie plus que de rigueur et à utiliser le modèle le plus simple à notre disposition !).

- ▶ Nous n'avons pas vraiment trouvé le seuil plastique ; il semble très bas, dès quelques dizaines de bars on a une composante de déformation permanente.

(Avec la participation des S3 Géologie de l'[Université Jean Monnet](#) !)

[1] Ce qui a eu le mérite de prodigieusement amuser mon collègue structuraliste, Alex Kisters