

Viscosité...?

Daniel R. Neuville

Physique des Minéraux et Magmas
CNRS-IPGP



La Viscosité c'est
quoi ?

Ça varie comment?

...

La viscosité : une échelle logarithmique.....??



Ordre de grandeur de la viscosité ? entre 1 et 10^{15} poise



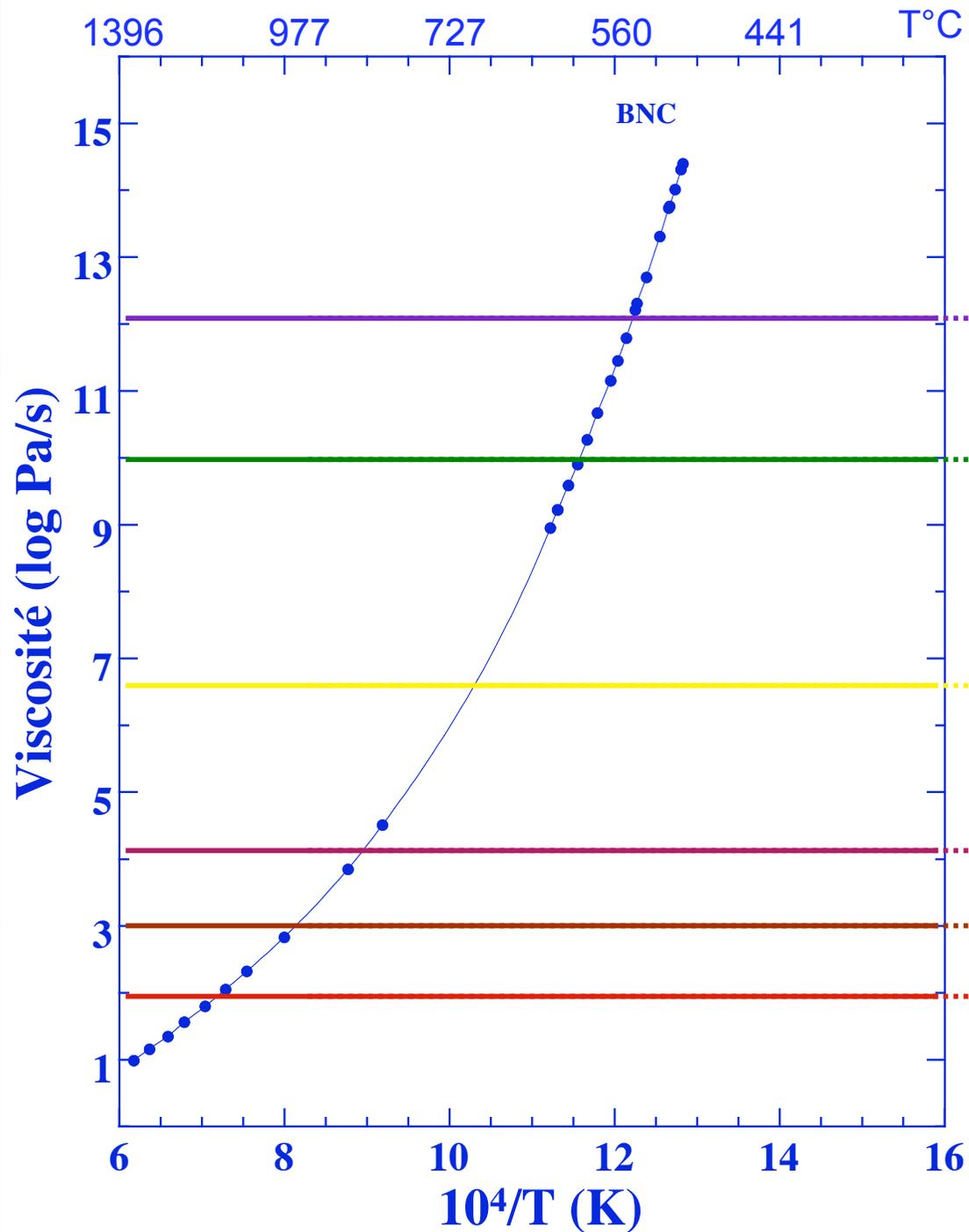
Les points caractéristiques ...

Pour faciliter la vie des maîtres verriers, dès le XIX^e siècle, on définit sur une courbe de viscosité des points fixes caractéristiques qui correspondent à différents modes d'écoulement ou de travail du verre/liquide.



Recuisson

Soufflage
Coulée
Moulage
Etirage
Fusion
Affinage



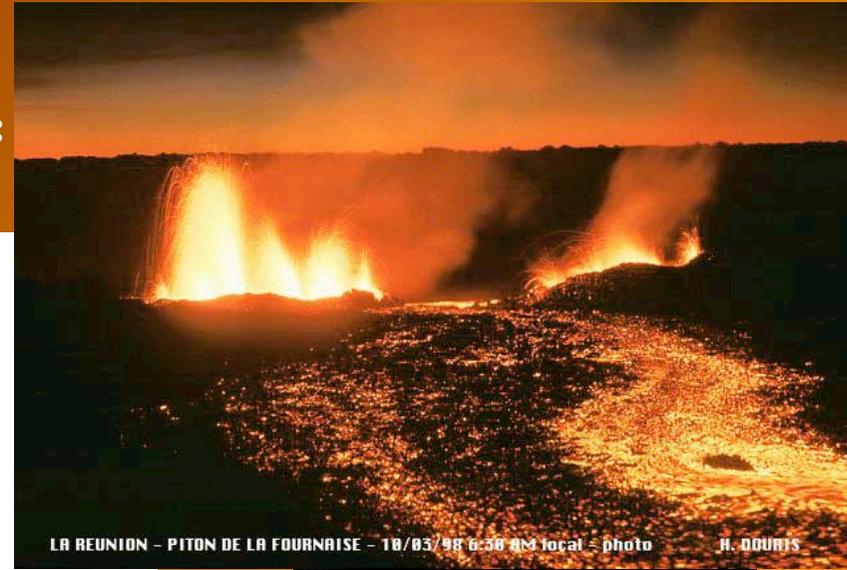
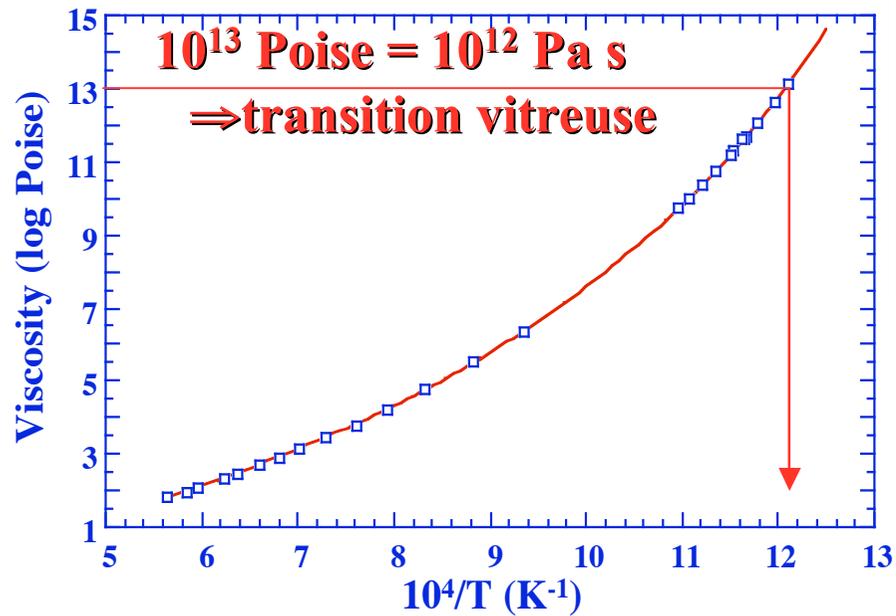
Les mesures de viscosité ...

Nous avons vu que la viscosité varie considérablement avec la composition chimique du verre/liquide et de la température. Afin de la mesurer dans toute la gamme de variation, il faut disposer de plusieurs appareils:

- une machine de fluage pour travailler sur les viscosités élevées et à basse température,*
- un dispositif de Couette, pour les faibles viscosités et à haute température.*

Propriétés rhéologiques : viscosité

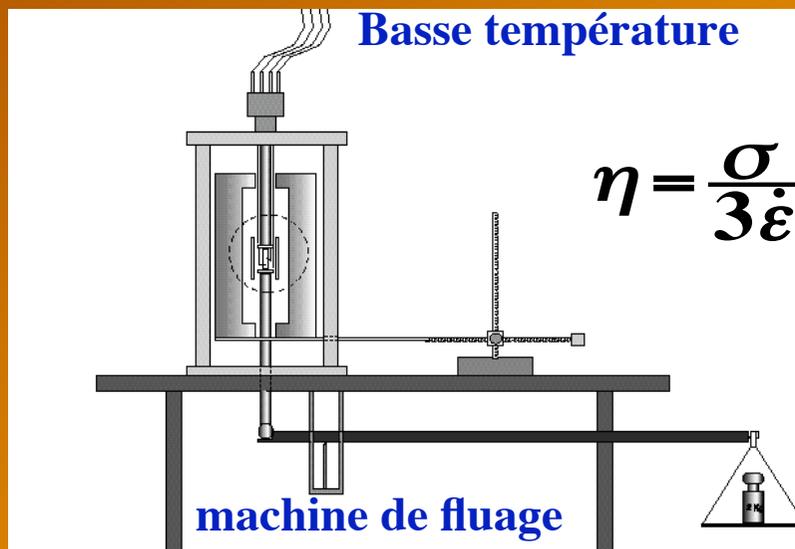
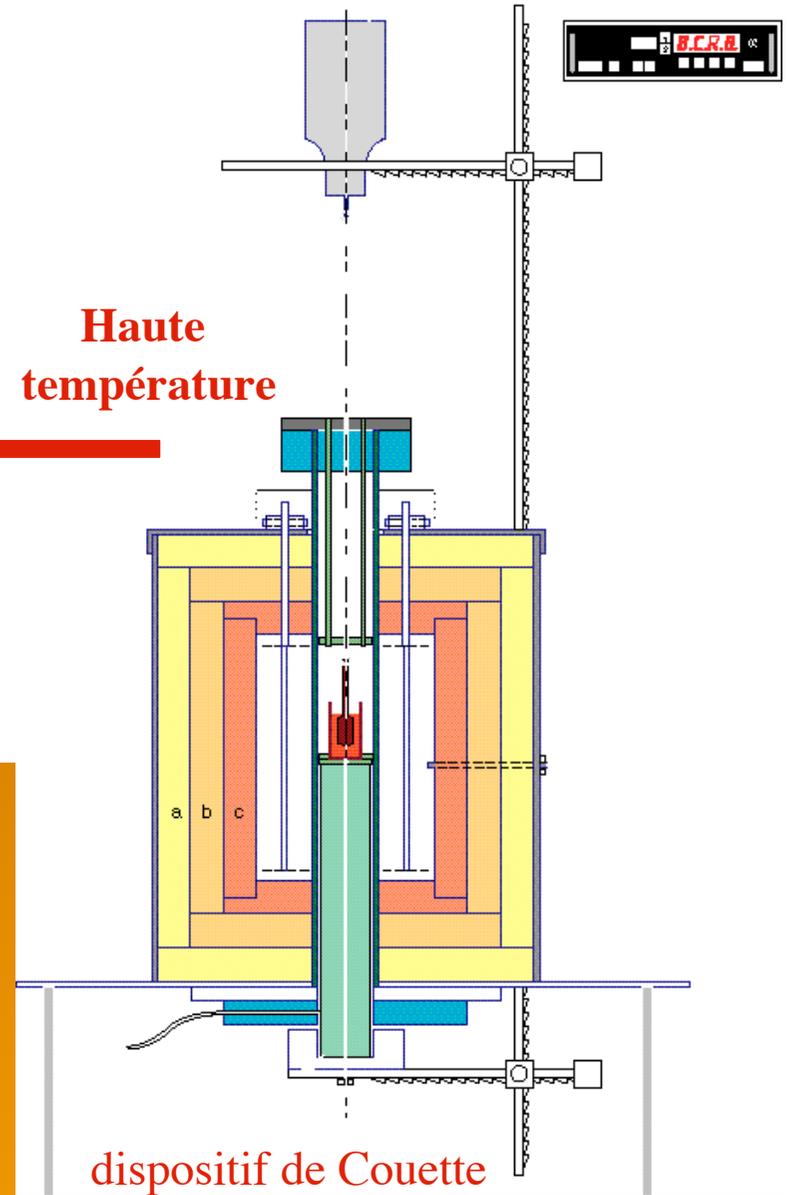
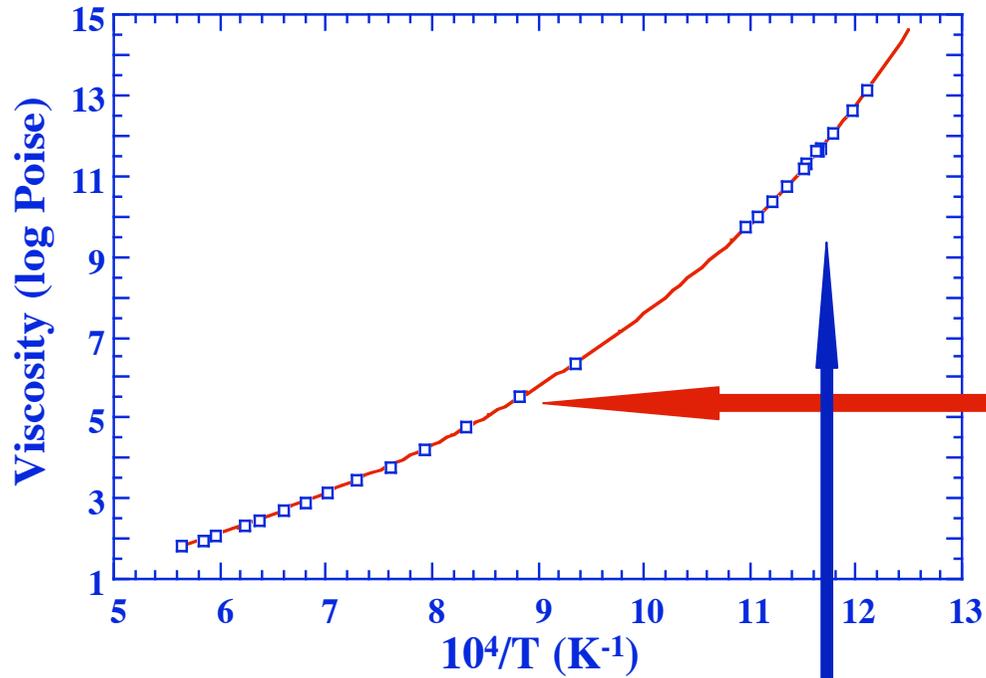
À basse température, le liquide est rigide :
on utilise une machine de fluage



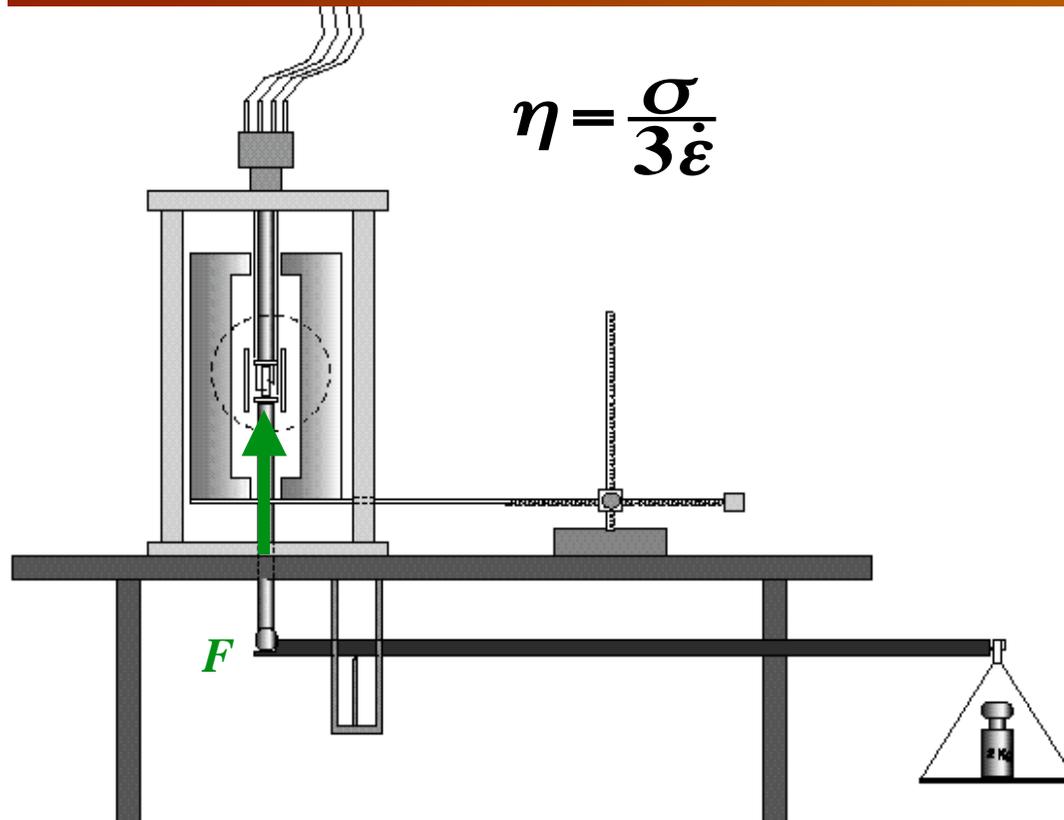
À haute température, le liquide coule :
on utilise un dispositif de Couette



Mesure des viscosités



A basse température (300-1100°C), on utilise une machine de fluage ce qui permet de mesurer des viscosités entre 10^8 et 10^{15} Poises.



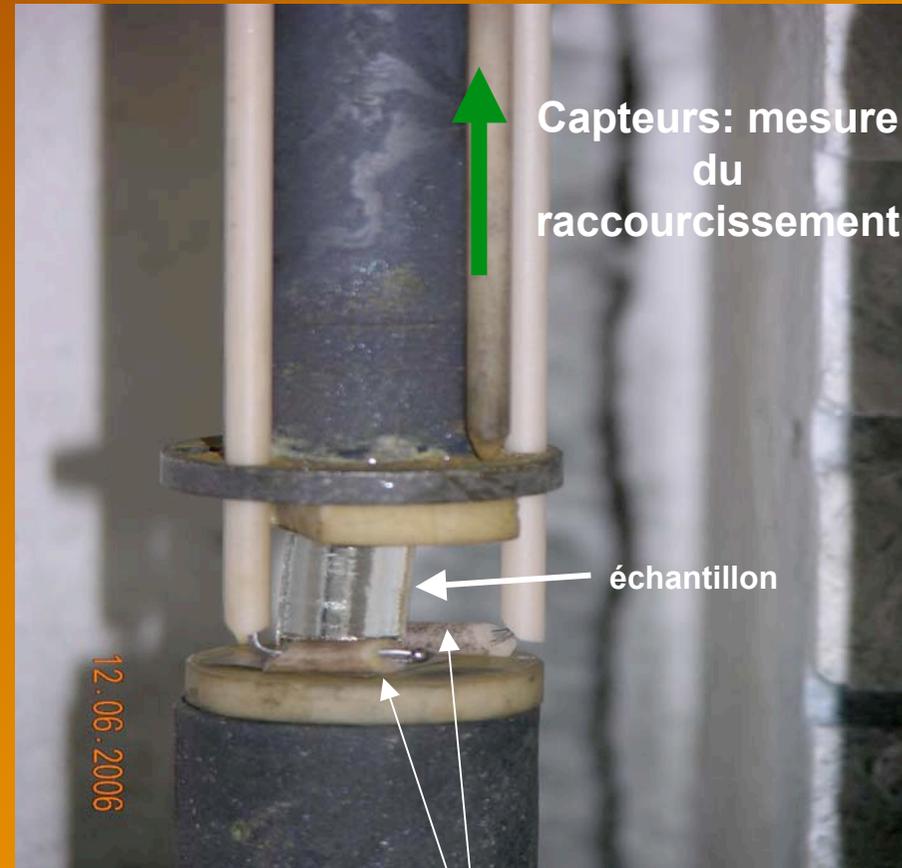
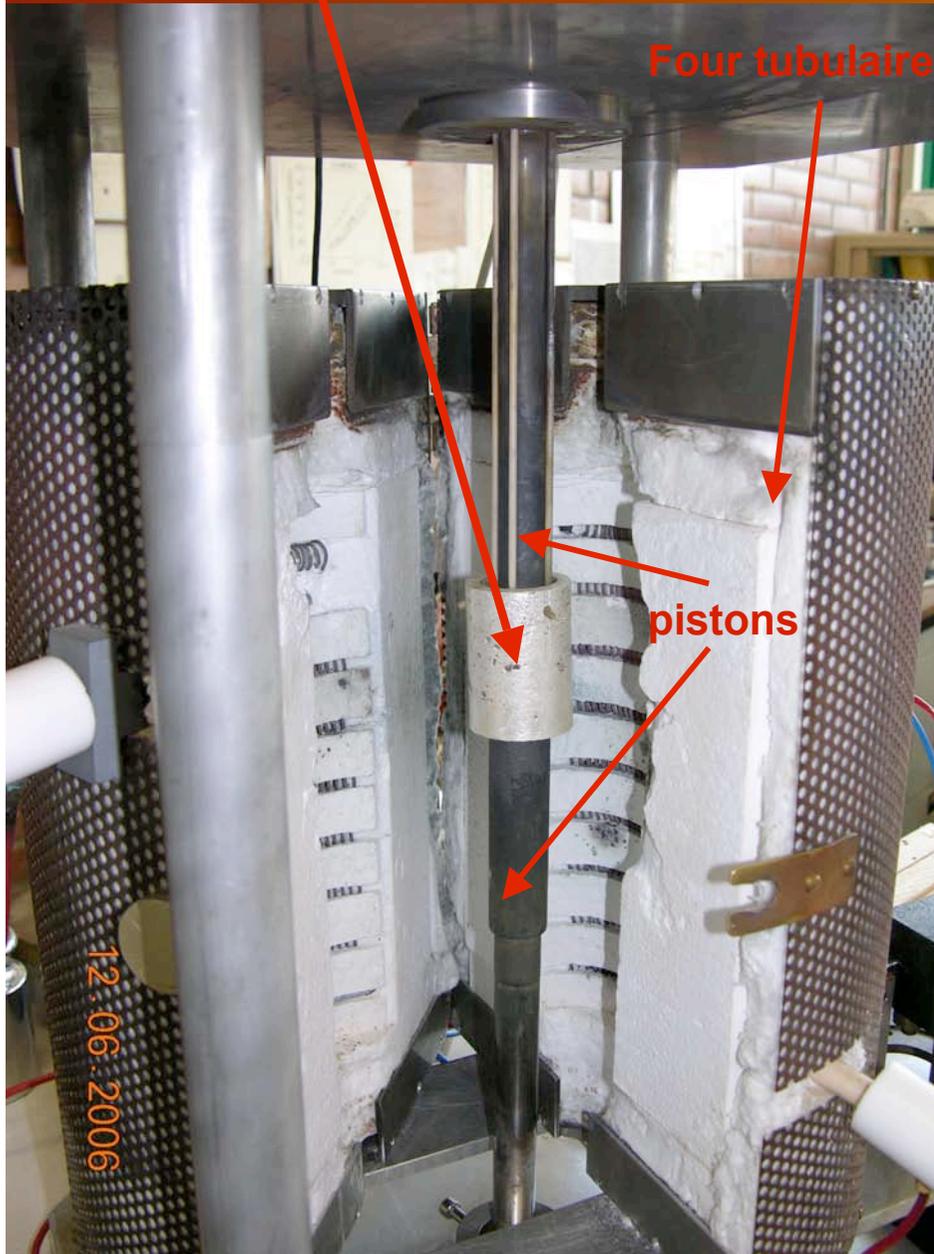
Principe : Une masse m est appliquée sur une balance qui transmet à un piston vertical une force F . Un échantillon cylindrique de lave est placé dans un four à haute température. En connaissant la surface de l'échantillon S et la force F , on calcule la contrainte σ appliquée sur l'échantillon.

Ensuite on mesure le raccourcissement de l'échantillon au court du temps, et on obtient une vitesse de déformation.

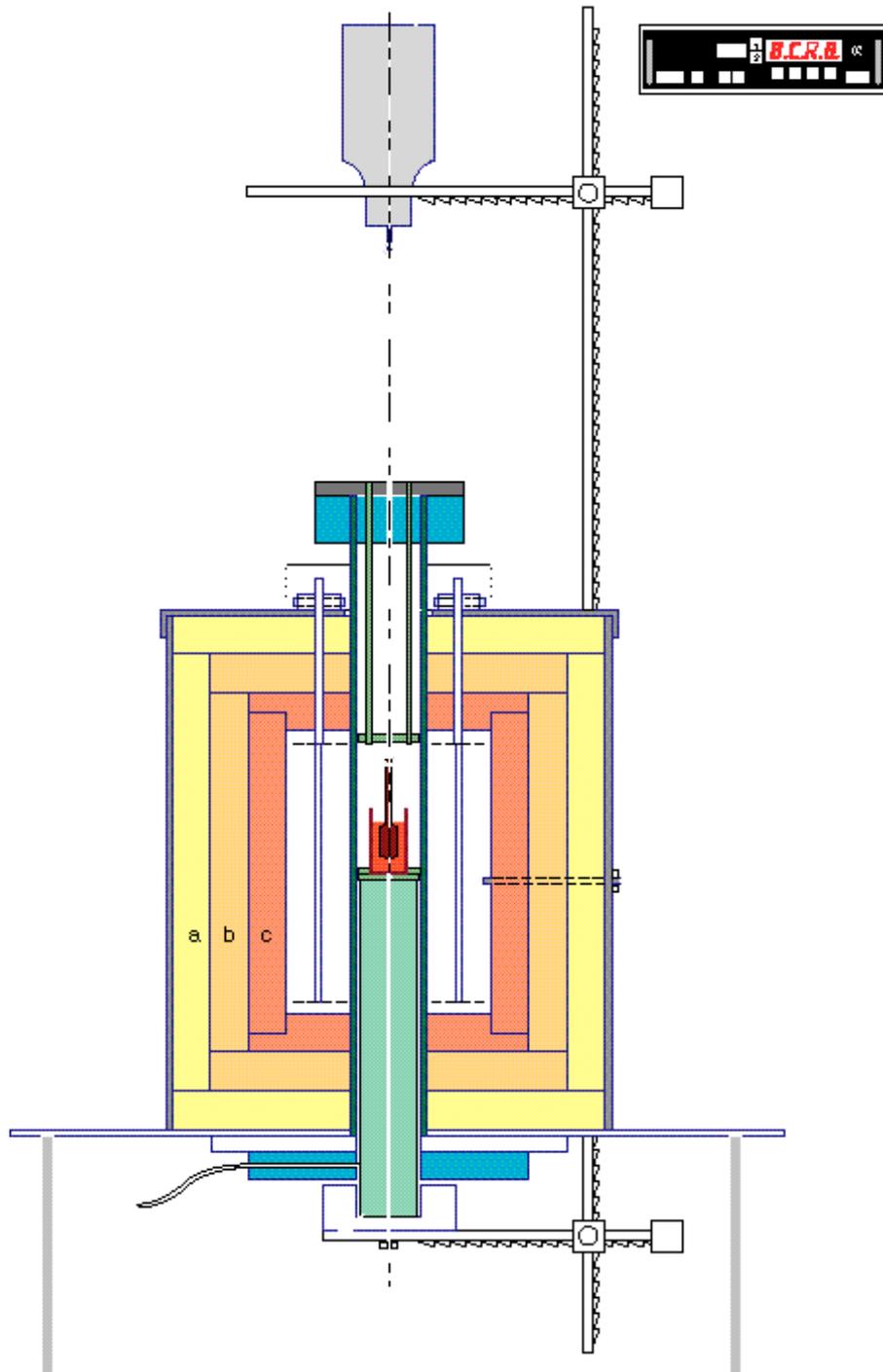
En fin pour obtenir la viscosité, il suffit de diviser la contrainte appliquée par trois fois la vitesse de déformation.

La mesure de viscosité faite est une mesure absolue !

Barreau d'argent, qui permet d'avoir un bon gradient thermique* le long de l'échantillon.
* Variation de température le long de l'échantillon



Thermocouples :
mesure de la
température

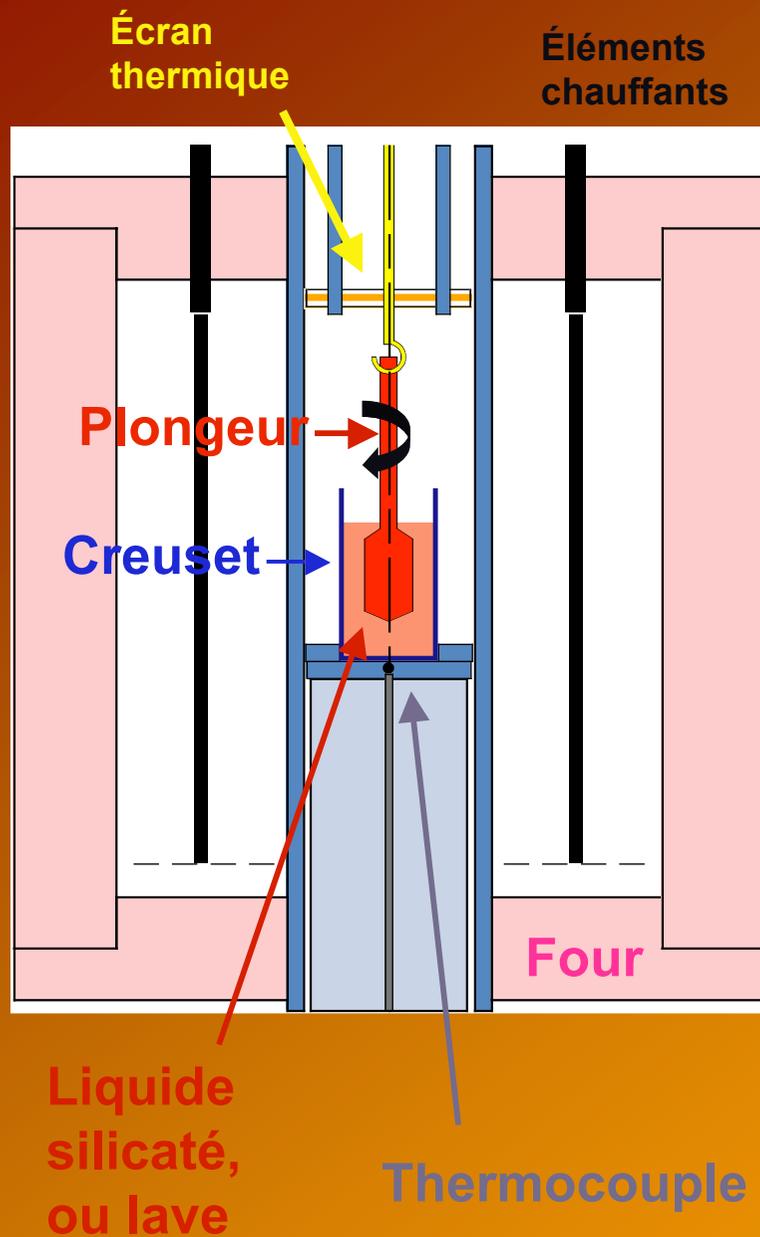


Haute température, on utilise un dispositif de Couette*. On mesure des viscosités entre 10 et 10^6 Poises.

Contrairement au dispositif d'écrasement, on est obligé de faire une calibration, avec un verre de viscosité connue.

Principe: On applique au plongeur une vitesse de rotation. Pour imposer cette vitesse de rotation, il faut fournir un couple mécanique et compte-tenu de la géométrie du plongeur et du creuset et de la calibration effectuée on peut mesurer la viscosité de l'échantillon. On effectue dans ce cas une mesure relative de viscosité.

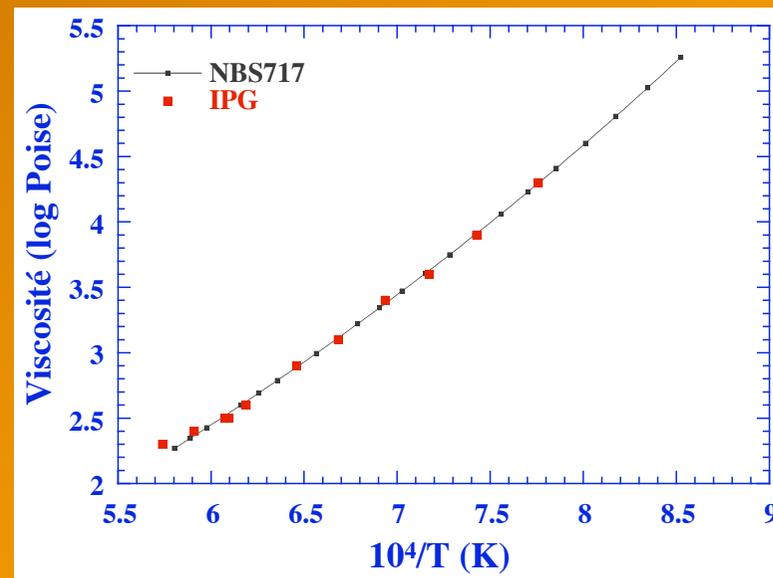
* Couette

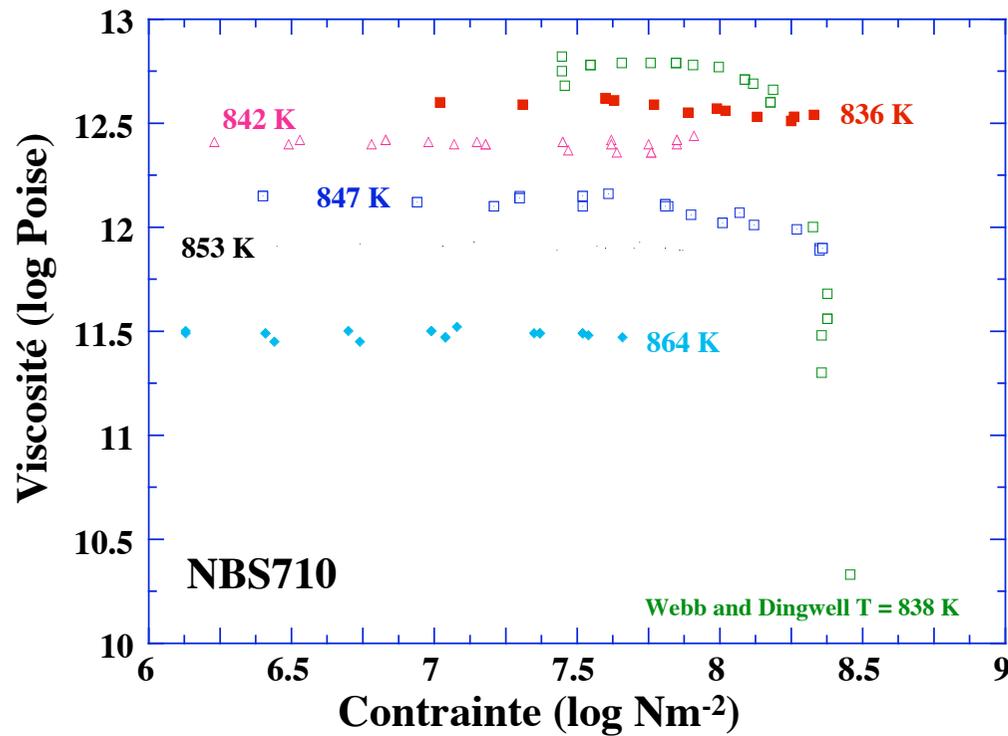


Le silicate fondu est dans le creuset et on applique un mouvement de rotation au plongeur.

Ce dispositif nécessite d'effectuer une calibration, réalisée en utilisant plusieurs verres de viscosités connues.

Ci-dessous viscosité obtenue après calibration, on observe un excellent accord entre la courbe donnée par le bureau des standards et les mesures effectuées à l'IPGP.



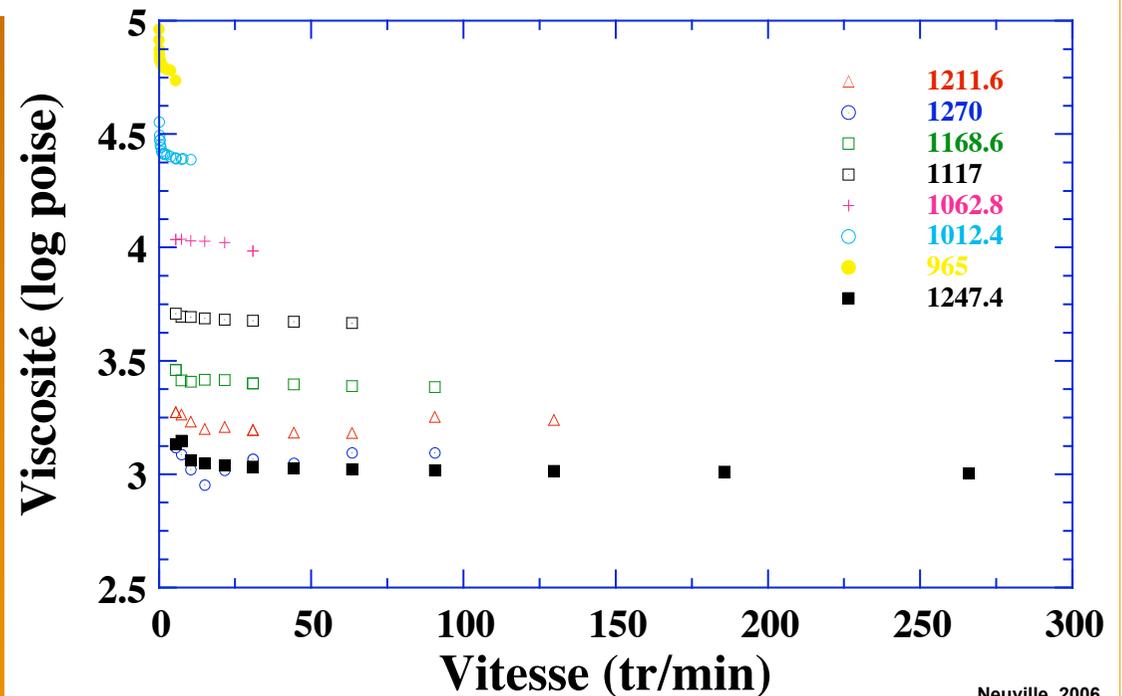


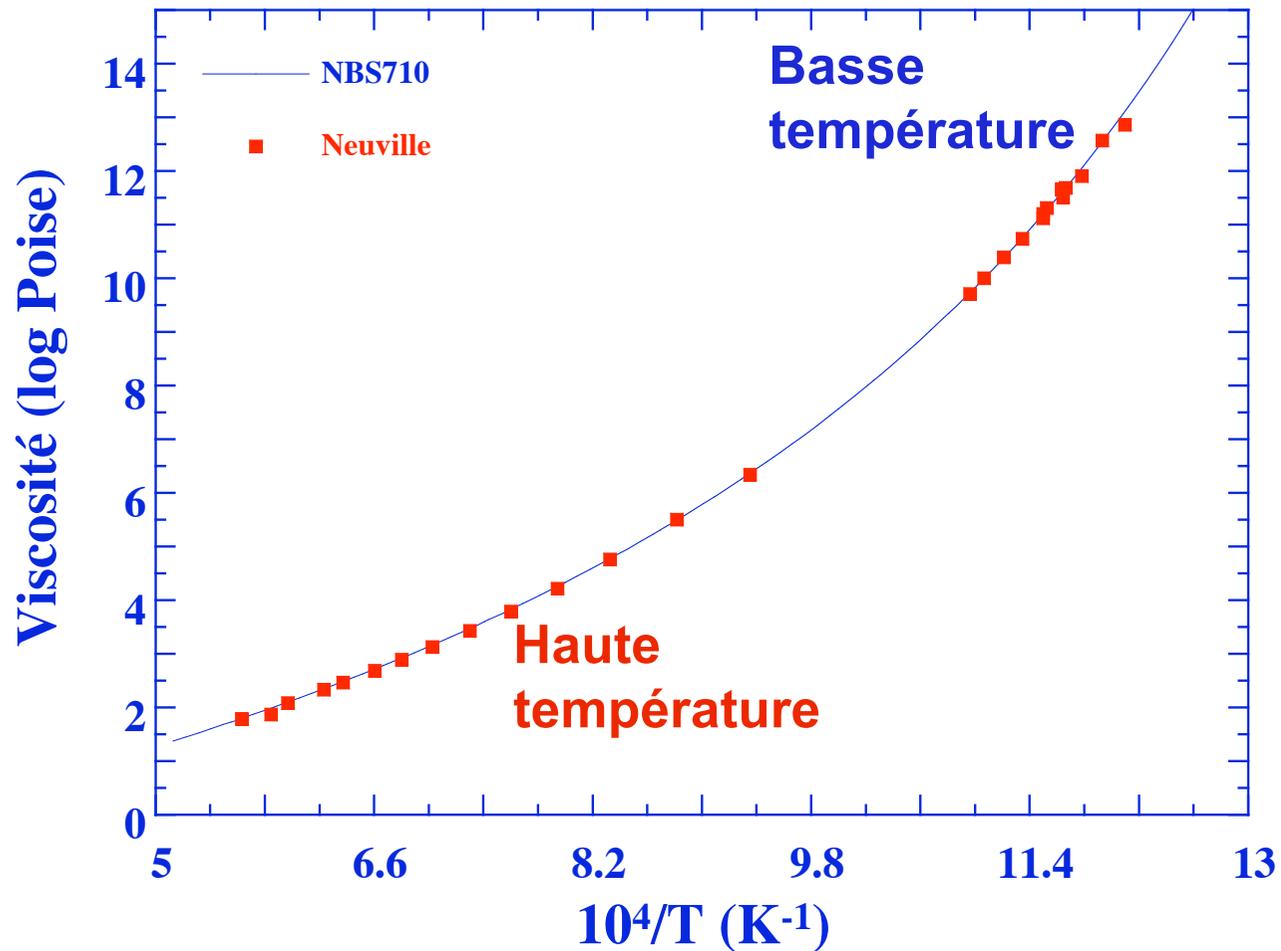
Nécessité de vérifier le comportement newtonien du liquide

Cela veut dire ?

1) Viscosité = constante avec la contrainte

2) Viscosité = constante avec la vitesse de déformation





Mesure de viscosité obtenue à l'IPGP sur un verre de référence du bureau national des standards. On voit clairement un excellent accord entre les mesures obtenues avec nos dispositifs et les valeurs de références. La précision et la reproductibilité des mesures est de ± 0.03

Comprendre la viscosité des magmas ?

Deux possibilités :

- étudier toutes les laves volcaniques disponibles à la surface terrestre, faire des catalogues de viscosité.... **Mais comment connaître la viscosité d'une lave ou d'un magma dans l'intérieur de la terre, ou sur une autre planète ?**

- nous avons opter pour une autre approche : nous étudions les propriétés, viscosité par exemple, de systèmes chimiques simples et nous obtenons des résultats extrapolables à des systèmes plus complexes. En effectuant des études sur des systèmes simples et naturels, il est possible de comprendre les mécanismes qui contrôlent les propriétés et la structure d'un magma, d'une lave volcanique ou d'un verre industriel. Ces paramètres sont directement extrapolables à des systèmes non accessibles, tels que les magmas à grande profondeur ou des laves extraterrestres. **C'est l'approche que nous avons choisi de développer.** Dans la suite de la présentation, nous allons vous présenter les éléments qui contrôlent la viscosité.