

Daniel R. Neuville

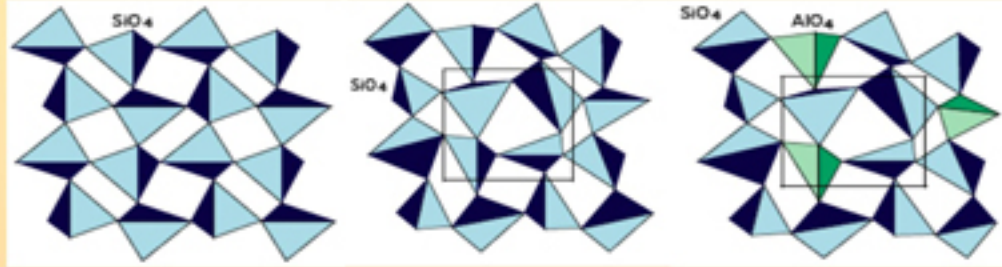
¹ Physique des Minéraux et des Magmas, IPGP-CNRS, 4 place Jussieu, 75005 Paris

INTRODUCTION

Les verres sont habituellement formés par refroidissement de silicates fondus. Les silicates liquides constituent également les laitiers de l'industrie métallurgique ainsi que les magmas dont la formation et la cristallisation ont joué un rôle important dans l'histoire géologique. Il n'est donc pas surprenant que les propriétés des silicates fondus soient un thème de recherche important de disciplines aussi diverses que la chimie, la physique, les sciences des matériaux et les sciences de l'univers.

Un silicate fondu c'est quoi ?

- un matériaux amorphe (désordonné à l'échelle atomique)
- un verre, un liquide, un magma ou une lave volcanique.



Cristal de cristobalite
Agencement périodique à grande distance de tétraèdre de SiO_4

Verre de silice agencement de SiO_4 de façon désordonnée sans ordre à grande distance

Verre d'aluminosilicate, substitution du tétraèdre SiO_4 par AlO_4



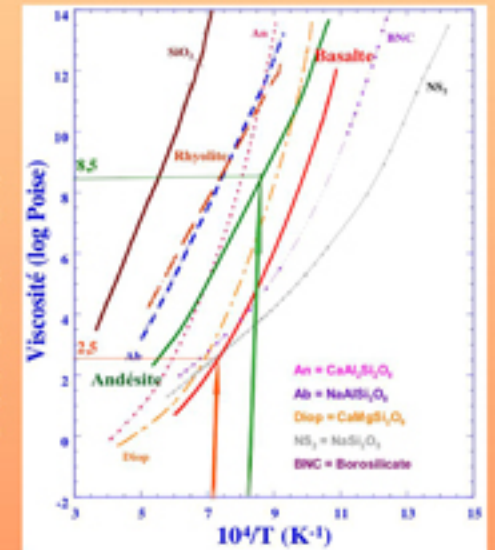
Pourquoi s'intéresser à la viscosité d'une lave volcanique ?

- Prédiction des dynamismes éruptifs
- Évolutions de la viscosité d'une lave en cours d'éruption et changement de dynamisme éruptif

- Exemple 1) une lave basaltique, très fluide, coule lors de son éruption car la viscosité est faible (entre 2 et 3 log Poise*), les éléments volatils (gaz) peuvent partir (dégazage de la lave) pas de risques important (volcan d'Hawaii ou de la Réunion).
- Exemple 2) une lave andésitique plus visqueuse, ne coule pas, et a des difficultés à remonter, plus elle remonte lentement et plus elle se refroidit et plus sa viscosité augmente. Les éléments volatils sont prisonnier de la lave : risque d'explosion ! (Montagne Pelée, Mont St Helens, Usuzan...)

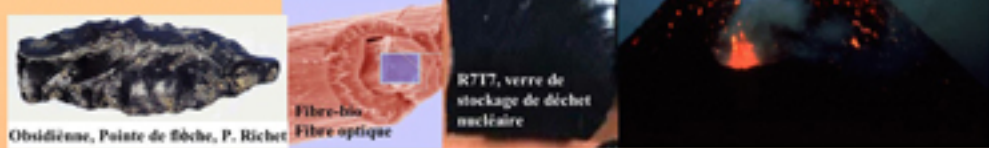
Viscosité d'une lave basaltique et andésitique :

- basalte (lave pauvre en silice)
- andésite (lave riche en silice)
- Exemple 1) la lave basaltique à une viscosité faible dans le domaine de température éruptive, 2,5 Log Po à 1100°C, la lave coule
- Exemple 2) la lave andésitique a une viscosité très élevée dans lors de l'éruption, viscosité de 8.5 log Po à 900°C. La lave remonte très lentement et va perdre ses volatils (perte d'éléments fluidifiant la lave, H_2O , CO_2 ...). Plus la lave perd de volatils et plus sa viscosité augmentera. Ce mécanisme entrainera une éruption catastrophique, explosion, nuées ardentes...



Pourquoi étudier une verre ou une lave volcanique ?

- comprendre les éruptions volcaniques
- les transferts de masse dans l'intérieur de la Terre
- la formation du « verre »
- concevoir de nouveau verre



Comment fabriquer un verre ou une lave au laboratoire ?

- 1) pesée des poudres d'oxydes constituantes dans les bonnes proportions,
- 2) broyages,
- 3) Fusion à haute température et trempe (refroidissement rapide du liquide = obtention du verre)
- 4) broyage et fusion 3 fois de suite, pour avoir une bonne homogénéité du verre.



Comment les étudie-t-on ?

- 1) étude de propriété telle que la viscosité : cela permet de comprendre comment une lave ou un verre dans un four vont s'écouler :
 - éruption volcanique, coulée d'une lave...
 - fabrication d'un objet en verre...
- 2) étude de la structure : spectroscopie Raman, cela permet de connaître comment les atomes ou les entités structurales du verre sont arrangées (voir poster Raman).



La viscosité ?

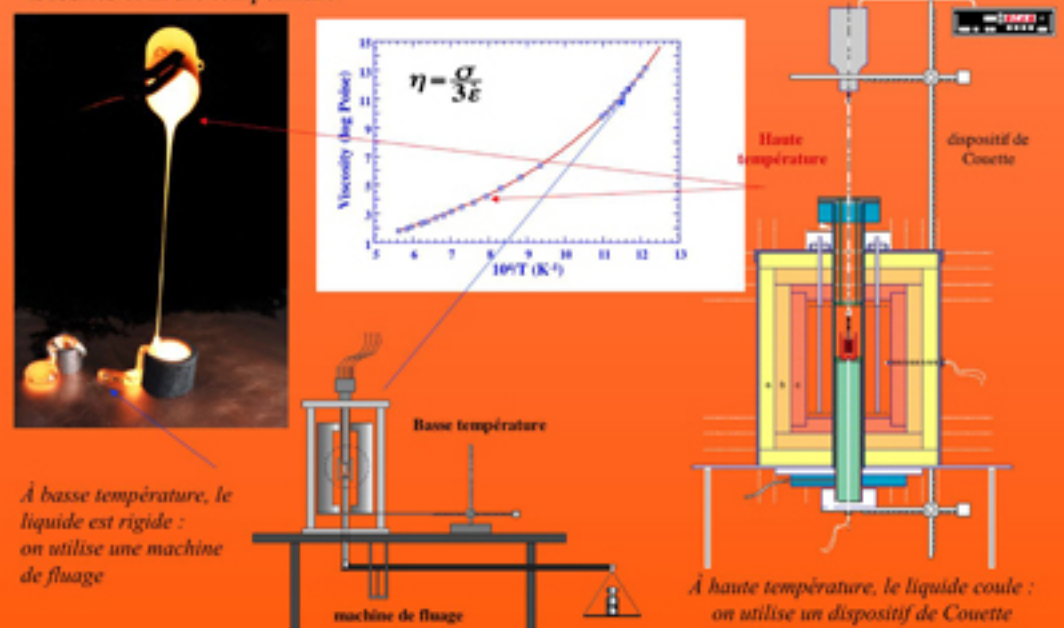
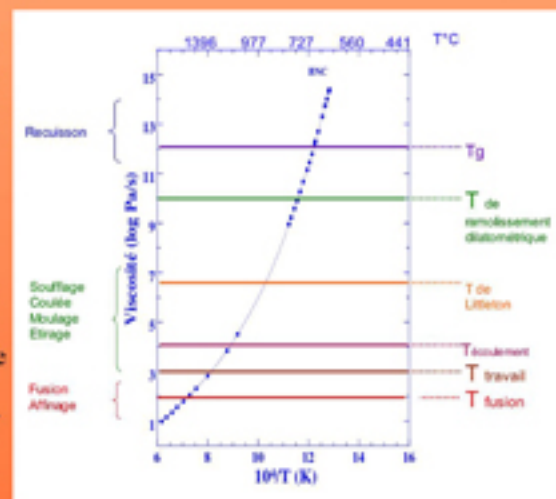
Dans les processus industriels ou naturels, la propriété qui gouverne les transferts de masse est la viscosité (η). Un exemple spectaculaire de l'importance de la viscosité est fourni par le contraste entre les paisibles éruptions volcaniques hawaïennes et une terrifiante éruption péléenne. Ce contraste est dû à la différence de composition chimique des laves, pauvres en silice et très fluides à la Réunion, riches en silice et très visqueuses à la montagne Pelée (ou Usuzan à Hokkaido). Pour optimiser les processus de fabrication et de formage du verre comme pour comprendre les phénomènes magmatiques il est ainsi impératif de connaître la manière dont la viscosité varie avec la température et de la composition.

Les points caractéristiques

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

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 haute température.



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