

INTRODUCTION

Cet appareil, permet des calibrages extrêmement précis des contraintes en déformation à haute température (1400°C) et haute pression de confinement (700 MPa). Cet appareil, constitue l'assemblage le plus performant disponible actuellement pour l'étude de la rhéologie des matériaux géologiques ou céramiques sous pression.

I- Cet équipement offre trois domaines d'application en Sciences de la Terre :

1/ Pressage à chaud (frittage) : réalisation d'éprouvettes expérimentales de matériaux naturels

La détermination de plusieurs propriétés mécaniques des matériaux polycristallins (conductivité électrique, élasticité, vitesse sismique, propriété mécanique à haute température) requiert une grande pureté des agrégats utilisés. La densification de tels agrégats artificiels résulte de la qualité du pressage à chaud effectué. L'appareil proposé est capable de réaliser ce frittage avec la possibilité de mesure du volume de l'échantillon qui permet le contrôle "in situ" de l'évolution du procédé de densification.

2/ Déformation à haute température : Rhéologie des roches

Une des difficultés majeures de l'étude de la plasticité des roches est leur propension à la fracturation. Cette tendance est inhibée par l'application de pression hydrostatique. Le gaz comme transmetteur de pression constitue un environnement hydrostatique parfait. L'équipement considéré comporte un four interne atteignant des températures de 1400°C et une cellule interne de mesure des contraintes, couplée avec l'unité d'asservissement mécanique. Cet assemblage est suffisamment performant pour ouvrir l'accès à l'exploration des équations d'état mécanique, jusqu'ici impossible.

3/ Expérimentation à haute température, à pression hydrostatique : détermination des paramètres physiques des roches, à haute température, haute pression

L'appareil offre un accès facile à l'échantillon, ouvrant la possibilité de mesures in situ, en température et pression, de paramètres tels que la conductivité électrique, les vitesses sismiques, etc.. Il offre aussi la possibilité intéressante pour les applications en Sciences de la Terre d'introduire une pression de fluide ou de contrôler la migration de fluides pendant une expérience de déformation.

L'installation d'un tel équipement dans le laboratoire de Tectonophysique à Montpellier présente un intérêt fondamental en Sciences de la Terre (dynamique du Globe) et plus généralement dans celui du formage sous pression des céramiques, sujet de pointe aux applications industrielles évidentes.

II - Brève description de l'équipement

Essentiellement une enceinte haute pression (hydrostatique). La contrainte appliquée à l'échantillon est contrôlée par une cellule interne de mesure de contrainte, cette configuration éliminant les contraintes de friction inévitables dans les configurations conventionnelles. Le mouvement du piston engendrant la déformation est commandé par le système d'asservissement d'une grande fiabilité et flexibilité. Les hautes températures sont produites par un four interne à trois zones de chauffage qui assurent des gradients thermiques exceptionnellement bas (+ 1°C sur 3 cm) jusqu'à 1400°C. Finalement la conception de l'équipement est caractérisé par un accès aisé à l'échantillon in place.

Développement technique de la presse Paterson

Nous avons fait trois modifications importantes de notre presse de déformation :

- fabrication du système de pression fluide ;
- fabrication d'un activateur mécanique beaucoup plus raide élastiquement que notre système actuel de chargement hydraulique;
- développé un système informatique de acquisition et contrôle.

Le système de pression des fluides consiste en un réservoir d'H₂O, une pompe haute pression, un servo-moteur, un capteur haute pression et un capteur de déplacement. L'asservissement de ce module est fait par ordinateur, soit à pression fluide constante, soit à volume de fluide constant. Le volume de fluide est mesuré par l'intermédiaire du capteur de déplacement, qui mesure le déplacement du piston de la pompe.

L'activateur mécanique consiste en un servo-moteur, une vis à bille, une vis sans fin et un jeu d'engrenages. Grâce à un servo-moteur de faible vitesse et très peu de pièces intermédiaires, ce montage est particulièrement raide (de l'ordre 90 kN/mm) y compris le capteur de force). L'asservissement de ce module est possible soit en traction, ce qui n'était pas possible avec le montage précédent, soit en compression. Ce nouveau système d'asservissement permet de faire des relaxations de contrainte à longueur d'échantillon constante. Cette possibilité permet l'étude du mécanisme du fluage à des vitesses de déformation très faibles (10⁻⁹ s⁻¹ à 10⁻¹⁰ s⁻¹).

Le système informatique de acquisition et contrôle :

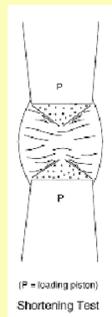
- Carte d'acquisition 16 bits A/D National Instruments
- Carte de conversion D/A 16 bits National Instruments
- Logiciel d'acquisition de donnée, traitement et contrôle-régulation: Labview
- Micro ordinateur PC sous Window avec écran 17" couleur

Les cartes de conversion A/D et D/A ont une résolution de 16 bits avec 8 voies en entrée et 2 voies en sortie, 2 voies en sortie de résolution 16 bits sont également disponibles. Des extensions sont possibles si besoin est. Ces cartes assurent l'interfaçage entre l'ordinateur et les équipements montés sur la presse (thermocouples, capteurs de force, pression, déplacement...), qui sont équipés d'une recette analogique (tension 0-5v) de la mesure. Le logiciel Labview, qui est déjà très utilisé dans l'industrie et la recherche, est parfaitement adapté à nos besoins: il est entièrement configurable, offre toutes les possibilités de traitement des données et de nombreux algorithmes de régulations sont intégrés. Ce logiciel, entièrement graphique, est facile à mettre en oeuvre, ne nécessite qu'un faible investissement en programmation et est de ce fait parfaitement adapté au chercheur non informaticien. Cet ensemble (Quadra 900, les cartes de conversion A/D et D/A, et Labview) offre la puissance de calcul nécessaire au contrôle temps réel de la presse Paterson. Le périphérique d'affichage (écran 19") est adapté à l'exploitation simultanée des paramètres de régulation (4 voies en simultané) et à la visualisation des données brutes (8 voies), et des données calculées en temps réel.

TYPES OF DEFORMATION GEOMETRY

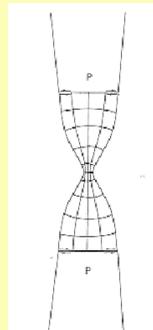
UNIAXIAL COMPRESSION

- Simplest technique. The confining pressure is risen to suppress cracking. The axial load is increased on top of it. Very accurate measurement of the differential stress.
- At strains larger than 30 - 40% the deformation and the differential stress are not homogeneous anymore because of piston shadow effect due to friction between the piston and the specimen.



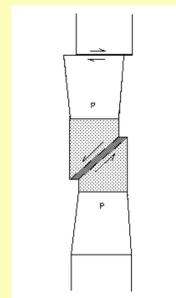
UNIAXIAL EXTENSION

- Very large strains (up to 1000%) can be obtained in case of necking.
- The differential stress which can be applied is limited by the confining pressure.
- Deformation is not uniform, but the force at any plane normal to the axial load along the sample is constant, therefore stress and strain can be calculated afterwards using the final shape.
- Hot spot must be very long to avoid temperature gradient along the specimen.



DIAGONAL CUT CYLINDER

- It is possible to reach large shear strain in a thin layer specimen.
- The lateral displacement cannot exceed 1 mm otherwise the piston will break the jacket.
- The precise measurement of the shear stress is limited by the tendency of the piston to buckle and by the changes in the contact area during the experiment, which need corrections to be made.
- In order to obtain shear deformations larger than $\gamma 1$ the specimen must be very thin (of the order of 100 μm), which is a strong limitation for testing grain sizes larger than 10 μm .



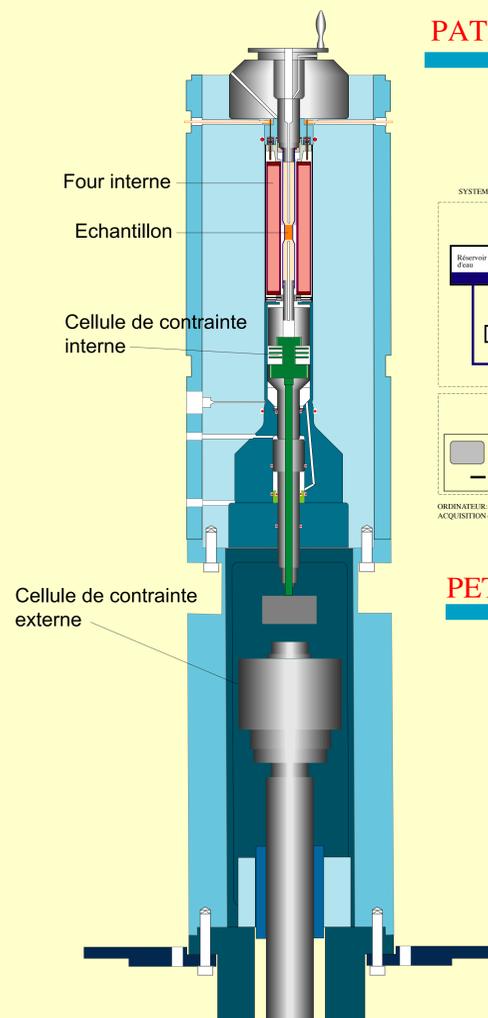
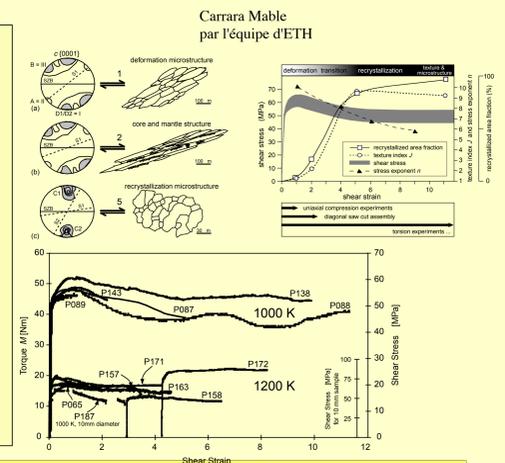
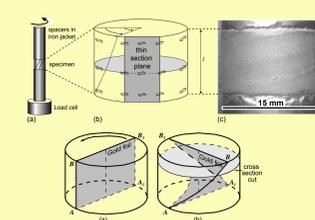
TORSION

No theoretical limitations on the amount of shear strain. The strain varies from 0 in the center to the max value at the mantle. Strain rate and stress varies accordingly.

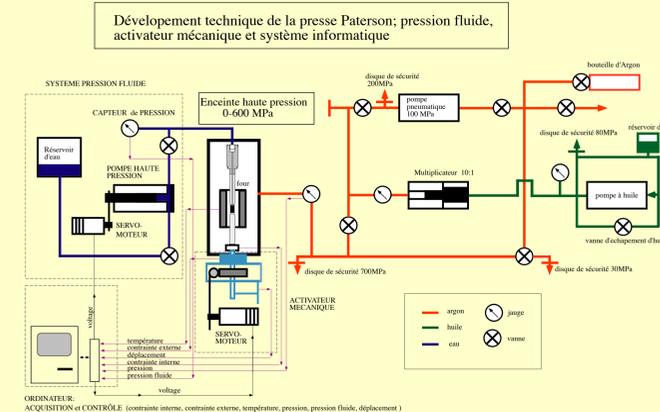
The stress distribution within the sample can only be evaluated if the n exponent is known and the deformation mechanism does not change across the specimen.

Most of the torque is supported by the rim of the specimen for geometrical reasons.

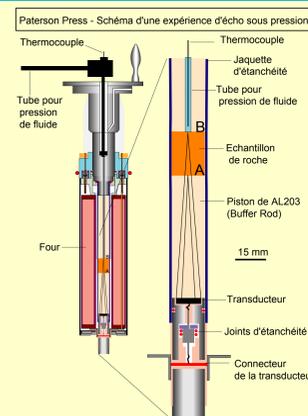
The torque is transmitted by friction at the interfaces between pistons, spacers and specimen, which implies that the strength of the specimen cannot exceed the friction. The max. value reported for torsion is 60 Nm.



PATERSON PRESSE



PETROPHYSICAL DEVELOPMENTS



LABVIEW CONTROL PANEL

