EXERCICES PRATIQUES DU MODULE 2 (Partie B)

LA QUANTIFICATION DE LA DÉFORMATION

CORRIGÉ

EXERCICE 1: la déformation linéaire.

1. Calculez la déformation linéaire en additionnant les longueurs l_1, l_2, et ainsi de suite, de la belemnite tronçonnée de la figure 1. Vous devez mesurer la longueur des fragments dans la direction parallèle à leur axe long. À quoi correspond la somme des l_i ?

   l_1 = 6 mm
   l_2 = 10 mm
   l_3 = 8 mm
   l_4 = 8 mm
   l_5 = 6 mm
   l_6 = 8 mm

   La somme totale des l_i correspond à la longueur originale de la bélemnite. La somme des longueurs est de 46 mm.

2. Mesurez la longueur finale de l'objet, l_f, parallèlement au nouvel axe long de l'objet boudiné.

   La longueur finale (l_f) est de 70 mm.

3. L'axe de l'objet boudiné se situe à un angle θ de la direction du clivage dans la roche. Mesurez cet angle. La trace du clivage sur la figure 1 nous donne l'orientation d'une direction principale de la déformation, laquelle?

   θ = 11°. Il s'agit de l'angle entre l'axe de la belemnite et la direction du clivage dans la roche. La trace du clivage nous donne l'orientation de S_1, ce qui correspond à l'orientation de l'allongement maximal dans la roche.

4. Trouvez le taux de déformation du fossile en calculant les paramètres de l'extension e, S, et λ. D'après vous, est-ce que le taux de déformation obtenu pour ce fossile reflète bien l'extension **maximale** selon cette direction? Sinon, peut-on trouver l'extension maximale pour cet objet étiré et boudiné? Est-ce que cette valeur correspond à la déformation **totale** (extension maximale) subie par la roche? Les valeurs calculées sont-elles valables pour tout l'affleurement voir toute la région?

   $e = (l_f - l_i)/l_i = (70\ mm - 46\ mm)/46\ mm = 0.52$

   $S = 1 + e = 1.52$

   $\lambda = S^2 = 2.31$

Le taux de déformation obtenu pour ce fossile ne reflète pas l'extension maximale selon cette direction, et ce pour deux raisons. La première est que les fragments de bélemnite que nous avons mesurés pourraient avoir subi une déformation ductile. Ainsi, leur déformation réelle serait supérieure à ce que nous avons mesuré. Deuxièmement, le déplacement des fragments de bélemnite les uns par rapport aux autres s'est effectué selon la trajectoire indiquée par les fibres de la calcite. Ainsi, pour calculer la longueur totale de la bélemnite déformée, nous aurions dû additionner les fragments de bélemnite mesurés à la question 1 à la longueur de déplacement le long des fibres entre chacun des fragments. La longueur finale de l'objet ainsi mesurée serait plus grande que la longueur mesurée à la question 2. Nous avons donc sous-estimé la déformation pour ce fossile.

Cette valeur ne correspond pas à la déformation totale (extension maximale) subie par la roche. La déformation maximale serait observée pour une bélemnite d'orientation parallèle au clivage, soit à S_1.

Les valeurs calculées pourraient être valables pour tout l'affleurement voir toute la région. Par contre, cela doit être vérifié en mesurant la déformation sur plusieurs fossiles et à différents endroits.

EXERCICE 2: l'ellipse de la déformation.

1. Calculez la déformation linéaire en additionnant les longueurs l_1, l_2, et ainsi de suite pour chacun des belemnites tronçonnées de la figure 2. Utilisez l'étirement (S) comme mesure de la déformation linéaire.

   $S = l_f / l_i$

   1- $l_f = 5$ $S_1 = 1.25$
   $l_i = 4$

   2- $l_f = 9.2$ $S_2 = 1.26$
   $l_i = 7.3$

   3- $l_f = 7.4$ $S_3 = 1.37$
   $l_i = 5.4$

   4- $l_f = 8.9$ $S_4 = 1.56$
   $l_i = 5.7$

   5- $l_f = 7.0$ $S_5 = 1.25$
   $l_i = 5.6$

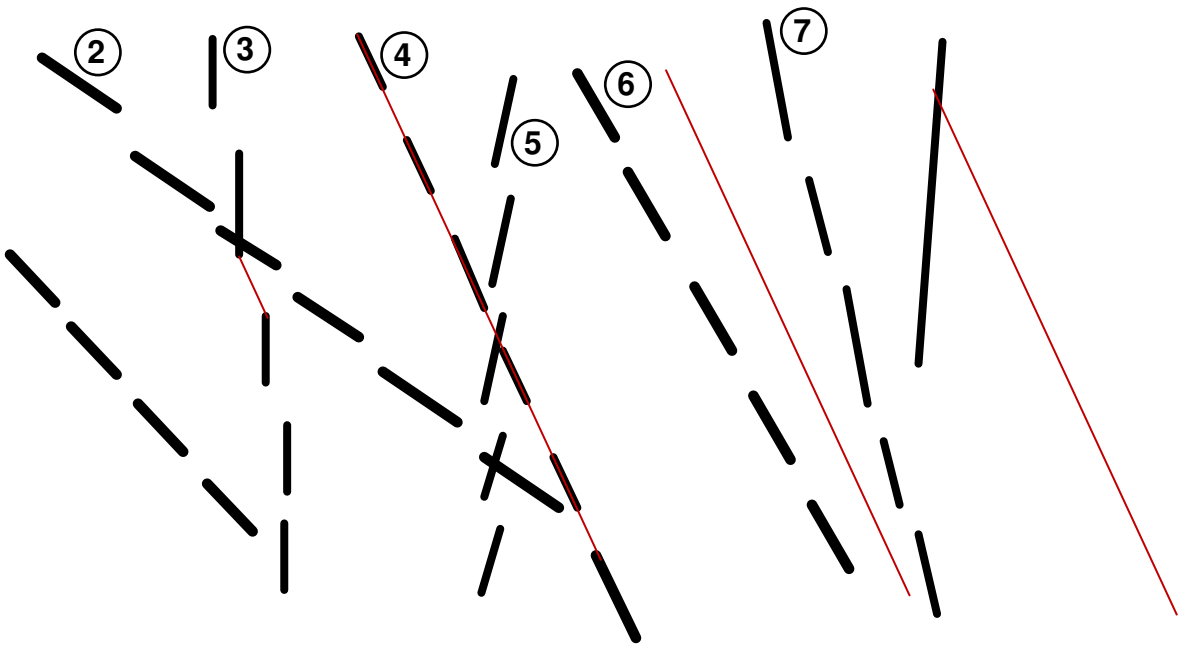
   6- $l_f = 7.6$ $S_6 = 1.38$
   $l_i = 5.5$

   7- $l_f = 8.2$ $S_7 = 1.26$
   $l_i = 6.5$

   8- $l_f = 4.3$ $S_8 = 1$
   $l_i = 4.3$

2. Déduisez la direction d'extension maximale pour l'ensemble de l'échantillon en observant l'orientation des fossiles déformés. Dessinez la trace possible du clivage sur la figure 2.

   La direction d'extension maximale peut être déduite en observant les bélemnites déformées. En effet, on observe qu'elles ont toutes une forme en escalier à l'exception du fossile 4. Si on trace la direction du déplacement des fragments les uns par rapport aux autres, on obtiendra la direction de déformation maximale (voir la ligne en rouge sur le fossile 3). Cette orientation est parallèle au seul fossile pour lequel on n'observe pas ce décalage des fragments (fossile 4). Ce fossile constitue un second indice sur la direction d'extension maximale. Ainsi, il est possible de tracer le clivage possible sur la figure 2 (lignes rouges).



3. Quel renseignement précieux nous fournit le fossile non déformé? Comment se comporterait un fossile allongé orienté à 15° (horaire) par rapport au fossile non déformé?

   Le fossile qui est non déformé nous montre la limite entre le champ extensif et compressif (lsdf). Un fossile orienté à 15° de la lsdf serait raccourci puisqu'on se situe alors dans le champ compressif. En effet, le champ compressif se trouve entre la lsdf et l'axe S_3 (perpendiculaire à S_1).

4. Déterminez les angles θ_1, θ_2, etc., qui correspondent à l'angle entre les belemnites et l'axe d'étirement maximal.

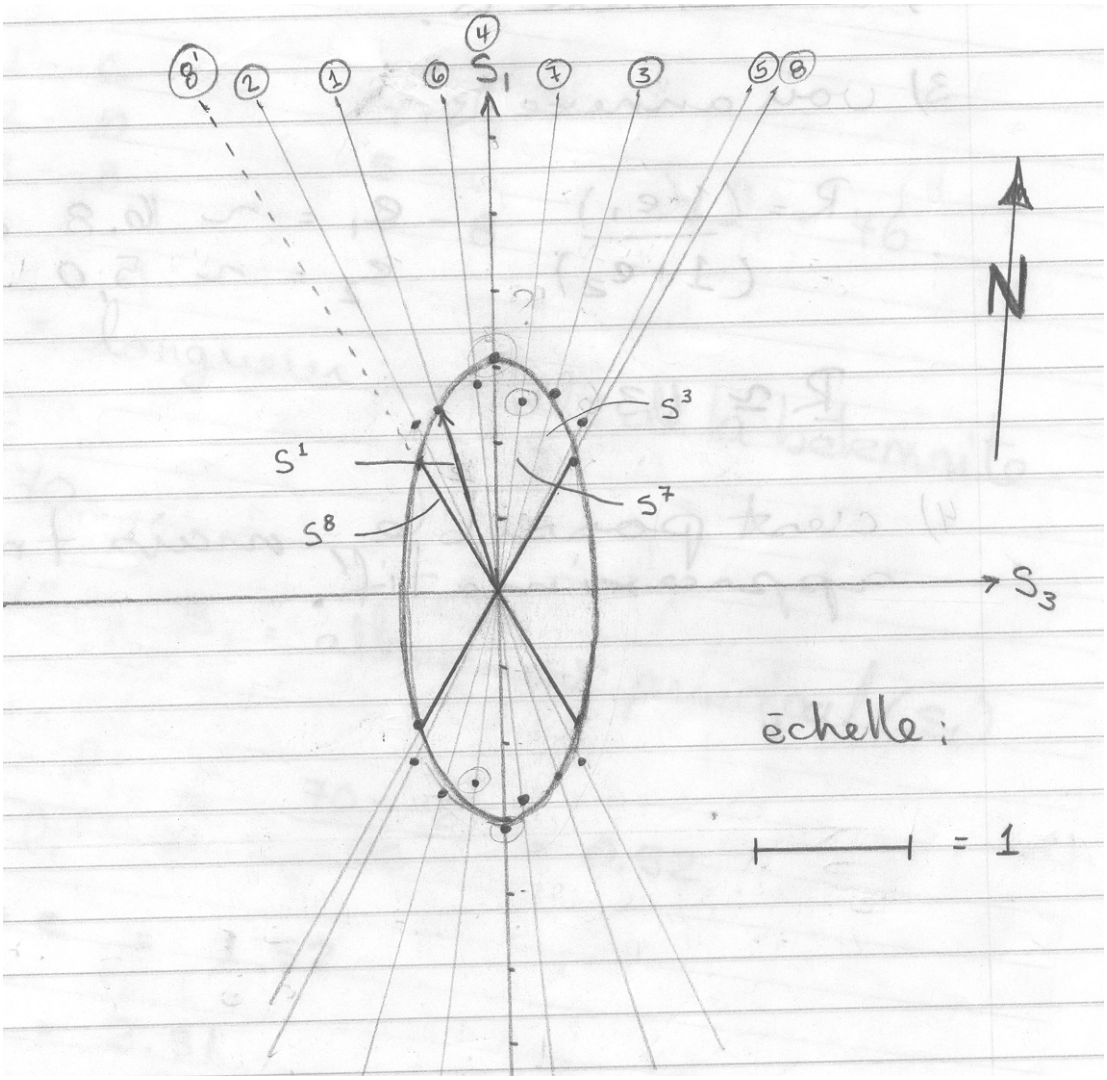
   1- $\theta = -17°$ *5- $\theta = 28°$*

   2- $\theta = -26°$ *6- $\theta = -5°$*

   3- $\theta = 17°$ *7- $\theta = 8°$*

   4- $\theta = 0$ *8- $\theta = 30°$*

5. Construisez l'ellipse de la déformation en plaçant les données obtenues pour chaque belemnite sur un graphique S_1 vs S_3. Sur ce diagramme, l'orientation de chaque fossile (l'angle θ_a) et le taux de déformation calculé (S_a) vous aidera à tracer l'ellipse de la déformation finie.

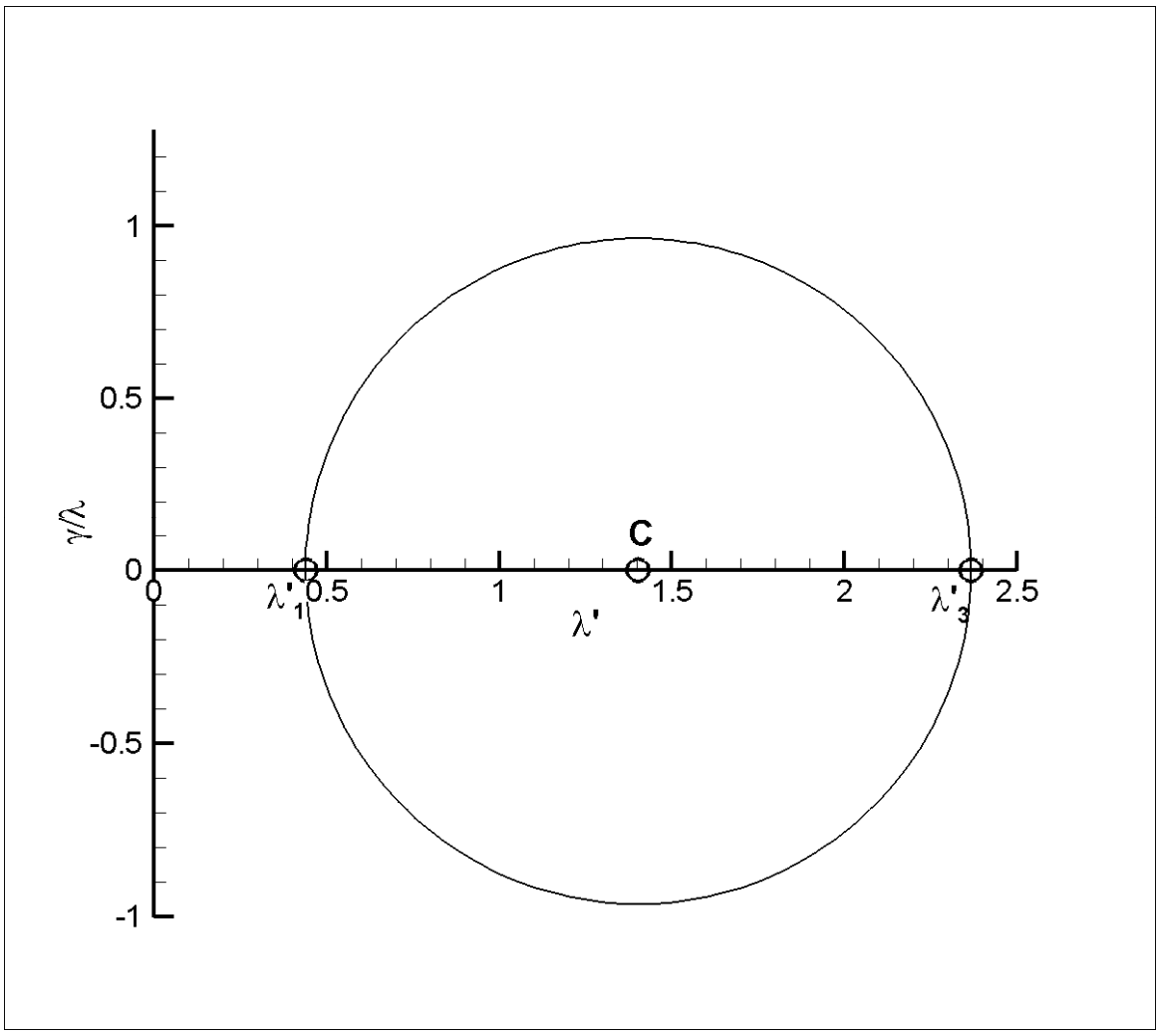


6. Quelles sont les valeurs de S_1 et S_3.

   S_1 = 1.51, S_3 = 0.65.

7. A l'aide de S_1 et S_3, construisez le diagramme de Mohr de la déformation.

   Pour tracer le diagramme de Mohr de la déformation, on calcule d'abord λ_1' et λ_3'. Ensuite, on trace deux axes perpendiculaires qui vont représenter λ' en x et γ/λ en y. Les deux axes doivent avoir la même échelle. On reporte alors les points λ_1' et λ_3' sur l'axe des x. Ensuite, on calcul le centre du cercle de Mohr comme ceci : C = (λ_1' + λ_3') / 2 et on le reporte sur l'axe des x. On peut alors tracer le cercle à l'aide d'un compas.



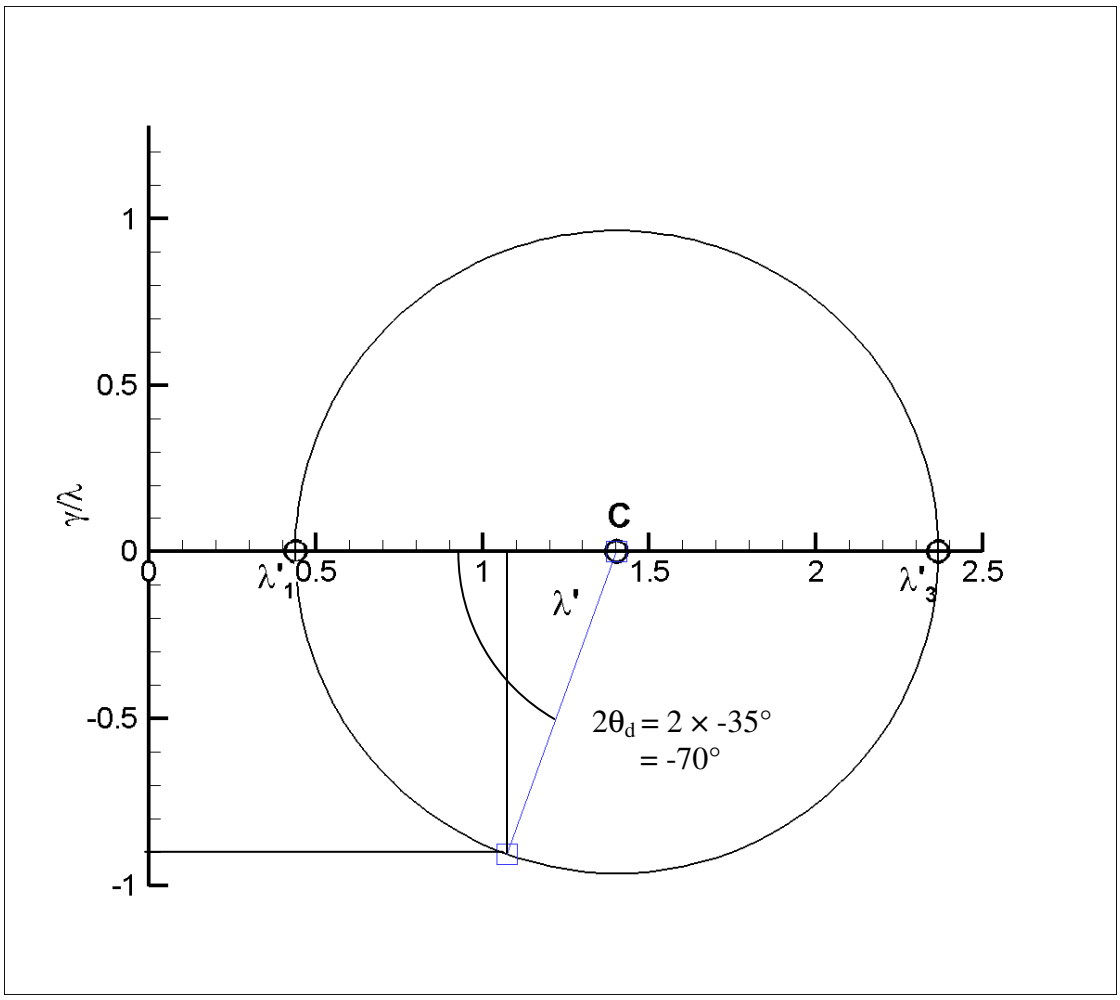
8. A l'aide du cercle de Mohr de la déformation, déterminez quelle est la valeur de la déformation cisaillante (γ), le cisaillement angulaire (ψ) et l'étirement (S) pour un belemnite dont l'orientation finale est de -35° par rapport à S_1.

On peut tracer une ligne dont l'angle avec l'axe des x est de $2\theta_d = 2 \times -35° = -70°$. L'intersection de cette ligne avec le cercle de Mohr constitue un point dont les coordonnées sont les suivantes :

$\lambda' = 1.08$
$\gamma/\lambda = -0.9$

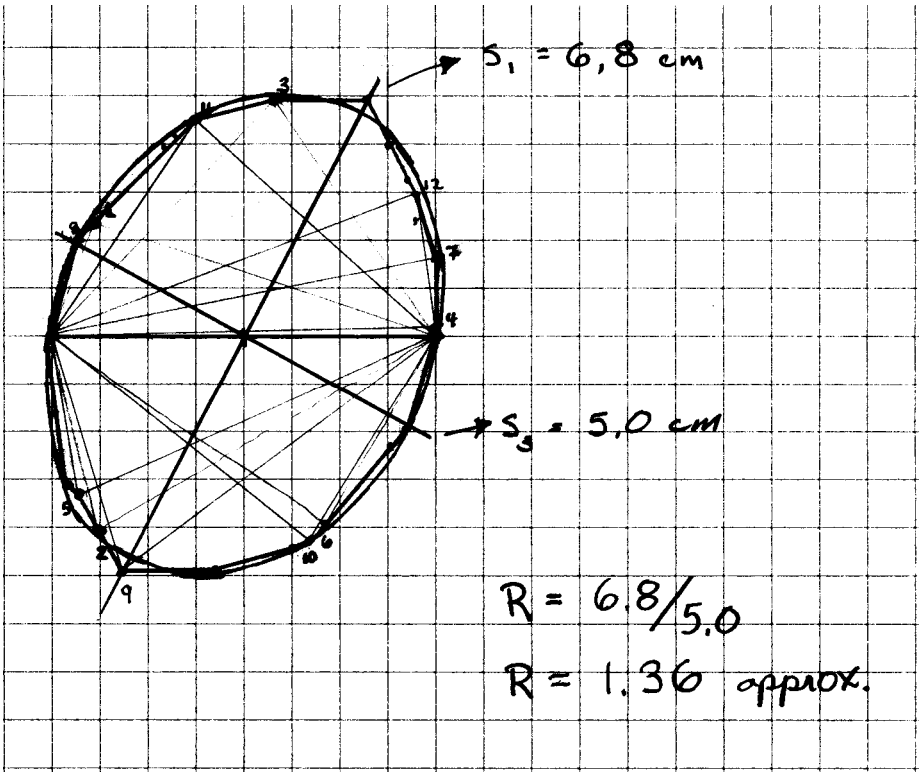
Ainsi, on peut obtenir l'étirement de la façon suivante : $\lambda' = 1/\lambda = 1/S^2$. Donc $S = \sqrt{1/\lambda'}$, soit $S = \sqrt{1/1.08} = 0.96$.

On peut ensuite calculer gamma puisque l'on connait le rapport γ/λ ainsi que λ qui est donné par $\lambda = 1/\lambda'$. Ainsi, $\lambda = 1/1.08 = 0.93$. On obtient maintenant $\gamma = (\gamma/\lambda)\lambda = -0.9 \times 0.93 = -0.84$. On calcule enfin ψ qui est donné par $\psi = \text{atan}(\gamma) = \text{atan}(-0.84) = -40.3°$.


1
0.5
0
-0.5
-1
γ/λ
C
0
λ'1
0.5
1
1.5
2
λ'3
2.5
λ'
2θd = 2 × -35°
= -70°

EXERCICE 3: La méthode de Wellman

Questions 1 à 4 :



$R = S_1/S_3 = 6.8/5 = 1,36$

5. Peut-on déduire les directions principales de déformation (S_1 et S_3) sans procéder par la méthode de Wellman, simplement en examinant les fossiles déformés?

   C'est possible mais très approximatif. De plus, la déformation n'est pas très prononcée.