

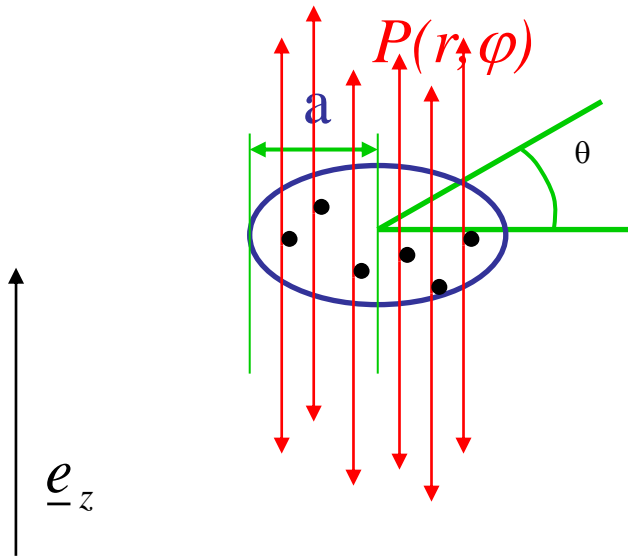
Stockage de CO₂ en sous sol profond

Alain Ehrlacher

Dans ce problème on souhaite stocker du CO₂ sous forme liquide dans une fissure plane circulaire, de très grand rayon a , de normale \underline{e}_z , dans un massif infini de roche.

On rappelle qu'une telle fissure soumise à un chargement sur les lèvres de la fissure, dont le vecteur contrainte est $P(r, \varphi)\underline{e}_z$ sur la lèvre supérieure et $-P(r, \varphi)\underline{e}_z$ sur la lèvre inférieure (voir figure ci-dessous) s'ouvre en mode I en tous les points du front.

Figure 1



On rappelle que sous ce chargement le facteur d'intensité de contrainte sur les différents points du front de la fissure est donné par

$$K_I(\theta) = \int_0^{2\pi} \int_0^a \left[\frac{P(r, \varphi) \sqrt{a^2 - r^2}}{\pi \sqrt{\pi a} [a^2 + r^2 - 2ar \cos(\theta - \varphi)]} \right] r dr d\varphi \quad (1)$$

Nous allons ci-dessous étudier la pertinence et l'efficacité de l'injection dans la fissure de CO₂ sous forme liquide pour le stocker.

On suppose que le CO₂ sous forme liquide envahi toute la fissure et que sa pression est uniforme. Ainsi $P(r, \varphi)$ est uniforme égale à la pression P .

$$P(r, \varphi) = P$$

Sous ce chargement axisymétrique le facteur d'intensité de contrainte est indépendant de θ .

1/ Retrouvez à l'aide de l'équation 1, en présentant le calcul de manière rigoureuse et claire, que

$$K_I = 2P \sqrt{\frac{a}{\pi}}$$

Pour cela on pourra admettre que $\int_0^\pi \left[\frac{1}{[a^2 + r^2 - 2ar \cos(\varphi)]} \right] d\varphi = \frac{\pi}{a^2 - r^2}$

2/ Sous ce chargement le déplacement vertical de la lèvres supérieure de la fissure est donné par :

$$w_p(r) = \frac{\lambda + 2\mu}{\mu(\lambda + \mu)} \frac{a}{\pi} P \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}$$

Montrez que le volume de CO₂ dans la fissure est :

$$V(P) = \frac{4}{3} a^3 \frac{\lambda + 2\mu}{\mu(\lambda + \mu)} P$$

3/ La ténacité de la roche est K_I^c , la longueur initiale de fissure est a_0 .

Pour quel volume $V(a_0)$ de CO₂ liquide injecté dans la fissure et quelle pression $P(a_0)$ la fissure commence-t-elle à se propager ?

4/ On injecte un volume V de CO₂ liquide supérieur à $V(a_0)$. Quelle est la longueur de la fissure obtenue ? Comment évolue la pression $P(V)$?

5/ On suppose que le CO₂ liquide se vaporise si la pression devient inférieure à P_{vap} .

Quel volume maximal V_{max} de CO₂ liquide peut on stocker dans cette fissure ?