Découplage de calcul de pression-saturation dans un bassin sédimentaire

Philippe Al Khoury
Sylvie WOLF, Françoise WILLIEN, Isabelle FAILLE

Institut Français du Pétrole

Milieux poreux, réservoirs, bassins sédimentaires

Plan

1. **Bassin sédimentaire**
   - Motivation
   - Exemple
2. **Migration des hydrocarbures**
   - Eléments du problème
   - Systèmes couplé et découplé
   - Bilans couplé et découplé
3. **Résolution**
   - Discrétisation
   - Résolution par VF
4. **Résultats Numériques**
   - Résolution couplée
   - Résolution découplée
5. **Remarques**

Plan

1. **Bassin sédimentaire**
   - Motivation
   - Exemple
2. **Migration des hydrocarbures**
   - Eléments du problème
   - Systèmes couplé et découplé
   - Bilans couplé et découplé
3. **Résolution**
   - Discrétisation
   - Résolution par VF
4. **Résultats Numériques**
   - Résolution couplée
   - Résolution découplée
5. **Remarques**

Elements du problème

Objectif

Simulation de l'évolution d'un bassin sédimentaire au cours du temps (centaine de Ma).

Phénomènes

- Formation et compaction des couches géologiques (Lithologie).
- Formation et migration des hydrocarbures.
  - Température du bassin.
  - Craquage des matières organiques.
  - Pression et saturation des fluides.

Difficulté principale

- Modèles couplés et non linéaires.

Elements du problème

Objectif

Simulation de l'évolution d'un bassin sédimentaire au cours du temps (centaine de Ma).

Phénomènes

- Formation et compaction des couches géologiques (Lithologie).
- Formation et migration des hydrocarbures.
  - Temperature du bassin.
  - Craquage des matières organiques.
  - Pression et saturation des fluides.

Difficulté principale

- Modèles couplés et non linéaires.

Elements du problème

Objectif

Simulation de l'évolution d'un bassin sédimentaire au cours du temps (centaine de Ma).

Phénomènes

- Formation et compaction des couches géologiques (Lithologie).
- Formation et migration des hydrocarbures.
  - Temperature du bassin.
  - Craquage des matières organiques.
  - Pression et saturation des fluides.

Difficulté principale

- Modèles couplés et non linéaires.

Elements du problème

Objectif

Simulation de l'évolution d'un bassin sédimentaire au cours du temps (centaine de Ma).

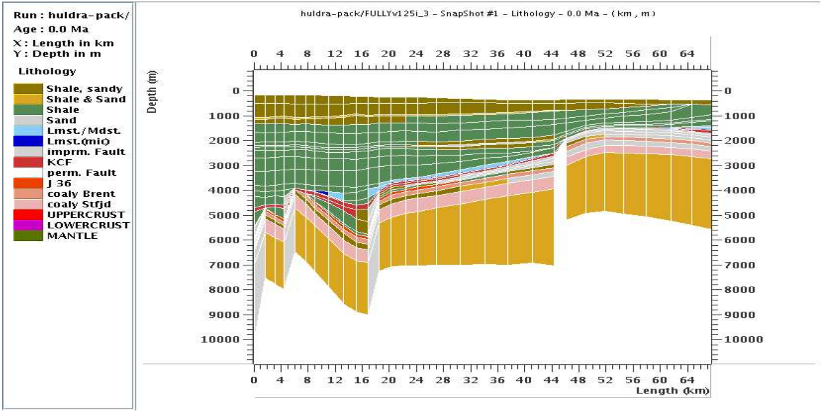
Phénomènes

- Formation et compaction des couches géologiques (Lithologie).
- Formation et migration des hydrocarbures.
  - Température du bassin.
  - Craquage des matières organiques.
  - Pression et saturation des fluides.

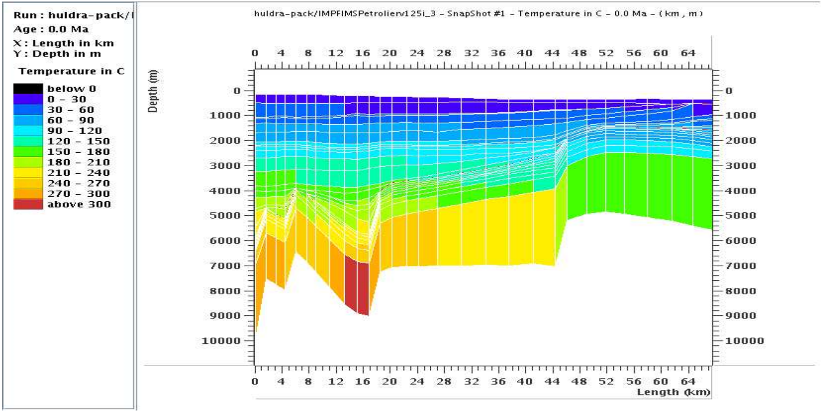
Difficulté principale

- Modèles couplés et non linéaires.

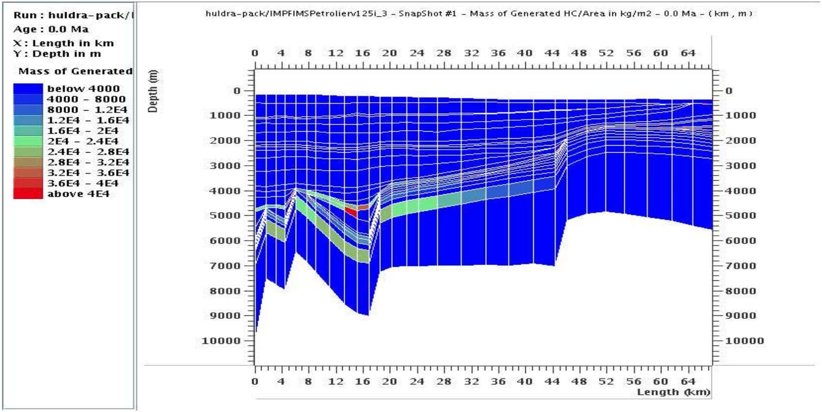
Lithologie


Run : huldra-pack/
Age : 0.0 Ma
X : Length in km
Y : Depth in m
Lithology
Shale, sandy
Shale & Sand
Shale
Sand
Lmst./Mdst.
Lmst.(mic)
imprm. Fault
KCF
perm. Fault
J 36
coaly Brent
coaly Stfjd
UPPERCRUST
LOWERCRUST
MANTLE
huldra-pack/FULLYv125i_3 – SnapShot #1 – Lithology – 0.0 Ma – (km , m)
Depth (m)
Length (km)
0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60 64
0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

Temperature



Génération des hydrocarbures



Plan

1. Bassin sédimentaire
   - Motivation
   - Exemple
2. Migration des hydrocarbures
   - Eléments du problème
   - Systèmes couplé et découplé
   - Bilans couplé et découplé
3. Résolution
   - Discrétisation
   - Résolution par VF
4. Résultats Numériques
   - Résolution couplée
   - Résolution découplée
5. Remarques

Points principaux

Objectif

- Simulation d'ecoulement diphasique non compositionnel dans une géométrie variable.

Lois

- Elasto-viscoplasticité.
- Equilibre mécanique du bassin.
- Conservation de masse.
- Vitesse de Darcy généralisée.

Inconnues

- Contrainte σ, porosité ϕ, pression P_w ou $P_f = S_w P_w + S_o P_o$. $R = (\phi, P_f, \sigma)$.
- Saturations S_w, S_o. $S = (S_w, S_o)$.

Points principaux

Objectif

- Simulation d'ecoulement diphasique non compositionnel dans une géométrie variable.

Lois

- Elasto-viscoplasticité.
- Equilibre mécanique du bassin.
- Conservation de masse.
- Vitesse de Darcy généralisée.

Inconnues

- Contrainte σ, porosité ϕ, pression P_w ou $P_f = S_w P_w + S_o P_o$. $R = (\phi, P_f, \sigma)$.
- Saturations S_w, S_o. $S = (S_w, S_o)$.

Points principaux

Objectif

- Simulation d'ecoulement diphasique non compositionnel dans une géométrie variable.

Lois

- Elasto-viscoplasticité.
- Equilibre mécanique du bassin.
- Conservation de masse.
- Vitesse de Darcy généralisée.

Inconnues

- Contrainte σ, porosité ϕ, pression P_w ou $P_f = S_w P_w + S_o P_o$. $R = (\phi, P_f, \sigma)$.
- Saturations S_w, S_o. $S = (S_w, S_o)$.

Découplage pression-saturation

Cas général $\rho_w = \rho_w(P_w, T)$, $\rho_o = \rho_o(P_o, T)$,
$(\rho_f = S_w \rho_w + S_o \rho_o)$.

Découplage pression-saturation

Cas général $\rho_w = \rho_w(P_w, T)$, $\rho_o = \rho_o(P_o, T)$, $(\rho_f = S_w\rho_w + S_o\rho_o)$.

$$(F) \quad \begin{cases} \dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial \sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma \\ \dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(\rho_w S_w \phi) + div(\rho_w S_w \phi \overrightarrow{V_w}) = \rho_w q_w, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(\rho_o S_o \phi) + div(\rho_o S_o \phi \overrightarrow{V_o}) = \rho_o q_o, \\ S_w + S_o = 1. \end{cases}$$

$$\overrightarrow{U_\alpha} = \phi S_\alpha(\overrightarrow{V_\alpha} - \overrightarrow{V_s}) = -\eta_\alpha \overset{=}{K} (\nabla P_\alpha - \rho_\alpha g \nabla z), \ \alpha \in \{w, o\}.$$

Découplage pression-saturation

Cas particulier ρ_w et ρ_o sont constantes.

$$
(F) \qquad \begin{cases}
\dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial\sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma \\
\dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\
\dfrac{\partial}{\partial t}(\rho_w S_w \phi) + div(\rho_w S_w \phi \overrightarrow{V_w}) = \rho_w q_w, \\
\dfrac{\partial}{\partial t}(\rho_o S_o \phi) + div(\rho_o S_o \phi \overrightarrow{V_o}) = \rho_o q_o, \\
S_w + S_o = 1.
\end{cases}
$$

Découplage pression-saturation

Cas particulier ρ_w et ρ_o sont constantes.

$$(F) \quad \begin{cases} \dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial\sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma, \\ \dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(S_w\phi) + div(S_w\phi\overrightarrow{V_w}) = q_w, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(S_o\phi) + div(S_o\phi\overrightarrow{V_o}) = q_o, \\ S_w + S_o = 1. \end{cases}$$

Découplage pression-saturation

Réécriture par la vitesse totale $\overrightarrow{V_T} = S_w \overrightarrow{V_w} + S_o \overrightarrow{V_o}$

$$(F) \qquad \begin{cases} \dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial \sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma, \\ \dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\ \dfrac{\partial \phi}{\partial t} + div(\phi\overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(S_o\phi) + div(S_o\phi\overrightarrow{V_o}) = q_o, \\ S_w + S_o = 1. \end{cases}$$

$$\overrightarrow{U_T} = \overrightarrow{U_o} + \overrightarrow{U_w}.$$

Découplage pression-saturation

Découplage :

$$(G) \quad \begin{cases} \dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial\sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma, \\ \dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\ \dfrac{\partial\phi}{\partial t} + div(\phi\overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o. \end{cases}$$

$$(H) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial t}(S_o\phi) + div(S_o\phi\overrightarrow{V_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

Découplage pression-saturation

Découplage :

$$
(G)\quad \begin{cases}
\dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial\sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma, \\
\dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\
\dfrac{\partial\phi}{\partial t} + div(\phi\overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o.
\end{cases}
$$

$$
(H)\quad \begin{cases}
\dfrac{\partial}{\partial t}(S_o\phi) + div(S_o\phi\overrightarrow{V_o}) = q_o, \\
S_o + S_w = 1.
\end{cases}
$$

$$
\overrightarrow{U_o} = \frac{\eta_o}{\eta_T}\left[\overrightarrow{U_T} + \eta_w(\rho_o - \rho_w)\,\overline{\overline{K}}\,g\nabla z + \overline{\overline{K}}\,\eta_w(\nabla Pc_w - \nabla Pc_o)\right].
$$

Découplage pression-saturation

Découplage :

$$(G) \quad \begin{cases} \dfrac{d\phi}{dt} = -\beta(\phi,\sigma)\dfrac{\partial\sigma}{\partial t} - \alpha(\phi,\sigma)\sigma, \\ \dfrac{\partial}{\partial z}(\sigma + P_f) = (\phi\rho_f + (1-\phi)\rho_s)g, \\ \dfrac{\partial\phi}{\partial t} + div(\phi\overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o. \end{cases}$$

$$(H) \quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial t}(S_o\phi) + div(S_o\phi\overrightarrow{V_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

Bilans

$$R^n = R(t^n),\ S^n = S(t^n),\ R^{n+1} = R(t^{n+1}),\ S^{n+1} = S(t^{n+1}).$$

- Résolution couplée, (R^{n+1}, S^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \quad (1)$$

- Résolution découplée, (R_D^{n+1}, S_D^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S^n\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \quad (2)$$

- Avantages du découplage

Bilans

$$R^n = R(t^n), S^n = S(t^n), R^{n+1} = R(t^{n+1}), S^{n+1} = S(t^{n+1}).$$

- Résolution couplée, (R^{n+1}, S^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \tag{1}$$

- Résolution découplée, (R_D^{n+1}, S_D^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S^n\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \tag{2}$$

- Avantages du découplage

Bilans

$$R^n = R(t^n),\ S^n = S(t^n),\ R^{n+1} = R(t^{n+1}),\ S^{n+1} = S(t^{n+1}).$$

- Résolution couplée, (R^{n+1}, S^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \tag{1}$$

- Résolution découplée, (R_D^{n+1}, S_D^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S^n\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \tag{2}$$

- Avantages du découplage

  Pas de besoin des dérivées $\dfrac{\partial G}{\partial S}, \dfrac{\partial H}{\partial R}$

Bilans

$$R^n = R(t^n),\ S^n = S(t^n),\ R^{n+1} = R(t^{n+1}),\ S^{n+1} = S(t^{n+1}).$$

- Résolution couplée, (R^{n+1}, S^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \quad (1)$$

- Résolution découplée, (R_D^{n+1}, S_D^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S^n\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \quad (2)$$

- Avantages du découplage
  Remplacement du système couplé par deux sous systèmes de taille inférieure.

Bilans

$$R^n = R(t^n),\ S^n = S(t^n),\ R^{n+1} = R(t^{n+1}),\ S^{n+1} = S(t^{n+1}).$$

- Résolution couplée, (R^{n+1}, S^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \qquad (1)$$

- Résolution découplée, (R_D^{n+1}, S_D^{n+1}) :

$$\begin{pmatrix} G\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S^n\right) \\ H\left(t^n, R^n, S^n; t^{n+1}, R, S\right) \end{pmatrix} = 0. \qquad (2)$$

- Avantages du découplage
  Réduction de la non linéarité du problème.

Plan

1. Bassin sédimentaire
   - Motivation
   - Exemple
2. Migration des hydrocarbures
   - Eléments du problème
   - Systèmes couplé et découplé
   - Bilans couplé et découplé
3. **Résolution**
   - Discrétisation
   - Résolution par VF
4. Résultats Numériques
   - Résolution couplée
   - Résolution découplée
5. Remarques

Système de pression-saturation

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \phi}{\partial t} + div(\phi \overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(S_o \phi) + div(S_o \phi \overrightarrow{V_o}) = q_o. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}\displaystyle\int_{\Omega_k} \phi + \int_{\partial\Omega_k} \overrightarrow{U_T}.\overrightarrow{n} = \int_{\Omega_k} q_w + q_o. \\ \dfrac{d}{dt}\displaystyle\int_{\Omega_k} S_o \phi + \int_{\partial\Omega_k} \overrightarrow{U_o}.\overrightarrow{n} = \int_{\Omega_k} q_o. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mathrm{vol}_k^{n+1}\phi_k^{n+1} - \mathrm{vol}_k^n \phi_k^n & \\ +\Delta t^n \sum_{\delta\in\partial\Omega_k} A(\delta) U_{T,\delta}^{n+1,n} - \Delta t^n (Q_{w,k} + Q_{o,k}) & = 0. \\ \mathrm{vol}_k^{n+1} S_{o,k}^{n+1}\phi_k^{n+1} - \mathrm{vol}_k^n S_{o,k}^n \phi_k^n & \\ +\Delta t^n \sum_{\delta\in\partial\Omega_k} A(\delta) U_{o,\delta}^{n+1,n+1} - \Delta t^n Q_{o,k} & = 0. \end{cases}$$

Système de pression-saturation

$$
\begin{cases}
\dfrac{\partial \phi}{\partial t} + div(\phi \overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o, \\
\dfrac{\partial}{\partial t}(S_o \phi) + div(S_o \phi \overrightarrow{V_o}) = q_o.
\end{cases}
$$

$$
\begin{cases}
\dfrac{d}{dt} \displaystyle\int_{\Omega_k} \phi + \int_{\partial \Omega_k} \overrightarrow{U_T} . \overrightarrow{n} = \int_{\Omega_k} q_w + q_o. \\
\dfrac{d}{dt} \displaystyle\int_{\Omega_k} S_o \phi + \int_{\partial \Omega_k} \overrightarrow{U_o} . \overrightarrow{n} = \int_{\Omega_k} q_o.
\end{cases}
$$

$$
\begin{cases}
\mathrm{vol}_k^{n+1} \phi_k^{n+1} - \mathrm{vol}_k^n \phi_k^n \\
+\Delta t^n \sum_{\delta \in \partial \Omega_k} A(\delta) U_{T,\delta}^{n+1,n} - \Delta t^n (Q_{w,k} + Q_{o,k}) \quad = \quad 0. \\
\mathrm{vol}_k^{n+1} S_{o,k}^{n+1} \phi_k^{n+1} - \mathrm{vol}_k^n S_{o,k}^n \phi_k^n \\
+\Delta t^n \sum_{\delta \in \partial \Omega_k} A(\delta) U_{o,\delta}^{n+1,n+1} - \Delta t^n Q_{o,k} \quad = \quad 0.
\end{cases}
$$

Système de pression-saturation

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{\partial\phi}{\partial t} + div(\phi\overrightarrow{V_T}) = q_w + q_o, \\ \dfrac{\partial}{\partial t}(S_o\phi) + div(S_o\phi\overrightarrow{V_o}) = q_o. \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{l} \dfrac{d}{dt}\displaystyle\int_{\Omega_k}\phi + \int_{\partial\Omega_k}\overrightarrow{U_T}.\overrightarrow{n} = \int_{\Omega_k} q_w + q_o. \\ \dfrac{d}{dt}\displaystyle\int_{\Omega_k} S_o\phi + \int_{\partial\Omega_k}\overrightarrow{U_o}.\overrightarrow{n} = \int_{\Omega_k} q_o. \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{lcl} \mathrm{vol}_k^{n+1}\,\phi_k^{n+1} - \mathrm{vol}_k^n\,\phi_k^n & & \\ +\Delta t^n \sum_{\delta\in\partial\Omega_k} A(\delta)U_{T,\delta}^{n+1,n} - \Delta t^n(Q_{w,k}+Q_{o,k}) & = & 0. \\ \mathrm{vol}_k^{n+1}\,S_{o,k}^{n+1}\phi_k^{n+1} - \mathrm{vol}_k^n\,S_{o,k}^n\phi_k^n & & \\ +\Delta t^n \sum_{\delta\in\partial\Omega_k} A(\delta)U_{o,\delta}^{n+1,n+1} - \Delta t^n Q_{o,k} & = & 0. \end{array}\right.$$

Propriétés théoriques

ϕ constante, $\overrightarrow{V_s} = 0$, maillage fixe (réservoir).

$$\begin{cases} div(\overrightarrow{U_T}) = q_w + q_o, \\ \phi \dfrac{\partial S_o}{\partial t} + div(\overrightarrow{U_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

- Majoration L^2 de la pression.
- Existence d'une solution discrète du système découplé.
- Stabilité L^∞ du schéma sous une condition CFL.
- Convergence au sens faible (Pb : non linéarite ...).

Sinon :

$\boxed{?}$

Propriétés théoriques

ϕ constante, $\overrightarrow{V_s} = 0$, maillage fixe (réservoir).

$$\begin{cases} div(\overrightarrow{U_T}) = q_w + q_o, \\ \phi \dfrac{\partial S_o}{\partial t} + div(\overrightarrow{U_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

- Majoration L^2 de la pression.
- Existence d'une solution discrète du système découplé.
- Stabilité L^∞ du schéma sous une condition CFL.
- Convergence au sens faible (Pb : non linéarite ...).

Sinon :

?

Propriétés théoriques

ϕ constante, $\overrightarrow{V_s} = 0$, maillage fixe (réservoir).

$$\begin{cases} div(\overrightarrow{U_T}) = q_w + q_o, \\ \phi \dfrac{\partial S_o}{\partial t} + div(\overrightarrow{U_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

- Majoration L^2 de la pression.
- Existence d'une solution discrète du système découplé.
- Stabilité L^∞ du schéma sous une condition CFL.
- Convergence au sens faible (Pb : non linéarite ...).

Sinon :

?

Propriétés théoriques

ϕ constante, $\overrightarrow{V_s} = 0$, maillage fixe (réservoir).

$$\begin{cases} div(\overrightarrow{U_T}) = q_w + q_o, \\ \phi \dfrac{\partial S_o}{\partial t} + div(\overrightarrow{U_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

- Majoration L^2 de la pression.
- Existence d'une solution discrète du système découplé.
- Stabilité L^∞ du schéma sous une condition CFL.
- Convergence au sens faible (Pb : non linéarite ...).

Sinon :

$$\boxed{\quad ? \quad}$$

Propriétés théoriques

ϕ constante, $\overrightarrow{V_s} = 0$, maillage fixe (réservoir).

$$\begin{cases} div(\overrightarrow{U_T}) = q_w + q_o, \\ \phi \dfrac{\partial S_o}{\partial t} + div(\overrightarrow{U_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

- Majoration L^2 de la pression.
- Existence d'une solution discrète du système découplé.
- Stabilité L^∞ du schéma sous une condition CFL.
- Convergence au sens faible (Pb : non linéarite ...).

Sinon :

?

Propriétés théoriques

ϕ constante, $\overrightarrow{V_s} = 0$, maillage fixe (réservoir).

$$\begin{cases} div(\overrightarrow{U_T}) = q_w + q_o, \\ \phi \dfrac{\partial S_o}{\partial t} + div(\overrightarrow{U_o}) = q_o, \\ S_o + S_w = 1. \end{cases}$$

- Majoration L^2 de la pression.
- Existence d'une solution discrète du système découplé.
- Stabilité L^∞ du schéma sous une condition CFL.
- Convergence au sens faible (Pb : non linéarite ...).

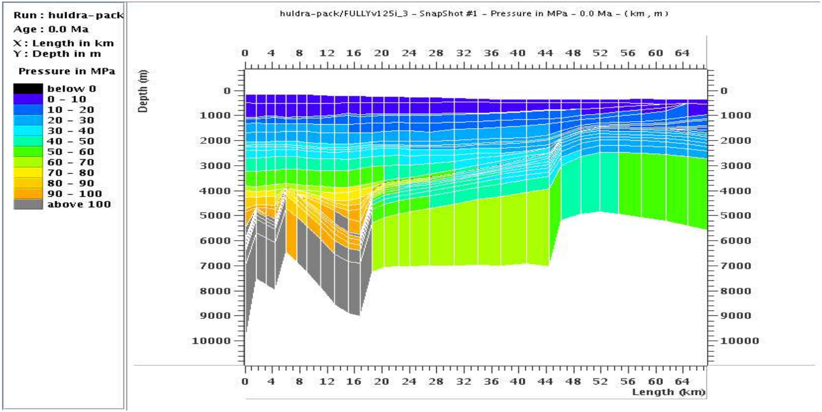
Sinon :

$$\boxed{\quad ? \quad}$$

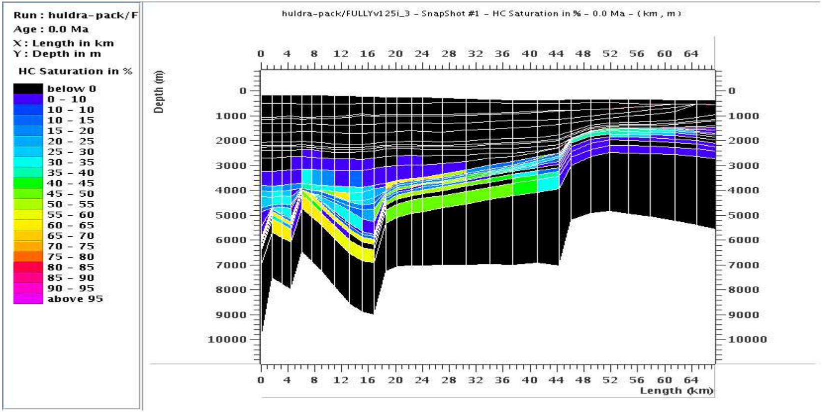
Plan

1. Bassin sédimentaire
   - Motivation
   - Exemple
2. Migration des hydrocarbures
   - Eléments du problème
   - Systèmes couplé et découplé
   - Bilans couplé et découplé
3. Résolution
   - Discrétisation
   - Résolution par VF
4. **Résultats Numériques**
   - **Résolution couplée**
   - **Résolution découplée**
5. Remarques

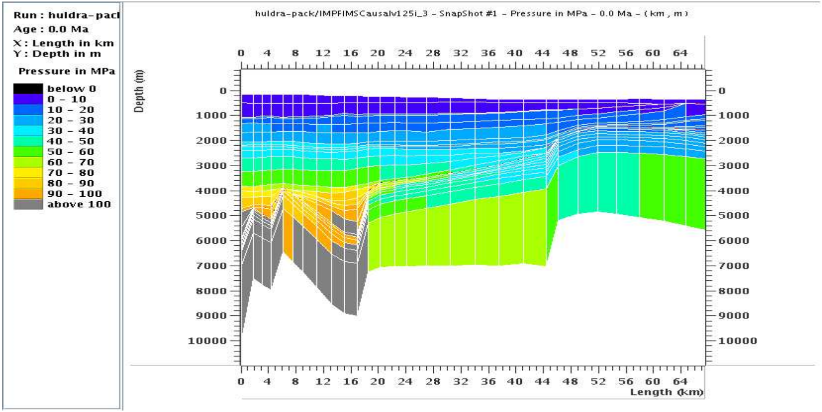
Pression


Run : huldra-pack
Age : 0.0 Ma
X : Length in km
Y : Depth in m
Pressure in MPa
below 0
0 – 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 80
80 – 90
90 – 100
above 100
huldra-pack/FULLYv125i_3 – SnapShot #1 – Pressure in MPa – 0.0 Ma – (km , m)
Depth (m)
Length (km)
0
4
8
12
16
20
24
28
32
36
40
44
48
52
56
60
64
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000

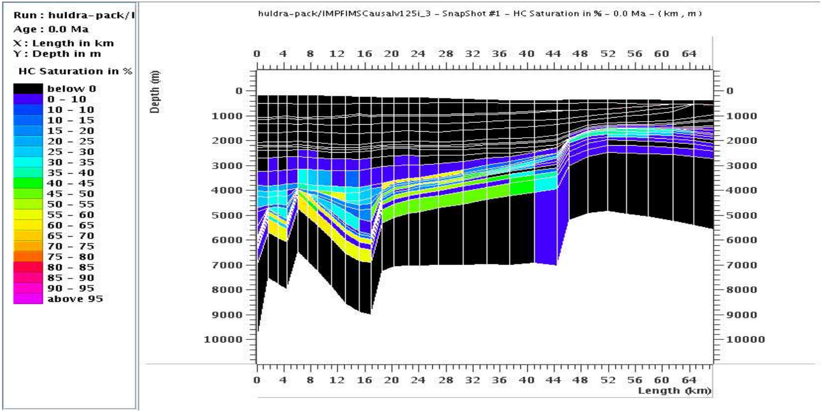
Saturation d'huile



Pression


Run : huldra-pacl
Age : 0.0 Ma
X : Length in km
Y : Depth in m
Pressure in MPa
below 0
0 – 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 80
80 – 90
90 – 100
above 100
huldra-pack/IMPFIMSCausalv125i_3 – SnapShot #1 – Pressure in MPa – 0.0 Ma – (km , m)
Depth (m)
Length (km)

Saturation d'huile



Plan

1. Bassin sédimentaire
   - Motivation
   - Exemple
2. Migration des hydrocarbures
   - Eléments du problème
   - Systèmes couplé et découplé
   - Bilans couplé et découplé
3. Résolution
   - Discrétisation
   - Résolution par VF
4. Résultats Numériques
   - Résolution couplée
   - Résolution découplée
5. Remarques

Comportement numérique du découplage

- L'erreur sur la pression est essentiellement dans les régions de forte pression.
- L'erreur sur les saturations est essentiellement sur le front de migration.
- Moins d'itération de Newton (et de solveur linéaire).

Comportement numérique du découplage

- L'erreur sur la pression est essentiellement dans les régions de forte pression.
- L'erreur sur les saturations est essentiellement sur le front de migration.
- Moins d'itération de Newton (et de solveur linéaire).

Comportement numérique du découplage

- L'erreur sur la pression est essentiellement dans les régions de forte pression.
- L'erreur sur les saturations est essentiellement sur le front de migration.
- Moins d'itération de Newton (et de solveur linéaire).