

Simulation de problèmes couplés d'hydro-géologie :

Utilisation d'une grille de calcul et du modèle de composants logiciels

E. CANOT, J. ERHEL / projet Aladin (INRIA Rennes)

1

Introduction :

un modèle complexe d'hydrogéologie

écoulement transport chimie

maillage visualisation

2

Exemple : Défi Couplex

- stockage profond des déchets nucléaires
- diffusion et transport de radio-nucléides dans le sous-sol

3

Choix d'une grille de calcul :

motivations

- 3D, transitoire, syst. lin. creux, multi-physique
- ressources (CPU, mémoire)

4

Buts du projet HYDROGRID

- écoulement et transport de polluants dans le sous-sol (milieu poreux)
- couplages (écoulement – transport – chimie, fractures – écoulement)
- parallélisation des codes individuels
- mise en oeuvre sur une grille
- liens entre couplage numérique et couplage informatique

5

Partenaires Hydrogrid

Aladin : INRIA Rennes (J. Erhel, E. Canot, H. Mustapha, C. de Dieuleveult)

Estime : INRIA Rocquencourt (M. Kern)

Paris : INRIA Rennes (C. Perez, A. Ribes)

Ascii : INRIA Rennes (H. Leroy)

TPC : Géosciences Univ. Rennes (Ph. Davy, J.-R. de Dreuzy)

HTMP : IMFS Univ. Strasbourg (Ph. Ackerer, J. Carrayrou)

6

Applications Hydrogrid

- intrusion d'eau salée
- chimie et transport réactif
- réseaux fracturés

7

Outils Hydrogrid

- modèle de programmation GRID-RMI :
 - parallélisme et modèle distribué
- utilisation transparente du réseau (Padico™)
- échange de « gros » objets (maillage, matrices)
- composants logiciels distribués (GridCCM) :
 - composants parallèles (comm. interne avec MPI)
 - couplage avec CORBA

8

Plan

- Introduction (exemple, motivations, grille et composants)
- 1- Distribution et couplage de composants logiciels
 - 3 applications multi-composants
- 2- Composants parallèles outils
- Conclusion

9

1ère Partie

Distribution de composants logiciels

10

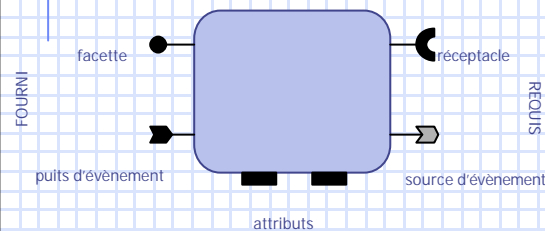
Les composants logiciels

- limites des objets
- ré-utilisation
- propriétés :
 - encapsule : codes binaires + dép. lib.
 - unité de déploiement ind.
 - rôle premier : être composé
- implémentations :
 - EJB (Java), .NET, CCM (C++)

11

Les composants logiciels (suite)

- CORBA 2 : modèle orienté objet distribué
- CORBA 3
 - CCM (juillet 2002)



12

Stratégie générale

- chaque phénomène physique : code spécifique
- propre environnement
 - schémas appropriés aux bilans de conservation
 - chaque code devient un composant indépendant pour l'application
 - définir l'interface : maintenance facilité

un code = un composant logiciel

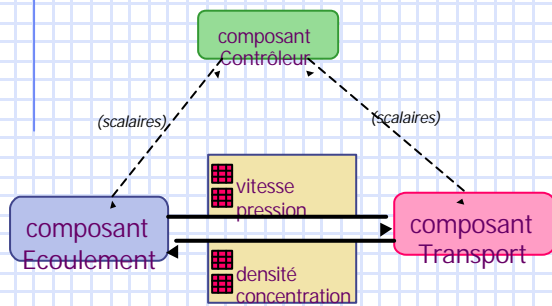
13

Intrusion d'eau salée : présentation

- pollution des nappes phréatiques
- 2 phénomènes physiques :
 - écoulement en milieu poreux (saturé)
 - transport d'un soluté (le sel dissous)
- couplage par le soluté :
 - modifications des propriétés physiques de la phase porteuse (eau)
 - EDP non linéaires couplées

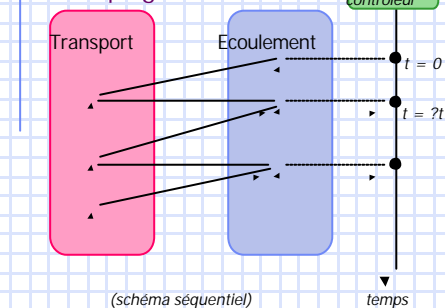
14

Intrusion d'eau salée : composants



15

Intrusion d'eau salée : couplage

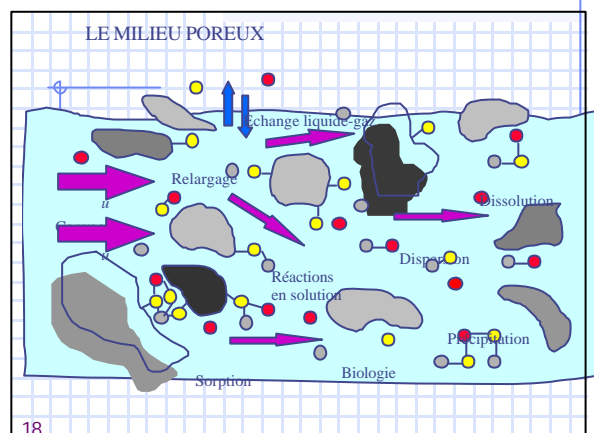


16

b) Transport réactif : présentation

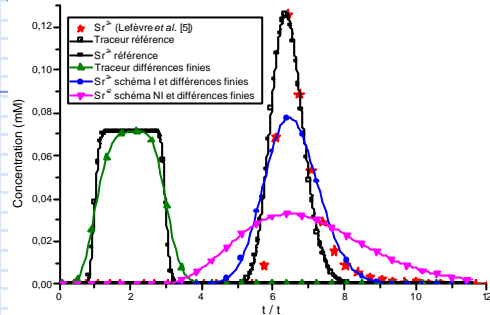
- pollution des nappes phréatiques :
 - chimie : nombreuses espèces, 2 phases
- phénomènes physiques :
 - équilibre chimique instantané
 - transport des espèces
- couplage par les concentrations :
 - transport des solutés en phase liquide
 - réactions entre solutés et précipités
 - EDP non linéaire couplée à équ. algébrique

17



18

b) Transport réactif : exemple Calcium-Strontium



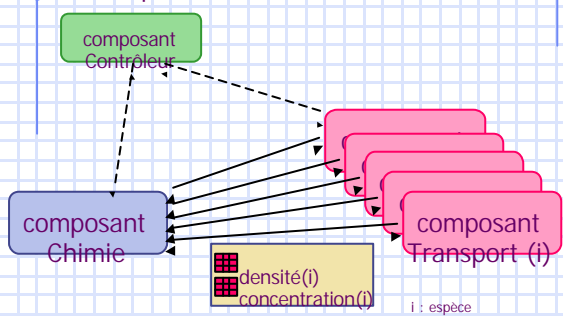
19

b) Transport réactif : modèle

- équilibre chimique instantané -
résolution en chaque point :
 - convergence délicate
 - méthodes spécifiques (fractions continues positives)
- transport : résolution des fronts (EF discontinus) / Convection + Diffusion
- vérifications : bilans de masse

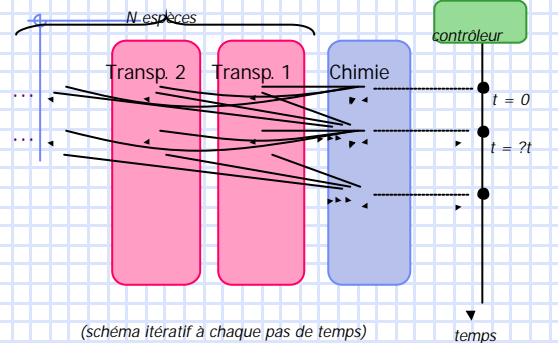
20

b) Transport réactif : composants



21

b) Transport Réactif : couplage



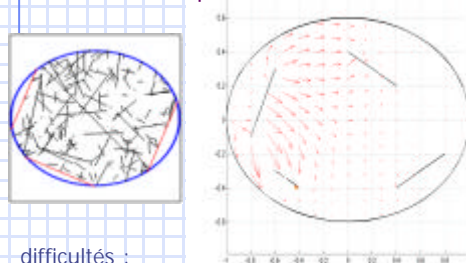
22

c) Réseau de fractures : présentation

- réseau 3D de fractures planes elliptiques
- écoulement dans chaque plan de fracture
- couplage géométrique par les liens entre les fractures

23

c) Réseau de fractures : caractéristiques



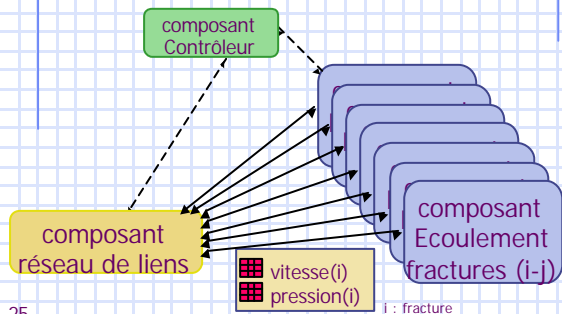
difficultés :

- grand nombre d'intersections
- qualité du maillage (petits angles)

24

c) Réseau de fractures :

composants



25

2ème Partie

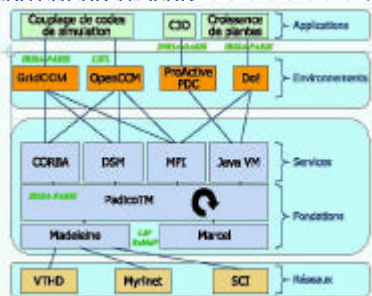
Composants logiciels parallèles

26

Les composants parallèles

- encapsuler du code parallèle
- accès concurrent au réseau

GridCCM
(prototype
PARIS-INRIA)

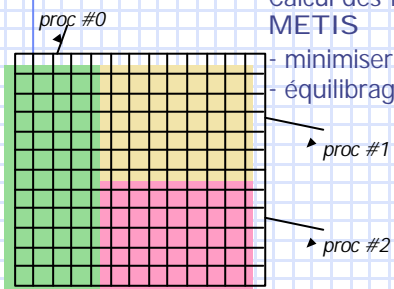


27

Sous-domaines

Calcul des matrices :
METIS

- minimiser les interfaces
- équilibrage



28

Résolution des systèmes linéaires

- Composants : Ecoulement, Transport
- MUMPS : solveur multi-frontal (creux)
 - ordonnancement
 - lien à faire avec le découpage de METIS

29

Chimie :

- parallélisme par le choix du modèle (équilibre chimique instantané)
- calcul indépendant en chaque point du maillage
- pb d'équilibrage de charge

30

Réseau de fractures

- parallélisme par le choix du modèle :
 - 1 composant = écoulement dans plusieurs fractures
 - écoulement indépendant dans les fractures
- pb. d'équilibrage de charge (topologie des fractures)

31

Conclusion

- applications hydrogrid : bons cas-tests
- couplage entre des codes existants
- avantages des composants parallèles
- autres outils ? (distributions des données, équilibrage de charge, ressources hétérogènes)
- perspectives :
 - passage à l'échelle
 - multi-couplage

32