

Présentation des calculs de sûreté



Présentation d'Alliances au GdR MOMAS Le 7 octobre 2004

R. MIGUEZ et L. LOTH
(Andra – Direction Scientifique – Service Calcul Scientifique)

Présentation des calculs de sûreté



Plan de la présentation



Introduction

Modélisation physique et mathématique

Modélisation numérique

Mise en oeuvre avec Alliances.

Présentation des calculs de sûreté



Introduction

Objectif :

Quantifier, par la modélisation numérique, l'impact radiologique (débit molaire, dose à l'homme), d'un éventuel stockage de déchets radioactifs sur le site de Bure (Meuse/Haute-Marne).

Processus préalable :

Choix des scénarios

Conceptualisation phénoménologique

Conceptualisation numérique



Présentation des calculs de sûreté

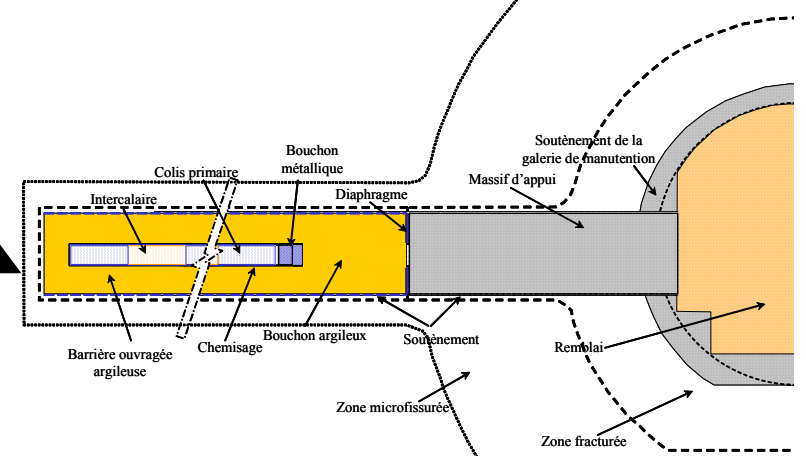
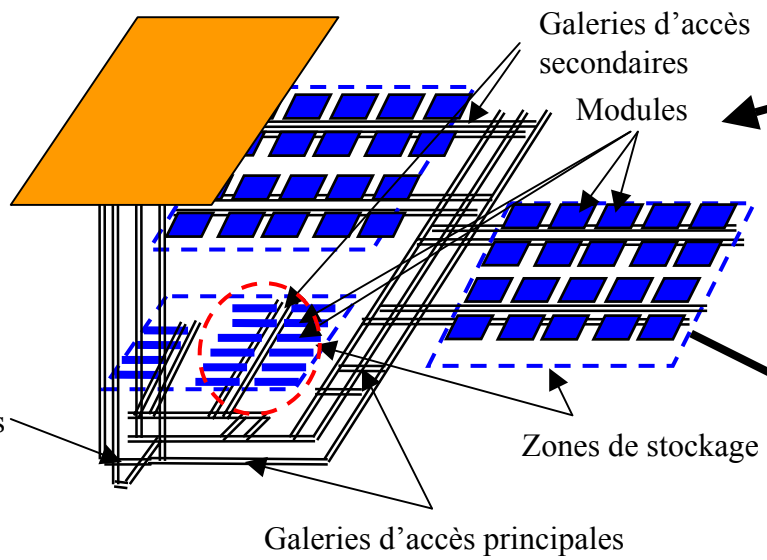
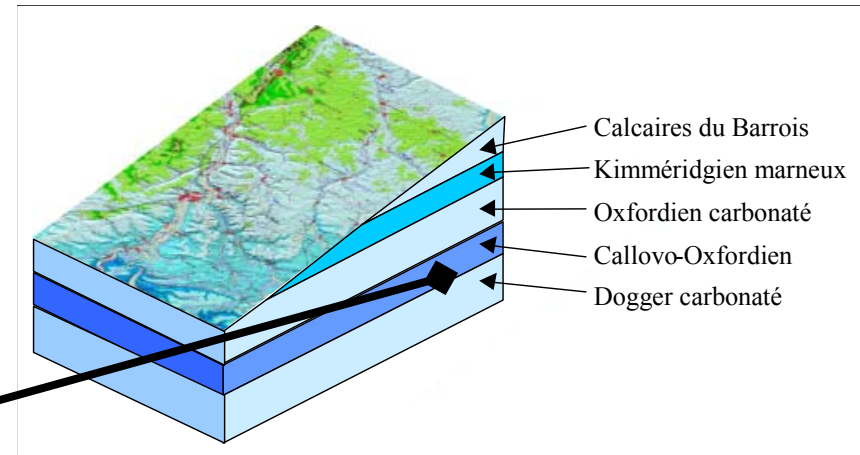


Conceptualisation phénoménologique pour chaque scénario :

- les représentations spatiales du stockage
- les modèles physiques
- les modèles mathématiques

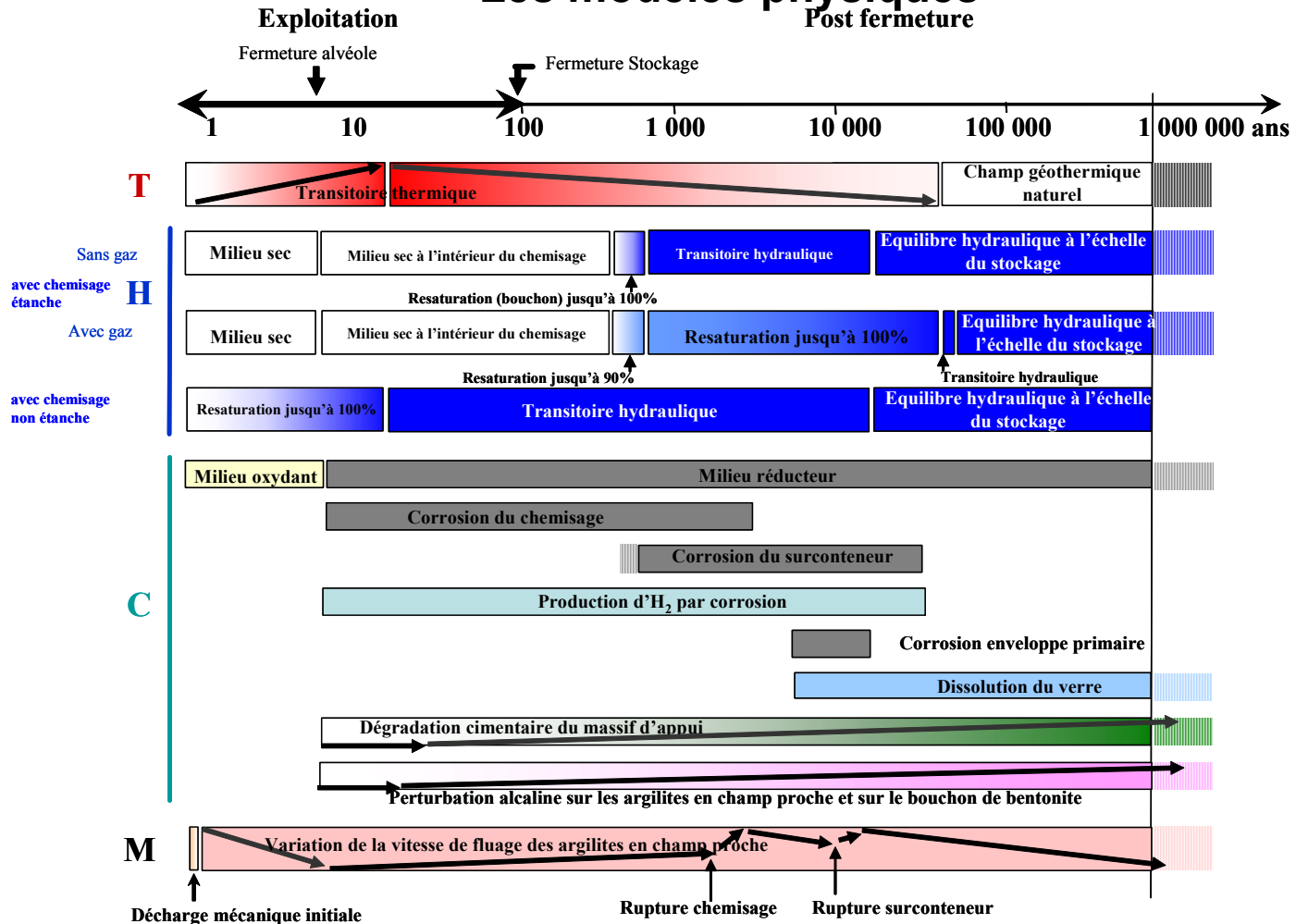
Présentation des calculs de sûreté

Exemple : Scénario d'Evolution Normale Représentation Spatiale



Présentation des calculs de sûreté

Exemple : Scénario d'Evolution Normale Les modèles physiques



Présentation des calculs de sûreté



Exemple : Scénario d'Evolution Normale Les modèles mathématiques



Indicateur : la concentration de RN, flux.

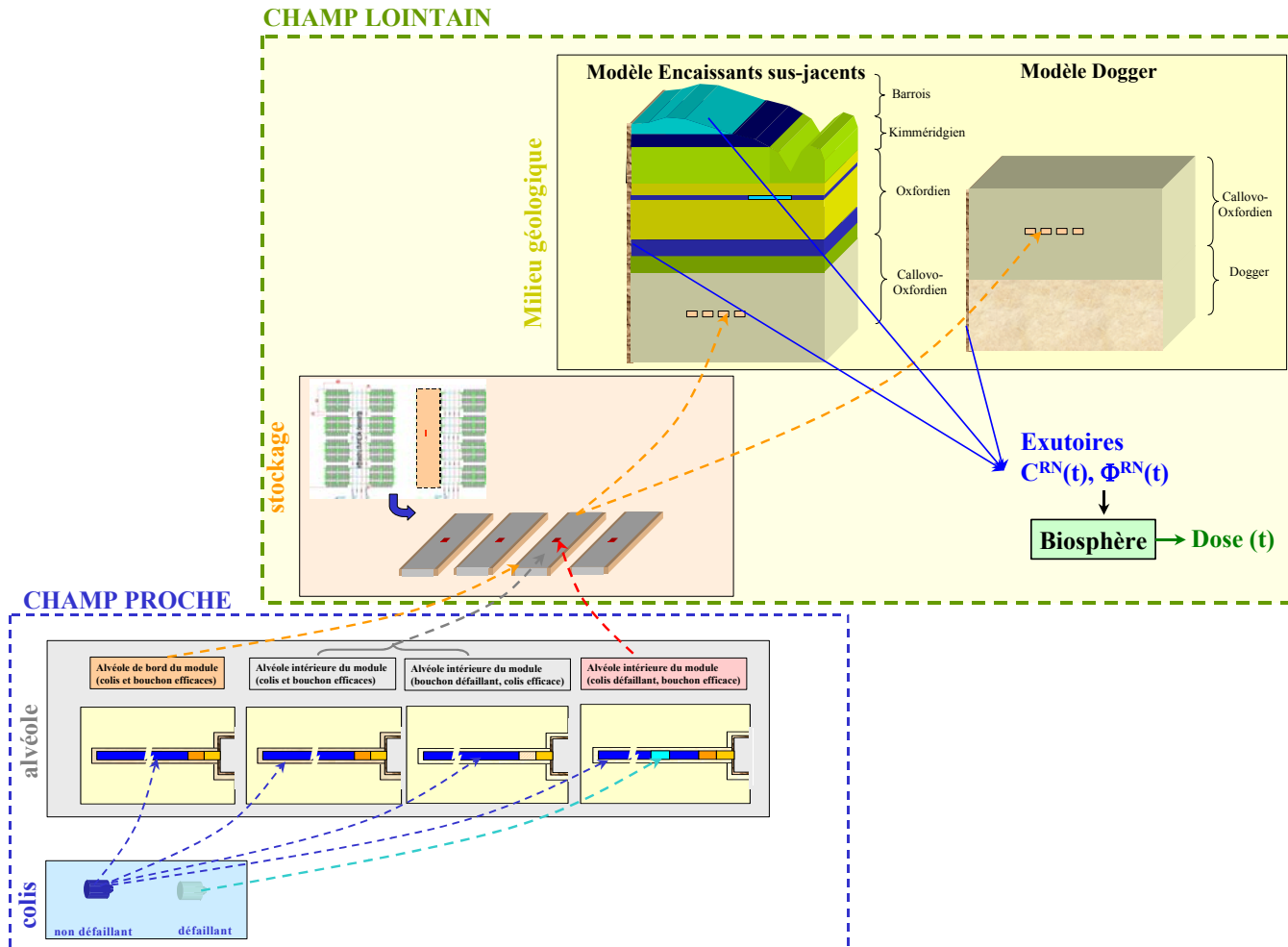
$$\omega R_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = \text{div} \left(\overline{\overline{D}} \vec{\nabla} C_i - C_i \vec{U} \right) - \omega \lambda_i R_i C_i + \omega \sum_{j \in I} \sigma_{ji} \lambda_j R_j C_j + S_i + \rho \cdot \omega \cdot J_i$$

avec	ω	porosité	[1]
	R_i	coefficient de retard du RN i dans le milieu	[1]
	C_i	concentration en solution du RN i	[mol.L ⁻³]
	$\overline{\overline{D}}$	tenseur de dispersion-diffusion	[L ² .T ⁻¹]
	\vec{U}	champ de vitesse de Darcy	[L.T ⁻¹]
	λ_i	constante de décroissance radioactive du RN i	[T ⁻¹]
	I	ensemble des antécédents du radionucléide i	
	σ_{ji}	fraction du radionucléide j se désintégrant en radionucléide i	[1]
	S_i	terme source du radionucléide i	[mol.L ⁻³ .T ⁻¹]
	ρ	masse volumique de l'eau interstitielle	[M.L ⁻³]
	J_i	terme d'échange avec la phase solide (modèle linéaire)	[mol.M ⁻¹ .T ⁻¹]



Présentation des calculs de sûreté

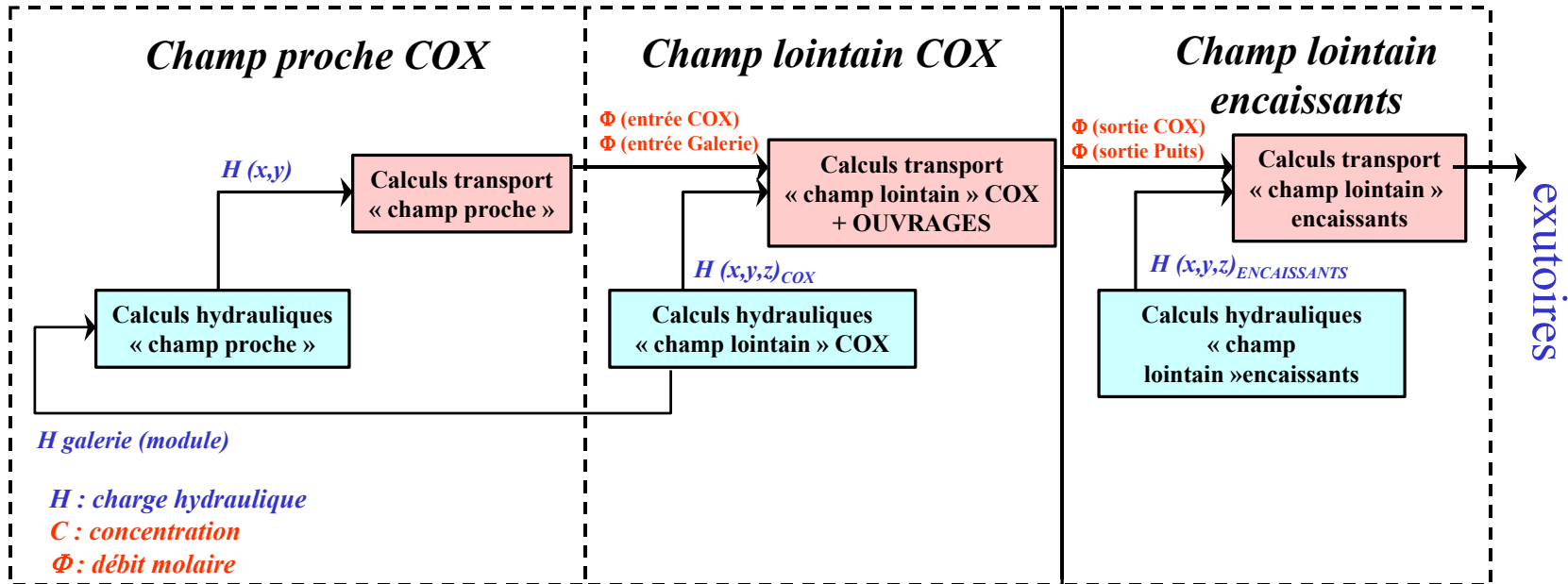
Conceptualisation numérique



Présentation des calculs de sûreté



Schéma de calcul



Présentation des calculs de sûreté

Application avec Alliances



Traitement du scénario d'évolution altérée
« Forage exploratoire dans le stockage » :

- Champ proche alvéole
- Champ proche stockage

Présentation des calculs de sûreté



Application avec Alliances

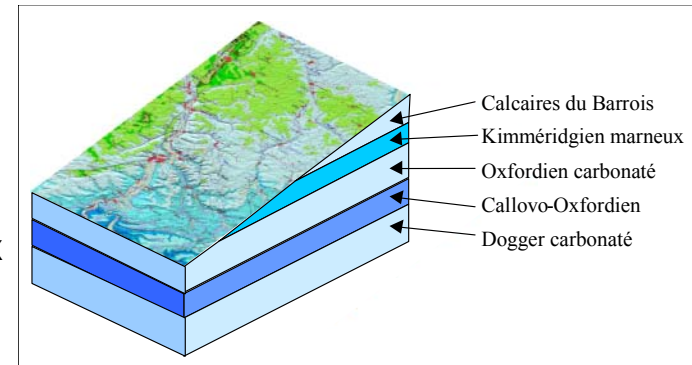
Description synthétique du Scénario



Composants du stockage :

- Formations géologiques

- Le Callovo-Oxfordien
- Le Dogger carbonaté
- L'Oxfordien carbonaté
- Le Kimméridgien marneux
- Les Calcaires du Barrois



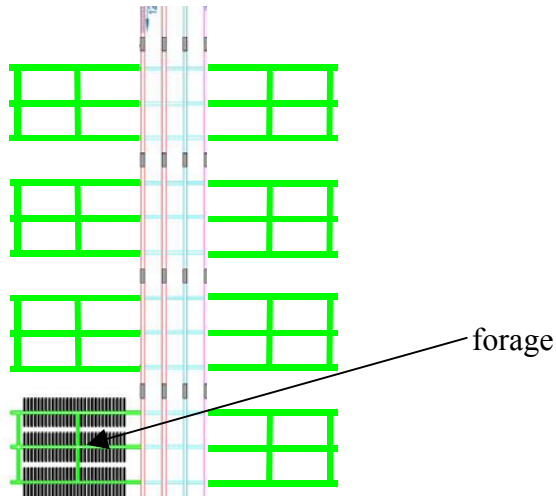
- Les colis, la barrière ouvragée (le cas échéant) et l'alvéole de stockage.
- Les scellements de galeries et des ouvrages d'accès au stockage (puits)
- Les galeries internes et les puits d'accès au stockage

Présentation des calculs de sûreté



Application avec Alliances

Description synthétique du Scénario



Après fermeture (500 ans), un forage de quelques décimètres est fait au droit du stockage :

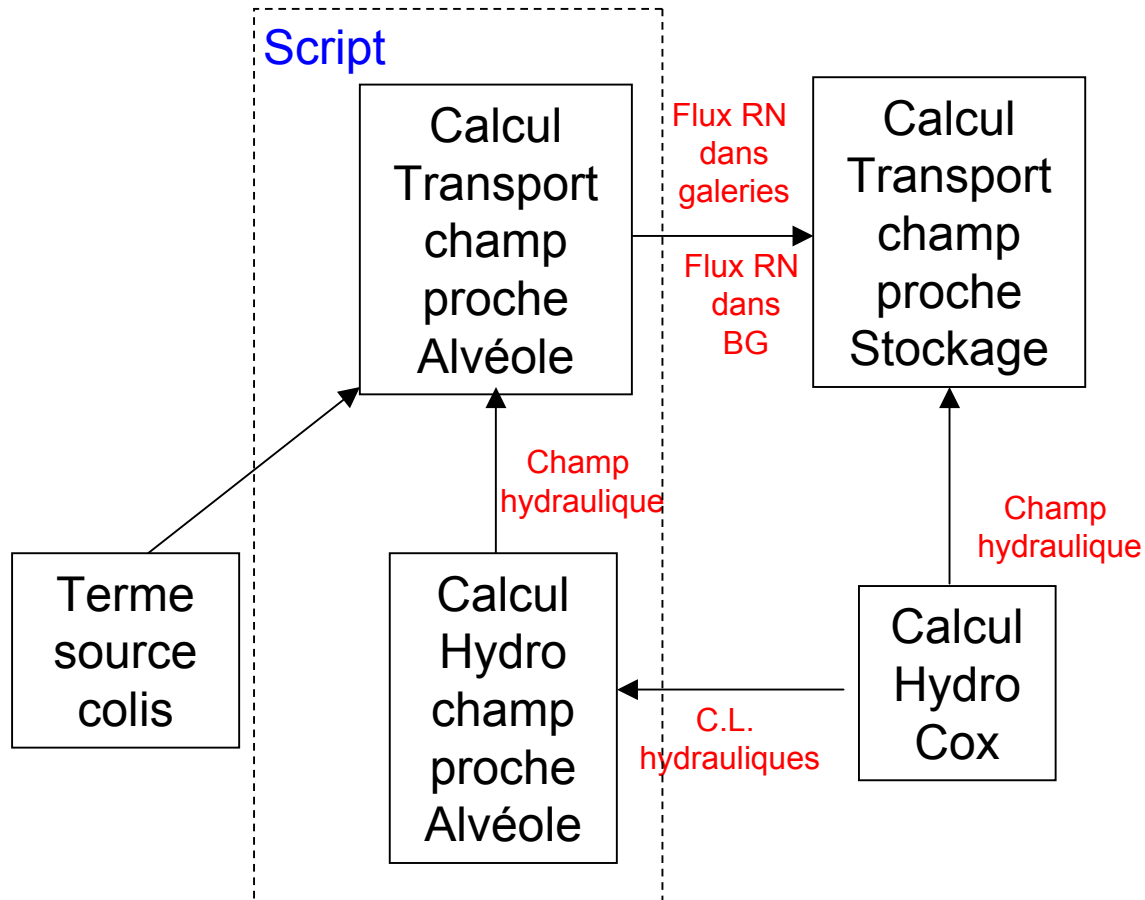
- Dans une alvéole de stockage
- Dans une galerie de maintenance

Objectif : Quantifier l'impact du forage en terme de flux de RN
Deux voies : Le milieu géologique et le forage.

Présentation des calculs de sûreté

Application avec Alliances

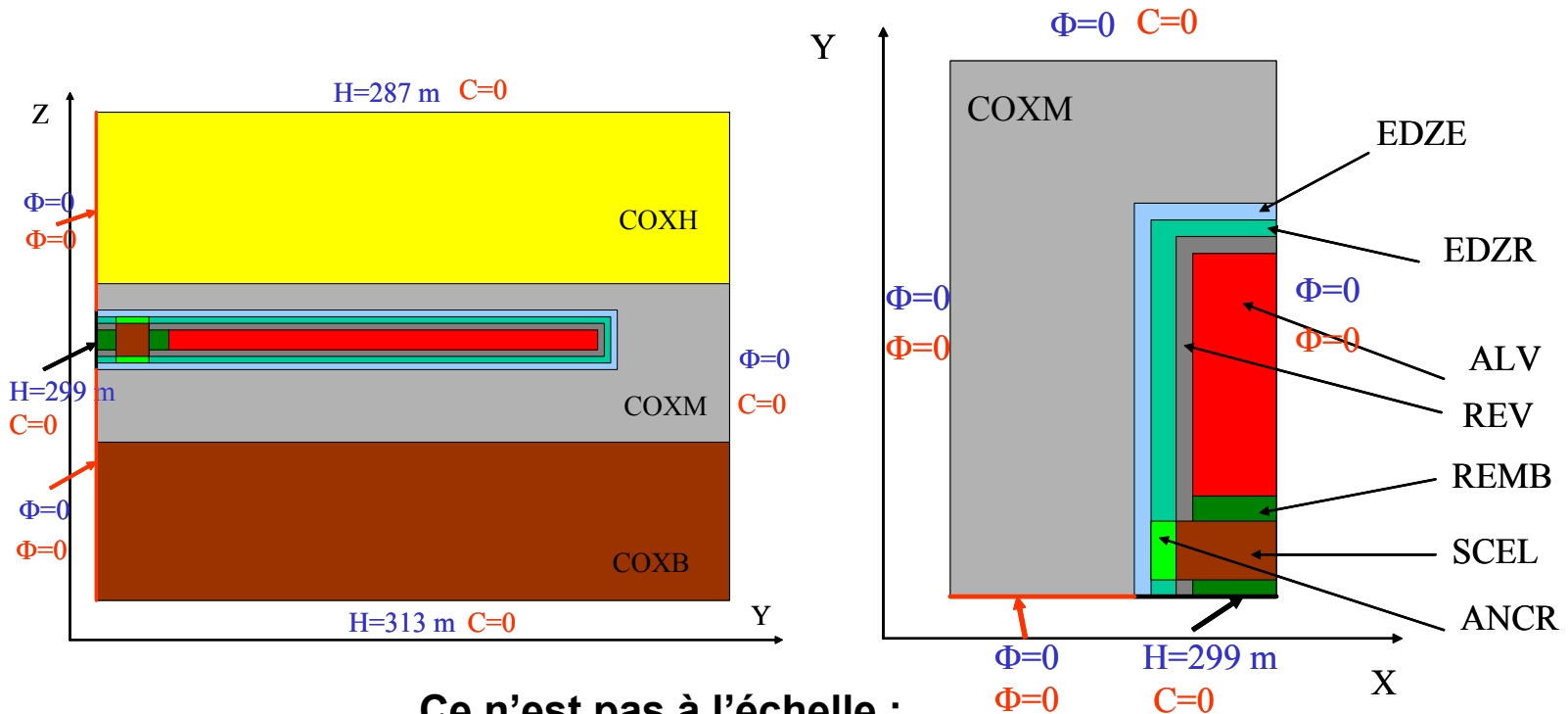
Schéma des calculs effectués



Présentation des calculs de sûreté

Application avec Alliances

Calcul champ proche alvéole



Ce n'est pas à l'échelle :

- 154860 éléments

- L = 410 m

- l = 40 m

- H = 130 m

Présentation des calculs de sûreté

Application avec Alliances

Scripts python



EDF

Electricité
de France

Pour l'hydraulique, les conditions aux limites :

```
# Hydraulique
```

```
hdirichletZoneNames_ndef = ['COXHAUT','COXBAS']
```

```
hdirichletAssValues_ndef = [287.0 , 313. ]
```

```
hdirichletZoneNames_def = ['COXHAUT','EDZESUD', 'COXBAS']
```

```
hdirichletAssValues_def = [287.0 , 299.0 ,313. ]
```

```
#
```

```
hfluxZoneNames_ndef =
```

```
['COXOUEST','COXEST','COXNORD','GALOUEST','GALHAUT','GALBAS','EDZESUD']
```

```
hfluxAssValues_ndef = [0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ]
```

```
hfluxZoneNames_def = ['COXOUEST','COXEST','COXNORD','GALOUEST','GALHAUT','GALBAS']
```

```
hfluxAssValues_def = [0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ,0.0 ]
```

```
#
```

```
bc= []
```

```
#
```

```
for name in hdirichletZoneNames:
```

```
    i = hdirichletZoneNames.index(name)
```

```
    bc.append(BoundaryCondition(eval(name),'Dirichlet',Head(value=hdirichletAssValues[i],unit='m')))
```

```
for name in hfluxZoneNames:
```

```
    i = hfluxZoneNames.index(name)
```

```
    bc.append( BoundaryCondition(eval(name),'Flux',HydraulicFlux(value=hfluxAssValues[i],unit='m3/year')))
```

```
#
```

Présentation des calculs de sûreté

Application avec Alliances

Scripts python (2)



EDF

Electricité
de France

Les propriétés des matériaux :

```
Material_Name = ['mCOXB','mCOXM','mCOXH','mEDZE','mEDZR','mALV','mREMB','mANCR','mSCEL']
#
speciesLists  = [dico['RN']]
#
sp0 = speciesLists[0]
PORO, Kh, Kv, De, indice_coef_T, Disp_l, Disp_t, Retard, Csat = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
#
      PORO Kh(m/s) Kv(m/s) De(m2/s) indice_cof_t Disp_l(m) Disp_t(m) Retard Csat(mol/m3)
dico_sp_mat[sp0]['mCOXB'] = [0.05, 5.00e-13, 5.00e-14, 5.00e-12, 0,      7, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mCOXM'] = [0.05, 5.00e-13, 5.00e-14, 5.00e-12, 0,      7, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mCOXH'] = [0.05, 5.00e-13, 5.00e-14, 5.00e-12, 0,      7, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mEDZE'] = [0.09, 5.00e-11, 5.00e-11, 5.00e-12, 0,     25, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mEDZR'] = [0.09, 5.00e-09, 5.00e-09, 1.00e-11, 0,     25, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mALV'] = [0.30, 1.00e-06, 1.00e-06, 6.00e-10, 0,     25, 0.7,      8, 1.e+4] #assimilé
au béton de structure
dico_sp_mat[sp0]['mREMB'] = [0.40, 1.00e-06, 1.00e-06, 8.00e-10, 0,      6, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mANCR'] = [0.05, 1.00e-09, 1.00e-09, 5.00e-12, 0,      4, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mSCEL'] = [0.05, 2.86e-11, 1.20e-11, 5.00e-12, 0,      4, 0.7,      1, 1.e+4]#
#
```

Présentation des calculs de sûreté



Application avec Alliances Scripts python (3)



Les propriétés des matériaux :

```
Material_Name = ['mCOXB','mCOXM','mCOXH','mEDZE','mEDZR','mALV','mREMB','mANCR','mSCEL']
#
speciesLists  = [dico['RN']]
#
sp0 = speciesLists[0]
PORO, Kh, Kv, De, indice_coef_T, Disp_l, Disp_t, Retard, Csat = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
#
          PORO Kh(m/s) Kv(m/s) De(m2/s) indice_cof_t Disp_l(m) Disp_t(m) Retard Csat(mol/m3)
dico_sp_mat[sp0]['mCOXB'] = [0.05, 5.00e-13, 5.00e-14, 5.00e-12, 0,      7, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mCOXM'] = [0.05, 5.00e-13, 5.00e-14, 5.00e-12, 0,      7, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mCOXH'] = [0.05, 5.00e-13, 5.00e-14, 5.00e-12, 0,      7, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mEDZE'] = [0.09, 5.00e-11, 5.00e-11, 5.00e-12, 0,     25, 0.7,     1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mEDZR'] = [0.09, 5.00e-09, 5.00e-09, 1.00e-11, 0,    25, 0.7,     1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mALV'] = [0.30, 1.00e-06, 1.00e-06, 6.00e-10, 0,    25, 0.7,     8, 1.e+4] #assimilé
au béton de structure
dico_sp_mat[sp0]['mREMB'] = [0.40, 1.00e-06, 1.00e-06, 8.00e-10, 0,      6, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mANCR'] = [0.05, 1.00e-09, 1.00e-09, 5.00e-12, 0,      4, 0.7,      1, 1.e+4]
dico_sp_mat[sp0]['mSCEL'] = [0.05, 2.86e-11, 1.20e-11, 5.00e-12, 0,      4, 0.7,      1, 1.e+4]#
#
```

Présentation des calculs de sûreté



Application avec Alliances Scripts python (4)



La définition du problème :

```
# -----  
# Definition de Problem  
# -----  
name=problemName  
pb = SaturatedHydraulicProblem(name=name,  
                                regions=Region_List,  
                                boundaryConditions=bc,  
                                outputs=out)  
  
# -----  
# Définir le module et mettre les datas  
# -----  
sat_hydro = SaturatedHydraulic()  
sat_hydro.setData(pb)
```



Présentation des calculs de sûreté



Application avec Alliances Scripts python (5)



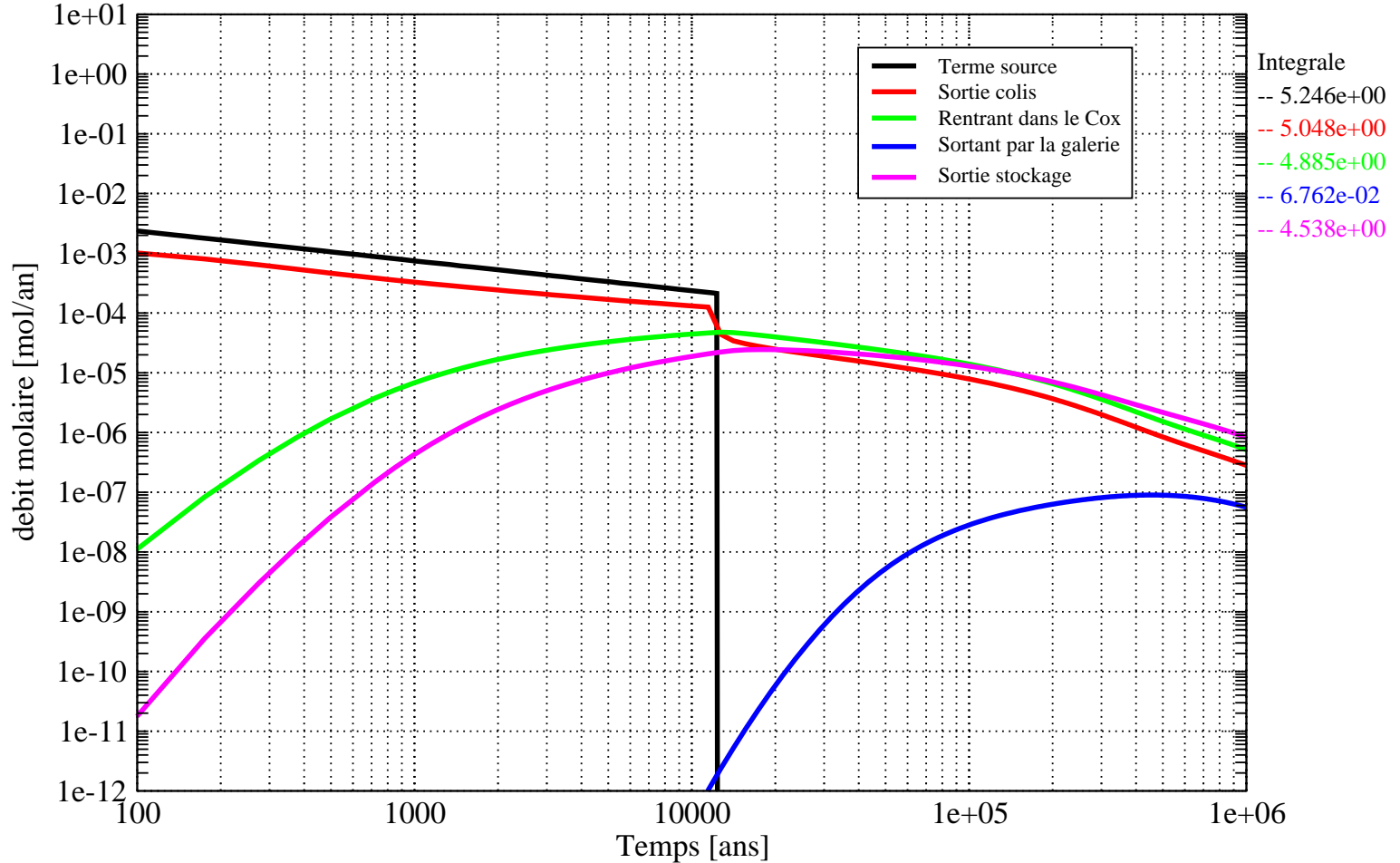
La résolution numérique :

```
# -----  
# Définir le Composant de calcul et les paramètres de solveur  
# -----  
if dico['comp'].upper() == 'PORFLOW':  
    print 'Porflow component'  
    sat_hydro.setComponent('Porflow')  
    matrix = PorflowSolver(lib=hlibrary,pre=hpreconditioneur,acc=haccelerateur,maxnbinneriter=2500)  
    cp = PorflowConvergence(residual=hresidu,itmax=2500,itmin=1,normrefvalue='Ax-b')  
    spat = PorflowSteadyCase(itmax=hiterationMaxi,itmin=hiterationMini)  
    div=PorflowDiverseParameters(velocityfrompressure='Yes')  
    sat_hydro.setParameter(solver=matrix,convergence=cp,resolution=spat)  
elif dico['comp'].upper() == 'CASTEM':  
    print 'Castem component'  
    sat_hydro.setComponent('Castem')  
    sat_hydro.setParameter(Solver='LU')  
    sat_hydro.setParameter(Trace='no')  
    sat_hydro.setParameter(SpatialScheme='VF')  
    sat_hydro.setParameter(ram=250)  
else:  
    print 'component unknown'  
tfin_saisie = time()  
print "\n Execution du module HYDRAULIQUE \n"  
sat_hydro.run()  
print "\n Fin d'execution du module HYDRAULIQUE : Recuperation des resultats\n"  
tfin_calcul = time()  
#
```

Présentation des calculs de sûreté

Scénario d'évolution altérée - Forage interceptant une galerie de stockage - Référence

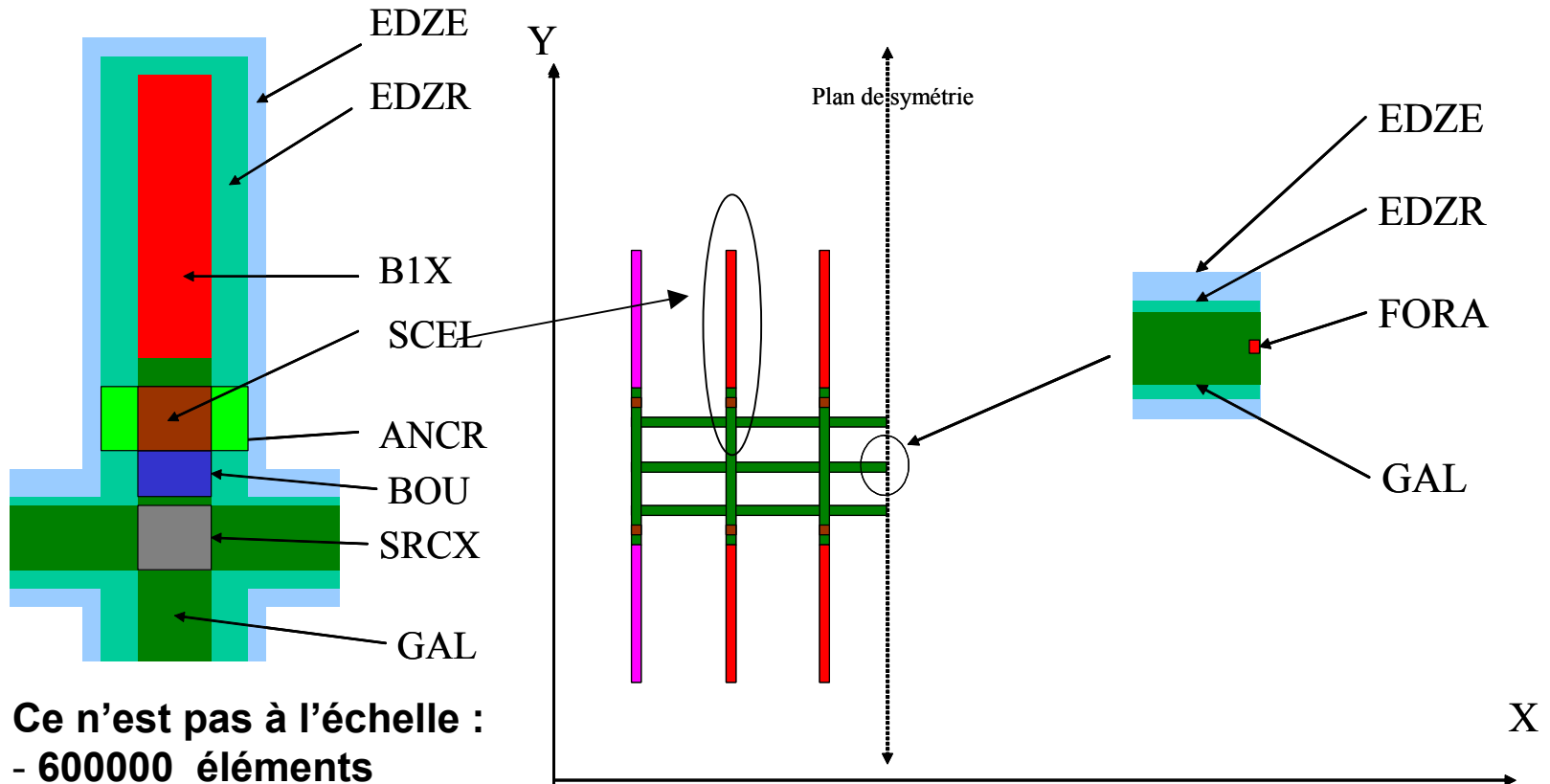
Champ proche alvéole - Colis-type B2 - Chambre irradiante à stockage horizontal - I129 - Historique de débit molaire



Présentation des calculs de sûreté

Application avec Alliances

Calcul champ proche stockage



Ce n'est pas à l'échelle :

- 600000 éléments
- L = 2500 m
- l = 1500 m
- H = 250 m