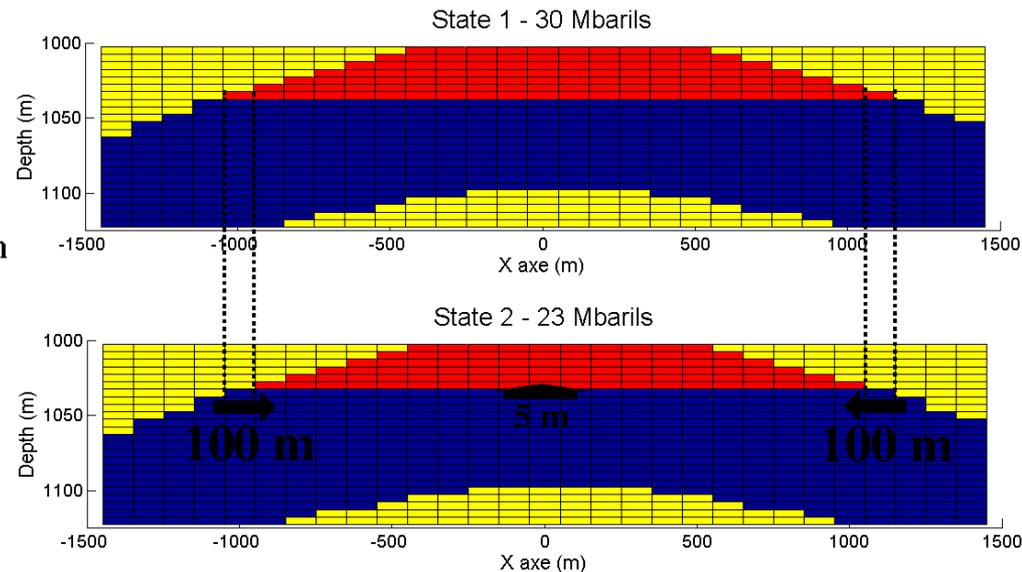
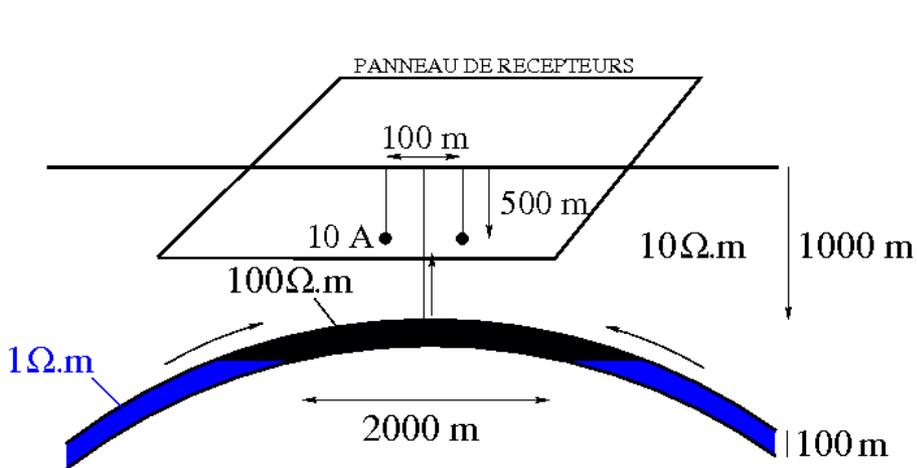


Modélisation de la réponse électromagnétique à une source de type dipôle électrique ou boucle

But de la modélisation : simuler la réponse électromagnétique du déplacement d'eau (très conductrice) au sein d'un réservoir d'huiles (très résistant) en milieu terrestre à une profondeur $\sim 1000\text{m}$ – Etude de faisabilité théorique du monitoring par méthodes EM



Modélisation de la réponse électromagnétique à une source de type dipôle électrique ou boucle

1) Code dans le domaine fréquentiel (*EM_MOM*) :

- Modélisation semi-analytique utilisant la méthode des moments –
Superposition de la solution analytique d'un terrain tabulaire à la réponse d'un corps 3D calculée numériquement par la résolution d'un système linéaire.
Matrice pleine, mais symétrie de type Toeplitz qui permet de réduire le coût de la multiplication matrice-vecteur au sein d'un solveur itératif de type BI-CGSTAB

$$\underline{E}(r_i) - \sum_{k=1}^N [\delta\sigma_k \underline{E}(r_k) \times \int_{V_k} \underline{G}(r_i, r') dr'] = \underline{E}_B(r_i) \Big|_{i=1, N}$$

- Codé en fortran 90

- Bibliothèques utilisées : MPI pour la parallélisation : répartir calcul de la fonction de Green très consommatrice en terme de temps de calcul & accélérer la résolution du système carré dont la taille augmente très vite

LAPACK

Modélisation de la réponse électromagnétique à une source de type dipôle électrique ou boucle

2) Code dans le domaine temporel (*ELEC_FDTD*) :

- Modélisation par différences finies (schéma explicite) de la réponse à un cut-off (mesure de la réponse du milieu après la coupure de la source) avec initialisation de la réponse continue par résolution de problème de Poisson 3D (grand système mais très creux).

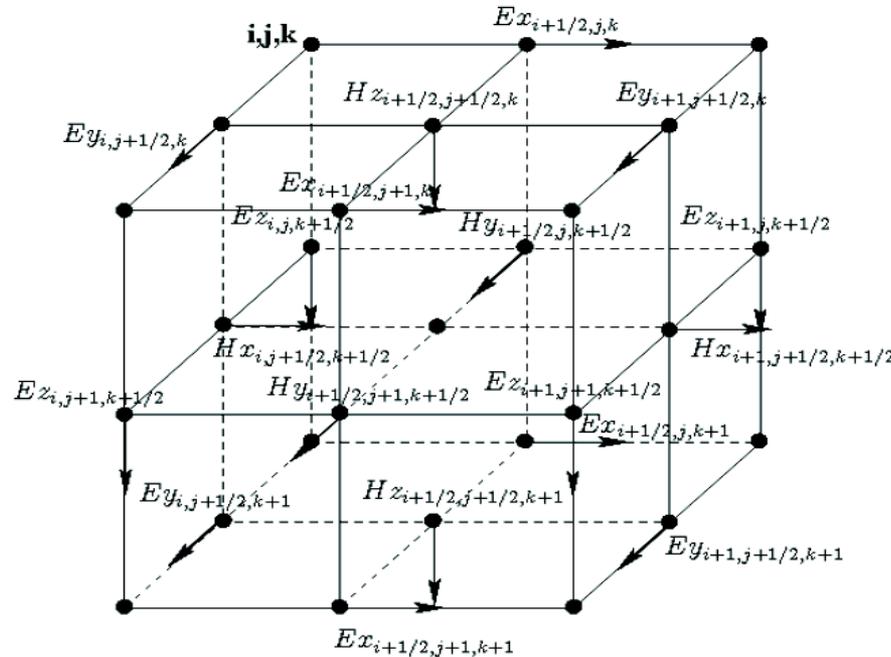
Initialisation DC – Résolution système linéaire creux

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla \varphi) = -\nabla \cdot \mathbf{j}^s$$

$$\begin{aligned} \nabla \cdot (\sigma \nabla \varphi) = & \frac{\sigma_x(i, j, k)}{\Delta x_i \overline{\Delta x_i}} \varphi(i+1, j, k) + \frac{\sigma_x(i-1, j, k)}{\Delta x_{i-1} \overline{\Delta x_i}} \varphi(i-1, j, k) + \frac{\sigma_y(i, j, k)}{\Delta y_j \overline{\Delta y_j}} \varphi(i, j+1, k) \\ & + \frac{\sigma_y(i, j-1, k)}{\Delta y_{j-1} \overline{\Delta y_j}} \varphi(i, j-1, k) + \frac{\sigma_z(i, j, k)}{\Delta z_k \overline{\Delta z_k}} \varphi(i, j, k+1) + \frac{\sigma_z(i, j, k-1)}{\Delta z_{k-1} \overline{\Delta z_k}} \varphi(i, j, k-1) \\ & - \left[\frac{\sigma_x(i, j, k)}{\Delta x_i \overline{\Delta x_i}} + \frac{\sigma_x(i-1, j, k)}{\Delta x_{i-1} \overline{\Delta x_i}} + \frac{\sigma_y(i, j, k)}{\Delta y_j \overline{\Delta y_j}} + \frac{\sigma_y(i, j-1, k)}{\Delta y_{j-1} \overline{\Delta y_j}} + \frac{\sigma_z(i, j, k)}{\Delta z_k \overline{\Delta z_k}} + \frac{\sigma_z(i, j, k-1)}{\Delta z_{k-1} \overline{\Delta z_k}} \right] \\ & \cdot \varphi(i, j, k). \end{aligned}$$

Modélisation de la réponse électromagnétique à une source de type dipôle électrique ou boucle

Puis schéma explicite pour le calcul de la réponse du milieu pour un cut-off



$$Ex_{i+1/2,j}^{n+1/2} = \frac{2\varepsilon - \sigma \Delta t}{2\varepsilon + \sigma \Delta t} Ex_{i+1/2,j}^{n-1/2} + \frac{2\Delta t}{2\varepsilon + \sigma \Delta t} \frac{Hz_{i+1/2,j+1/2}^n - Hz_{i+1/2,j-1/2}^n}{\Delta y}$$

$$Hz_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} = Hz_{i+1/2,j+1/2}^n - \frac{\Delta t}{\mu \Delta x} (Ey_{i+1,j+1/2}^{n+1/2} - Ey_{i,j+1/2}^{n+1/2}) + \frac{\Delta t}{\mu \Delta y} (Ex_{i+1/2,j+1}^{n+1/2} - Ex_{i+1/2,j}^{n+1/2})$$

Modélisation de la réponse électromagnétique à une source de type dipôle électrique ou boucle

- Codé en fortran 90
- Bibliothèques utilisées : MPI pour la parallélisation : découper le milieu contenant minimum 1 million de cellules en 3D
LAPACK
AZTEC pour la résolution parallélisée de système creux (initialisation)