

Itinéraire SOLBIS: Des “Mesures” de Champ Magnétique à la Modélisation Coronale

Evy Kersalé & Tahar Amari

Centre de Physique Théorique — École Polytechnique

Colloque du Programme National Soleil-Terre — 3-5 avril 2001

Problématique SOLBIS

Magnétogrammes vectoriels: IVM, HSP
SOLAR B, SOLIS, THEMIS



Traitement amont des données (résolution de l'ambiguïté du
champ magnétique transverse)



Traitement des données propre aux outils de reconstruction



Reconstruction des structures magnétiques coronales

Codes Numériques de Reconstruction

Équilibres Force-Free : $\mathbf{J} \times \mathbf{B} = 0 \implies \mathbf{J} = \alpha \mathbf{B}$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \alpha \mathbf{B} \text{ dans } \Omega \text{ de } \mathbb{R}^3$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\mathbf{B} \cdot \nabla \alpha = 0$$

+ Conditions aux Limites

Trois modélisations des structures magnétiques sans force:

Potentielle, Linéaire ou Non Linéaire

Reconstruction Potentielle

Champ magnétique ne porte **pas de courant**: $\alpha = 0$

- Conditions aux limites: $B_n|_{\partial\Omega}$ et lignes fermées/ouvertes
- Méthode **scalaire** \Rightarrow calcul rapide, requiert peu de ressources
- Permet d'évaluer les extrema de l'énergie
- Physique limitée: **pas de phénomènes énergétiques**

Reconstruction Linéaire

Relation linéaire entre \mathbf{B} et \mathbf{J} : $\alpha = \mathbf{C}^{\text{te}}$

- Conditions aux limites: $B_n|_{\partial\Omega}$ et lignes fermées
- Méthode **scalaire** \Rightarrow calcul rapide, requiert peu de ressources
- Physique limitée: **homogénéité, échelle unique**

Reconstruction Non Linéaire

Cas le plus Général: $\alpha \equiv \alpha(\mathbf{r})$

- Conditions aux limites: $B_n|_{\partial\Omega}$, $\alpha|_{\partial\Omega^+}$ et lignes fermées
- Méthode **vectorielle** (\mathbf{A}) \Rightarrow calcul plus long, requiert de la mémoire
- Physique plus complète: **structures magnétiques cisillées** mais tubes de flux torsadés?

Importance des Conditions aux Limites

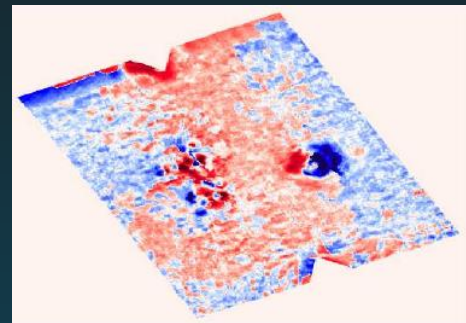
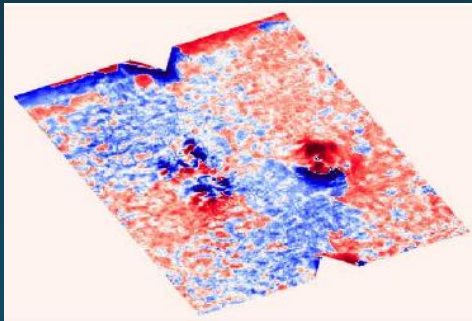
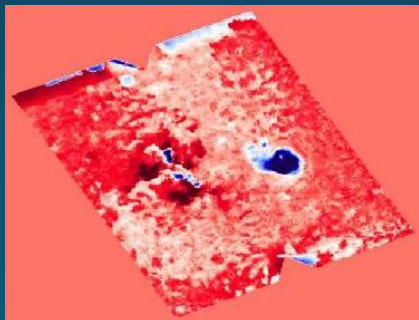
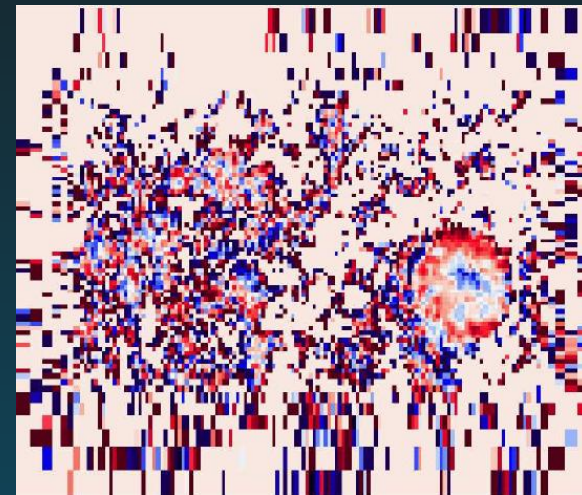
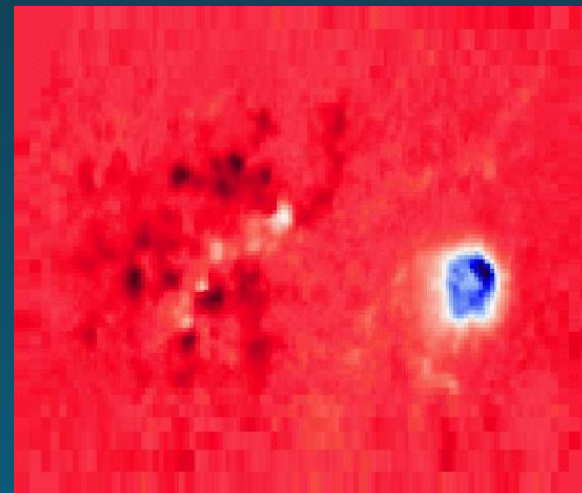
Problème de l'ambiguïté du champ magnétique transverse:

→ algorithmes valables pour des topologies non triviales?

Préparation des données photosphériques pour reconstruction:

- Maillage non uniforme
- Équilibrage du flux magnétique
- Calcul de α
- Filtrage du bruit sur α et B_n

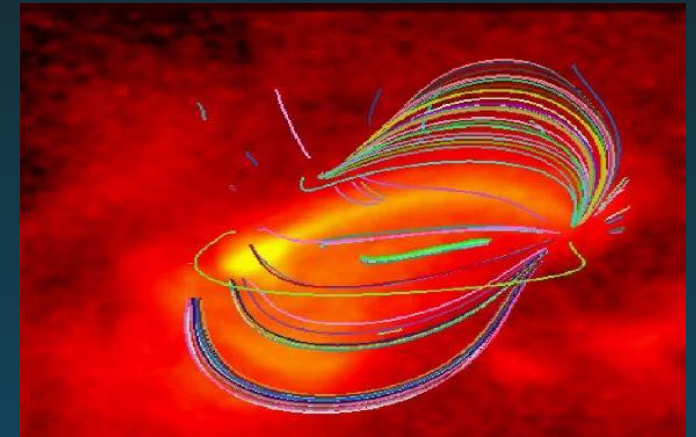
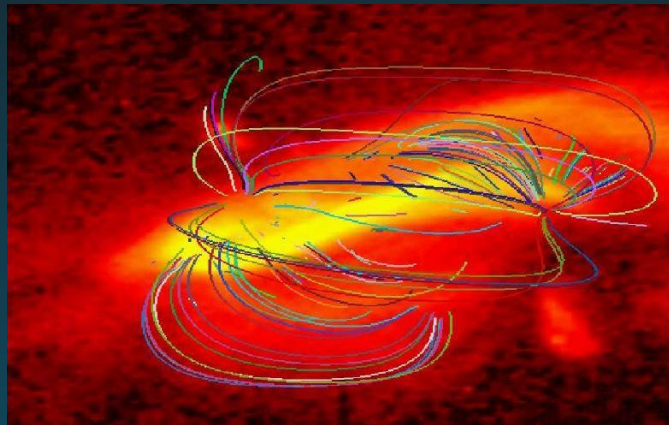
Exemple de Reconstruction: les Données IVM

 B_x  B_y  B_z  α  B_z

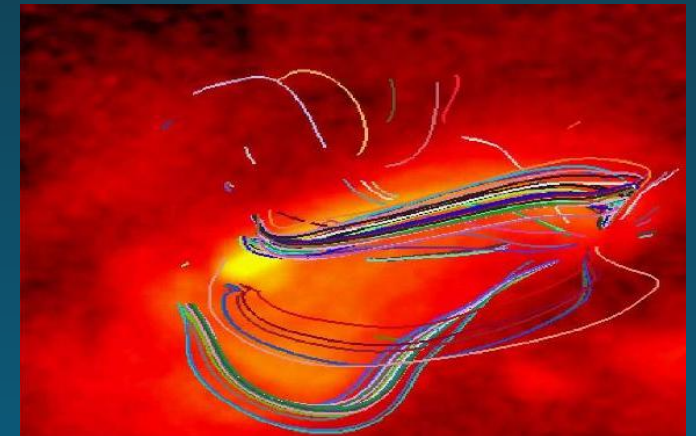
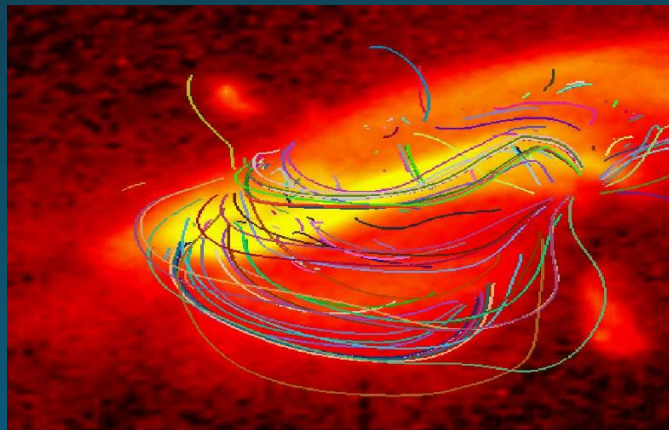
Exemple de Reconstruction: Linéaire vs NL

Pré-éruptif

Post-éruptif



Linéaire



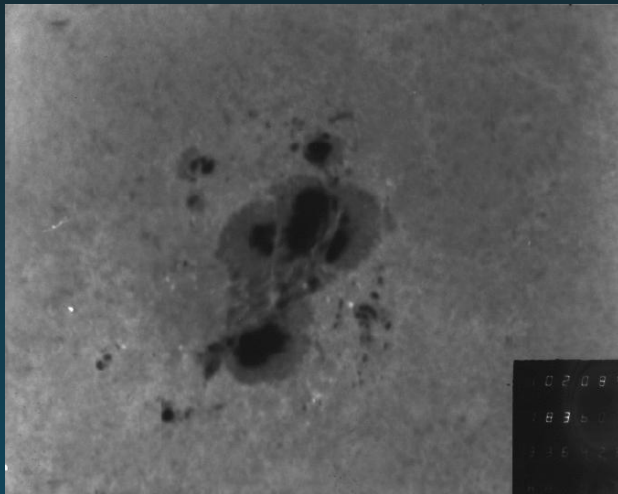
Non Linéaire

Outils pour la Communauté

- Facilité d'accès et d'utilisation: <http://astromhd.multimania.com>
- Base FROMAGE: outils de reconstruction déposés sur la base de données
- Attention particulière au traitement des données photosphériques

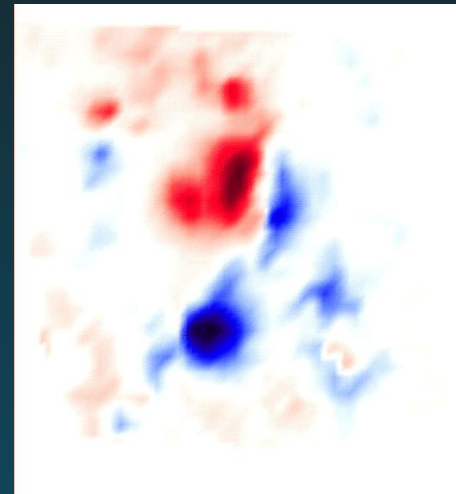
Reconstruction NL: AR9802, 20 octobre 89

Observations

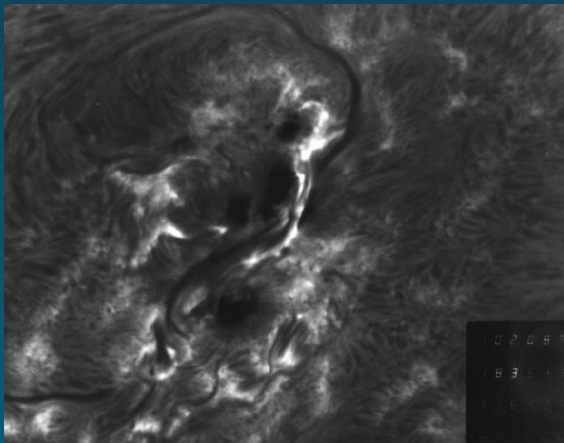


Continuum

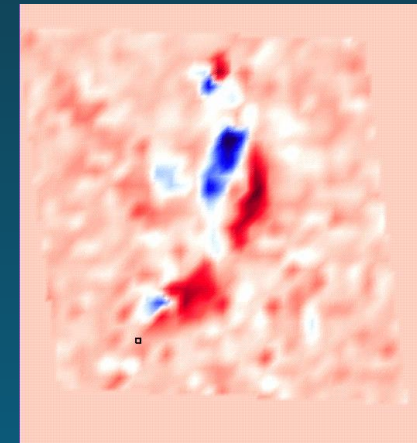
Données



B_z



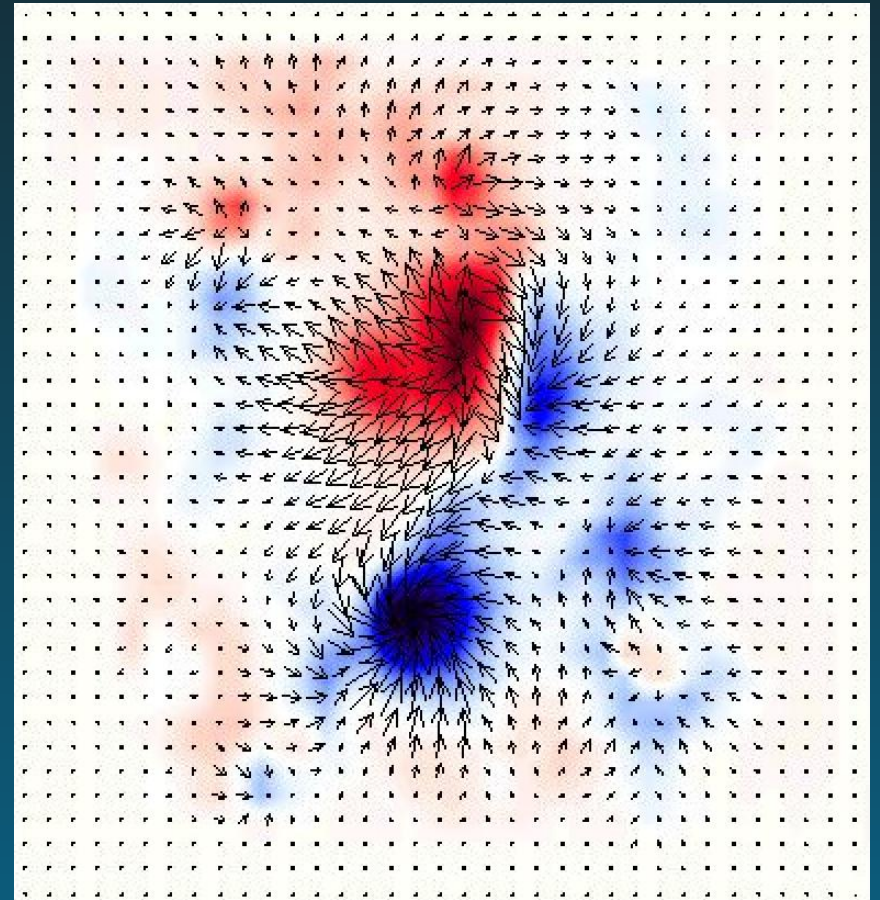
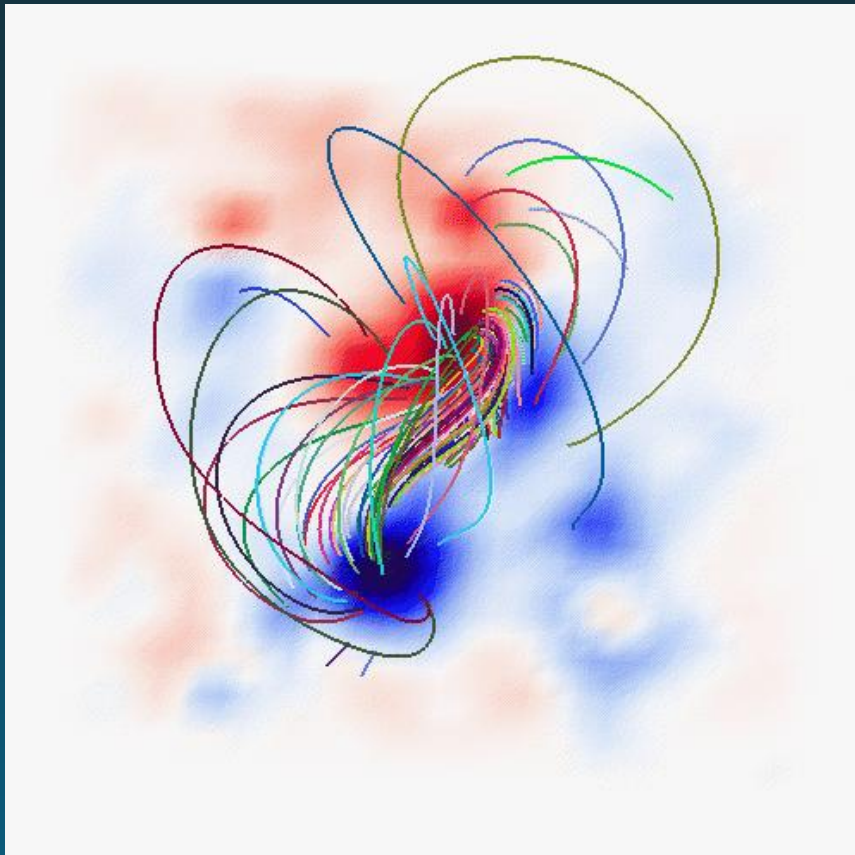
H- α



J_z

Structures Sigmoides

Malgré une résolution dégradée...



Alternative au Champ Sans Force

Reconstructions **magnétohydrostatiques**:

$$\nabla \times \mathbf{B} = \alpha(\mathbf{r}) \mathbf{B} - (\nabla P - \rho \mathbf{g}) \times \frac{\mathbf{B}}{\|\mathbf{B}\|^2} \quad \text{dans } \Omega \text{ de } \mathbb{R}^3$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\mathbf{B} \cdot \nabla \alpha = \nabla \cdot \left[(\nabla P - \rho \mathbf{g}) \times \frac{\mathbf{B}}{\|\mathbf{B}\|^2} \right]$$

$$\mathbf{B} \cdot \nabla P - \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$P = P(\rho, T)$$

Développements et Études en Cours

- Généralisation: cartésien local \rightarrow sphérique global
Code potentiel existe; Code Non-Linéaire en développement
- Méthode MHD de type contrainte-relaxation: inclut les erreurs sur la mesure des données
- Recherche d'équilibres associés à des tubes de flux torsadés: diagnostics observationnels
- Résolution de l'ambiguïté du champ transverse et topologies magnétiques complexes.

Reconstruction Potentielle Globale

À partir de cartes synoptiques de Kitt-Peak:

