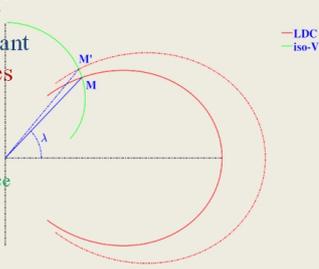


Motivation

- Intégrer IGRF dans IPIM
 - Transport
 - Électrodynamique
 - Convection iso-V
 - Planète indépendant
- Systèmes dipolaires
 - centré / excentré
 - Représentativité
 - Aux pôles
 - À grande distance
 - Défaillance
 - À l'équateur
 - Intérêt
 - Métrique orthogonale simple
 - Convection iso-V
- Systèmes autres
 - CGM, AACGM, Apex, Quasi-dipole
 - Représentativité
 - Globale ou presque
 - Défaillance
 - CGM défaillant à l'équateur
 - Métrique non orthogonale



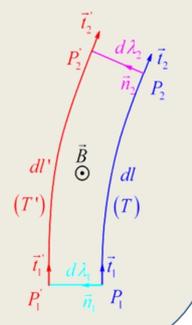
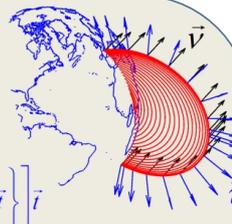
Base de vecteurs $(\vec{b}, \vec{t}, \vec{n})$

- sur la surface équatoriale
 - vecteurs de la base de Frenet $(\vec{b}, \vec{\tau}, \vec{\nu})$
- le long d'une ligne de champ
 - s abscisse curviligne
 - « transport » des vecteurs

$$\frac{d\vec{t}}{ds} = (\vec{b} \cdot \nabla) \vec{t} = \left(\frac{\nabla \vec{B}}{B} \right) \cdot \vec{t} + 2 \frac{\vec{t} \cdot \vec{\tau}}{\rho} \vec{b} - \left[\vec{t} \cdot \left(\frac{\nabla \vec{B}}{B} \right) \cdot \vec{t} \right] \vec{t}$$

Métrique

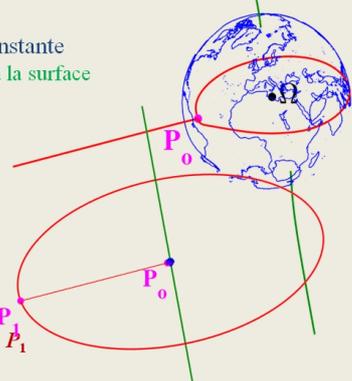
- le long d'une ligne de champ
 - $h_\alpha = \frac{1}{B}$
 - $\frac{1}{h_\beta} \frac{\partial h_\beta}{\partial s} = \vec{t} \cdot \left(\frac{\nabla \vec{B}}{B} \right) \cdot \vec{t}$
- sur la surface équatoriale
 - Déplacement sur une iso- γ
 - $\frac{1}{h_\beta} \frac{\partial B}{\partial \beta} = -\frac{B}{\rho} \Rightarrow h_\beta^{eq} = \frac{\rho \rho_{eq}}{\beta}$
 - « transport » des vecteurs
 - $\frac{1}{h_\gamma^{eq}} \frac{\partial h_\gamma^{eq}}{\partial l} = \vec{n} \cdot (\vec{n} \cdot \nabla) \vec{t} = \vec{n} \cdot \frac{d\vec{t}}{d\lambda}$
- globalement
 - $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \Rightarrow h_\beta h_\gamma = \frac{h_\beta^{eq} h_\gamma^{eq} B_{eq}}{B} = \frac{B_o}{B} \frac{h_\beta^{eq} h_\gamma^{eq}}{\beta^p}$



Système de coordonnées

- Le long de la ligne de champ : α
 - privilégier la convection
 - $\alpha = -V$
- Surface équatoriale : $\alpha = 0$
 - iso- B_{eq} : courbes fermées $B_{eq} = \text{constante}$
 - iso- $B_o = B_o$ tangente (intérieure) à la surface
 - $\beta = 1$
 - $B_{eq} = B_o \beta^{-p}$ ($p = 3 \Leftrightarrow$ dipôle)
 - $P_o =$ le point le plus profond
 - référence $\gamma = 0$
 - A grande distance
 - iso- B_{eq} : cercle
 - en β_{sup}
 - $P_o P_1 = \int \vec{\tau} h_\beta d\beta$
 - centre du cercle : Ω_1
 - $R_o = \Omega P_o$
 - $\gamma =$ angle trigo sur le cercle / P_1
- Axes des pôles
 - Relation univoque $R-V$
 - le long des axes : $R = R(V)$
 - à grande distance : $V \propto R^{p+1}$
 - latitude λ

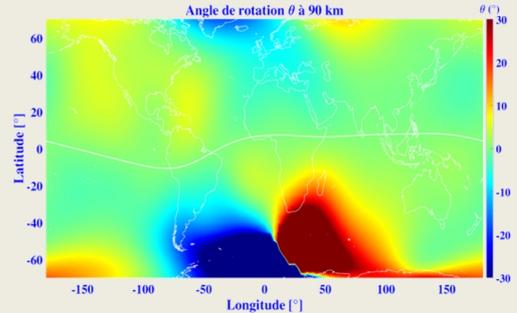
$$\begin{cases} R = \beta R_o \cos^2 \lambda \\ \sin \lambda = \frac{R^2}{R(V)^2} \end{cases}$$



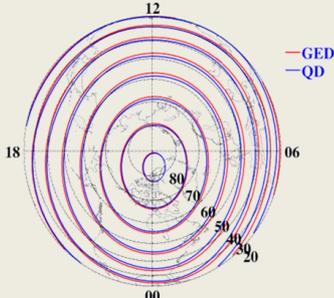
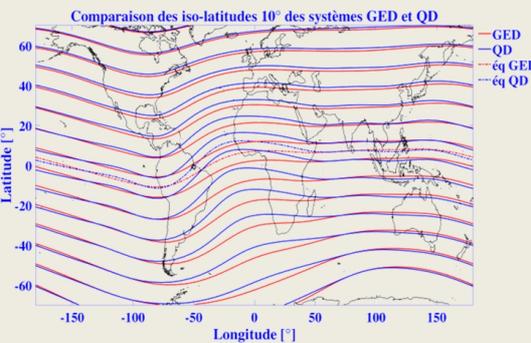
Résolution des équations

- Approche ordonnées discrètes (base quadrature)
 - Équations écrites aux nœuds x_i
 - Problème linéaire
- Résolution d'équations différentielles
 - $\frac{d\vec{M}}{ds} = \frac{1}{S} \frac{d\vec{M}}{dx} = \frac{1}{S} \mathcal{D} \cdot \vec{M}_i$
 - itératif
 - Description polynomiale de la solution

Rotation de la base

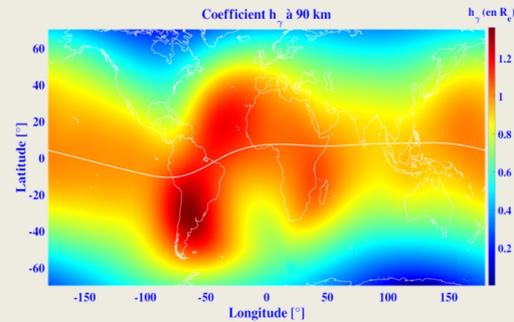
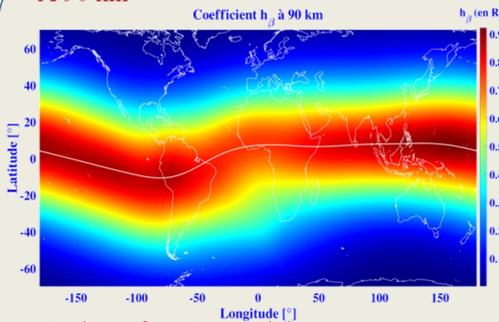


Comparaison GED / QD



Métrique

- À 90 km



- Sur la surface équatoriale

