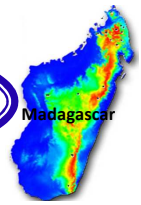
Doctoriales 2014
Université de La Réunion
insertion | innovation | création

ETUDE DU CHAMP MAGNETIQUE PRINCIPAL ET DE SA VARIATION SECULAIRE A MADAGASCAR

L.M. Razafindranaivo[1], A. Chambodut[2], F.N. Ranaivo-nomenjanahary[1], M. Menvielle[3]
sitrymifenty@yahoo.fr;aude.chambodut@unistra.fr;fnranai@gmail.com;michel.menvielle@latmos.ipsl.fr
(1) Institut et Observatoire Géophysiques d'Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.
(2) Institut de Physique du Globe de Strasbourg, EOST, Université de Strasbourg, France.
(3) Institut Pierre Simon Laplace, Laboratoire Atmosphères Milieux Observations Spatiale, Guyancourt, France.



INTRODUCTION

L'étude présentée dans ce poster constitue la première des trois parties de la thèse intitulé: « étude de champ magnétique terrestre: protections des infrastructures et applications industrielles » , elle porte sur la description du champ magnétique principal et de sa variation séculaire à Madagascar. Il existe actuellement plus de 200 observatoires magnétiques à la surface de la terre, groupés en grande partie dans l'hémisphère Nord. Les quelques observatoires existant dans l'hémisphère Sud ont une répartition géographique très inégale. Crée en 1889, l'observatoire magnétique de Tananarive (nommé par abréviation internationale code AIGA: TAN) occupe une place importante dans le réseau magnétique mondial. Les enregistrements, quoique discontinus, offrent une série d'observations d'une longueur remarquable puisqu'elle atteint la centaine d'années [Reay et al., 2011]. Plusieurs auteurs ont abordés le sujet de l'évolution à long terme du champ magnétique à Madagascar[Ranaivo-nomenjanahary, 1984; Andriamampianina,1988; Rakotomalala,1994] mais ces études sont maintenant anciennes et ne prennent pas en compte les récents développements de modèles de champ magnétique développés grâce à l'apport des satellites magnétiques depuis les années 2000.

Dans une première partie, nous nous sommes attachés à comparer les données réelles et synthétiques, des composantes du champ magnétique terrestre (X vers le Nord géographique, Y vers l'Est et Z vers le centre de la Terre) à l'observatoire magnétique national de Madagascar (TAN). Dans une seconde partie, nous présentons le même type de comparaison pour la variation séculaire à TAN

METHODOLOGIE

Le géomagnétisme a pour objet l'étude du champ magnétique terrestre. Les applications sont nombreuses parmi lesquelles:

- **En physique du globe, l'étude des variations temporelles du champ, pour des échelles de temps allant de la seconde à la centaine de milliers d'années, permet d'en préciser et d'en modéliser ses parts internes et externes.**
- **En géodynamique, grâce à l'archéomagnétisme et au paléomagnétisme, il est possible de reconstituer les mouvements passés des plaques lithosphériques.**
- **En géophysique appliquée à la prospection, l'étude des anomalies magnétiques apporte des informations sur les sources plus ou moins profondes dans la croûte terrestre qui peuvent intéresser le prospecteur.**

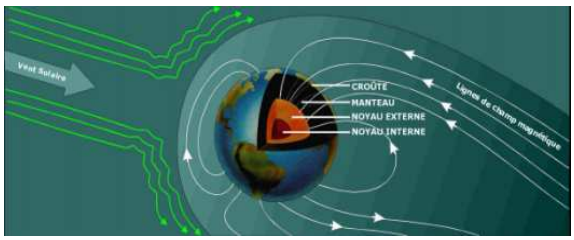


Figure 1: *Structure du champ magnétique terrestre (d'après un document du Centre National d'Etudes Spatiales, France)*

Le champ magnétique observé à la surface de la Terre est la superposition de deux types de sources de champ magnétique aux propriétés spatiales et temporelles différentes (Figure 1): les champs magnétique externes qui sont crées par des courants de couplage entre l'ionosphère et la magnétosphère et le champ magnétique interne qui regroupe le champ principal et le champ crustal. Le champ principal provient de l'effet dynamo du noyau externe liquide de la terre. Il représente 99% du champ observé à la surface du globe, sa variation en fonction du temps s'appelle la « variation séculaire ». Le champ crustal, ou champ lithosphérique, ou champ d'anomalies magnétiques locales, résulte de l'aimantation rémanente des roches de la croûte terrestre reflétant l'histoire géologique de la terre.

CHAMP PRINCIPAL à MADAGASCAR

La Figure 2 montre l'évolution au cours du temps du champ principal à la position de l'observatoire magnétique national de Tananarive TAN. Des données réelles et synthétiques, c'est-à-dire calculées à partir des modèles de champ principal, sont représentées. Nous remarquons qu'il y a un écart quasi-constant entre les données réelles (symboles*noirs) et les modèles (courbes et symboles en couleurs). Cet écart illustre les biais crustaux, dûs au champ magnétique crustal local (Mandea et Langlais,2002; Chambodut et Mandea, 2005; Thébault et al.,2009) sous l'observatoire TAN. Ces biais ne sont pas pris en compte dans les composantes Nord X et verticale Z.

(i) **La composante X montre vers 1920 une valeur du champ crustal d'environ de 485nT. Cette valeur décroit au fil du temps pour atteindre en 1990 la valeur de 35nT. Cette évolution est due à l'augmentation de la précision des modèles. En effet, avant 1980 aucune données satellitaires n'était incorporée pour la génération des modèles tandis que cela devient le cas à cette date.**

(ii) **Sur Y, la différence demeure relativement faible et reste dans la marge de bruit des modèles (valeur non significative). Ceci peut-être causé par la faible valeur naturelle de la composante Est du champ crustal sous l'observatoire magnétique de TAN, ou bien le fait que la composante Est magnétique (Y) présente des variations de grandes échelles spatiales et est donc convenablement représentée par les modèles de champ principal.**

(iii) **Sur Z la composante vertical, le champ crustal augmente de -100nT à -50nT.**

Le champ magnétique crustal sous l'observatoire magnétique de TAN est tel que:

X_{cc} = 421nT
Y_{cc} = 0nT
Z_{cc} = -75nT

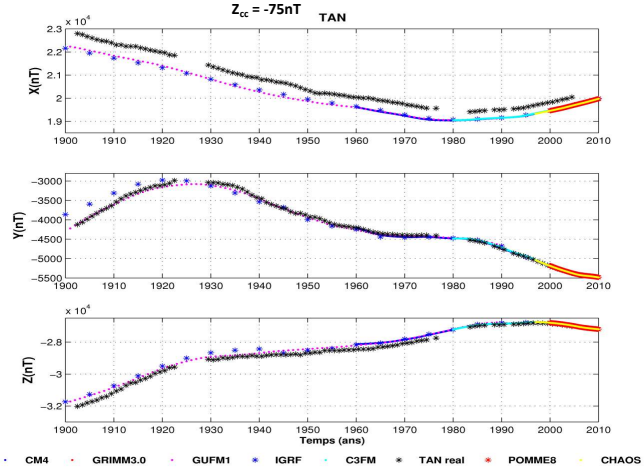


Figure 2: *Données réelles (moyennes annuelles) et synthétiques de X, Y et Z calculées à partir des modèles de champ principal à la position de l'observatoire magnétique TAN de 1900 à 2007*

VARIATION SECULAIRE ASSOCIEE

La variation séculaire est la variation temporelle du champ magnétique principal. Ainsi pour la composante X, elle peut être exprimée sous la forme dX/dt.

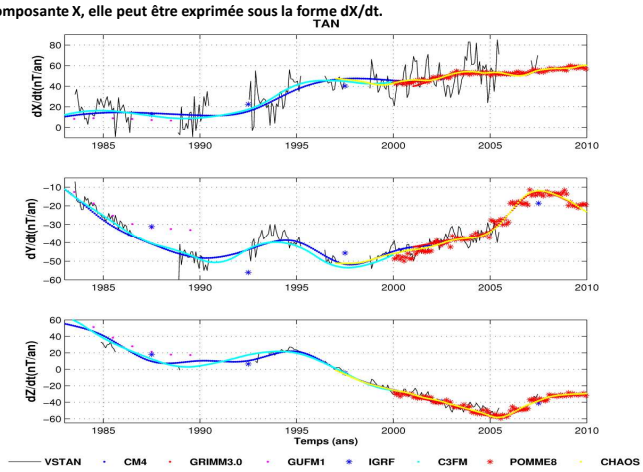


Figure 3: *Données réelles (moyennes annuelles) et synthétiques de dX/dt, dY/dt et dZ/dt calculées à partir des modèles de champ principal à la position de l'observatoire magnétique TAN de 1983 à 2007*

La figure 3 montre la variation séculaire réelle de l'observatoire TAN, obtenue par moyenne à fenêtre glissante sur 12 mois, ainsi que la variation séculaire calculée à la même position d'après les modèles internationaux disponibles. Nous présentons ici seulement la partie de la courbe (à partir de 1983) pour laquelle nous disposons de moyennes mensuelles de l'observatoire magnétique. La représentation de la variation séculaire est ainsi plus fine que pour les moyennes annuelles(avant 1983).De façon générale, les données réelles et synthétiques sont en bon accord. Il subsiste un problème avec le modèle POMME8(symbole*rouge). En effet, ce modèle présente des sauts par paliers particulièrement visibles sur dY/dt. Nous avons observé très précautionneusement ce modèle. Ces sauts par paliers sont présents dans les coefficients de Gauss du modèle lui-même. Il est à noter que ce modèle utilise un type de fonctions pour décrire les coefficients de Gauss en fonction du temps différent des autres modèles, les données synthétiques issues de calcul d'après modèles sont une représentation lissée de la réalité. Les données réelles de l'observatoire TAN présentent de petite variations sur la composantes X qui ne sont pas prises en compte dans les modèles. Par exemple, la brusque variation de tendance de la variation séculaire, appelée «secousse géomagnétique », en 2003 n'est pas représentée. La composante Y présente une faible dynamique de variation sur la période totale observée (écart maximum de 50 nT sur les 25 ans). La secousse géomagnétique de 2003, bien représentée dans les données réelles apparaît avec un décalage de son maximum: autour de 2004 pour le modèle C3FM et vers 2004.5 pour le modèle CM4. Pour la composante Z, l'amplitude totale de la variation séculaire est, sur plus de 25 ans, plus importante que pour X et Y, elle atteint 120nT. Elle est bien représentée par les modèles.

CONCLUSION

La première partie de cette thèse nous a permis de faire un état des lieux de notre connaissance du champ magnétique principal et de sa variation séculaire à Madagascar. Les comparaisons entre données réelles et données synthétiques, issues de modèles, permettent d'observer de façon précise l'apport d'un observatoire magnétique permanent sur la Grande île. En effet, même si des missions satellitaires et leurs produits dérivés comme des modèles de champ existent actuellement, leur durée de 'vie' demeure limitée. La réinstallation de l'observatoire magnétique de Tananarive TAN est donc nécessaire pour pouvoir observer les petites échelles de la variations séculaire sur de longues périodes de temps. Les modèles de champ calculés à partir des données satellitaires ne peuvent pas remplacer ces données réelles d'observatoire au sol.

Dans les seconde et troisième partie de la thèse, j'étudierai le champ crustal à Madagascar ainsi que l'influence au sol des champs magnétiques externes de l'ionosphère et de la magnétosphère.

Références

Andriamampianina, C.(1988). Etude de la variation séculaire du champ géomagnétique. *Thèse de doctorat de troisième cycle*, Université de Madagascar.
Chambodut, A. et M. Mandea (2005). Evidence for geomagnetic jerks in comprehensive *models. earth, planets, and space* 57 (2), 139-149.
Mandea, M. et B. Langlais (2002). Observatory crustal magnetic biases during magsat and Oersted satellite missions. *Geophysical research letters* 29 (15),8003.
Thébault, E., K. Hemant, G.Hulot, et N.Olsen (2009). On the geographical distribution of induced time - varying crustal magnetic fields. *Geophysical Research Letters* 36(1),L01307.
Rakotomalala, R.A(1994): la déclinaison magnétique de Madagascar depuis 1921, *DEA*, Université de Madagascar.
Ranaivo-nomenjanahary, F.N. (1984): Mesure de la déclinaison magnétique à Madagascar, *DEA*, Université de Madagascar.
Reay SJ, Herzog DC, Alex S, Kharin E, McLean S, Nosé M and Sergeveva N (2011) Magnetic observatory Data and Metadata: Types and Availability. In Mandea M, Korte M (eds) Geomagnetic Observations and Models, IAGA Special Sopron Book Series 5, DOI 10.1007/978-90-481-9858-0_7 pp149-181.
Razafindranaivo, L.M (2009): Modélisation régionale du champ magnétique terrestre dans un domaine rectangulaire. Applications pour le cas de Madagascar, *DEA*, Université de Madagascar.

Autres compétences

- **Education**
- **Théologie**
- **Création du site web/webmaster**
- **Arts crochets et broderies**
- **Agriculture et élevage**
- **Leadership**
- **Cuisine**

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre
Institut Pierre Simon Laplace
LATMOS
Coopération franco - malgache
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
UNIVERSITÉ DE VERSAILLES SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES