



PMAG2015

Aix en Provence
27-28 Mai 2015

Magnétisme en Sciences de la Terre, de l'Univers, de l'Environnement et de l'Homme en France: résultats récents et prospective

27/5 am Paléomagnétisme, de la dynamique globale à la variation séculaire
27/5 pm Magnétisme terrestre et extra-terrestre
28/5 am Magnétisme et Archéologie
28/5 pm Magnétisme et Environnement



LA BAUME LÈS AIX
1770 Chemin de la Blaque
13090 Aix-en-Provence

<http://pmag2015.sciencesconf.org/>



Bienvenue à La BAUME les AIX et au CEREGE.

Le groupe de Magnétisme et Paléomagnétisme du CEREGE

a le plaisir d'organiser ce colloque PMAG 2015

dont la tenue coïncide avec

les 20 ans d'existence du CEREGE à l'Arbois.



Merci de votre participation à cet événement scientifique !

Bon Séjour à Aix en ce joli mois de Mai



Le Comité d'Organisation

Table des matières

Mercredi 27 mai 2015 - 09:00 - 10:20

Grande salle : Paléomagnétisme : de la dynamique globale à la variation séculaire

Paradigmes orogéniques et paléomagnétisme : l'exemple des Pyrénées, C. Aubourg.....	1
Lower Cambrian-Ediacaran paleogeography and True Polar Wander with new paleomagnetic constraints from the West African Craton, B. Robert [et al.]	2
Environmental magnetism and paleomagnetism of Portuguese speleothems, E. Font [et al.]	3
Etude quantitative des linéaments magnétiques du Nord du Maroc, N. Amar [et al.]	4

Mercredi 27 mai 2015 - 10:40 - 12:20

Grande salle : Paléomagnétisme : de la dynamique globale à la variation séculaire

Paléovariation séculaire aux îles Canaries au cours des derniers 15 000 ans., C. Kissel [et al.]	5
Reinforcement of age models in recent alpine lake sediments using geomagnetic field secular records., C. Crouzet [et al.]	6
Cosmogenic Nuclide and Paleointensity Signatures of Geomagnetic Dipole Lows over and since the Brunhes/Matuyama boundary., N. Thouveny [et al.]	8
Comparaison de l'amplitude et de la chronologie des variations majeures du moment dipolaire durant la période Brunhes, analyse intégrée basée sur les mesures paléomagnétiques et cosmogéniques (10Be), Q. Simon [et al.]	10
Describing temporal variations of the geomagnetic field using a modified virtual observatory scheme: application to Swarm data, D. Saturnino [et al.]	11

Mercredi 27 mai 2015 - 13:40 - 15:40

Grande salle : Magnétisme terrestre et extra-terrestre

Etude paléomagnétique de sols cuits et de verres silicatés en surface du désert d'Atacama (Chili), P. Roperch [et al.]	12
Propriétés magnétiques des tektites et verres d'impact, P. Rochette [et al.]	14
Paleomagnetic dating of the West Clearwater Lake impact structure (Québec, Canada), W. Zylberman [et al.]	15
Robot et mesures automatiques d'une série d'échantillons sur magnétomètre 2G., T. Poidras.....	16
The effect of hydrostatic pressure up to 1.61 GPa on the Morin transition of hematite-bearing rock: Implications for planetary crustal magnetization, N. Bezaeva [et al.]	17
APPORT DE LA CARTOGRAPHIE AEROMAGNETIQUE A LA CARACTERISATION DE LA DYNAMIQUE VOLCANIQUE DU MOYEN-ATLAS (MAROC), H. Mhiyaoui [et al.]	19

Mercredi 27 mai 2015 - 18:00 - 20:00

Acampado : POSTERS

Applications du magnétisme des roches à l'étude archéométrique des céramiques provençales, R. Rêve [et al.]	20
Archaeomagnetic Dating Applied to Colluvial Sediments, S. Elisabeth [et al.]	21
Cartographie aéromagnétique du grand dyke de Foum Zguid (Anti-Atlas, Maroc), M. Bouiflane [et al.]	22

Contribution de l'Aéromagnétisme et de la gravimétrie à l'étude de la structure et des péridotites du Rif (Maroc), N. Amar [et al.]	23
Diagrammes de FORC et superparamagnétisme : influence des paramètres liés au temps, C. Carvallo [et al.] ..	24
Étude magnétique de l'enregistrement sédimentaire fluviomarin holocène du Pontet (Charente-Maritime, France), C. Romey [et al.]	25
Etude magnétostratigraphique de la localité de Fejej FJ-1 (bassin de l'Omo-Turkana, Ethiopie) et détermination de l'âge de l'assemblage lithique de culture oldowayenne, C. Chapon saou [et al.]	26
Etude paléomagnétique et pétrographique de la zone d'impact météoritique d'Agoudal (Maroc), V. Nguyen [et al.]	27
Geomagnetic field intensity changes in western Europe during the last millennia: new archeointensity data from Spanish potteries, M. Gomez-paccard [et al.]	28
Magnetic properties of large Apollo lunar samples, J. Gattacceca [et al.]	29
Magnétisme des villes circulaires du troisième millénaire avant J.C dans les marges arides de la Syrie, R. Alkontar [et al.]	30
Magnetization properties of the geological sources of some of Earth's magnetic field anomalies: rock magnetism and SWARM data numerical modelling, N. Launay [et al.]	31
Magneto-optical imaging (MOI) applied to rock magnetism, M. Uehara [et al.]	32
Middle Neolithic Period: New archaeomagnetic and thermoluminescence data from a pottery kiln at Magoula Imvrou Pigadi, SW Thessaly, Greece, E. Aidona [et al.]	33
Monitoring dredged-dumped sediment dispersal off the Bay of Seine (N France) using environmental magnetism., J. Nizou [et al.]	34
New pre-drift configuration for India and Madagascar, J. Mathew [et al.]	35
Paleomagnetic study of a new tektite field in South America, C. Cournède [et al.]	36
Paleomagnetism of the Cryogenian Mirbat dikes, Oman: New paleogeographic constraints for the northeastern edge of the East African Orogen (EAO), S. Rousse [et al.]	37
Preliminary paleomagnetic data from the Dakhla section, Southwestern Moroccan Sahara, M. Benammi [et al.]	39
The consequences of hotspots on continental lithosphere: towards a new reference frame for the last 260Ma., S. Vicente de Gouveia [et al.]	40
The Earth's magnetic field in Italy during the Neolithic period: New data from the Early Neolithic site of Portonovo (Marche, Italy), E. Tema [et al.]	41
The Patagonian Orocline, F. Poblete [et al.]	42
Transport sédimentaire et évolution de la mousson est asiatique pendant les derniers 410 000 ans au nord de la Mer de Chine du Sud: une approche multi-traceurs., Q. Chen [et al.]	43

Jeudi 28 mai 2015 - 09:00 - 10:20

Grande salle : Magnétisme et Archéologie

Méthode magnétique multi-échelle à trois dimensions appliquée à l'étude archéologique du site de Qasr ?Allam, oasis de Bahariya, Égypte, B. Gavazzi [et al.]	45
Quand le bois devient magnétique : étude d'une épave antique, F. Lévêque [et al.]	46

L'héritage magnétique de la Culture Halaf, S. Akimova [et al.]	48
Cadre géochronologique de l'Homo erectus de Koçabas, A. Lebatard [et al.]	49

Jeudi 28 mai 2015 - 10:40 - 12:00

Grande salle : Magnétisme et Archéologie

Le champ magnétique Terrestre entre 125 BC et 500 AD dans le Languedoc-Roussillon : Nouvelles données d'archéointensités et modèle régional., C. Lepaulard [et al.]	50
Le magnétisme des spéléothèmes de la grotte des Théoriciens (Saint Benoit, Alpes de Haute Provence), P. Camps [et al.]	51
Models of the archaeomagnetic field using prior information from dynamo simulations, S. Sanchez [et al.] ..	52
Nouvelle méthode de combinaison des mesures archéomagnétiques à des fins de datation, P. Lanos	53

Jeudi 28 mai 2015 - 13:20 - 15:40

Grande salle : Magnétisme et Environnement

Projet «Paris 2030» : Provenance et devenir des polluants métalliques - Échanges entre la métropole parisienne et la Seine, C. Franke [et al.]	54
Fault imprint in clay units: magnetic fabric, structural and mineralogical signature, E. Moreno [et al.]	55
Magnetic study of turbidites, C. Tanty [et al.]	56
Paleoenvironmental signature of the Deccan Phase-2 eruptions, E. Font [et al.]	57
Enregistrements paléomagnétiques et cosmogéniques (^{10}Be) dans la baie de Baffin durant le dernier cycle glaciaire, reconstructions des variations séculaires du champ magnétique terrestre et signatures paléoenvironnementales, Q. Simon [et al.]	58
Variations du courant circum-antarctique (ACC) et de l'océan austral dans le secteur Kerguelen lors de la déglaciation et des derniers cycles climatiques, A. Mazaud [et al.]	59
Magnetic mineral separation using low temperature magnetism, F. Lacroix [et al.]	60

Paradigmes orogéniques et paléomagnétisme : l'exemple des Pyrénées

Aubourg Charles ¹

1 : Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R)

Université de Pau et des Pays de l'Adour [UPPA]CNRS : UMR5150TOTAL

BP 1155 - 64013 Pau

<http://lfc.univ-pau.fr/live/>

L'histoire géodynamique de la partie Nord des Pyrénées connaît aujourd'hui des changements de paradigmes importants et encore débattus. La structuration des Chainons Béarnais fait partie de ces changements conceptuels : on interprète maintenant les structures plicatives comme résultants de la déformation anté-compression lors de l'hyper amincissement de la marge. De même, l'anomalie thermique liée à la proximité du manteau perdure en fait tout le temps de la compression de 100 Ma à 50 Ma. Nous proposons une réinterprétation de données publiées dans les marnes albiennes du Bassin de Mauléon, en complétant par des données inédites. Une composante post plissement de moyenne température (Une étude récente a permis de connaître les températures d'enfouissement de ces marnes. Sur cette base, on propose que la formation de la magnétite est liée à une élévation de température De manière indépendante, ces données confortent :

Le caractère anté-compression des structures plissées dans les Chaines Béarnais

Un premier pic thermique pendant l'extension

La stagnation des conditions de haute température pendant la compression

Aubourg, C., Pozzi, J-P., Kars*, M. Burial, claystones remagnetization and some consequences for magnetostratigraphy. Special volume of Geological Society of London 'Remagnetization'. 10.1144/SP371.4

Lower Cambrian-Ediacaran paleogeography and True Polar Wander with new paleomagnetic constraints from the West African Craton

Robert Boris ¹, Besse Jean ¹, Blein Olivier ², Greff Marianne ¹, Baudin Thierry ², Lopes Fernando ¹

1 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

Université de la Réunion Université Paris VII - Paris Diderot IPG PARISINSUCNRS : UMR7154

IPGP, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05 ; Université Paris Diderot, Bât. Lamarck A case postale 7011, 75205 Paris CEDEX 13

<http://www.ipgp.jussieu.fr/>

2 : Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

BRGM, Centre scientifique et technique, 3 avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France

<http://www.brgm.fr/>

The position of Laurentia during the Ediacaran (635-542Ma) is still highly debated. Paleomagnetic data suggest fast oscillations of the virtual geomagnetic poles (VGP) from high to low latitudes between 570 and 550Ma. These data are interpreted in the literature either as oscillations of the Earth magnetic dipole between polar and equatorial positions, or as True Polar Wander (TPW), implying a very fast tumbling of continents and perhaps, of whole Earth. If such phenomenon occurred, these VGP oscillations would have been recorded in every rock formed during this period.

In this study, we test these hypotheses by bringing new paleomagnetic data on volcanic series from another continent: the West African Craton (WAC). We have sampled well dated pyroclastic and lava flows from the Ouarzazate (upper Ediacaran) and Taroudant groups (lower Cambrian) in the Anti-Atlas, (Morocco). 500 samples from 105 sites were thermally demagnetized in laboratory. Our results highlight two major groups of directions, mainly carried by hematite; magnetite also contributing sometimes to the magnetization.

The first group displays a single polarity direction, with a shallow inclination and a south-east declination. This direction is close to the expected direction derived from the Permo-Carboniferous segment of the Gondwana apparent polar wander path (APWP), and may represent a remagnetization acquired during the Kiaman reversed polarity superchron (320-262Ma).

The second group, observed in the Ouarzazate and Taroudant groups, consists of a dual polarity high inclination direction and may represent the original magnetization. If so, no VGP oscillation is visible in the APWP of the WAC for the upper Ediacaran and does not favor neither TPW nor magnetic dipole oscillations for this epoch.

Moreover, assuming the Amazonian and West African cratons accreted, our results support the persistence of the Laurentia-Amaonia-West Africa continent up to the late Ediacaran. This paleogeographic configuration is consistent with geologic observations and could correspond to an ancient fragment of the past supercontinent Rodinia. In this scenario, Laurentia would drift at low latitude position all along the Ediacaran.

Environmental magnetism and paleomagnetism of Portuguese speleothems

Font Eric ^{1,2}, Ponte Jorge ^{2*}, Veiga-Pires Cristina ^{3*}, Hilaire Marcel Claude ^{4*}

- 1 : Fundação da Faculdade de Ciências de Lisboa (FCUL)
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Campo Grande 1749-016 Lisboa · Portugal T (+351) 217 500 357 ?
Ext. 21103)
<http://www.fc.ul.pt/en/node>
- 2 : Fundação da FCUL (FFCUL)
IDL-FCGUL, Faculdade de Ciências de Lisboa Campo Grande, 1749-016 Lisboa, PORTUGAL
- 3 : Université de l'Algarve (CIMA)
n.a
- 4 : GEOTOP - Canada (GEOTOP)
n.a.
- * : Auteur correspondant

Environmental magnetism and paleomagnetism of speleothems is still in its early stage of development. Here we studied two speleothems from the Algarve region (Portugal) by using a multidisciplinary approach, including rock magnetism and geosciences tools, in order to discuss what are the factors that control the preservation and reliability of the magnetic remanence, and what are the environmental information that speleothem recorded. Our results show that the main magnetic carriers of the speleothems under study are primary (detrital) and consist of maghemite (and magnetite?) and hence, they represent a regional environmental signature. Interestingly, a stable and probably detrital remanent magnetization could be isolated in the fresh stalagmite, whereas the weathered stalactite yielded chaotic magnetic directions and very low remanent intensities. We suggest that these low intensities can be the result of different remanence acquisition mechanisms between stalagmite and stalactite and/or iron dissolution by fungal activity. Finally, we discuss the influence of calcite growth inclination on the remanent magnetic inclination.

Etude quantitative des linéaments magnétiques du Nord du Maroc

Amar Najib¹, Khattach Driss¹, Kaufmann Olivier²

1 : Laboratoire des Géosciences Appliquées
Faculté des Sciences, Université Mohammed 1er, Oujda

2 : Service de Géologie Fondamentale et Appliquée
Université de Mons, Mons

Introduction

La chaîne Rifaine, située au nord du Maroc, constitue le bloc sud de l'arc occidental de la chaîne alpine. Elle borde le bassin d'Alboran (au SW de la Méditerranée occidentale), qui est un bassin marginal en cours de fermeture. La structure complexe actuelle est l'héritage de multiples processus orogéniques (enfouissement, charriage et chevauchement, rifting) en relation avec le rapprochement de la plaque Africaine et eurasiatique depuis ~50 Ma. Le contexte géodynamique du Rif fait de lui une zone réputée de forte sismicité et l'histoire en est témoin.

Le présent travail a pour objectif de contribuer à la carte structurale du Rif par l'analyse des anomalies magnétiques.

Méthode

Les linéaments magnétiques représentent des discontinuités magnétiques comme les contacts des corps magmatiques ou les accidents tectoniques. Ils se manifestent sur une carte des anomalies magnétiques par de forts gradients. Plusieurs techniques basées sur les gradients horizontaux et verticaux sont utilisées pour l'analyse multi-échelle de ces contacts. On peut citer les méthodes suivantes : le gradient horizontal couplé au prolongement vers le haut, le signal analytique couplé au prolongement vers le haut et la déconvolution d'Euler. La première méthode consiste à déterminer les maxima du gradient horizontal sur des cartes d'anomalies magnétiques prolongées vers le haut à différentes altitudes. La superposition de ces maxima permet de localiser les contacts magnétiques et de donner une indication sur le sens de leurs pendages. Le signal analytique faisant intervenir la dérivée verticale, en plus des dérivées horizontales, permet une analyse plus fine des contacts magnétiques superficiels. La troisième méthode, en utilisant les solutions de la déconvolution d'Euler, permet en plus de la localisation dans le plan horizontal des contacts magnétiques une indication sur leurs profondeurs.

Résultats

Les distributions de certains maxima ou solutions d'Euler qui sont sous forme de linéaments peuvent être liées à des failles. Pour une analyse quantitative de ces linéaments nous avons fait appel aux méthodes de reconnaissance automatique moyennant un SIG et les outils statistiques. L'étude s'est portée sur les éléments caractérisant ces linéaments : direction, longueur et fréquence. Dans un premier temps nous avons considérés l'ensemble des linéaments obtenus. Les roses diagrammes des longueurs cumulées indiquent une prédominance de la direction N90° avec une longueur totale de 4250km, suivie de la direction N40° une longueur totale de 3000km et des directions mineurs N165° et N135°. Cette classification est confirmée par l'analyse des fréquences. Dans un deuxième temps nous nous sommes intéressés aux linéaments profonds qui sont, en principe, ceux qui subsistent sur les cartes prolongées vers le haut à des altitudes élevées. Les linéaments de la carte prolongées à 1400m indiquent une prédominance de trois familles de direction qui sont dans l'ordre d'importance la direction N30° (600km), N135° (500km) et N60° (450km). On remarque l'atténuation des directions N90° et N165°.

Les résultats de cette étude vont contribuer significativement à l'amélioration de la carte structurale du nord du Maroc. En plus des grands accidents tectoniques connus, de nombreux linéaments ont été mis en évidence par la présente étude.

Paléovariation séculaire aux îles Canaries au cours des derniers 15 000 ans.

Kissel Catherine ¹, Laj Carlo ^{2,3}, Rodriguez-Gonzalez Alejandro ^{4,5}, Perez-Torres Francisco ⁴, Carracedo Juan-Carlos ⁴, Wandres Camille ²

- 1 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)
CEACNRS : UMR8212UVSQ : UMR8212
LSCE-Vallée Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX
www.lsce.ipsl.fr
- 2 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)
CEACNRS : UMR8212UVSQ : UMR8212
LSCE-Vallée Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX
<http://www.lsce.ipsl.fr/>
- 3 : Laboratoire de géologie de l'ENS (LGE)
INSUCNRS : UMR8538École normale supérieure [ENS] - Paris
24 Rue Lhomond 75231 PARIS CEDEX 05
<http://www.geologie.ens.fr/spiplabocnrs/>
- 4 : Departamento de Física-Geología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
35017 Las Palmas de Gran Canaria
- 5 : Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA-CSIC)
Sole i Sabaris s/n, 08028 Barcelona

Les changements de directions et d'intensité du champ magnétique terrestre au cours de l'Holocène ont été reconstruits à partir de l'étude paléomagnétique de 38 coulées aux îles Canaries. L'une des coulées a été mise en place en 1706 et 28 autres sont datées par radiocarbone sur des troncs d'arbre brûlés ou des charbons retrouvés à la base des coulées. Leur âge est distribué entre 1706 AD et 13200 BC. Neuf autres coulées n'ont pas été datées mais des liens stratigraphiques avec les coulées datées ont pu être établis grâce aux observations de terrain.

L'échantillonnage a été mené sur 39 sites (une coulée a été échantillonnée à deux endroits différents) avec 7 à 16 carottes réparties sur chaque coulée et orientées à la boussole et au soleil révélant des anomalies magnétiques de l'ordre de 2° en moyenne. Les carottes, d'une longueur variant entre 6 et 15 cm ont fourni 5 à 11 échantillons (1/2 taille standard) et ce sont les plus profonds, exempts d'altération, qui ont été analysés.

Les courbes thermomagnétiques et les spectres de température et de coercivité indiquent que le porteur principal de l'aimantation est de la magnétite avec divers taux de titane. La taille de ces magnétites est en moyenne dans la gamme des pseudo-monodomaines avec des distributions sur les courbes de mélanges SD-PSD et PSD-MD.

Les directions paléomagnétiques ont été obtenues après désaimantation thermique sur plus de 400 échantillons (11 à 13 étapes sur 1 échantillon par carotte) doublée pour 156 échantillons par une désaimantation par champs alternatifs (13 étapes). Les diagrammes obtenus montrent en très grande majorité (89%) l'existence d'une seule composante d'aimantation avec des valeurs de MAD de 2° en moyenne. Les directions obtenues aux deux sites provenant de la même coulée diffèrent par moins de 5° montrant une très bonne cohérence intra-coulée. Les résultats d'une des coulées étudiées n'ont pas été pris en compte car trop dispersés.

Les paléointensités ont été déterminées en utilisant la méthode de Thellier et Thellier sur les 38 sites (37 coulées) ayant donné un résultat directionnel fiable. Les gammes de température et les étapes ont été adaptées sur la base des désaimantations thermiques et des profils thermomagnétiques. Un minimum de 10 étapes de double chauffe a été effectué pour chaque fourée avec, en plus, de nombreux pTRM checks. Les 382 échantillons traités ont été sélectionnés sur la base de leur stabilité en désaimantation thermique et 250 d'entre eux ont fourni un résultat de paléointensité fiable sur la base des critères PICRIT-03 ce qui représente un taux de succès d'environ 65%. Ces résultats sont répartis sur 36 coulées car une coulée n'a pas donné de résultat. Parmi ces 36 coulées, une a été rejetée car la dispersion intra-flow dépassait 20% et une autre n'est caractérisée que par une seule détermination fiable. Les intensités moyennes obtenues sur les 34 autres coulées sont basées sur 3 à 4 déterminations indépendantes pour 7 d'entre elles, et de 5 à 12 déterminations pour les 27 autres. Les dispersions intra-coulée sont en moyenne de 11%.

Ceci constitue le premier set de données Holocène aux îles Canaries, complété par les données publiées au préalable et qui ne couvrent que les derniers 500 ans. Ces données seront comparées à celles obtenues à l'échelle régionale et aux prédictions des divers modèles existants.

Reinforcement of age models in recent alpine lake sediments using geomagnetic field secular records.

Crouzet Christian ¹, Wilhelm Bruno ², Sabatier Pierre ³, Demory François ⁴, Thouveny Nicolas ⁴, Arnaud Fabien ³, Pignol Cécile ³, Reyss Jean-Louis ⁵, Magand Olivier ⁶, Malet Emmanuel ³, Fanget Bernard ³

- 1 : Institut des sciences de la Terre (ISTerre)
Université de Savoie Mont Blanc CNRS : UMR5275
Technolac 73376 Le Bourget du Lac cedex
<http://isterre.fr/>
- 2 : Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement (LTHE)
Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG) Université Joseph Fourier - Grenoble I INSU OSUG CNRS : UMR5564 Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR012
ENSHMG - Domaine Universitaire 1023-1025 Rue de la piscine - BP 53 38041 GRENOBLE CEDEX 9
<http://www.lthe.hmg.inpg.fr>
- 3 : Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM)
CNRS : UMR5204 Université de Savoie
Université de Savoie, Campus scientifique, 73376 Le Bourget du Lac cedex
<http://edytem.univ-savoie.fr/>
- 4 : Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (CEREGE)
Aix-Marseille Univ, CEREGE, UMR 6635, 13545 Aix en Provence cedex 4, France CNRS, CEREGE, UMR 6635, 13545 Aix en Provence cedex 4, France IRD, CEREGE, UMR 161, 13545 Aix en Provence cedex 4, France Collège de France, CEREGE, 13545 Aix en Provence cedex 4, France
Europôle de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence Cedex 04, France
www.cerege.fr
- 5 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE - UMR 8212)
Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) CEACNRS : UMR8212
LSCE-CEA-Orme des Merisiers (point courrier 129) F-91191 GIF-SUR-YVETTE CEDEX LSCE-Vallée Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX
<http://www.lsce.ipsl.fr/>
- 6 : Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement (LGGE)
CNRS : UMR5183 OSUG INSU Université Joseph Fourier - Grenoble I
Domaine Universitaire 54 Rue Molière - BP 96 38402 ST MARTIN D HERES CEDEX
<http://lgge.obs.ujf-grenoble.fr>

A still challenging point for palaeoenvironmental or palaeoclimatic studies is the chronology carried out using of sedimentary archives is the chronology of different events retrieved. For the last century, short-lived radionuclides (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs) allow a reliable dating. Beyond this period, age-depth models are mainly based on ¹⁴C dates of terrestrial plant fragments or carbonated material. Such remains may be very scarce or even absent in particular environments such as high altitude / latitude lakes.

This study aims to explore the possibilities and limitations of the use of geomagnetic field paleosecular variations to for dateing recent lake sediments. The direction of the measured natural remanent magnetization (NRM) measured in sediment cores will be compared to a reference curve to provide additional chronological markers, including other to the classic chronological and sedimentary constraints in order ¹⁴C ages. Age ? depth models calculated with and without the paleomagnetic chronological markers will be compared to assess their value to provide estimations for age ? depth modelling. A paleomagnetic study of 7 high altitude lakes whose elevation is between 880 m and 2517 m asl has been realized. UWITEC gravity corer or piston core were used to retrieve sediment cores. All the magnetic measurements were performed in CEREGE laboratory. In some cases, cubic samples were collected in order to ensure good preservation of sedimentary features using the Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS). U-channel samples were subjected to stepwise alternating field (AF) demagnetization Anhysteretic Remanent Magnetization (ARM) and Isothermal Remanent Magnetization (IRM) were imparted.

For the 4.5 m long sequence of Lake La Thuile lake, S-ratio varies from 0.84 to 0.97 with an average of 0.91 ± 0.02 . Low field susceptibility (kLF), ARM40/ARM and kARM/kLF show important change at around 1.0 m depth. kLF is anticorrelated to the two other parameters implying suggesting that they are mainly linked with grain size changes and not to mineralogical parameters. Also the ratio kARM/kLF demonstrates that the magnetic grain size is ranging from 5 mm to 0.1 mm. The mean destructive field (MDF) of the ARM is varying from 18 to 35 mT with average value of 28.9 ± 4.4 mT, while the average value of the NRM MDF is 35.9 ± 6.3 mT. Comparison between the ARM and NRM MDFs gives provides good correlation coefficient ($r = 0.67$ and $r = 0.78$ for the part below 1.0 m). The NRM is carried by the same particles than

the ARM. This suggests that magnetite grains of low coercivity magnetization are the dominant carrier of remanence.

For the other lakes, the environmental magnetic parameters (ie: ARM/SIRM; ARM40/ARM; MDF) are stable through each core indicating that no major changes in the magnetic content occurred during sedimentation. The strongest variations in magnetic parameters are associated to grain size change variability usually correlated to sedimentary detrital inputs.

The NRM was carefully analysed and artefacts due to coring were evidenced and therefore deleted from the dataset. Usually only a single, highly stable, magnetic component was observed. The different lacustrine lake records show well defined peaks of declination (D-1 to D-5) that are compared to neighbouring other records and to the reference curve. The obtained age-depth models are consistent with short short-lived radionuclides, ^{14}C dating and correlations to historical events. This approach allowed also reducing age uncertainties related to ^{14}C dating of more than 30%. In some cases (Doménon Lake Doménon) with very low sedimentation rate, a delay in remanence acquisition (lock in depth effect) can be evidenced and estimated not more than 10-15 cm. This study demonstrates that the use of paleosecular variations record can be an efficient tool in different sedimentary environments as a tool for dating recent millennium-long lake sediments records or consolidating their age- ? depth models can be efficient in different sedimentary environments.

Cosmogenic Nuclide and Paleointensity Signatures of Geomagnetic Dipole Lows over and since the Brunhes/Matuyama boundary.

Thouveny Nicolas ^{1*}, Team Magorb ²

1 : Aix Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM34

Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]

13545 Aix en Provence

2 : MAGORB ANR (ANR 09 BLAN)

ANR

Aix en Provence

* : Auteur correspondant

Nicolas THOUVENY¹, Didier BOURLES¹, Jean-Pierre VALET², Franck BASSINOT³, Lucie MENABREAZ¹, Alexandra BOUILLOUX², Quentin SIMON¹, François DEMORY¹, Valéry GUILLOU¹, Laurence VIDAL¹, Luc BEAUFORT¹, Thibault de GARIDEL¹ and ASTER Team¹.

1- CEREGE UM 34, Aix-Marseille Université ? CNRS - IRD, Technopôle Environnement Arbois Méditerranée BP80 13545 Aix en Provence cedex 04.

2- IPGP, Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris-Cité, UMR 7154 CNRS, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex05.

3- Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CEA-CNRS-UVSQ), Domaine du CNRS, Avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette.

The hypothetic contribution of the Earth's axis precession to the geodynamo energy was recently reinforced by experimental and numerical models (e.g. Vanyo, 2004, Roberts et Wu, 2005, Le Bars, 2013), triggering new research on the influence of orbital periodicities in the paleomagnetic field spectrum (e.g. Fuller, 2006 and Xuan and Channel, 2008). Sedimentary archives providing time-series of geodynamo variations ? such as relative paleointensity (RPI) and inclination may be biased or contaminated during the acquisition of post-depositional remanent magnetization (PDRM), altering both the amplitude and phase of dipole moment variations records. Therefore in such records the detection of quasi-orbital periods or phase relationships between RPI series and $\delta^{18}\text{O}$ signatures does not constitute convincing clues. First studies coupling paleomagnetism and cosmogenic nuclide geochemistry (Carcaillet et al. 2003, 2004 ; Thouveny et al. 2008) encouraged the launching of the MAG-ORB project in order to construct time series of RPI and cosmogenic ^{10}Be production rate by measuring the authigenic $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio and remanent magnetizations along high sedimentation rate cores collected in the Pacific and Indian equatorial oceans. Geomagnetic dipole lows (GDL) linked to excursions over the Brunhes epoch and to the Brunhes/Matuyama boundary are recorded by RPI lows and related ^{10}Be overproduction events. The production is doubled during the Laschamp event (recorded in 3 sites at 41 ka in marine isotope stage 3 (MIS 3)), and during the B/M transition (recorded in two cores at ca 773 ka at the end of MIS 19). In few cases ^{10}Be maxima and RPI minima are perfectly synchronized (record MD90-0963/ Maldives area (Valet et al. 2014)). In most cases significant offsets are measured: ^{10}Be maxima being recorded 5 to 30 cm above the corresponding RPI minima, denouncing a delayed PDRM acquisition (record MD05-2930 / Papua-New Guinea margin (Ménabréaz et al., 2012, 2014). Relationships established between clusters of authigenic $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio values and clusters of absolute Virtual Dipole Moment values are compatible with theoretical cosmogenic isotope production models (e.g. Masarik and Beer, 2009). Cosmogenic Be records can thus be translated into « ^{10}Be derived» dipole moment which can be analysed in terms of power spectra and temporal rates of changes and thus provide new insight on the geodynamo behaviour.

MAGORB ANR 09 BLAN 0053 (CEREGE, IPGP, LSCE)

Carcaillet, J., et al. 2003. *Geophys. Res. Lett.* 30 (15), 1792. doi:10.1029/2003GL017550. // Carcaillet, J. et al. 2004a. *Earth Planet. Sci. Lett.* 219, 397-412. // Carcaillet, J. et al. 2004b. *Geochem. Geophys. Geosystems*. 5, Q05006. doi:10.1029/2003/GC000641. // Fuller, M., 2006. *Earth Planet. Sci. Lett.* 245 (3-4), 605-615. // Le Bars et al. *Flows Driven by Libration, Precession, and Tides ; Annual Review of Fluid Mechanics ; Vol. 47: 163-193* (Volume publication date January 2015); // Ménabréaz, L., et al 2012. *J. Geophys. Res.* 117, B11101. Ménabréaz, L., et al. 2014. *Earth and planet. Sci. Lett.* 385, 190-205. Thouveny N., et al. 2008. *Earth Planet. Sci. Lett.* 275, 269. // Vanyo, J.P., 2004. *Geophys. J. Int.* 158, 470-478. // Valet et al. 2014. *Earth and*

planet. Sci. Lett. 397, 67-79.//Vanyo, J.P., Dunn, J.R., 2001. Geophys. J. Int. 142, 409-425.//
Roberts, P.H., Wu, C., 2005. EOS Trans. AGU 86 (52)// Xuan, C., Channell, J.T., 2008, Earth
and planet. Sci. Lett. 268, 245-254.

Comparaison de l'amplitude et de la chronologie des variations majeures du moment dipolaire durant la période Brunhes, analyse intégrée basée sur les mesures paléomagnétiques et cosmogéniques (^{10}Be)

Simon Quentin^{1,2}, Thouveny Nicolas¹, Bourlès Didier¹, Choy Sandrine^{1,2}

1 : Aix Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM34

Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]
13545 Aix en Provence

2 : IPGP, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris-Cité, UMR 7154 CNRS

IPG PARIS

1 rue Jussieu, 75238 Paris

Les mesures paléomagnétiques des sédiments marins fournissent depuis plusieurs décennies une mine d'informations précieuses sur l'évolution de la géodynamo terrestre. Ces mesures en continu sont un complément idéal aux informations ponctuelles provenant des mesures de l'aimantation rémanente naturelle (ARN) dans les coulées de lave. Les mesures de l'ARN des sédiments marins contiennent des informations cruciales sur les inversions de polarité et les excursions qui se produisent généralement pendant les périodes de très faible intensité du champ. L'amplitude et la chronologie des ces variations ainsi que les caractéristiques particulières et les causes de ces événements restent largement débattus dans la communauté. Parmi les questions posées, les variations rapides du dipôle combinées aux changements à long terme doivent être clarifiées pour comprendre ce qui contrôle les fluctuations du dipôle, pourquoi il fluctue et quelles sont les causes des inversions de polarité. Les incertitudes associées à ces interrogations proviennent essentiellement des processus spécifiques liés aux propriétés des sédiments porteurs de l'aimantation rémanente ainsi que des variations climatiques et océanographiques. De plus, des questions importantes concernant les aimantations acquises durant le dépôt et l'enfouissement des sédiments augmentent encore ces incertitudes.

Pour tenter de répondre à ces questions, nous proposons une approche géochimique indépendante et complémentaire aux mesures paléomagnétiques afin de reconstituer les changements d'intensité du champ géomagnétique. Les variations d'intensité du champ peuvent être reconstruites à partir de la production du nucléide cosmogénique du béryllium (^{10}Be) qui est directement liée à l'intensité du champ géomagnétique. Des nombreuses études menées au CEREGE depuis l'installation de l'instrument national spectromètre de masse par accélérateur ont montré que les variations de concentrations du ^{10}Be dans les enregistrements sédimentaires sont inversement corrélées avec les mesures de paléointensité. Afin de soustraire les empreintes environnementales intrinsèques, un processus de normalisation par la fraction dissoute de l'isotope stable du béryllium (^9Be) est toutefois indispensable. Nous présentons ici de nouveaux résultats obtenus sur une carotte sédimentaire prélevée dans le Golfe de Papouasie et couvrant la période de 0 à 250 ka (MD05-2930). La signature des rapports $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ authigéniques est favorablement comparée aux résultats de paléointensité et nettement reliée à la succession des baisses du moment dipolaire. Des épisodes de surproduction du ^{10}Be accompagnent systématiquement les chutes majeures d'intensité du champ, et notamment durant les phases excursionnelles (e.g., Laschamp, Blake, Iceland-Basin). Ces nouveaux résultats qui complètent l'étude géochimique de cette même séquence sédimentaire (Ménabréaz et al., 2014) nous permettent de comparer directement les amplitudes des augmentations du rapport $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ authigéniques sur la période 0 ? 800 ka, qui inclut non seulement la dernière inversion Brunhes-Matuyama mais aussi diverses excursions majeures.

L'association des résultats de paléointensité et des nucléides cosmogéniques sur une même carotte sédimentaire permet d'affiner la chronologie et les caractéristiques des événements majeurs et de notamment mieux appréhender les implications liées à la profondeur d'acquisition de l'aimantation dans les sédiments marins.

Ménabréaz, L., Thouveny, N., Bourlès, D.L., Vidal, L., 2014. The geomagnetic dipole moment variation between 250 and 800 ka BP reconstructed from the authigenic $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ signature in West Equatorial Pacific sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.* 385, 190-205.

Describing temporal variations of the geomagnetic field using a modified virtual observatory scheme: application to Swarm data

Saturnino Diana ¹, Langlais Benoit ¹, Amit Hagay ¹, Mandeia Mioara ²

1 : Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN)

CNRS : UMR6112INSU Université de Nantes

2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 NANTES CEDEX 3

2 : Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)

CNES

18, Av. Edouard Belin, 31055 Toulouse

We propose a new approach to describe the spatial variability of the temporal changes of the geomagnetic field using space measurements. Although the temporal geomagnetic field changes are well described by observatory time series, the characterization of its spatial variability is hampered by the uneven distribution of the observatories. To get a global data coverage and to drastically improve geomagnetic field models the satellite measurements become essential. In these study we analyze these data to directly describe the secular variation, in the same manner as for ground observatory locations. However, it is difficult to directly compare satellite and observatory data due to satellite movements. To overcome this we follow a Virtual Observatories (VO) approach, defining a regular and globally homogeneous mesh of VO volumes at the satellite altitude. As the satellite measurements are acquired at different altitudes for the same defined location, a correction for the altitude dependence is needed. For solving this problem, we apply an Equivalent Source Dipole (ESD) technique. For each VO and during a given time interval, all measurements are reduced to a unique location, leading to time series similar to those available at ground magnetic observatories. Tests with synthetic satellite data are used to validate this approach. We apply our scheme to measurements acquired during the first year of the ESA Swarm mission. We present here the first results over the European area, where we locally compare the VO time series to ground observations, as well as to satellite-based model predictions.

Etude paléomagnétique de sols cuits et de verres silicatés en surface du désert d'Atacama (Chili).

Roperch Pierrick ^{1,2}, Blanco Nicolas ³, Valenzuela Millarca ⁴, Lorand Jean Pierre ⁵, Tomlinson Andrew ³, Arriagada Cesar ⁶, Gattacceca Jérôme ⁷

1 : Géosciences Rennes et Université du Chili (GR)

Université de Rennes 1 Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes INSU CNRS : UMR6118

Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/>

2 : Géosciences Rennes (GR)

Université de Rennes 1 Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes INSU CNRS : UMR6118

Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/>

3 : Sernageomin

Santiago

4 : Universidad Catolica

Santiago

5 : Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPG)

CNRS : UMR6112 INSU Université de Nantes

2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 NANTES CEDEX 3

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/lpgnantes/index.php?lang=fr>

6 : Universidad de Chile [Santiago]

v. Libertador Bernardo O'Higgins 1058, Santiago

<http://www.uchile.cl/>

7 : CEREGE CNRS/ Aix-Marseille Université

Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]

BP 80, 13545 Aix en Provence, Cedex 4

Nous avons commencé l'étude d'un champ de verres silicatés et de terres cuites observés à la surface du désert d'Atacama dans le nord du Chili découvert en 2012 par des géologues du Service Géologique Chilien. Les datations C14 disponibles suggèrent une formation pendant l'époque du Dryas récent précédant la transition Pléistocène-Holocène.

Un échantillonnage paléomagnétique préliminaire a été réalisé avec des échantillons orientés in situ de terres cuites et des échantillons non-orientés de roches fondues.

L'intensité de l'aimantation rémanente naturelle (NRM) est variable dans les blocs de verres silicatés. Les aimantations les plus faibles se trouvent dans les verres les plus denses, tandis que les plus fortes intensités ($> 1 \text{ Am}^{-1}$) correspondent aux échantillons avec le plus bas degré de fusion ou les "terres cuites" (jusqu'à 6 Am^{-1}). La variation de la susceptibilité magnétique en champ faible avec la température indiquent que la magnétite est le porteur magnétique principal même si plusieurs échantillons de roches fondues n'ont pas un point de Curie de magnétite bien défini. Des expériences d'hystérésis confirment la faible quantité de matière magnétique dans certains échantillons de verre avec des aimantations à saturation faibles. Plusieurs échantillons ont des rapports d'hystérésis indiquant des particules de magnétite monodomaine.

Une aimantation rémanente univectorielle a été déterminée dans tous les types d'échantillons après désaimantation thermiques ou par champs alternatifs. Dans les "terres cuites", l'aimantation est stable avec la même direction caractéristique enregistrée pour les sept blocs orientés. La direction caractéristique moyenne est : (Déclinaison: 351° , Inclinaison: -40° avec un angle de confiance à 95% de 2°). Les roches fondues au dessus des terres cuites ont aussi une aimantation rémanente stable semblable aux terres cuites sous-jacentes.

Ces propriétés magnétiques démontrent que l'aimantation est une aimantation thermorémanente acquise au cours du refroidissement. Cette interprétation est confirmée par la comparaison avec des aimantations thermorémanentes acquises au laboratoire dans un champ connu.

Les expériences de Thellier sur 11 échantillons de terres cuites donnent des déterminations de paléointensité très bien définies avec un paléochamp moyen de $39.4 \pm 1.6 \text{ mT}$. La très grande qualité des expériences de paléointensité démontre la nature thermorémanente de l'aimantation. La grande stabilité de l'aimantation, son intensité élevée ($> 1 \text{ Am}^{-1}$), le déblocage des températures inférieures à 580°C , la présence d'une phase de haute coercivité typique souvent observée dans les études archéomagnétiques démontrent que les sédiments ont été chauffés au-dessus de 600°C jusqu'à une profondeur de plus de 10 cm.

Alors que toutes les mesures magnétiques standard mettaient en évidence principalement de la magnétite dans les verres silicatés, les observations au microscope optique en lumière réfléchie ou au microscope électronique à balayage (MEB avec EDS) mettent en évidence des sulfures de

fer avec une composition proche de la troïlite (FeS), localement partiellement à fortement oxydés ce qui est assez fréquent en climat désertique.

En section polie, ces particules se trouvent généralement près des vésicules. Certains grains contiennent également des phosphures métalliques parfois étroitement associés avec le sulfure de fer. Les analyses EDS indiquent une composition proche de la perryite pour le pôle nickélifère ou d'une phase inconnue Fe₃P pour le pôle ferrofère.

Les travaux et résultats disponibles permettent de rejeter plusieurs hypothèses pour la formation des verres silicatés. Il ne s'agit pas de scories métallurgiques (composition des verres, âge, pas de site archéologique proche). Il n'y a pas d'activité volcanique à moins d'une centaine de kilomètre. Les sols cuits et les verres n'ont pas pu être formés par la foudre (fulgurites) car les surfaces sont importantes et d'autre part les propriétés magnétiques ne montrent pas l'enregistrement de champs magnétiques intenses comme ceux associés à la foudre. Enfin, il n'y a rien dans le sol et sous-sol proche de la surface permettant d'envisager un phénomène de pyro-métamorphisme.

Les terres cuites et la fusion des sédiments en surface impliquent un phénomène thermique in situ. L'absence d'un cratère d'impact d'une météorite permet de rejeter l'hypothèse d'éjectas. La destruction d'un astéroïde dans l'atmosphère est notre principale hypothèse de travail pour expliquer les effets thermiques au sol observés dans cette région du nord du Chili.

Propriétés magnétiques des tektites et verres d'impact

Rochette Pierre¹, Gattacceca Jérôme²

1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université INSU Institut de recherche pour le développement [IRD] CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

Previous studies of magnetic properties of australasites and moldavites [1] have shown that magnetic susceptibility is low and essentially paramagnetic, thus being a good proxy for total iron amount. Average susceptibility for moldavites, australasites and Belize tektites are quite distinct, in line with the known Fe amounts : 35 ± 12 , 83 ± 8 and 120 ± 10 nm³/kg, respectively [1-3]. We have extended the database by studying ivoirites, bediasites, Darwin glass, Lybian desert glass Wabar glass as well as the new tektite-like field from Atacama [4]. LDG and Darwin glasses are less magnetic than moldavites (and even diamagnetic for yellow LDG). Preliminary results on bediasites (from NHM London) and ivoirites (from NHM London, Paris and Carion collection) yield average values of 64 ± 16 and 103 ± 12 nm³/kg. Although the ranges overlap, ivoirites and bediasites can thus be discriminated non destructively from australasites, if provenance is questioned.

The Atacama tektites (over 3000 samples measured) show a mean at 188 ± 233 nm³/kg, with a very large range : from 50 to 20 000. We will show here and in [4] that this range is partly due to a range in total Fe but mainly to a significative amount of ferrimagnetic Fe-Ni oxydes in the most magnetic samples, signing a strong contamination by an iron impactor. The Wabar glass we measured yield the same characteristics. These results show that magnetic susceptibility screening can allow to identify the rare tektites showing total iron or iron oxyde enrichment, thus helping to increase the possibility to find impactor enriched samples. Indeed, the green « smoky » LDG (where impactor traces have been identified), show a significant ferrimagnetic component.

We acknowledge A. Carion, C. Smith and B. Zanda for the access to the measured collections.

References: [1] Werner T., Borradaile G.J., 1998. PEPI 108 :235-243. [2] Koeberl C. 1986. AREPS 14 :325-50. [3] Hoffmann V.H. et al. 2013. 44th Lunar & Planetary Science Conference. [4] Devouard B. et al. 2014. Met. Soc. Conference.

Paleomagnetic dating of the West Clearwater Lake impact structure (Québec, Canada)

Zylberman William ^{1,*}, Gattacceca Jérôme ¹, Quesnel Yoann ¹, Rochette Pierre ¹, Osinski Gordon ², Demory François ¹, Coulter Adam ²

1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université Institut de recherche pour le développement [IRD] CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

2 : Centre for Planetary Science and Exploration, Departments of Earth Sciences & Physics and Astronomy, Western University (CPSX - UWO)

1151 Richmond Street, London, Ontario, Canada, N6A 5B8

<http://cpsx.uwo.ca/>

* : Auteur correspondant

Accurate dating of impact events is necessary to correctly estimate the frequency of large impacts on Earth. With accurate ages, the terrestrial cratering record can be used to estimate the size frequency distribution of the impactors during Earth's geological history (Johnson and Bowling, 2014). This has important implications to understand the potential environmental effects of impacts (e.g., mass extinctions, generation of economic deposits) and thus for risk assessment. Unfortunately, only about 21 out of the 188 confirmed impact structures (Earth Impact Database, 2015) ? that is, a small minority ? are accurately and precisely dated so far (Jourdan, 2012). An estimation of the impact age can be obtained by paleomagnetic study of melt-bearing impactites and comparison with the apparent polar wander path.

This work presents new alternating-field and thermal demagnetization data on 51 samples from the ?36 km West Clearwater Lake complex impact structure (Québec, Canada). We found an average direction of the characteristic natural remanent magnetization compatible with the expected paleomagnetic direction at 260-270 Ma. This result is in good agreement with a recent ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating that yielded an age of 286.2 ± 2.2 Ma for this impact structure (Schmieder et al., GCA 2015).

A future paleomagnetic dating of the adjacent ?26 km-diameter East Clearwater Lake impact crater may help answer the question of the possibility of an impact doublet at Clearwater. This perspective is of great interest as the existence of an impact doublet on Earth has never been proved while ?false doublets' seem more common than previously thought.

Key-words: Paleomagnetism ? Impact ? Clearwater ? Dating

Planetary and Space Science Centre (2015) Earth Impact Database online: <http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/index.html>

Johnson, B.C. and Bowling, T.J. (2014) Where have all the craters gone? Earth's bombardment history and the expected terrestrial cratering record. *Geology*, 42, 7, 587-590, doi:10.1130/G35754.1

Jourdan, F. (2012) The ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating technique applied to planetary sciences and terrestrial impacts. *Australian Journal of Earth Sciences*, 59, 199-224, doi:10.1080/08120099.2012.644404

Schmieder, M. et al. (2015) New ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of the Clearwater Lake impact structures (Québec, Canada) ? Not the binary asteroid impact it seems? *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 148, 304-324, doi:10.1016/j.gca.2014.09.037

Robot et mesures automatiques d'une série d'échantillons sur magnétomètre 2G.

Poidras Thierry ¹

1 : Géosciences Montpellier

CNRS : UMR5243

CNRS et Université de Montpellier, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

Nous décrivons l'installation d'un bras robotisé pour l'introduction automatique d'une série d'échantillons dans le magnétomètre 2G. Le logiciel de commande et d'acquisition synchronise les mouvements du robot ainsi que les procédures de mesures et de traitements disponibles sur le magnétomètre. Nous présenterons une vidéo de démonstration.

The effect of hydrostatic pressure up to 1.61 GPa on the Morin transition of hematite-bearing rock: Implications for planetary crustal magnetization

Bezaeva Natalia S. ^{1,2,3}, Demory François ⁴, Rochette Pierre ⁴, Sadykov Ravil A. ⁵, Gattacceca Jérôme ⁴, Gabriel Thomas ⁴, Quesnel Yoann ⁴

1 : Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University
Leninskie gory 119991 Moscow

2 : Ural Federal University
19 Mira Str., 620002 Ekaterinburg

3 : Kazan Federal University
18 Kremlyovskaya Str., 420008 Kazan

4 : CEREGE CNRS/ Aix-Marseille Université
Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]
BP 80, 13545 Aix en Provence, Cedex 4

5 : Institute for Nuclear Research RAS
Russian Academy of Sciences, Prospekt 60-letiya Oktiabria 7a, 117312 Moscow

Hematite (α -Fe₂O₃) is a common mineral in paleomagnetic and rock magnetic studies. It occurs in both igneous and sedimentary rocks as well as in meteorites, and it is one of several magnetic phases suggested to help to explain the Martian magnetic anomalies. Hematite is essentially antiferromagnetic with a superimposed weak ferromagnetism; it is characterized by a so-called Morin transition [1]. This is a 1st order magnetic phase transition from a weakly ferromagnetic to antiferromagnetic state, which occurs on cooling below the Morin transition temperature $T_m \sim -23^\circ\text{C}$ [1].

The Morin transition was shown to be sensitive to the effects of static pressure. Pressure dependence of Morin transition has been previously investigated theoretically as well as through a wide range of experimental techniques such as nuclear magnetic resonance experiments, neutron scattering (e.g., [2-3] and refs therein) as well as Mössbauer studies. It was established theoretically and experimentally that T_m increases with increasing pressure.

However, previous experimental studies were limited to low-pressure range, non-hydrostatic conditions, or indirect (i.e., nonmagnetic) measurements [2-3] and synthetic samples. Moreover, there is still no consensus in literature about the pressure at which the Morin transition should reach room temperature (T_0). The behavior of hematite under pressure is rather different in different pressure media. Klotz et al. [2013] argue that the conclusions drawn from non-hydrostatic measurements of the Morin transition under pressure are most likely unreliable. In addition, hydrostatic experiments may represent a better analog for natural in situ conditions [4]. Here we present new magnetic data on hydrostatic pressure dependence of the Morin transition up to 1.61 GPa obtained on a well-characterized multi-domain hematite-bearing rock sample from banded iron formation, which is likely responsible for Bangui magnetic anomaly [5]. We used a non-magnetic high-pressure cell of piston-cylinder type [6-7] for hydrostatic pressure application and a SQUID magnetometer for isothermal remanent magnetization (IRM) measurements under pressure in the course of zero-field warming of the cell with sample from -30°C to T_0 . IRM imparted at T_0 under pressure in 270 mT magnetic field (IRM_{270mT}) was never recovered after a cooling-warming cycle. Thermal hysteresis effect under pressure was quantified as a loss in IRM of 49%/GPa (with regard to IRM_{270mT}). T_m reaches T_0 under hydrostatic pressure $1.2 \div 1.61$ GPa, which is roughly consistent with [3].

Pressure dependence of T_m up to 1.61 GPa has a linear trend with a warming rate of $32^\circ\text{C}/\text{GPa}$. Our confirmation of the linear behavior of T_m with pressure and estimated pressure-induced T_m warming rate in 0 to 1.61 GPa range are more robust and accurate with regard to previous works [2-3] as we used direct magnetic measurements and a much larger dataset. This work has a potential of having implications for further modeling of magnetic anomalies in geosciences. Acknowledgements: The work is performed according to the Russian Government Program of Competitive Growth of Kazan Federal University.

References :

- 1- Morin, F.J. (1950), Magnetic susceptibility of $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ and $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ with Added Titanium, *Phys. Rev.*, 78, 819-820.
- 2- Worlton, T.G., Bennion, R.B., and Brugger, R.M. (1967), Pressure dependence of the Morin transition in $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ up to 26 kbar, *Phys. Lett.*, 24A (12), 653-655.
- 3- Klotz, S., Strassle, Th., Hansen, Th. (2013) Pressure dependence of Morin transition in α -

Fe₂O₃ hematite, EPL, 104, 16001.

4- Demory, F., Rochette, P., Gattacceca, J., Gabriel, T., Bezaeva, N.S (2013), Remanent magnetization and coercivity of rocks under hydrostatic pressure up to 1.4 GPa, Geophys. Res. Lett., 40 (15), 3858-3862.

5- Ouabego, M., Quesnel, Y., Rochette, P., Demory, F., Fozing, E.M., Njanko, T., Hippolyte, J.-C., Affaton, P. (2013), Rock magnetic investigation of possible sources of the Bangui magnetic anomaly, Phys. Earth Planet. Int., 224, 11-20.

6- Sadykov, R.A., Bezaeva, N.S., Kharkovskiy, A.I., Rochette, P., Gattacceca, J., Trukhin, V.I. (2008), Nonmagnetic high pressure cell for magnetic remanence measurements up to 1.5 GPa in a superconducting quantum interference device magnetometer, Rev. Sci. Instr., 79, 115102.

7- Sadykov, R.A., Bezaeva, N.S., Rochette, P., Gattacceca, J., Axenov, S.N., Trukhin, V.I. (2009), Nonmagnetic high pressure cell for measurements of weakly magnetic rock samples up to 2 GPa in a superconducting quantum interference device magnetometer, Proc. 10th Int. Conf. «Physico-chemical and petrophysical investigation in Earth sciences», 305-306 (in Russian).

APPORT DE LA CARTOGRAPHIE AEROMAGNETIQUE A LA CARACTERISATION DE LA DYNAMIQUE VOLCANIQUE DU MOYEN-ATLAS (MAROC)

Mhiyaoui Hassan ¹, Manar Ahmed ^{2*}, Remmal Toufik ^{1*}, Boujamaoui Mustapha ^{3*}, Amar Mounir ^{4*}, Elkamel Fouad ^{5*}, El Amrani El Hassani Iz-Eddine ^{6*}

- 1 : Laboratoire des Géosciences Appliquées à l'Ingénierie d'Aménagement, Université Hassan II- Casablanca.
Faculté des Sciences Ain Chock B.P 5366 Maarif 20000, Casablanca, Maroc
 - 2 : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Direction du développement minier. Rabat
Rue Abou Marouane Essaadi BP : Rabat Instituts 6208 - Haut Agdal - Rabat - Maroc
 - 3 : URGGFS, Département de la géologie, Faculté des Sciences et techniques, Errachidia
Faculté des Sciences et Techniques Errachidia - Université Moulay Ismail. BP 509, Boutalamine, 52000 Errachidia, Maroc
 - 4 : Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Département de Géologie Meknès
Faculté des sciences BP 11201 Zitoune, Meknès - MAROC
 - 5 : Faculté des Sciences Ain Chock B.P 5366 Maarif 20000, Casablanca, Maroc
Faculté des Sciences Ain Chock B.P 5366 Maarif 20000, Casablanca, Maroc
 - 6 : Institut Scientifique Rabat, Université Mohamed V ? Rabat
Institut Scientifique, Avenue Ibn Batouta, B.P 703, 10106 Rabat - Maroc
- * : Auteur correspondant

La carte du champ magnétique résiduel du Moyen Atlas montre d'importantes anomalies, qui portent sur la signature magnétique de la géologie du causse calcaire et du volcanisme quaternaire. Les différents types de traitements qui s'appliquent sur le champ magnétique réduit au pôle du Moyen Atlas tracent une séparation entre les anomalies superficielles et ceux profondes liées aux corps magmatiques, à la fois extrusifs, qui débordent sur la surface et les extensions latérales qui s'intercalent au niveau des zones de décollement, via le prolongement vers le haut. L'opérateur Tilt angle a permis une cartographie des sources magmatiques profondes à travers le calcul de l'angle ?, ainsi qu'une estimation des profondeurs relatifs aux sources d'anomalies magnétiques, avant qu'ils soient vérifiées et approuvées par la déconvolution d'Euler, en traçant constamment les contacts des réservoirs magmatiques, leurs toits, ainsi que l'architecture de la tectonique enfouie, responsable de l'installation d'un tel volcanisme.

Applications du magnétisme des roches à l'étude archéométrique des céramiques provençales

Rêve Rémi ¹, Mathé Pierre Etienne ^{2*}, Demory François ³, Capelli Claudio ⁴, Mocci Florence ¹, Bonifay Michel ¹, Rochette Pierre ³

1 : Centre Camille Jullian - Archéologie méditerranéenne et africaine (CCJAMA)

CNRS : UMR7299 Université de Provence - Aix-Marseille I

5 Rue du château de l'Horloge - BP 647 13094 AIX EN PROVENCE CEDEX 2

<http://ccj.cnrs.fr>

2 : CEREGE, Aix-Marseille Université

Aix-Marseille Université

CNRS, IRD, BP. 80, Aix-en-Provence

3 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université INSU Institut de recherche pour le développement [IRD] CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

4 : DISTAV

Università degli Studi di Genova

* : Auteur correspondant

Une étude pétrographique et minéralogique a été réalisée sur de la vaisselle céramique d'un dépotoir de la fin du IV^e siècle après J.-C. dans une villa romaine en Provence. L'étude des productions céramiques de ce dépotoir a révélé, parmi des productions importées et régionales connues, de nouvelles productions de céramiques sigillées et communes d'origine locale ou régionale. Plusieurs groupes pétrographiques ont pu être élaborés sur la base de descriptions pétrographiques en lame mince au microscope optique, microfluorescence X et par la détermination de la minéralogie magnétique. Cette dernière approche combine mesures de susceptibilité magnétique, acquisition de courbes d'hystérésis avec calcul de paramètres caractéristiques et des mesures de l'Aimantation Rémanente Naturelle (ARN) thermorémanente (ATR), Anhystérétique (ARA) et Isotherme (ARI) ainsi que leur désaimantation par champ alternatif croissant. On déduit ainsi des caractéristiques concernant la granulométrie et la magnétochimie des oxydes de fer permettant aussi bien d'identifier de nouvelles productions au sein du dépotoir que de distinguer différentes fabriques au sein d'un groupe donné, enrichissant notre connaissance des productions de céramiques de cette région à la fin du IV^e siècle apr. J.-C. Les résultats obtenus montrent la pertinence d'une approche pluridisciplinaire dans l'identification des céramiques.

Archaeomagnetic Dating Applied to Colluvial Sediments

Elisabeth Schnepf¹, Eckmeier Eileen², Rolf Christian³, Gerlach Renate⁴

1 : MU Leoben

Lehrstuhl für Geophysik Paläomagnetiklabor Gams Gams 45 A-8130 Frohnleiten

2 : RWTH Aachen

RWTH Aachen - Geographisches Institut Templergraben 55 D - 52056 Aachen

<http://www.geographie.rwth-aachen.de/index.php?id=labor>

3 : LIAG Hannover

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) Sektion S5, Dienstbereich Grubenhagen OT Rotenkirchen,

Fredelsloher Straße 3 37574 Einbeck

4 : LVR Amt für Bodendenkmalpflege im Rheinland

Endenicher Straße 133 53115 Bonn

The colluvial sediments west of Cologne provide a major geoarchaeological archive of the past 7000 years. Here the impact of men on sedimentation processes, geomorphology and landscape evolution can be studied. Archaeological finds or features have been preserved in many colluvial layers, which help to construct a rough relative sedimentary chronology because few natural science dating methods are suitable.

Our study tests the applicability of archaeomagnetic dating to such colluvial sediments. Three vertical sections were sampled at the open lignite pit Inden (Germany) for their paleomagnetic signal, and also for sedimentological investigations and optically stimulated luminescence (OSL) dating. They comprise an archaeological site and two depressions filled with colluvium. Profile WW1 is the intersection of two superimposed Iron Age trenches. Profile WW2 sampled a succession of colluvial layers. No archaeological material was present, but sedimentology identified at least four layers of re-deposited soil dating between Iron Age and High Medieval period by comparison with other colluvial sediments of the region. OSL dating provided a Medieval and two Late Bronze Age ages. Profile W134 comprises three colluvial layers deposited at a former bank of river Rur. According to Roman finds, they were formed during or after this period.

Paleomagnetic investigations confirm stable magnetizations for most samples. Profiles WW1 and W134 provide archaeomagnetic mean-directions which allow for dating. The trenches were filled shortly after their construction in agreement with archaeology. The archaeomagnetic dating provides two possible ages: the Roman and High Medieval periods. A further discrimination is not possible because the archaeomagnetic secular variation curve shows similar directions in these periods. Nevertheless both ages are compatible with the presence of Roman finds which provide a maximum age. Archaeomagnetic directions of profile WW2 are very scattered because this section was disturbed by many fissures in the sediments. Here dating is difficult, but magnetic susceptibility allows for distinction of the colluvial layers in agreement with the sedimentological results.

In conclusion paleomagnetic investigations together with sedimentology and OSL-dating are able to characterize the age of colluvial sediment layers when the sediments were quickly deposited without disturbances.

Cartographie aéromagnétique du grand dyke de Foum Zguid (Anti-Atlas, Maroc)

Bouiflane Mustapha ¹, Manar Ahmed ²

1 : Institut Scientifique, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire Physique du Globe
Avenue Ibn Batouta, P.B. 703, 10106 Rabat-Agdal
<http://www.israbat.ac.ma/>

2 : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Direction du développement minier. Rabat
Rue Abou Marouane Essaadi BP : Rabat Instituts 6208 - Haut Agdal - Rabat - Maroc

Un levé aéromagnétique de haute résolution a été réalisé dans l'Anti-Atlas, au Maroc couvrant les principales zones traversées par le dyke doléritique de Foum Zguid (FZ). Ce grand dyke fait partie intégrante de la Province Magmatique de l'Atlantique Central ou CAMP. Celle-ci est spatio-temporalement associée à la fragmentation du supercontinent la Pangée et aux stades initiaux du rifting de l'Atlantique Central et semble coïncider dans le temps avec la grande extinction en masse de la limite Trias-Jurassique.

Ce travail contribue à la compréhension de l'évolution géologique et géomorphologique du dyke de Foum Zguid, par une analyse intégrée de géophysique aéroportée, des données de télédétection, et des observations sur le terrain.

L'interprétation de la carte d'anomalie résiduelle et des cartes mathématiquement transformées (Dérivations horizontale et verticale, Réduction au pôle et signal analytique), a permis à la fois de suivre le dyke sur des distances plus grandes même sous la couverture quaternaire et de lever les indéterminations dans sa cartographie géologique à partir des images satellitaires (Google Earth). La carte magnétique renseigne aussi sur l'aspect tectonique, géomorphologique et magmatique de la zone étudiée.

Mots clés :

Cartographie aéromagnétique ; Dyke de Foum Zguid ; Province Magmatique de l'Atlantique Central.

Contribution de l'Aéromagnétisme et de la gravimétrie à l'étude de la structure et des péridotites du Rif (Maroc)

Amar Najib¹, Khattach Dris¹, Azdimousa Ali¹

1 : Laboratoire des Géosciences Appliquées
Faculté des Sciences, Université Mohammed 1er, Oujda

Introduction

L'arc de Gibraltar est caractérisé par un contexte géologique complexe comprenant des péridotites qui affleurent dans le Rif et les Cordières Bétiques. Elles sont parmi les plus grands affleurements intracontinentaux de roches mantelliques à travers le monde. En dépit de plusieurs études géologiques la structure profonde de cette zone demeure mal définie. Le but de ce travail est de déterminer la géométrie des grandes structures géologiques du Rif, en particulier les corps péridotitiques, les contacts géologiques et les failles. Pour ce faire, nous avons eu recours à l'analyse et l'interprétation des anomalies magnétiques et gravimétriques de la zone d'étude.

Données et méthodes

Les données aéromagnétiques que nous avons exploité sont extraites des résultats de la mission d'étude aéromagnétique, effectuée du 29 mars au 17 avril 1969, par la Compagnie Africaine de Géophysique, sous l'adjudication de la Direction des Mines et de Géologie du Maroc, dans l'objectif de réaliser une étude structurale de la zone rifaine, pré-rifaine et des zones voisines.

Le survole on-shore fait 34510km et 5680km sur l'offshore, à 2600m d'altitude. La zone a été couverte par un maillage de 3x5km, qui se resserre à 3x2.5km sur la zone ouest (par ajout des traversées). Sur l'On-shore, des lignes de vols de direction N16° ont été effectuées avec un espacement de 3km croisant des traversées de direction N106° espacées de 5km. Sur l'offshore, une ligne de vol sur deux a été prolongée sur la Méditerranée (espacement 6km dans la direction N16°) et sur l'Atlantique des lignes transversales sont prolongées avec un espacement de 5km et une direction N106°.

Les données gravimétriques sont extraites de la base des données gravimétriques du Maroc utilisées dans différentes études. Au total 1523 données d'anomalie de Bouguer (densité de correction 2.67) ont été utilisées dans cette étude. Une grille régulière 4x4km a été calculée en utilisant la méthode d'interpolation « minimum curvature ».

Dans le but de tirer le maximum d'information sur les structures profondes, nous avons appliqués plusieurs méthodes de filtrage aux données aéromagnétiques et gravimétriques : réduction au pôle, déconvolution d'Euler, gradient horizontal, signal analytique et prolongement vers le haut.

Résultats

Les résultats obtenus à partir d'une analyse multi-échelle de contacts géologiques appliquée aux données gravimétriques et aéromagnétiques, ont été utilisés pour élaborer une carte structurale de la zone étudiée. Cette méthode en association avec celle d'Euler a permis de caractériser les contacts géologiques, notamment les failles, en déterminant leur direction, forme, pendage ainsi qu'une estimation de leur profondeur.

Deux grandes structures adjacentes ont été mises en évidence : Jebha-Ceuta et Targuist-Tétouan. La première, caractérisée par des valeurs d'anomalies magnétiques et gravimétriques positives et élevées, est en grande partie dans l'offshore. Il s'agit d'un anticlinal de péridotites affleurant localement au niveau de Beni-Boussera. La seconde, détectée par la méthode aéromagnétique, est une signature d'une structure enfouie sous un empilement sédimentaire dans la région de Ketama-Targuist ; elle s'étend de Targuist à Tétouan.

La corrélation des résultats des méthodes géophysiques utilisées avec les données géologiques de la zone d'étude a permis d'élaborer une coupe schématique interprétative indiquant la disposition présumée des péridotites. L'accident de Jebha est représenté par un linéament magnétique limité indiquant un pendage subvertical plongeant vers le NW. Ce décrochement a facilité l'exhumation du domaine interne. L'accident de Nekor est bien défini par les données magnétiques ; il présente un pendage vers le SE.

Diagrammes de FORC et superparamagnétisme : influence des paramètres liés au temps

Carvallo Claire ¹, Egli Ramon ²

- 1 : Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC)
*Institut de recherche pour le développement (IRD) : UR206 Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VICNRS :
UMR7590 Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)*
Tour 23 - Barre 22-23 - 4e étage - BC 115 4 place Jussieu 75252 PARIS
<http://www.imPMC.upmc.fr>
- 2 : Central Institute for Meteorology and Geomagnetism
1190 Vienna, Hohe Warte 38

Les paramètres utilisés lors de la mesure des diagrammes de FORC peuvent avoir un effet non négligeable sur l'apparence des diagrammes. En particulier, la réponse des grains superparamagnétiques dépend des paramètres liés au temps de mesure. Nous avons mesuré les diagrammes de FORC pour une dizaine d'échantillons de minéralogie variée, mais présentant tous un mélange de grains monodomaines et superparamagnétiques (SP) dans des proportions différentes, en variant la durée moyenne pendant laquelle une mesure est faite (« averaging time ») de 100 à 500 ms et le temps de pause observé avant chaque FORC (Pause at reversal field) entre 0 et 10s. Les contributions relatives des deux populations de grains dépendent de ces deux paramètres : plus la durée de mesure est importante, plus la contribution des grains monodomaines bloqués semble importante. De même, plus le temps de pause augmente, plus la contribution SP devient importante. Nous avons également mis en évidence un décalage vers le haut de la crête centrale lorsque des grains SP sont présents. Tous les diagrammes de FORC ont été réalisés avec le logiciel VARIFORC qui permet de faire varier le facteur de lissage sur un diagramme (<http://www.conrad-observatory.at/cmsjoomla/en/download>)

Étude magnétique de l'enregistrement sédimentaire fluviomarin holocène du Pontet (Charente-Maritime, France)

Romey Carole ^{1*}, Lévêque François ¹, Mathé Vivien ¹, Bruniaux Guillaume ¹, Burens Albane ², Carozza Laurent ², Ard Vincent ³

1 : Littoral ENvironnement et Sociétés [La Rochelle] (LIENSS)

CNRS : UMR7266 Université de La Rochelle

Bâtiment Marie Curie Avenue Michel Crépeau 17 042 La Rochelle cx1 - Bâtiment ILE 2, rue Olympe de Gouges 17 000 La Rochelle

<http://lienss.univ-larochelle.fr/>

2 : Géographie de l'environnement (GEODE)

CNRS : UMR5602 Université Toulouse le Mirail - Toulouse II

5 Allée Antonio Machado 31058 TOULOUSE CEDEX 1

<http://www.univ-tlse2.fr/geode>

3 : Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES)

CNRS : UMR5608 Université Toulouse le Mirail - Toulouse II

MAISON DE LA RECHERCHE 5 Allée Antonio Machado 31058 TOULOUSE CEDEX 9

* : Auteur correspondant

Cette étude s'intègre dans l'analyse paléo-environnementale du site néolithique du Pontet (Saint-Nazaire-sur-Charente, Charente-Maritime, France). Ce site, récemment identifié à partir de couverture photographique aérienne, révèle par prospection magnétique une enceinte délimitée par une série de quatre fossés correspondant certainement au néolithique récent. L'enceinte est implantée en bordure d'une falaise calcaire en surplomb d'une vallée fluviale d'un affluent de la Charente, proche de son embouchure actuelle. Suite à des campagnes de prospection géophysique, deux carottages (carottier Cobra) de 5 à 6 m de profondeur ont été réalisés dans la vallée, espacés de 30 m l'un de l'autre. La profondeur des carottages a été limitée par la présence d'une couche calcaire, pouvant être liée à un dépôt d'érosion de la falaise. Ces deux enregistrements dans des sédiments d'origine fluviomarine ont une texture limono-argileuse et présentent des passées plus grossières, granoclassées, attribuées à des crues. La faible teneur d'organismes marins tels que les foraminifères et les ostracodes (0-5 individus/gramme de sédiment humide) indique que la sédimentation est dominée par l'influence fluviale qui draine un bassin versant principalement composé de calcaires mésozoïques et du socle cristallin de Massif central.

L'observation sédimentaire et l'analyse du signal magnétique témoignent d'un enregistrement biparti. Les caractéristiques de la partie supérieure des carottes traduisent les conditions vadoses actuelles du site ainsi que les processus de pédogénèse qui ont conduit à l'oxydation du sédiment de couleur brun-ocre, alors que les caractéristiques de la partie inférieure de couleur grise témoignent d'un milieu de dépôt réducteur. Les variations sédimentaires liées aux phénomènes d'oxydoréductions sont corrélées aux variations de la valeur de la susceptibilité magnétique (susceptibilité AGICO KLY4) qui est d'un ordre de grandeur plus élevée dans la partie supérieure de l'enregistrement ($2.5 \cdot 10^{-7}$ m³/kg). En outre, les analyses de la visqueuse de l'aimantation rémanente anhystérétique (ARA) indiquent que le signal magnétique est porté par plusieurs populations de grains différents. Les phénomènes d'oxydoréduction ont entraîné un enrichissement magnétique dans la partie supérieure où les porteurs du signal magnétiques sont principalement des oxydes de fer tel que la magnétite alors que les sulfures de fer, tels que la greigite, portent le signal magnétique dans la partie inférieure (champ coercitif de l'aimantation rémanente isotherme -ARI- supérieur à 55 mT, magnétomètre Spinner AGICO JR-6).

Etude magnétostratigraphique de la localité de Fejej FJ-1 (bassin de l'Omo-Turkana, Ethiopie) et détermination de l'âge de l'assemblage lithique de culture oldowayenne

Chapon Sao Cécile ^{1*}, Vandamme Didier ², Bahain Jean-Jacques ¹

1 : Muséum national d'histoire naturelle (MNHN)

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie *Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche* *Muséum*

National d'Histoire Naturelle (MNHN)

57, rue Cuvier - 75231 Paris Cedex 05

<http://www.mnhn.fr>

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université *INSU* *Institut de recherche pour le développement [IRD]* *CNRS : UMR7330*

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

* : Auteur correspondant

La localité paléanthropologique et archéologique de Fejej FJ-1 est située dans le bassin de l'Omo-Turkana au sud-ouest de l'Ethiopie et dans les marges septentrionales de la formation sédimentaires de Koobi Fora. La séquence sédimentaire plio-pléistocène de FJ-1 est essentiellement composée de sédiments fluviatiles dans lesquels un niveau d'occupation riche d'une industrie oldowayenne a été découvert en 1989. Les premières données chronologiques et biostratigraphiques ont permis d'estimer un âge compris entre 1.87 et 2 Ma donc pendant l'épisode magnétique normal d'Olduvai (1.95-1.77 Ma). Une étude magnétostratigraphique complète a donc été faite pour tenter de préciser l'âge du niveau d'occupation et de le placer parmi les autres sites archéologiques de l'Afrique de l'Est. Elle montre que la base de la magnétozone d'Olduvai est située à quelques mètres sous le niveau archéologique. Un âge de 1.94 +/- 0.05 Ma est alors proposé pour le niveau archéologique en concordance avec les autres données chronologiques.

Etude paléomagnétique et pétrographique de la zone d'impact météoritique d'Agoudal (Maroc)

Nguyen Van Binh ¹, Rochette Pierre ¹, Demory François ¹, Devouard Bertrand ¹, Aboulahris Maria ¹, Chennaoui Aoudjehane Hasnaa ²

1 : CEREGE

CNRS : UMR7330

Europôle de l'Arbois 13545 Aix en Provence Cedex 4

2 : Hassan II University Casablanca

Faculty of Sciences Ain Chock, GAIA Laboratory, BP 5366 Maârif 20000, Casablanca

Une étude paléomagnétique a été effectuée dans un secteur connu pour avoir été affecté par un impact de météorite à Agoudal au Maroc. Le but de l'étude paléomagnétique était de déterminer l'âge de cet impact. Des échantillons ont été prélevés dans une zone perturbée par l'impact ainsi que dans une zone non perturbée. Dans les deux cas, le substratum est composé de roches carbonatées d'âge Bajocien plissées. Dans la zone non perturbée, un test du pli a permis de mettre en évidence un pôle paléomagnétique d'âge Bajocien correspondant à l'âge de la sédimentation. Dans la zone perturbée, une composante paléomagnétique est attribuée à une réaimantation lors de l'impact. Cette composante est post-plissement et le paléo-pôle qui en est déduit est proche du pôle géomagnétique actuel. Ce résultat permet d'attribuer un âge récent à l'impact d'Agoudal. En parallèle une étude pétrographique a été effectuée pour trouver des indices montrant l'effet de l'impact sur la structure de la roche et si possible sur les porteurs de l'aimantation.

Geomagnetic field intensity changes in western Europe during the last millennia: new archeointensity data from Spanish potteries

Gomez-Paccard Miriam ¹, Osete María Luisa ², Chauvin Annick ³, Pavón-Carrasco Francisco Javier ⁴, Pérez-Asensio Manuel ⁵, Jiménez Pedro ⁶, Lanos Philippe ^{7,8}

1 : Géosciences-Rennes (UMR-6118)

Université de Rennes I

Campus de Beaulieu, Bât. 15, 35000 Rennes

2 : Departamento Física de la Tierra I, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense

Ciudad Universitaria, 28040 Madrid

3 : Géosciences Rennes

CNRS : UMR6118

Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex

4 : Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Via di Vigna Murata, 605 Roma

5 : Archeologist

Granada

6 : Escuela de Estudios Árabes EEA-CSIC (EEA-CSIC)

Frailes de la victoria, 1810 Granada

7 : Géosciences Rennes (GR)

Université de Rennes I Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes INSU CNRS : UMR6118

Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/>

8 : IRAMAT-CRPAA

CNRS : UMR5060

Esplanade des Antilles, 33607 Pessac cedex

Over the last years new evidences of several intensity, short-lived, regional maxima of geomagnetic field intensity at various times and locations have been obtained. However, these features are not precisely described due to the limited number of high-quality archeointensity data. One of the main difficulties to obtain such a high-resolution reconstruction is the scarcity of precisely dated heated archeological materials. In this context, pottery fragments from superimposed strata covering long sequences of occupation provide a powerful tool to recover a clearer sequence of geomagnetic field intensity changes in the past. In this work we report the archeomagnetic study of several groups of ceramic fragments from southeastern Spain that belong to 14 stratigraphic levels corresponding to a surface no bigger than 3 m by 7 m. The ages of the pottery fragments studied range from the 8th to the 11th centuries. The dates were established by three radiocarbon dates and by detailed archeological/historical constraints including typological comparisons and very well-controlled stratigraphic constraints. From classical Thellier and Thellier experiments including pTRM checks and TRM anisotropy and cooling rate corrections, height new high-quality mean intensities have been obtained. The new data obtained provide an improved description of the sharp abrupt intensity changes that took place in western Europe around 800 AD, one of the main geomagnetic features observed in Europe during the last millennia. Together with a selection of high-quality data for the last 2000 years, the new results confirm that several rapid intensity changes (of at least 10 $\mu\text{T}/\text{century}$) took place in western Europe during the recent history of the Earth.

Magnetic properties of large Apollo lunar samples

Gattacceca Jérôme¹, Quesnel Yoann¹, Rochette Pierre¹, Uehara Minoru¹, Lima Eduardo², Weiss Benjamin³, Baratchart Laurent⁴, Leblond Juliette⁴, Chevillard Sylvain⁴

- 1 : CEREGE CNRS/ Aix-Marseille Université
Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]
BP 80, 13545 Aix en Provence, Cedex 4
- 2 : Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences (EAPS)
Massachusetts Institute of Technology 77 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02139-4307
<http://eapsweb.mit.edu/>
- 3 : Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences (EAPS)
Massachusetts Institute of Technology 77 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02139
<http://eapsweb.mit.edu/>
- 4 : APICS (INRIA Sophia Antipolis)
INRIA
2004, route des Lucioles - BP 93 06902 Sophia Antipolis Cedex (France)
<http://www-sop.inria.fr/apics/>

Paleomagnetic studies of lunar samples shed light on the existence and timing of the ancient lunar dynamo, with insights to the inner structure and thermal evolution of the Moon, as well as constraints for dynamo modeling [e.g., Weiss and Tikoo 2014 Science]. The intrinsic magnetic properties of lunar rocks also offer clues to their petrogenesis [e.g., Rochette et al. 2010 EPSL]. However, because of curation constraints, these studies are usually performed on small cm-scale samples, typically below 100 mg for paleomagnetism. Such a small size, combined with anisotropy and other spurious effects, have been shown to be the source of additional complexity for paleomagnetic analyses [Tikoo et al. 2012 EPSL] and raises question about how representative their magnetic properties are for the bulk rock.

We measure here the natural remanent magnetization and magnetic susceptibility of 105 large unprocessed Apollo samples (ranging from 40 g to 3 kg) using portable instruments developed specifically for this project. The aim is to gain information about the evolution of the lunar field with time, and identify samples with anomalous magnetic record or magnetic properties. We will discuss how these measurements compare with the existing laboratory measurements, what they tell us about lunar rocks, and how they can be used to select samples for in-depth paleomagnetic study.

Magnétisme des villes circulaires du troisième millénaire avant J.C dans les marges arides de la Syrie

Alkontar Rozan ¹, Gavazzi Bruno ^{2,*}, Marc Munschy ^{4*}, Castel Corinne ³, Quenet Philippe ^{4*},
Al Maqdissi Michel ³

- 1 : Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS)
université de StrasbourgINSUCNRS : UMR7516
5 Rue René Descartes 67084 STRASBOURG CEDEX
<http://ipgs.unistra.fr>
- 2 : Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS)
université de StrasbourgINSUCNRS : UMR7516
1 Rue Blessig 67084 STRASBOURG CEDEX
<http://ipgs.unistra.fr>
- 3 : Archéologie et histoire ancienne : Méditerranée - Europe (ARCHIMEDE)
CNRS : UMR7044université de StrasbourgUniversité de Haute Alsace - MulhouseMinistère de la Culture et de la CommunicationINRAP
MISHA - 5 allée du Gal Rouvillois - CS 50008 - 67083 Strasbourg cedex
<http://archimede.unistra.fr/>
- 4 : Université de Strasbourg ((UdS))
UMR CNRS
Bâtiment Blessig - 1, rue Blessig - F-67084 Strasbourg cedex
<http://eost.unistra.fr/>
- * : Auteur correspondant

Parmi les méthodes d'exploration du sous-sol qui ont pu être mises au point pour répondre aux nouvelles exigences de la recherche archéologique, la détection géophysique offre un très large domaine d'application à l'étude prévisionnelle, aussi bien intensive qu'extensive, de gisements enfouis.

Dans leurs développements les plus récents, les techniques et méthodes de prospection, basées sur la mesure de champ magnétique sont particulièrement efficaces sur des sites de natures très diverses allant de la préhistoire aux époques les plus récentes.

Le principe de la méthode magnétique consiste à mesurer le champ magnétique terrestre sur la surface à prospecter et d'en étudier les variations avec pour objectif, en termes d'interprétation idéale, d'avoir une répartition à trois dimensions des aimantations produisant les anomalies magnétiques.

L'objet principal de ce travail est l'interprétation de cartographies magnétiques obtenues sur plusieurs sites archéologiques du Bronze ancien en Syrie (Malhat-Al Diro, Al-rawda et Al-Shairat) pour fournir des plans précis des villes et de caractériser l'étendue et l'organisation spatiale interne du bâti.

Précisément mon travail dans ce poster porte sur :

- L'obtention de cartes magnétiques avec opérateurs de transformation sur les sites archéologiques en trois sites en Syrie, le traitement et l'interprétation des données.

- Je modélise les données soit en faisant l'hypothèse deux dimensions qui rend les calculs plus simples, soit en trois dimensions. Je cherche à caractériser, la profondeur du toit, la largeur et l'aimantation des murs et des fondations. La profondeur de la base semble avoir un faible effet sur les caractéristiques des anomalies. Cette modélisation me sert de guide pour établir les paramètres d'un problème inverse à deux dimensions que j'appliquerai à l'ensemble des données du site mais aussi aux autres sites cartographiés.

Magnetization properties of the geological sources of some of Earth's magnetic field anomalies: rock magnetism and SWARM data numerical modelling

Launay Nicolas ¹, Rochette Pierre ², Quesnel Yoann ¹

- 1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)
Aix Marseille Université *INSU* *Institut de recherche pour le développement [IRD]* *CNRS : UMR7330*
Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4
<http://www.cerege.fr>
- 2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)
Aix Marseille Université
Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4
<http://www.cerege.fr>

The ESA Swarm mission was launched in 2013 to produce a set of data with an unprecedented level of precision concerning the Earth's magnetic field, and in particular the crustal field. Our objective is to use either these data or already existing models (MF7) in order to create a three-dimensional model of the crustal sources of some of earth's most important magnetic field anomalies: the West African and Bangui anomalies. To achieve this goal and properly constrain our model, we need to study the magnetic properties of the African Banded Iron Formation rocks, known as the most magnetic component of this continent's crust, and thus the most probable source of the anomalies. The remanent magnetization ? both with and without thermal demagnetization ? and magnetic susceptibility were measured on a wide set of BIF samples from the Kediet ej Jill in Mauritania. The data obtained will allow us to constrain a source model for the West African magnetic anomaly.

Magneto-optical imaging (MOI) applied to rock magnetism

Uehara Minoru ¹, Gattacceca Jérôme ¹, Van Der Beek Cornelis Jacominus ²

1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université *INSU* Institut de recherche pour le développement [IRD] CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

2 : Laboratoire des Solides Irradiés (LSI - UMR 7642)

Polytechnique - X CNRS : UMR7642 CEA

LSI - UMR 7642, 28 route de Saclay, F-91128 Palaiseau Cedex

<http://www.lsi.polytechnique.fr>

Magneto-optical imaging (MOI) technique measures the magnetic flux, using Faraday effect of a magneto-optically (MO) active film directly placed on the sample. The spatial resolution for the samples carrying SIRM reaches

Middle Neolithic Period: New archaeomagnetic and thermoluminescence data from a pottery kiln at Magoula Imvrou Pigadi, SW Thessaly, Greece

Aidona Elina ¹, Camps Pierre ², Polymeris George ³, Kyparissi-Apostolika Nina ⁴, Poidras Thierry ²

1 : Department of Geophysics, School of Geology

Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki

2 : Géosciences Montpellier

CNRS : UMR5243

CNRS et Université de Montpellier, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

3 : Institute of Nuclear Sciences

University of Ankara, 06100 Beşevler, Ankara

4 : Ephoreia of Palaeoanthropology and Speleology of South Greece

Ministry of Culture and Tourism, Athens

Neolithic settlements are widespread all over Greece, however the higher concentration appears in the Plain of Thessaly (Central Greece) among which the well known settlements of Dimini and Sesklo are located. Even if the archaeological study of the Neolithic settlements has started since the beginning of the 20th century, the archaeomagnetic investigation of in situ burnt structures is still very poor. Only few directional data from this period are available. The Magoula (Tell) Imvrou Pigadi is located in the southwestern edge of Thessaly plain and is one of the most outstanding tell because of its significant height. In the southwest part of the settlement a burnt area was found and is well defined by two parallel walls. Seventeen (17) oriented samples have been collected from these fired deposits. The archaeomagnetic study indicates that few samples are not in situ and therefore they can not be used for the determination of the archaeodirection. The magnetic cleaning disclosed the presence of one stable component of magnetization. Rock magnetism experiments have been performed in pilot samples suggesting the dominance of low coercivity magnetic minerals such as magnetite. The new directional results are compared with the available data from neighbouring countries as well as recent compilations and global models. The archaeointensity was determined with the multi-specimen procedure (MSP-DSC). Thermoluminescence dating has been performed in selected samples confirming the use of the kiln in the Middle Neolithic Period. However the age of few samples are underestimated, suggesting a younger age of Late Neolithic. The latter age determination has to be examined in details since it gives new insights for the use of the kiln.

Monitoring dredged-dumped sediment dispersal off the Bay of Seine (N France) using environmental magnetism.

Nizou Jean ¹, Demory François ², Dubrulle-Brunaud Carole ¹

1 : UMR 6143, Morphodynamique Continentale et Côtière

CNRS : UMR6143

Caen University, CNRS UMR 6143, Morphodynamique Continentale et Côtière, 14000 Caen, France

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille UniversitéINSUInstitut de recherche pour le développement [IRD]CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

In this study, we developed a novel approach for fingerprinting dredged-dumped sediments at sea using magnetic susceptibility. Several magnetic measurements were performed on discrete sedimentary samples from the dredged areas in the Seine river and from the Bay of Seine seafloor before and after dumping. The dredged sediments showed higher susceptibility values than the undisturbed seafloor, which allowed the mapping of the dispersion of dredged-dumped sediments. In the vicinity of the coast and the estuary, high-susceptibility terrestrial input from rivers could also be mapped by this technique, therefore monitoring of the dumping by the susceptibility proxy is limited to the offshore areas. This susceptibility signal is controlled by the ferromagnetic fraction of the sediment. Furthermore, a constant magnetite-dominated magneto-mineralogy is observed in the study area. In addition to the susceptibility, a magnetic grain size parameter of the low-coercive fraction was also found to be sensitive to dumping. Both tracers showed an in-progress resilience of the sedimentary environment during a six-month survey.

New pre-drift configuration for India and Madagascar

Mathew Joseph ¹, Perrin Mireille ², Monié Patrick ³

1 : Geological Survey of India (GSI)

Raipur

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université *INSU* *Institut de recherche pour le développement [IRD]* *CNRS : UMR7330*

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

3 : Géosciences Montpellier (GM)

CNRS : UMR5243 *Université Montpellier II - Sciences et techniques*

Place E. Bataillon - CC 60 34095 MONTPELLIER CEDEX 5

The pre-drift configuration of India and Madagascar has always been debated. Various views exist and many unsolved questions remained. In the present work, a new Indian witness of the India-Madagascar breakup is revealed by paleomagnetic and geochronologic data of the Ezhimala Complex, southwest coast of India. This complex, believed to be Neoproterozoic, is in fact Mid-Cretaceous, and in the strike continuity of St Mary Islands, the only Indian remain so far known. Correlating geology and shapes of corresponding continental margins and submarine features with the new data, an alternate fit is proposed here, with the northeastern part of Madagascar contiguous to the southwestern part of India prior to the Mid-Cretaceous rift/drift. The Laccadive and Maldives-Chagos Ridges are considered as continental slivers and part of Gondwana. A speed of 5 cm/year for the Indian plate during the Mid-Cretaceous was also estimated.

In Gondwana reconstructions, the east coast of Madagascar is usually placed in contact with the west coast of India, inducing a 12-20° angular great-circle misfit for the late Cretaceous paleomagnetic poles. This could be due to a lack of reliable paleomagnetic data from both locations and/or a lack of precise ages, but also to the previously proposed pre-drift position of both continental fragments. Furthermore, when all magmatic rocks found along the east coast of Madagascar have been related to the mid-Cretaceous breakup, the only relict on the west coast of India seems to be the St. Mary Archipelago. This disparity led us to look for other possible remnants, a challenging task with most of the west coast of India covered by Deccan flows or thick laterite. The Ezhimala Igneous Complex (EIC), located 150 km SSE of St Mary Islands (SMI), is considered to be Neoproterozoic, since the publication of an Rb/Sr age of 678 Ma. However, some field evidences lead us to presume that part of the EIC, the Ezhimala Gabbro-Granophyre (EGG), could be younger. Here we present paleomagnetic and geochronologic results from EGG and their geodynamic implications.

Paleomagnetic study of a new tektite field in South America

Cournède Cécile ¹, Gattacceca Jérôme ², Rochette Pierre ¹

1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université *INSU* Institut de recherche pour le développement [IRD] CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

2 : CEREGE CNRS/ Aix-Marseille Université

Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]

BP 80, 13545 Aix en Provence, Cedex 4

Under certain conditions, when an impact occurs on Earth, the impacted rocks melt and are expelled outside the crater. These melt ejectas are found under the form of glass objects called tektites. The earth's surface over which tektites of a similar age and presumed origin are found is named strewn field.

The way tektites are formed make them interesting objects to conduct a paleomagnetic study, and may provide constraints on impact mechanisms. Tektites may contain nickel and iron due to meteoritic contamination (Senftle et al. 1964). Such feature can be easily detected and quantified looking at their magnetic properties (Senftle et al., 2000). A weak remanent magnetization has been measured in some tektites and was interpreted as a thermoremanence (De Gasparis et al., 1975). Tektites are likely able to record the Earth's magnetic field when cooling during their flight. Transient impact-generated fields have also been evoked as a potential magnetizing field but have never been evidenced in natural impact settings (Carporzen et al., 2012; Weiss et al., 2010).

In this study we perform a paleomagnetic study on a set of impact-related glasses (~tektites) from a newly discovered strewn field in Chile (Devouard et al., 2014). We measured the natural remanent magnetization (NRM) and performed stepwise demagnetization to try and understand how these objects get magnetized.

If the above-mentioned NRM study confirms that tektites indeed carry a reliable record of the Earth's magnetic field, we would test a novel concept: estimating the location of the impact crater. For this purpose we will define the angle between this magnetization and the flight direction given by the aerodynamic shape of the elongated ones. This technique could be also applied to tektites from another strewn field (e.g., Australasites, whose source crater is unknown and for which we have extensive collection in museums).

We studied 22 tektites (17 with elongated shape and 5 with a disk shape), with a mean mass of 1 gram. These tektites were collected from 10 different sites scattered over 150 sq. km. The average susceptibility is $216 \pm 145 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. This value can be compared to the mean range defined in the literature for others tektite strewn fields: 20-100 $\text{nm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ (see Rochette et al. this conference). NRM intensity varies between $7.15 \cdot 10^{-8} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ and $1.21 \cdot 10^{-4} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$. sIRM is in the range 44-3000 $10^{-6} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$. ARM were acquired in a DC field of 0.2 mT giving intensities comprised between 1.49 and 137 $10^{-6} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$.

NRM demagnetizations were done using AF and thermal methods respectively on 19 and 3 tektites. Preliminary data analysis shows that half of the studied tektites exhibit at least one stable component of magnetization.

Tektites with the highest NRM intensities (above $1.8 \cdot 10^{-6} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$) and susceptibility above $180 \text{ nm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ seem to provide the best paleomagnetic results. These characteristics will be used as a selection criterion for further investigations.

We will discuss the results in terms of the magnetization process, magnetizing field, the effect of the tektite shape on the NRM, the effects of the impactor contamination on the NRM, and the possible links between the angle between the NRM and the tektite flight axis.

Carporzen, L. et al., 2012. Journal of geophysical research 117, Issue E1.

De Gasparis, A.A. et al., 1975. Geology, 605-607.

Devouard et al., 2014. 77th Annual Meteoritical Society Meeting, abstract 5394.

Senftle, F.E. et al., 2000. Journal of geophysical research 105, 18921-18925.

Senftle, F.E. et al., 1964. Journal of geophysical research 69, 317-324.

Weiss, B.P. et al., 2010. Earth and planetary Science Letters 298, 66-76.

Paleomagnetism of the Cryogenian Mirbat dikes, Oman: New paleogeographic constraints for the northeastern edge of the East African Orogen (EAO)

Rousse Sonia ¹, Roques Damien ², Macouin Melina ², Denèle Yoann ², Benoit Mathieu ²,
Ganeroed Morgan ³

- 1 : Géosciences Environnement Toulouse (GET)
Observatoire Midi-Pyrénées Institut de recherche pour le développement [IRD] : UMR239 Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse
IIICNRS : UMR5563 Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse III
Observatoire Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse
<http://www.get.obs-mip.fr/>
- 2 : Géosciences Environnement Toulouse (GET)
Observatoire Midi-Pyrénées Institut de recherche pour le développement [IRD] : UMR234 Université Paul Sabatier (UPS) - Toulouse
IIICNRS : UMR5563
Observatoire Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse
<http://www.get.obs-mip.fr/>
- 3 : Geological Survey of Norway (NGU)
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim
www.ngu.no

The Mirbat dikes (around 100 km E of Salalah, Sultanate of Oman) dated at 757 ± 61 Ma (Sm/Nd) and 655 ± 89 Ma (Rb/Sr on whole rock) (Worthing, 2005) can provide important paleogeographic constraints on the Neoproterozoic history of the northeastern border of the East African Orogen (EAO). The basaltic-to-rhyolitic dikes intruded a juvenile crust, composed of a HT metamorphic and migmatitic gneisses with late to post- kinematic basic to felsic intrusions (815 to 780 Ma, Mercolli et al, 2006) in a general context of Andean-type active margin (Denèle et al, 2012).

At the end of the Gondwana amalgamation (i.e. around 550 Ma), Oman is accreted to the Arabian Nubian Shield (ANS) (i.e. Fritz et al, 2013 and Johnson et al, 2011) and paleomagnetic poles measured in glacio-marine formations of this age exhibit paleo-latitudes of 13° and 9.4° (Kilner et al, 2005 and Kempf et al, 2000, respectively), relatively close to the Equator. However, the older geodynamic history of the northeastern part of the EAO notably during the accretion of Gondwana remains almost unknown. The Mirbat dykes provide a unique chance to provide constraints on: (i) the paleolatitude of Mirbat basement around 700 Ma and (ii) the geodynamic implications that can be deduced for the Late Precambrian earth.

A total of 22 sites (202 cores) distributed between Mirbat and Sakh cities were sampled in March 2013. AF and thermal demagnetizations were realized in the GET laboratory (Toulouse, France), the IAG laboratory (Sao Paulo, Brazil) and the IPG laboratory (Paris, France). New datings are currently ongoing at the NGU (Trondheim, Norway). A high temperature component carried by low ti-magnetite was isolated in all the sites and a new paleomagnetic pole, constrained by field tests, could be retrieved for the basement of Oman. A new geodynamic scenario for the northeastern border of the EAO will be proposed.

References:

Denèle, Y., Leroy, S., Pelleter, E., Pik, R., Talbot, J-Y., Khanbari, K., 2012, The Cryogenian arc formation and successive high-K calc-alkaline plutons of Socotra Island (Yemen), Arab. J. Geosci., 5, 903-924.

Fritz, H., Abdelsalam, M., Ali, K. A., Bingen, B., Collins, A. S., Fowler, A. R., Ghebreab, W., Hauzenberger, C. A., Johnson, P. R., Kusky, T. M., Macey, P., Muhongo, S., Stern, R. J., Viola, G., 2013, Orogen styles in the East African Orogen: A review of the Neoproterozoic to Cambrian tectonic evolution, J. Afr. Earth Sci., 86, 65-106.

Johnson, P.R., Andresen, A., Collins, A.S., Fowler, A.R., Fritz, H., Ghebreab, W., Kusky, T., Stern, R.J., 2011, Late Cryogenian-Ediacaran history of the Arabian-Nubian Shield: A review of depositional, plutonic, structural, and tectonic events in the closing stages of the northern East African Orogen, J. Afr. Earth Sci., 61(3), 167-232.

Kempf, O., Kellerhals, P., Lowrie, W., Matter, A., 2000, Paleomagnetic directions in Late Precambrian glaciomarine sediments of the Mirbat Sandstone Formation, Oman, Earth. Planet. Sci. Lett., 175, 181-190.

Kilner, B., Mac Niocaill, C., Brasier, M., 2005, Low-Latitude glaciation in the Neoproterozoic of Oman, *Geology*, 33, 413-416.

Mercolli, I., Briner, A.P., Frei, R. Schonberg, R., Nägler, T.F., Kramers, J., Peters, T., 2006, Lithostratigraphy and geochronology of the Neoproterozoic crystalline basement of Salalah, Dhofar, Sultanate of Oman, *Precambrian Res.*, 145, 182-185.

Worthing, M.A., 2005, Petrology and geochronology of a Neoproterozoic dyke swarm from Marbat, south Oman, *Journal of African Earth Sciences*, 41, 248-265.

Preliminary paleomagnetic data from the Dakhla section, Southwestern Moroccan Sahara

Benammi Mouloud ^{1*}, Adnet Sylvain ², Marivaux Laurent ², Tabuce Rodolphe ², El Kati Imad ³, Surault Jerome ⁴, Baidder Lahssen ⁵, Saddiqi Omar ⁵, Benammi Mohamed ³

1 : Institut International de Paléoprimatologie, Paléontologie Humaine : Evolution et Paléoenvironnement (IPHEP)

CNRS : UMR7262 Université de Poitiers
Bât Sci. Naturelle 40 av. Recteur Pineau F86022 POITIERS Cedex
<http://iphep.labo.univ-poitiers.fr/index.php/fr/>

2 : Institut des Sciences de l'Evolution - Montpellier (ISEM)

CNRS : UMR5554 Université Montpellier II - Sciences et techniques
Place E. Bataillon CC 064 34095 Montpellier Cedex 05
<http://www.isem.univ-montp2.fr/>

3 : Laboratoire de Prospection Géophysique et l'Etude des Risques Naturels (LPGERN)

Département de Géologie, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, BP. 133, Kenitra

4 : Institut International de Paléoprimatologie, Paléontologie Humaine : Evolution et Paléoenvironnement (IPHEP)

CNRS : UMR7262 Université de Poitiers
Bât Sci. Naturelle 40 av. Recteur Pineau F86022 POITIERS Cedex
<http://iphep.labo.univ-poitiers.fr/index.php/fr/membres-institut-fr/benammi-mouloud-fr>

5 : LG

Laboratoire Géosciences, Université Hassan II-Casablanca, BP 5366 Maârif, Casablanca

* : Auteur correspondant

New Eocene vertebrate localities were reported recently southern Dakhla city in southwestern Morocco. The Eocene sediment crops out on cliffs along the Atlantic Ocean coast. Vertebrate remains came from two conglomeratic sandstone beds and are principally represented by isolated teeth belonging to selachian and bony fishes, a proboscidean assigned to *Numidotherium* sp. and many remains of archaeocete whales (Basilosauridae). Twelve paleomagnetic sites were sampled along the Al Aargoub section aiming to characterize the paleomagnetic signal and its suitability to perform further magnetostratigraphy. The natural remanence magnetization of a total of 50 samples was measured, but the intensities of a majority of samples are too weak before or after alternating field (AF) or thermal demagnetization and could not be measured on the available equipment (JR6). These samples had to be rejected as well as a few which had been remagnetized in the general direction of the present earth's field. The remains samples exhibit one or two component magnetization. These magnetization components appear to be carried by both sulphide mineral and a magnetite-titanomagnetite mineral. The data of all the samples are very unstable except five which show normal polarity at the lower part of the section, this outcome is unfortunate for a magnetostratigraphic investigation, as it makes a correlation with the geomagnetic polarity timescale (GPTS) very difficult. Dating based on the magnetic results is therefore impossible.

The consequences of hotspots on continental lithosphere: towards a new reference frame for the last 260Ma.

Vicente De Gouveia ¹, Besse Jean ^{1*}, Greff Marianne ^{1*}, Frizon De Lamotte
Dominique ^{2*}, Leparentier François ^{3*}

1 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

Université Paris VII - Paris Diderot IPG PARISINSUCNRS : UMR7154 Sorbonne Paris Cité

IPGP, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05 ; Université Paris Diderot, Bât. Lamarck A case postale 7011, 75205 Paris
CEDEX 13

<http://www.ipgp.fr/>

2 : Laboratoire Géosciences et Environnement Cergy (GEC)

Université de Cergy Pontoise : EA4506

Bâtiment E (Neuville 3.1), 4ème étage,

3 : TOTAL SA (PN)

TOTAL

La Défense

* : Auteur correspondant

Hotspots are mantle thermal instabilities, which arise in high temperature and low viscosity zones (Olson, 1988), composed by a head and a tail. Its activity is revealed by surface and sub-surface phenomena, like volcanic trapps or volcanic ridges on the seafloor (Morgan, 1972 - Morgan, 1981). The first one is due to an eruption of the hotspot's head, and the second to the tail fed by volcanic material. Consequences of a hotspot tail travelling the oceanic lithosphere are known, but we still don't know what happens in the continental lithosphere when it travels over a hotspot tail. The aim of this study is to understand the relationship between the lithosphere deformation and the hotspot.

First, we mapped hotspot tracks on the continental lithosphere for the last 260Ma. Plate motion models are usually derived from major hotspot tracks, like the Ninetyeast Ridge, until they are visible, i.e. 130Ma. We built a new reference frame based on oceanic and continental hotspots activities for the last 260Ma. Therefore we assumed that hotspots are fixed through time (Glisovic et al., 2012) and that their volcanic activity is irregular (Davaille et al., 2005). The data of the paleomagnetical study of Torsvik et al. (2012) and the hybrid frame of Seton et al. (2012) were used. The method consists in matching the intra-plate volcanism, submarine volcanoes or oceanic plateau with the hotspot, at a given age. This allows us to build a new hybrid frame with new constraints. Then we evaluate the hotspot impact on the continental lithosphere. A first case study has been performed for the Arabian Plate : petroleum data are analyzed in order to estimate the heat flow. The thermal diffusion time in that region is estimated, thanks to well-log data. Evidence of the hotspot thermal impact is expected.

Davaille, A., Stutzmann, E., Silveira, G., Besse, J., & Courtillot, V. (2005). Convective patterns under the Indo-Atlantic «box». *Earth and Planetary Science Letters*, 239(3), 233-252.

Gli?ovi?, P., Forte, A. M., & Moucha, R. (2012). Time-dependent convection models of mantle thermal structure constrained by seismic tomography and geodynamics: implications for mantle plume dynamics and CMB heat flux. *Geophysical Journal International*, 190(2), 785-815.

Morgan, W. J. (1972). Deep mantle convection plumes and plate motions. *AAPG Bulletin*, 56 (2), 203-213.

Morgan, W. J. (1981). 13. Hotspot tracks and the opening of the Atlantic and Indian Oceans. *The Sea, ideas and observations on progress in the study of the seas*, 7, 443-487.

Olson, P., Schubert, G., Anderson, C., & Goldman, P. (1988). Plume formation and lithosphere erosion: a comparison of laboratory and numerical experiments. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (1978-2012), 93(B12), 15065-15084.

Seton, M., Müller, R. D., Zahirovic, S., Gaina, C., Torsvik, T., Shephard, G., Talsma, A., Gurnis, M., Turner, M., Maus, S. & Chandler, M. (2012). Global continental and ocean basin reconstructions since 200Ma. *Earth-Science Reviews*, 113(3), 212-270.

Torsvik, T. H., Van der Voo, R., Preeden, U., Mac Niocaill, C., Steinberger, B., Doubrovine, P. V., ... & Cocks, L. R. M. (2012). Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics. *Earth-Science Reviews*, 114(3), 325-368.

The Earth's magnetic field in Italy during the Neolithic period: New data from the Early Neolithic site of Portonovo (Marche, Italy)

Tema Evdokia ¹, Camps Pierre ², Ferrara Enzo ³, Conati Barbaro Cecilia ⁴, Poidras Thierry ²

1 : Dipartimento di Scienze della Terra

Università degli Studi di Torino via Valperga 35, 10125, Torino

2 : Géosciences Montpellier

CNRS : UMR5243

CNRS et Université de Montpellier, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

3 : Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

Strada delle Cacce 91, I-10135 Torino

4 : Dipartimento di Scienze dell'Antichità

Sapienza Università di Roma, Roma

We present the results of an archaeomagnetic study on three Neolithic ovens discovered at the archaeological site of Portonovo (Marche, Italy). The discovered ovens are a rare example of very well preserved domed ovens from the Early Neolithic period and are dated based on archaeological information and radiocarbon dating. Standard thermal demagnetization procedures were used to determine the archaeomagnetic direction registered by each oven during its last firing and their archaeointensity was determined with the multi-specimen procedure (MSP-DSC). Both directional and intensity results are of high quality and they clearly show an intensity low during the Neolithic period. The new results are the first full geomagnetic field vector data for this period in Italy. They are compared with other contemporaneous data from Europe and with global geomagnetic field models. Independent archaeomagnetic dating of the three ovens has been also performed using the SCHA.DIF.7k model. The obtained results are in excellent agreement with the radiocarbon dates and confirm that all ovens belong to the Neolithic period and were almost contemporaneously used. The new results importantly enrich our knowledge of the geomagnetic field during the Neolithic period that is poorly covered by data, not only in Italy but in the whole Europe and show that archaeomagnetic dating can provide very precise results even for prehistoric periods.

The Patagonian Orocline

Poblete Fernando ^{1*}, Roperch Pierrick ¹, Arriagada Cesar ², Ramírez Cristobal ³, Herve Francisco ³, Ruffet Gilles ¹

1 : Géosciences Rennes et Université du Chili (GR)

Université de Rennes 1 Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes INSUCNRS : UMR6118

Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/>

2 : Universidad de Chile [Santiago]

v. Libertador Bernardo O'Higgins 1058, Santiago

<http://www.uchile.cl/>

3 : Universidad Andres Bello

Santiago

* : Auteur correspondant

The southernmost Andes of Patagonia and Tierra del Fuego present a prominent arc-shaped structure: the Patagonian Bend. Few paleomagnetic studies have been attempted to describe the rotations associated with the formation of the curvature. Whether the bending is a primary curvature or a «true» orocline is still matter of controversy. New paleomagnetic data from sixty-one sites drilled in the outer part of the orogen from 54° S to Peninsula Hardy (~55° S), south of the Beagle Channel allow the quantification of tectonic rotations in the area. Twelve sites were drilled in Early Cretaceous sedimentary and interbedded volcanic rocks of the Yahgan and Hardy formations, 3 sites were drilled in pseudo-ophiolitic complexes and forty-six sites were sampled in Cretaceous to Early Eocene plutonic rocks. Characteristic Remanent Magnetizations (ChRMs) were determined after stepwise alternating field or thermal demagnetization. Anisotropy of magnetic susceptibility were systematically measured at all sites.

Sedimentary and interbedded volcanic have normal polarity paleomagnetic directions and their characteristic directions failed the fold test. Sedimentary sites closer to the Beagle Channel and the Cordillera Darwin metamorphic core present a well-defined magnetic foliation (degree of anisotropy between ~1.2 and ~1.5) parallel to the tectonic foliation. Sites far from the Beagle Channel have low magnetic anisotropy (anisotropy Characteristics Remanent Magnetizations from sites in the South Patagonian Batholith sampled from the south Arm of the Beagle Channel, Canal O'Brien, Canal Ballenero and Peninsula Brecknock to the west, correspond to a primary magnetization recorded during pluton emplacement. Normal and reverse polarity magnetizations are found in antipodal distribution. The distribution of the paleomagnetic results do not show evidence for significant deformation in the study area and the deviations of the declinations with respect to the ones expected for stable South America are best explained in term of counterclockwise rotations. Mid-Cretaceous intrusive rocks record counterclockwise rotations of about 90° while only 20° of counterclockwise rotation is recorded in Eocene intrusive rocks. Large sinistral strike slip deformation has often been advocated for the tectonic evolution of southern Patagonia. The good agreement between the counterclockwise rotation recorded in remagnetized sediments and mid Cretaceous plutons and the decreasing magnitude of counterclockwise rotation from Cretaceous to Eocene suggest that the rotation pattern is best explained by large block rotations. Counterclockwise rotations are related to the closure of the Rocas Verdes basin during the Late Cretaceous. Using the Gplates software, we made tectonic reconstructions that clearly demonstrate the importance of the collision of the Antarctic Peninsula with the Southern Patagonia in the development of the Austral Andes during the Late Cretaceous and Early Cenozoic.

The tectonic evolution of the Patagonian bend can thus be described as the formation of a progressive arc from an oroclinal stage during the closure of the Rocas Verdes basin to a mainly primary arc during the final stages of deformation of the Magallanes FTB (Poblete et al., 2014). Poblete, F., Arriagada, C., Roperch, P., Astudillo, N., Hervé, F., Kraus, S., Le Roux, J.P., 2011. Paleomagnetism and tectonics of the South Shetland Islands and the northern Antarctic Peninsula. *Earth Planet. Sci. Lett.* 302, 299-313. doi:10.1016/j.epsl.2010.12.019

Poblete, F., Roperch, P., Hervé, F., Diraison, M., Espinoza, M., Arriagada, C., 2014. The curved Magallanes fold and thrust belt: Tectonic insights from a paleomagnetic and anisotropy of magnetic susceptibility study. *Tectonics* 2014TC003555. doi:10.1002/2014TC003555

Transport sédimentaire et évolution de la mousson est asiatique pendant les derniers 410 000 ans au nord de la Mer de Chine du Sud: une approche multi-traceurs.

Chen Quan ^{1,2*}, Kissel Catherine ^{3*}, Liu Zhifei ^{4*}

1 : State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University,
Siping Road, Shanghai

2 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)
Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ)CEACNRS : UMR8212
LSCE-Vallée Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX
<http://www.lsce.ipsl.fr/>

3 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)
CEACNRS : UMR8212UVSQ : UMR8212
LSCE-Vallée Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX
www.lsce.ipsl.fr

4 : State Key Laboratory of Marine Geology
Tongji University, Shanghai,

* : Auteur correspondant

Le climat des basses latitudes est dominé par le régime de mousson générant des précipitations intenses à terre et influant donc sur les décharges détritiques par les grands fleuves. La caractérisation des sédiments déposés en mer permet de comprendre leur histoire y compris celle des environnements continentaux dont ils proviennent et des mécanismes de transport qu'ils ont subi avant leur dépôt. Dans le but de reconstruire l'évolution de la mousson sud-est asiatique pendant le Quaternaire terminal, nous avons commencé à déchiffrer ce message en menant une analyse multi-traceurs.

Les mesures des propriétés magnétiques, de la composition en argiles, en éléments majeurs (par analyses Xrf) ont été conduites sur une séquences sédimentaire marine (carotte MD12-3432) prélevée dans le bassin septentrional de la Mer de Chine du Sud à 2125 m de profondeur (campagne CIRCEA à bord du N. O. Marion Dufresne, IPEV).

Le modèle d'âge est déduit des changements de teneurs en carbonate de calcium et de la stratigraphie magnétique par comparaison avec une carotte voisine dont les isotopes de l'oxygène ont été analysés à partir des foraminifères benthiques. Les excursions bien identifiées de l'Iceland Basin, du Blake et du Laschamp sont utilisées comme points d'ancrage en plus de l'enregistrement continu. Ce modèle d'âge indique que la séquence couvre les derniers 410 kyr avec un taux de sédimentation moyen d'environ 12.4 cm/kyr.

Les données calibrées de teneurs en éléments majeurs donnent accès aux rapports haute-résolution Ti/Ca, Al/Si, K/Al. Les rapports Ti/Ca et Al/Si varient en phase et indiquent un flux clastique important sur une courte distance pendant les stades glaciaires. Les variations du rapport K/Al montre une évolution indépendante des premiers suggérant que le contrôle éventuel par l'altération chimique n'est pas celui qui domine. La dynamique du transport de ces sédiments doit donc être analysée de plus près.

Pour cela, l'anisotropie de la susceptibilité magnétique a été analysée tous les 50 cm. L'orientation des axes principaux d'anisotropie a ainsi pu être reconstruite en utilisant la déclinaison de l'aimantation rémanente naturelle pour orienter la carotte dans le plan horizontal. La fabrique est oblate (sauf les 2m au sommet de la carotte, affectés par le processus de carottage) et l'axe maximum est relativement bien orienté dans le plan stratigraphique. Deux directions (l'une à environ 100°E et l'autre à environ 170°E) sont identifiées et attribuées à des apports du continent (embouchure de la Rivière des Perles) ou à la circulation océanique à cette profondeur.

Les assemblages d'argiles sont dominés par la smectite (23-59%), l'illite (22-43%), avec une contribution mineure de la chlorite (13-27%) et de la kaolinite (4-13%). L'analyse de la provenance de ces argiles suggère trois sources : les smectites viennent de Luzon (roches basaltiques), les kaolinites viennent de la Rivière des Perles et l'illite et la chlorite viennent de Taiwan. En utilisant la méthode des « end-members » et en couplant avec les informations provenant de l'indice variable de cristallinité de l'illite, une reconstruction temporelle des différents apports d'argiles en fonction de leur source respective a pu être reconstruit.

En synthétisant toutes ces informations, il est possible de reconstruire l'histoire du sédiment détritique dans cette zone et de fournir ainsi des informations importantes quant à la dynamique des sources continentales et de la circulation océanique.

Cette étude entre dans le cadre de travail du LIA franco-chinois MONOCL (<http://monocl.lsce.ipsl.fr/>)

ipsl.fr)

Méthode magnétique multi-échelle à trois dimensions appliquée à l'étude archéologique du site de Qasr ?Allam, oasis de Bahariya, Égypte

Gavazzi Bruno ^{1,2*}, Alkhatib Alkontar Rozan ¹, Munsch Marc ¹, Colin Frédéric ², Duvette Catherine ²

1 : Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS)

université de StrasbourgINSUCNRS : UMR7516

1 Rue Blessig 67084 STRASBOURG CEDEX

<http://ipgs.unistra.fr>

2 : Archéologie et histoire ancienne : Méditerranée - Europe (ARCHIMEDE)

CNRS : UMR7044université de StrasbourgUniversité de Haute Alsace - MulhouseMinistère de la Culture et de la

CommunicationINRAP

MISHA - 5 allée du Gal Rouvillois - CS 50008 - 67083 Strasbourg cedex

<http://archimede.unistra.fr/>

* : Auteur correspondant

Les sources archéologiques consistent très souvent en des structures partiellement ou complètement enfouies. C'est donc tout naturellement que les méthodes magnétiques sont aujourd'hui de plus en plus utilisées par les archéologues. Les résultats sont néanmoins pour la plupart du temps limités à la production de cartes acquises généralement à l'aide de gradiomètres. Cette étude propose une approche différente de l'utilisation des méthodes magnétiques en contextes archéologiques. L'utilisation de magnétomètres vectoriels (à vannes de flux) permet la mise au point de dispositifs multi-capteurs géo-référencés dont l'étalonnage et la compensation peuvent se faire lors d'un processus simple sur le terrain. Ainsi, un ou deux opérateurs peuvent couvrir de larges zones avec une très haute densité de données. Lors de l'application au site de Qasr ?Allam (oasis de Bahariya, Egypte), deux dispositifs ont permis des acquisitions à deux échelles différentes : une cartographie exhaustive de la zone avec des profils tous les 0.5 m et une cartographie détaillée d'une zone ciblée avec des profils tous les 0.1 m. L'analyse multi-échelle couplée aux différentes méthodes d'interprétations dérivées de la théorie du potentiel et à des fouilles archéologiques ont permis une interprétation à trois dimensions du site. Ainsi, ce travail révèle la présence de nombreux vestiges archéologiques invisibles en surface, de plusieurs phases d'occupation et de différents processus de sédimentation. Les résultats de l'étude ont également permis la mise en place d'un périmètre de protection englobant la majorité des découvertes, les protégeant ainsi d'une destruction qui semblait imminente.

Quand le bois devient magnétique : étude d'une épave antique

Lévêque Francois ¹, Mathé Vivien ¹, Minjacq Maylis ^{1,2}, Sanchez Corinne ³, Jézégou Marie-Pierre ⁴, Rémaizeilles Céline ⁵

- 1 : Littoral ENvironnement et Sociétés [La Rochelle] (LIENSS)
CNRS : UMR7266 Université de La Rochelle
Bâtiment ILE 2, rue Olympe de Gouges 17 000 La Rochelle
<http://lienss.univ-larochelle.fr/>
- 2 : Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE)
CNRS : UMR3474 Université de La Rochelle
Avenue Michel Crépeau F-17042 La Rochelle Cedex 1
<http://lasie.univ-larochelle.fr>
- 3 : Archéologie des Sociétés Méditerranéennes (ASM)
INRAP Ministère de la Culture et de la Communication CNRS : UMR5140 Université Paul Valéry - Montpellier III
390 av de Pérols - 34970 LATTES
<http://www.archeo-lattes.cnrs.fr/>
- 4 : DRASSM (DRASSM)
Ministère de la Culture et de la Communication
DRASSM 147 Plage de l'Estaque 13016 Marseille
www.culture.gouv.fr/fr/archeosm/archeosom/drasm.htm
- 5 : Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE)
CNRS : UMR3474 Université de La Rochelle
Avenue Michel Crépeau F-17042 La Rochelle Cedex 1
<http://lasie.univ-lr.fr>

La mise au point de protocoles de prospection magnétique 3D (Lévêque et Mathé, 2015) applicables à des surfaces pouvant atteindre plusieurs dizaines de m² - avec des résolutions spatiales infra- décimétriques - permet d'explorer de nouveaux champs d'investigation par l'imagerie du champ magnétique à des échelles infra-décimétriques reflétant l'hétérogénéité magnétique des matériaux. Cette approche participe à la réalisation d'un changement d'échelle du site à l'objet, au travers de l'imagerie magnétique, pour aboutir in fine à la recherche des processus à l'origine de l'enrichissement ou de l'appauvrissement en minéraux magnétiques, par l'analyse d'échantillons par les méthodes du magnétisme des roches, entre autres. Par nécessité, du fait du temps nécessaire à l'obtention de courbes de rémanence, le nombre d'échantillons traités est limité. La représentativité de la répartition spatiale des prélèvements est alors assurée par l'information produite par l'imagerie 3D.

Cette méthodologie a été menée pour l'étude d'enceintes néolithiques (Ard et al., 2015) et plus récemment sur l'étude d'une épave antique et de son chargement d'amphores dans le cadre du programme de recherche sur le port antique de Narbonne. Dans le premier cas, notre objectif était de comprendre l'origine des différences constatées entre les anomalies magnétiques des différents fossés. Dans le second, la démarche était plus exploratoire, cherchant à explorer le potentiel de la cartographie de champ pour apporter des informations sur les différentes amphores constituant le chargement. Pour cela, cinq cartes de pseudogradients (le champ magnétique local étant trop perturbé pour permettre d'exploiter des cartes de champ) ont été réalisées à différentes étapes de la fouille de l'épave. La dernière correspond à l'étape du retrait du contenu de l'épave. Il apparaît que des anomalies positives sont alignées de manière concordante avec la structure de l'épave. Des mesures in situ de susceptibilité magnétique par capteur de contact ont confirmé que le bois de l'épave était magnétique. Des éléments en bois de l'épave ont été prélevés afin de réaliser une caractérisation des phases porteuses du signal. L'étude d'une vaigre (élément du plancher interne) prélevée entre deux membrures (ossature transversale de la coque) a été réalisée en découpant celle-ci en cubes élémentaires de 19 mm de côté. Il apparaît que la distribution spatiale de l'intensité des aimantations correspond à la diffusion à partir d'un cœur très magnétique suivant préférentiellement la structure du bois. Ce cœur correspond vraisemblablement à la position d'un clou ferreux fantôme ayant servi à l'assemblage de la vaigre sur la membrure. L'analyse par DRX et RAMAN révèle que les principaux produits de corrosion sont la Pyrite et la Marcasite pour les sulfures et la Sidérite pour les carbonates. Plus exceptionnellement, la Greigite est identifiée.

L'aimantation rémanente induite par un champ magnétique de 3T varie pratiquement sur 4 ordres de grandeur et son spectre révèle systématiquement la présence quasi-exclusive de Greigite. Au niveau du cœur de la zone la plus magnétique, une phase de plus faible coercitivité attribuable à la Magnétite est aussi présente (travaux en cours).

Ard V., Mathé V., Lévêque F., Camus A. (2015). A comprehensive magnetic survey of a Neolithic causewayed enclosure in West-Central France for the interpretation of archaeological features. *Archaeol. Prospect.* 22, 21-32.

Lévêque F. & Mathé V. (2015). Prospection magnétique 3D à haute résolution : du site à l'objet. Dossier : Méthodes et formations en archéométrie en France, *Les Nouvelles de l'archéologie*, EMSH, 138 : 19-22.

L'héritage magnétique de la Culture Halaf

Akimova Stanislava ¹, Gallet Yves ², Amirov Shahmardan ³

1 : Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences (IPE)
Moscow

2 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)
Université Paris VII - Paris Diderot CNRS : UMR7154
IPGP, 1 rue Jussieu, 75005 Paris

3 : Institute of Archeology, Russian Academy of Sciences
Moscow

La culture Halaf, qui s'est étendue au nord de la Mésopotamie durant le 6ème millénaire av. J.-C., est connue pour la qualité et la beauté de sa production céramique. Avec des pâtes fines et claires, les poteries de cette période offrent des perspectives particulièrement intéressantes pour les recherches en archéomagnétisme. Dans une étude précédente (Gallet et al., 2015), nous avons montré leur potentiel pour retracer les variations de l'intensité du champ géomagnétique au Moyen-Orient à la fin du Néolithique. Les résultats d'archéointensité que nous présenterons lors du colloque, obtenus dans le cadre d'un projet russe de recherches en archéomagnétisme, constituent la suite de cette première étude. Les archéologues soviétiques ont effectué de nombreuses fouilles en Irak du Nord dans les années 70. Cette région est désormais totalement inaccessible pour nos recherches mais par chance une très large collection de fragments archéologiques provenant de plusieurs sites multi-couches, en particulier plusieurs milliers des tessons de céramiques bien répertoriés, est conservée à l'Institut d'Archéologie de Moscou. Nous avons ainsi pu réaliser un échantillonnage dense de lots de tessons pris en séquence au travers des 7 mètres de dépôts archéologiques du site Halafien de Yarim Tepe II. Les mesures d'archéointensité, encore en cours, sont réalisées en utilisant le protocole expérimental développé pour le magnétomètre Triaxe. Ces nouveaux résultats nous permettront d'illustrer un exemple d'application de l'archéomagnétisme à la fois au géomagnétisme et à l'archéologie.

Y. Gallet, M. Molist, A. Genevey, X. Clop Garcia, E. Thébault, A. Gomez Bach, M. Le Goff, B. Robert, I. Nachasova, New Late Neolithic (c. 7000-5000 BC) archeointensity data from Syria. Reconstructing 9000 years of archeomagnetic field intensity variations in the Middle East, Physics of the Earth and Planetary Interiors 238, 89-103, 2015.

Cadre géochronologique de l'Homo erectus de Koçabas

Lebatard Anne-Elisabeth ¹, Rochette Pierre ², Boulès Didier ¹, Alçiçek Mehmet Cihat ³

1 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université *INSU* Institut de recherche pour le développement [IRD] CNRS : UMR7330

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

2 : Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE)

Aix Marseille Université

Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence cedex 4

<http://www.cerege.fr>

3 : Department of Geology, Pamukkale University

Pamukkale University, 20070 Denizli

www.pau.edu.tr/pau/en

L'importance crâne de Kocaba? (Denizli, Turquie ; Kappelman et al., 2008) réside dans sa proximité morphologique avec les Homo erectus de l'Est africain et de la Chine (Violet et al., 2012), son association avec des faunes typiques Villafranchien final et sa localisation géographique sur un des chemins migratoires possibles entre l'Afrique et l'Europe. Afin d'apporter un calage temporel robuste à ce fossile, outre les nouvelles recherches paléanthropologiques et paléontologiques, une étude systématique de la stratigraphie, de la magnétostratigraphie, ainsi qu'une datation par durée d'enfouissement, basée sur le rapport $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$, ont été menées au cours de ce projet Franco-Turque (Lebatard et al., 2014). La polarité inverse de la série de 120 m de hauteur, à l'exclusion d'un court intervalle normal dans les niveaux conglomératiques qui recouvrent le travertin fossilifère, associée avec les durées d'enfouissement $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ déterminées sur ces mêmes niveaux (mesurés par l'accélérateur ASTER à Aix-en-Provence) contraignent un âge de dépôt de ce travertin antérieur à l'intervalle normal Cobb Mountain débutant à 1,22 Ma (ou celui de Jaramillo à 1,07 Ma). Cette étude atteste de l'antiquité de l'occupation humaine sur la péninsule anatolienne et remet en cause les connaissances actuelles de la dispersion d'Homo erectus en Eurasie. Fait intéressant, la chronologie obtenue implique un synchronisme avec le peuplement initial de l'Europe et fournit la preuve la plus solide de l'Homo erectus en Asie occidentale.

Références:

Kappelman, J., Alçiçek, M.C., Kazanc?, N., Schultz, M., Özkul, M., Sen, S., 2008. First Homo erectus from Turkey and implications for migrations into temperate Eurasia. *Am. J. Phys. Anthropol.* 135, 110?116.

Lebatard A.E., M. C. Alçiçek, P. Rochette, S. Khatib, A. Violet, N. Boulbes, D.L. Boulès, F. Demory, G. Guipert, S. Mayda, V.V. Titov, L. Vidal, H. de Lumley, 2014. Dating the Homo erectus bearing travertine from Kocaba? (Denizli, Turkey) at at least 1.1 Ma. *Earth and Planetary Science Letters* 390, 8-18.

Violet, A., Guipert, G., Alçiçek, M.C., 2012. Homo erectus still further west. Reconstruction of the Kocaba? cranium (Denizli, Turkey). *C R Palevol* 11 (2-3), 89?95.

Le champ magnétique Terrestre entre 125 BC et 500 AD dans le Languedoc-Roussillon : Nouvelles données d'archéointensités et modèle régional.

Lepaulard Camille ¹, Camps Pierre ^{1*}, Sanchez Corinne ², Peyret Michel ³, Favennec Benoit ⁴,
Poidras Thierry ⁵

1 : Géosciences Montpellier

Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc

Université de Montpellier et CNRS, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

2 : Archéologie des Sociétés Méditerranéennes (ASM)

Université Paul Valéry - Montpellier III CNRS : UMR5140

390 av de Pérols - 34970 LATTES

<http://www.archeo-lattes.cnrs.fr/>

3 : Géosciences Montpellier (GM)

CNRS : UMR5243 Université Montpellier II - Sciences et techniques

Place E. Bataillon - CC 60 34095 MONTPELLIER CEDEX 5

4 : Archéologie des Sociétés Méditerranéennes

CNRS : UMR5140

CDAR, 390 avenue de Pérols, 34970 Lattes

5 : Géosciences Montpellier

CNRS : UMR5243

CNRS et Université de Montpellier, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

* : Auteur correspondant

Le champ magnétique terrestre est supposé être parfaitement observé au cours de la période 125 BC à 500 AD en Europe occidentale. Environ 340 données directionnelles et 160 données sur l'intensité ont été publiées pour cette période. Nous présenterons une étude qui porte sur des déterminations d'archéointensités obtenues à partir de mobiliers céramiques retrouvés sur le site des ports antiques de Narbonne (France). Ces mobiliers céramiques, dont les âges archéologiques sont très bien contraints, proviennent de différents sites de production parfaitement bien identifiés : Narbonne, Aspiran, Carcassonne, Laure-Minervois, Millau, Dordogne, Catalogne, Italie du Nord et Afrique. Ces déterminations d'archéointensités ont été réalisées grâce au protocole classique de Thellier et Thellier (Thellier and Thellier, 1959) avec un refroidissement sous champ artificiel d'une valeur de 55 ?T. Ainsi, 13 nouvelles valeurs d'intensité du champ magnétique ont été obtenues pour la période de 125 BC à 500 AD. Ces nouvelles données ont été corrigées du taux de refroidissement et de l'anisotropie d'acquisition de l'ATR. Les premiers résultats indiquent des intensités du champ mesurées inférieures à celles publiées dans la littérature (Différence de 10 à 20 ?T).

La deuxième partie de ce travail porte sur une analyse critique des données existantes sur une période plus large, (de 600 BC à 1200 AD) et dans un rayon de 900 km autour de Narbonne. Sur un total de 160 données d'intensité, seules 70 ont été retenues sur des critères de qualité. Ces données, combinées aux nouvelles déterminations, permettent de construire un modèle régional des fluctuations de l'intensité basé sur la statistique Bayésienne. Ce modèle régional sera présenté lors de la conférence fin Mai.

Référence :

Thellier, E., Thellier, O., 1959. Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique. Ann.Géophys. 15, 285-376.

Le magnétisme des spéléothèmes de la grotte des Théoriciens (Saint Benoît, Alpes de Haute Provence)

Camps Pierre ¹, Goupil Antoine ¹, Audra Philippe ², Poidras Thierry ¹, Bosch Delphine ¹

1 : Géosciences Montpellier

CNRS : UMR5243

CNRS et Université de Montpellier, Campus Triolet, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier

2 : Polytech

Université de Nice Sophia-Antipolis : EA0000

Université de Nice Sophia-Antipolis, Nice Sophia-Antipolis

Cette étude porte sur la faisabilité d'utiliser les spéléothèmes comme archive à haute résolution temporelle des fluctuations directionnelles du champ magnétique terrestre. Pour cela, trois stalagmites ont été prélevées dans la grotte des Théoriciens (Saint Benoît, Alpes de Haute Provence). Cette grotte, bien que très difficilement accessible, présente de nombreux avantages. Tout d'abord, on y trouve des spéléothèmes très récents car actifs, c'est à dire qu'ils sont encore aujourd'hui en cours de croissance. Le signal mesuré pourra donc être directement comparé au modèle de fluctuations du champ au cours des 3 derniers millénaires (ARCH.3k), ce modèle présentant une bonne précision pour cette région. Le second intérêt est la position stratigraphique de la grotte dans la séquence sédimentaire. Elle est creusée dans des calcaires lutétiens qui sont directement surmontés par des marnes priaboniennes, lesquelles sont riches en pyrite. Donc potentiellement, les eaux de percolation peuvent contenir beaucoup de fer ce qui est un atout majeur pour l'étude magnétique. L'âge récent de nos échantillons a été confirmé par des âges U/Th entre l'actuel et -1000 av JC. Nous avons estimé par différentes expérimentations de magnétisme des roches que l'aimantation rémanente est portée par des grains de magnétite monodomaine. Les mesures de l'aimantation rémanente sont réalisées avec notre magnétomètre cryogénique 2G. Afin de pouvoir mesurer des échantillons de petite taille (cylindre de 2,54 cm de diamètre et 2mm de hauteur, soit un échantillon de 1g environ) nous avons travaillé sur l'amélioration des protocoles de mesures ainsi que sur le développement d'un nouveau type de porte-échantillon. Avant chaque série de mesures, le magnétomètre doit être parfaitement réglé (« strip line, biais field ») afin d'avoir une ligne de base la plus basse possible ainsi qu'une dérive minimale. Dans les meilleures conditions, qui sont souvent réalisées soit durant la nuit soit pendant les weekends, le bruit de fond mesuré est proche de 1×10^{-12} Am². De telles conditions sont nécessaires pour mesurer l'aimantation rémanente naturelle qui est dans la plupart des cas inférieure à 1×10^{-8} Am²/kg (moment de 1×10^{-11} Am²) et surtout pour déterminer la direction de l'aimantation rémanente caractéristique par traitement par champ alternatif. Les résultats obtenus sont très encourageants en particulier en ce qui concerne l'évolution de l'inclinaison du champ enregistrée dans nos échantillons. Celle-ci s'ajuste parfaitement sur le modèle ARCH.3k. Nos protocoles de mesure et d'échantillonnage nécessitent encore quelques développements. Ces résultats ouvrent à n'en pas douter de nouvelles perspectives sur l'étude haute résolution des fluctuations du champ magnétique terrestre.

Models of the archaeomagnetic field using prior information from dynamo simulations

Sanchez Sabrina ^{1*}, Fournier Alexandre ¹, Aubert Julien ¹

1 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

Université de la Réunion Université Paris VII - Paris Diderot IPG PARISINSU CNRS : UMR7154

IPGP, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05 ; Université Paris Diderot, Bât. Lamarck A case postale 7011, 75205 Paris CEDEX 13

<http://www.ipgp.jussieu.fr/>

* : Auteur correspondant

Archaeomagnetic observations are known for being most challenging when it comes to inferring the geomagnetic field at their origin, due mainly to their poor global coverage and substantial age uncertainties. To supplement the information provided by the sparse archaeomagnetic dataset, we consider the extra information on the magnetic field given by numerical simulations of the geodynamo. Ideally, both data and numerical models would be connected optimally through data assimilation methods (for instance using a Kalman Filter), in order to estimate the magnetic field, fluid flow and buoyancy in the Earth's core. However, numerical models are substantially nonlinear and the archaeomagnetic data nonlinearly connected to the magnetic field, spoiling the optimality of the solution. We thus resort to an Ensemble Kalman Filter in order to deal partly with the nonlinearity of the model, and we apply a linearization of the observation operator in order to assimilate the data into the numerical model. As a first test, we apply the assimilation method to archaeomagnetic data, producing estimates of the magnetic field at the core surface through the last three millennia. Further, to access the sensitivity of the scheme to the prior information, we make use of different dynamo simulations, of varying complexity, as sources of prior information. Upon validation, we aim at applying the data assimilation algorithm sequentially. We expect that each analysis of the magnetic field given the available data will lead to a propagation of the new information throughout the core by the numerical model, making it possible to better understand the state of the core through the last millennia.

Nouvelle méthode de combinaison des mesures archéomagnétiques à des fins de datation

Lanos Philippe ^{1,2}

1 : Géosciences Rennes (GR)

Université de Rennes 1 Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes INSU CNRS : UMR6118

Bâtiment 15 - Université de Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/>

2 : IRAMAT-CRPAA

CNRS : UMR5060

Esplanade des Antilles, 33607 Pessac cedex

Nous présentons une nouvelle méthode de combinaison des mesures archéomagnétiques (inclinaison, déclinaison, intensité) qui repose sur une modélisation hiérarchique bayésienne. Cette modélisation prend en compte un niveau supplémentaire d'erreurs individuelles qui viennent se combiner aux erreurs expérimentales de mesure. Cette approche s'inscrit dans un cadre statistique plus général de combinaison des mesures et fournit ainsi une nouvelle méthode de calcul d'une moyenne scalaire ou directionnelle qui trouve de nombreuses applications en archéomagnétisme et en paléomagnétisme.

Projet «Paris 2030» : Provenance et devenir des polluants métalliques - Échanges entre la métropole parisienne et la Seine

Franke Christine ¹, Isambert Aude ², Macouin Mélina ³, Rousse Sonia ³

1 : Mines ParisTech, Centre des Géosciences

Paris Sciences & Lettres Research University - PSL

35 rue St Honoré, 77300 Fontainebleau

2 : Institut de Physique du Globe de Paris, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité ?,

UMR 7154 CNRS,

1 rue Jussieu, F-75238 Paris Cedex 05, France

3 : Géosciences Environnement Toulouse (GET, Université Toulouse III), OMP,

UMR5563, UR234,

14 Avenue E. Belin, 31400 Toulouse

Mots-clefs : Grand Paris, magnétisme environnemental, pollutions urbaines, métaux lourds, microparticules, nanoparticules, transfert de polluants,

Parmi les questions de société actuelles, l'amélioration de la qualité de vie au sein des grandes métropoles et l'évolution de l'environnement urbain sont au coeur des préoccupations. à l'heure où les émissions polluantes liées au trafic automobile au sein de la capitale sont plus que jamais pointées du doigt, le suivi des pollutions urbaines et l'étude de ses impacts sur la santé sont devenus des enjeux majeurs.

Des études récentes suggèrent que l'impact du trafic automobile sur l'environnement est accompagné par des émissions significatives de particules riches en fer, fortement magnétiques. La présence de ces minéraux magnétiques est souvent corrélée aux concentrations en métaux lourds. Ces dernières années, les mesures magnétiques ont été reconnues comme une méthode efficace pour déterminer la distribution spatiale de la pollution ainsi que pour identifier les diverses sources anthropiques (trafic routier/aérien/ferroviaire/navigation fluvial, usines, métallurgie, mines, STEPs, ruissellements,...) de pollution aux métaux lourds. Ces méthodes offrent une alternative rapide et relativement peu coûteuse aux analyses chimiques, géochimiques, spectroscopiques ou isotopiques.

Les paramètres mesurés sont extrêmement sensibles à la présence même en quantités très faibles de minéraux magnétiques. Elles permettent une détection fine et une caractérisation précise des minéraux porteurs de l'aimantation des différents types d'échantillons (sédiments, des sols ou des végétaux). Cependant, elles demandent à être développées, notamment en déterminant les relations qu'entretiennent contaminants métalliques et minéraux magnétiques. Le traçage magnétique (cartographie) de la fraction métallique présente dans l'environnement ?sol, eau, air' de la métropole parisienne permettant de réaliser une estimation de l'importance du transfert des polluants métalliques et constitue l'objectif majeur de ce projet de recherche lauréat fin 2014 du programme « Paris2030 » de la Mairie de Paris.

Fault imprint in clay units: magnetic fabric, structural and mineralogical signature

Moreno Eva ^{1,2}, Homberg Catherine ¹, Schnyder Johann ¹, Person Alain ¹, Du Peloux Arthur ^{2,3}, Dick Pierre ³

1 : Institut des Sciences de la Terre de Paris (ISTeP)

Université Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VICNRS : UMR7193

4, Place Jussieu 75252 PARIS Cedex 05

<http://www.istep.upmc.fr/>

2 : Muséum national d'histoire naturelle (MNHN)

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie *Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche* *Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)*

57, rue Cuvier - 75231 Paris Cedex 05

<http://www.mnhn.fr>

3 : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

Ministère de l'écologie de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire *Ministère de la santé* *Ministère de la Défense* *Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique* *Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi*

BP17 F-92262 Fontenay-aux-Roses

<http://www.irsn.org/>

Fault-induced deformations in clay units can be difficult to decipher because strain markers are not always visible at outcrop scale or using geophysical methods. Previous studies indicates that the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) provides a powerful and rapid technique to investigate tectonic deformation in clay units even when they appear quite homogenous and undeformed at the outcrop scale [Mattei et al., 1997; Teh-Quei et al., 1990]

We report here a study based on AMS, structural analysis and magnetic mineralogy from two boreholes (TF1 and ASM1) drilled horizontally in the Experimental Station of Tournemire of the Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety (IRSN) in Aveyron (France).

This multi-proxi study, combining ASM, petrostructural and mineralogical approaches has highlighted the heterogeneity of the fault, but also its past role as a drain to fluid circulation.

The AMS fabrics and structural analysis showed a different responses in cores ASM1 and TF1 and point out the great heterogeneity of the fault. The AMS shape parameters showed a higher increase in lineation, a change in the shape parameter T from oblate (T~1) to neutral (T~0) and the identification of a weak cleavage fabric in the damaged and core fault zones of core TF1. These changes were not observed in core ASM1 whose fabric remained oblate along the core. The differences observed in the ASM fabrics were in agreement with the structural analysis study which showed a more complex architecture in core TF1.

Finally, the magnetic mineralogical study performed in core TF1 based on low T measurements showed that the undeformed host rock was dominated by pyrrhotite. A neo-formation of SD magnetite at the expense of pyrrhotite was observed in the damaged zone.

Références

Mattei, M., L. Sagnotti, C. Faccenna, and R. Funiciello (1997), Magnetic fabric of weakly deformed clay-rich sediments in the Italian peninsula: Relationship with compressional and extensional tectonics, *Tectonophysics*, 271(1/2), 107-122.

Teh-Quei, L., C. Kissel, C. Laj, H. Chong-Shern, and L. Yi-Teh (1990), Magnetic fabric analysis of the Plio-Pleistocene sedimentary formations of the Coastal Range of Taiwan, *Earth and Planetary Science Letters*, 98(1), 23-32.

Magnetic study of turbidites

Tanty Cyrielle¹, Valet Jean Pierre¹, Carlut Julie¹

1 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

IPG PARIS

IPGP, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05 ; Université Paris Diderot, Bât. Lamarck A case postale 7011, 75205 Paris

CEDEX 13

<http://www.ipgp.jussieu.fr/>

Turbidites induce sedimentary reworking and re-deposition caused by tsunami, earthquake, volcanic processes, and other catastrophic events. They result from rapid depositional processes and are thus not pertinent for magnetic records compared to pelagic sediments. No attention has ever been paid to the magnetization of turbidites which is justified given their rapid deposition. In certain conditions like channeled turbidity currents, levees of sediment are generated and then associated with relatively calm although very fast redeposition. Such conditions govern the subsequent acquisition of magnetization through mechanical lock-in of the magnetic grains. This situation is actually quite similar to what happens during sediment redeposition experiments in laboratory. Therefore, combining laboratory experiments and studies of natural turbidites help constrain the processes involved in the acquisition of magnetization.

We selected and sampled four different turbidites associated either with spillover of channeled currents or with co-seismic faulting. Each event has a different thickness from ten to a few dozen of cm, different lithology and different mean granulometry (from a few dozen to a few hundreds of micrometers). We carried out measurements of magnetic susceptibility, magnetic remanence and anisotropy of magnetic susceptibility. We scrutinized also the evolution of various rock magnetic parameters (ARM, IRM, S ratio, magnetic grain sizes, hysteresis parameters) within each turbidite and the overlying hemipelagic sediments. The sediment granulometry shows significant coarsening in the lower layers of all turbidites, similarly to what is observed in laboratory redeposited sediments. In most cases the magnetic grain sizes follow a similar pattern. The inclination of remanent magnetization deviates from the expected value at each locality. This deviation increases with depth and reaches a maximum at the base of the turbidite. It is not linked to the magnetic mineralogy, and the anisotropy of susceptibility does not show a relationship with compaction. We speculate that it is related to the deposition processes inherent to the onset of the turbidite, more specifically to the massive and turbulent flux of particles.

Paleoenvironmental signature of the Deccan Phase-2 eruptions

Font Eric ^{1*}, Abrajevitch Alexandra ^{2*}, Céline Rémazeilles ^{3*}

- 1 : Fundação da Faculdade de Ciências de Lisboa (FCUL)
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Campo Grande 1749-016 Lisboa · Portugal T (+351) 217 500 357 ?
Ext. 21103)
<http://www.fc.ul.pt/en/node>
- 2 : Institute of Tectonics and Geophysics, Russian Academy of Sciences
Institute of Tectonics and Geophysics, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, 680000, Russia
- 3 : Laboratoire d'Etude des Matériaux en Milieux Agressifs
Université de La Rochelle : EA3167
Laboratoire d'Etude des Matériaux en Milieux Agressifs, EA 3167, Université de La Rochelle, Bat. Marie Curie, Avenue Michel Crépeau, F-17042 La Rochelle Cedex 01, France
- * : Auteur correspondant

The environmental impact of the Deccan trap volcanism is poorly understood as yet. The paucity of geological markers that can unambiguously be attributed to the Deccan volcanism and the temporal coincidence of the volcanism with an asteroid impact make evaluation of volcanic contribution to the end Cretaceous mass extinction difficult. Here we briefly review environmental proxy records of two reference Cretaceous-Tertiary boundary (KTB) sections, Bidart (France) and Gubbio (Italy). In both sections, a change in colour of sediments located just below the KTB is systematically associated with very low values of (low-field) magnetic susceptibility (MS). Rock magnetic characteristics suggest that the decrease in MS values results from the loss (dissolution) of ferrimagnetic mineral in this intervals. In addition to the characteristic change in magnetic assemblage, akaganeite (chlorine-bearing iron oxyhydroxide) is commonly observed under the scanning electron microscope in the low MS intervals at Bidart and Gubbio, but has never been detected in the remaining sedimentary successions. We suggest that the association of granular akaganeite and iron oxides dissolution features can be explained by an ocean acidification and aerosol deposition event linked to the Deccan Phase-2 volcanism.

Enregistrements paléomagnétiques et cosmogéniques (10Be) dans la baie de Baffin durant le dernier cycle glaciaire, reconstructions des variations séculaires du champ magnétique terrestre et signatures paléoenvironnementales

Simon Quentin ^{1,2}, Thouveny Nicolas ¹, Bourlès Didier ¹

1 : Aix Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM34

Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE]
13545 Aix en Provence

2 : IPGP, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris-Cité, UMR 7154 CNRS

IPG PARIS

1 rue Jussieu, 75238 Paris

En plus des informations concernant les variations passées du champ magnétique terrestre, les mesures paléomagnétiques de séquences sédimentaires marines nous permettent d'obtenir rapidement et de manière non destructrice des informations environnementales fiables. De larges incertitudes associées aux processus spécifiques de l'acquisition de l'aimantation liés aux propriétés des sédiments et des caractéristiques des sites de carottages (e.g., taux de sédimentation et d'enfouissement, bioturbation) peuvent parfois compliquer l'interprétation géomagnétique des résultats. Des analyses détaillées des propriétés magnétiques des sédiments permettent généralement de répondre à ces difficultés. Une autre possibilité consiste en l'étude complémentaire du nucléide cosmogénique du béryllium (10Be) dont la production atmosphérique est directement liée à l'intensité du champ magnétique terrestre. Cette approche intégrée aboutit à des résultats significatifs et permet d'étudier l'amplitude et la chronologie des variations majeures du moment dipolaire (excursions et inversions par exemple). Jusqu'à présent, les études des nucléides cosmogéniques dans les sédiments marins ont clairement établi un lien entre surproduction et chute du moment dipolaire mais des questions restent en suspens concernant les seuils de détection et la possibilité d'utiliser les rapports 10Be/9Be authigéniques pour reconstituer les variations séculaires. Ces questions concernent également l'influence des variations environnementales sur les signaux cosmogéniques dans des milieux fortement influencés par des phénomènes climatiques et océanographiques

Afin d'illustrer cette influence environnementale, nous présentons ici de nouveaux résultats intégrés (paléomagnétiques et cosmogéniques) portant sur une carotte largement influencée par des variations climatiques. Cette séquence sédimentaire a été prélevée au centre de la baie de Baffin et couvre les derniers 140 ka (HU2008-029-16PC). Les propriétés paléomagnétiques ont été étudiées et ont permis de reconstituer les variations séculaires du champ géomagnétique ainsi que 2 excursions (Simon et al., 2012). La fraction authigène des isotopes du béryllium a été mesurée afin de comparer les taux de production du 10Be avec la variabilité du champ magnétique terrestre. Les résultats révèlent que les signaux de production du 10Be se superposent à des signaux climatiques associés à la forte empreinte glaciaire. Malgré les méthodes de normalisation utilisées (9Be authigénique et 230Thxs), un signal climatique important lié à la composition (nature et taille des grains) des sédiments et aux conditions d'adsorption variables (e.g., boundary scavenging) prévaut. Les résultats de la baie de Baffin nous permettent d'avancer que l'obtention d'un signal géomagnétique dérivé du rapport 10Be/9Be authigénique dans un environnement glacio-marin se révèle être un défi important. Cette étude rappelle la difficulté de déconvolution des signaux naturels dans des milieux fortement influencés par les variations environnementales. Toutefois, l'approche intégrée proposée ici permet de mieux appréhender la nature de ces signaux.

Simon, Q., St-Onge, G., Hillaire-Marcel, C., 2012. Late Quaternary chronostratigraphic framework of deep Baffin Bay glaciomarine sediments from high-resolution paleomagnetic data. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 13, Q0AO03, doi:10.1029/2012GC004272.

Variations du courant circum-antarctique (ACC) et de l'océan austral dans le secteur Kerguelen lors de la déglaciation et des derniers cycles climatiques

Mazaud Alain¹, Michel Elisabeth¹, Paterne Martine¹

1 : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE - UMR 8212)

Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ)CEACNRS : UMR8212

LSCE-CEA-Orme des Merisiers (point courrier 129) F-91191 GIF-SUR-YVETTE CEDEX LSCE-Vallée Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX

<http://www.lsce.ipsl.fr/>

L'objectif des campagnes IndienSud à bord du Marion Dufresne dans le secteur des Kerguelen est de documenter la variabilité passée de l'océan austral dans ce secteur, en particulier celle du courant circum Antarctique (ACC), avec un focus sur la dernière déglaciation. Les comparaisons avec les enregistrements obtenus dans d'autres régions du globe permettent d'examiner les mécanismes climatiques mis en jeu, en particulier les relations de phase entre océan et atmosphère, aux échelles régionale et globale.

Les variations passées de l'ACC sont examinées en utilisant les méthodes du magnétisme environnemental qui tracent les variations passées de la quantité et de la taille des grains magnétiques transportées par ce courant. Les isotopes de l'oxygène et les assemblages de foraminifères tracent les changements hydrologiques et de température. Le mélange vertical est tracé par le ¹³C. Une chronologie précise sera obtenue à partir de datations radiocarbone, complétées par des corrélations régionales (via la susceptibilité magnétique)

Les résultats montrent que l'ACC était plus fort aux époques glaciaires que pendant les interglaciaires au cours des 600 000 dernières années au moins. Ce schéma est opposé à celui pour l'eau profonde en Atlantique Nord au sud du Groenland (courant WBUC). Cela suggère une antiphasse à l'échelle des cycles de Milankovitch, avec une forte circulation d'eau profonde dans l'Atlantique Nord quand l'ACC était faible dans l'océan sud, et vice et versa. Les résultats montrent aussi que les variations de la température et du mélange vertical ont précédé les changements de l'ACC pendant la dernière déglaciation, et que ces changements sont étroitement liés à ceux du CO₂ dans l'atmosphère.

Cette étude est financée par le programme INSU-LEFE »DYNACC» et par un programme franco-suédois.

Magnetic mineral separation using low temperature magnetism

Lagroix France ¹, Guyodo Yohan ², Till Jessica ^{2,3}, Taylor Samuel ¹, Naess Live ²

1 : Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

Université Sorbonne Paris Cité (USPC) Université Paris Diderot - Paris 7 CNRS : UMR7154

1 rue Jussieu, 75005

www.ipgp.fr

2 : Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC)

Institut de recherche pour le développement [IRD] : UR206 Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VICNRS :

UMR7590 Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)

Tour 23 - Barre 22-23 - 4e étage - BC 115 4 place Jussieu 75252 PARIS

<http://www.imPMC.upmc.fr>

3 : GFZ Potsdam [Postdam]

Telegrafenberg, 14473 Potsdam

<http://www.gfz-potsdam.de>

One timeless challenge in rock magnetic studies, inclusive of paleomagnetism and environmental magnetism, is decomposing a sample's bulk magnetic behaviour into its individual magnetic mineral components. We present a method permitting to decompose the magnetic behavior of a bulk sample experimentally and at low temperature avoiding any ambiguities in data interpretation due to heating induced alteration. A single instrument is used to measure the temperature dependence of the remanent magnetization and to apply different steps of AF demagnetizations and thermal demagnetization. The experimental method is validated on synthetic mixtures of magnetite, hematite, goethite as well as on natural loess samples where the contributions of magnetite, goethite, hematite and maghemite are successfully isolated. The experimental protocol can be adapted to target other iron bearing minerals relevant to the rock or sediment under study. One limitation rests on the fact that the method is based on remanent magnetization. Consequently, a quantitative decomposition of absolute concentration of individual components remains unachievable without assumptions. Nonetheless, semi-quantitative magnetic mineral concentrations were determined on synthetic and natural loess/paleosol samples in order to validate and test the method as a semi-quantitative tool in environmental magnetism studies.

Index des auteurs

Aboulahris, Maria.....	27
Abrajevitch, Alexandra.....	57
Adnet, Sylvain.....	39
Aidona, Elina.....	33
Akimova, Stanislava.....	48
Al Maqdissi, Michel.....	30
Alkhatib Alkontar, Rozan.....	45
Alkontar, Rozan.....	30
Alçiçek, Mehmet Cihat.....	49
Amar, Mounir.....	19
Amar, Najib.....	4, 23
Amirov, Shahmardan.....	48
Amit, Hagay.....	11
Ard, Vincent.....	25
Arnaud, Fabien.....	6
Arriagada, Cesar.....	12, 42
Aubert, Julien.....	52
Aubourg, Charles.....	1
Audra, Philippe.....	51
Azdimousa, Ali.....	23
Bahain, Jean-Jacques.....	26
Baidder, Lahssen.....	39
Baratchart, Laurent.....	29
Baudin, Thierry.....	2
Benammi, Mohamed.....	39
Benammi, Mouloud.....	39
Benoit, Mathieu.....	37
Besse, Jean.....	2, 40
Bezaeva, Natalia S.....	17
Blanco, Nicolas.....	12
Blein, Olivier.....	2
Bonifay, Michel.....	20
Bosch, Delphine.....	51
Bouiflane, Mustapha.....	22
Boujamaoui, Mustapha.....	19
Bourlès, Didier.....	10, 49, 58
Bruniaux, Guillaume.....	25
Burens, Albane.....	25

Camps, Pierre.....	33, 41, 50, 51
Capelli, Claudio.....	20
Carlut, Julie.....	56
Carozza, Laurent.....	25
Carracedo, Juan-Carlos.....	5
Carvallo, Claire.....	24
Castel, Corinne.....	30
Chapon Sao, Cécile.....	26
Chauvin, Annick.....	28
Chen, Quan.....	43
Chennaoui Aoudjehane, Hasnaa.....	27
Chevillard, Sylvain.....	29
Choy, Sandrine.....	10
Colin, Frédéric.....	45
Conati Barbaro, Cecilia.....	41
Coulter, Adam.....	15
Cournède, Cécile.....	36
Crouzet, Christian.....	6
Céline, Rémazeilles.....	57
Demory, François.....	6, 15, 17, 20, 27, 34
Denèle, Yoann.....	37
Devouard, Bertrand.....	27
Dick, Pierre.....	55
Du Peloux, Arthur.....	55
Dubrulle-Brunaud, Carole.....	34
Duvette, Catherine.....	45
Eckmeier, Eileen.....	21
Egli, Ramon.....	24
El Amrani El Hassani, Iz-Eddine.....	19
El Kati, Imad.....	39
Elisabeth, Schnepf.....	21
Elkamel, Fouad.....	19
Fanget, Bernard.....	6
Favennec, Benoit.....	50
Ferrara, Enzo.....	41
Font, Eric.....	3, 57
Fournier, Alexandre.....	52
Franke, Christine.....	54

Frizon De Lamotte, Dominique	40
Gabriel, Thomas.....	17
Gallet, Yves	48
Ganeroed, Morgan.....	37
Gattacceca, Jérôme	12, 14, 15, 17, 29, 32, 36
Gavazzi, Bruno.....	30, 45
Gerlach, Renate.....	21
Gomez-Paccard, Miriam.....	28
Goupil, Antoine.....	51
Greff, Marianne	2, 40
Guyodo, Yohan.....	60
Herve, Francisco.....	42
Hilaire Marcel, Claude.....	3
Homberg, Catherine.....	55
Isambert, Aude	54
Jiménez, Pedro	28
Jézégou, Marie-Pierre.....	46
Kaufmann, Olivier.....	4
Khattach, Dris.....	23
Khattach, Driss	4
Kissel, Catherine	5, 43
Kyparissi-Apostolika, Nina	33
Lagroix, France	60
Laj, Carlo.....	5
Langlais, Benoit.....	11
Lanos, Philippe.....	28, 53
Launay, Nicolas	31
Lebatard, Anne-Elisabeth	49
Leblond, Juliette	29
Leparmentier, François.....	40
Lepaulard, Camille	50
Lima, Eduardo.....	29
Liu, Zhifei.....	43
Lopes, Fernando	2
Lorand, Jean Pierre.....	12
Lévêque, François.....	46
Lévêque, François.....	25
Macouin, Melina.....	37

Macouin, Mélina.....	54
Magand, Olivier.....	6
Malet, Emmanuel.....	6
Manar, Ahmed.....	19, 22
Mandea, Mioara.....	11
Marc, Munschy.....	30
Marivaux, Laurent.....	39
Mathew, Joseph.....	35
Mathé, Pierre Etienne.....	20
Mathé, Vivien.....	25, 46
Mazaud, Alain.....	59
Mhiyaoui, Hassan.....	19
Michel, Elisabeth.....	59
Minjacq, Maylis.....	46
Mocci, Florence.....	20
Monié, Patrick.....	35
Moreno, Eva.....	55
Munschy, Marc.....	45
Naess, Live.....	60
Nguyen, Van Binh.....	27
Nizou, Jean.....	34
Osete, María Luisa.....	28
Osinski, Gordon.....	15
Paterne, Martine.....	59
Pavón-Carrasco, Francisco Javier.....	28
Perez-Torrdao, Francisco.....	5
Perrin, Mireille.....	35
Person, Alain.....	55
Peyret, Michel.....	50
Pignol, Cécile.....	6
Poblete, Fernando.....	42
Poidras, Thierry.....	16, 33, 41, 50, 51
Polymeris, George.....	33
Ponte, Jorge.....	3
Pérez-Asensio, Manuel.....	28
Quenet, Philippe.....	30
Quesnel, Yoann.....	15, 17, 29, 31
Ramírez, Cristobal.....	42

Remmal, Toufik.....	19
Reyss, Jean-Louis.....	6
Robert, Boris.....	2
Rochette, Pierre.....	14, 15, 17, 20, 27, 29, 31, 36, 49
Rodriguez-Gonzalez, Alejandro	5
Rolf, Christian.....	21
Romey, Carole.....	25
Roperch, Pierrick.....	12, 42
Roques, Damien.....	37
Rousse, Sonia.....	37, 54
Ruffet, Gilles.....	42
Rémazeilles, Céline.....	46
Rêve, Rémi	20
Sabatier, Pierre.....	6
Saddiqi, Omar.....	39
Sadykov, Ravil A.....	17
Sanchez, Corinne.....	46, 50
Sanchez, Sabrina.....	52
Saturnino, Diana.....	11
Schnyder, Johann.....	55
Simon, Quentin	10, 58
Surault, Jerome.....	39
Tabuce, Rodolphe.....	39
Tanty, Cyrielle.....	56
Taylor, Samuel.....	60
Team, Magorb.....	8
Tema, Evdokia.....	41
Thouveny, Nicolas.....	6, 8, 10, 58
Till, Jessica.....	60
Tomlinson, Andrew.....	12
Uehara, Minoru.....	29, 32
Valenzuela, Millarca.....	12
Valet, Jean Pierre	56
Van Der Beek, Cornelis Jacominus	32
Vandamme, Didier.....	26
Veiga-Pires, Cristina.....	3
Vicente De Gouveia, Sophie.....	40
Wandres, Camille.....	5

Weiss, Benjamin.....	29
Wilhelm, Bruno.....	6
Zylberman, William.....	15

