

Annexe 18

ANDRIANIMADO (Christian)

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 6362, ex 1

Cote : B

LE PALEOMAGNETISME

Nous avons vu dans les précédentes émissions ce qu'il faut entendre par Géophysique. Le présent exposé portera sur une branche de la géophysique : étude du magnétisme terrestre dans le passé ou paléomagnétisme.

Nous exposerons très brièvement ici en quoi consiste une étude paléomagnétique. C'est ainsi que nous serons amenés à parler rapidement :

- du mécanisme d'aimantation des roches,
- des différentes phases que comporte une observation paléomagnétique,
- de quelques résultats paléomagnétiques,
- et enfin des intérêts des observations paléomagnétiques.

I-Mécanisme d'aimantation des roches.

Des roches chauffées au rouge et refroidies dans le champ magnétique terrestre, acquièrent une aimantation dirigée comme le champ. Cette aimantation est relativement forte étant donné la faible valeur du champ terrestre (0,5 Oe), elle est aussi remarquablement stable. C'est cette aimantation acquise par un corps en se refroidissant dans un champ, que l'on appelle aimantation thermorémanente ou ATR. C'est en particulier ^{ce qui se passe dans} le cas des roches volcaniques.

Les roches sédimentaires par contre acquièrent une aimantation à froid, c'est celle qui résulte de l'action du champ magnétique terrestre à température ordinaire. Le processus est très brièvement le suivant : les particules aimantées sont orientées par le champ terrestre, en atteignant le fond, elles prennent des positions variées, mais statistiquement réparties autour de leur position d'arrivée. Le sédiment se consolidant plus tard, il porte une aimantation rémanente dirigée suivant la direction du champ qui existait au moment du dépôt.

Dans l'un et l'autre cas, les roches prennent donc la direction du champ terrestre et l'expérience montre qu'elles la conservent ; elles fossilisent en quelque sorte le champ qui existait

tait au moment de leur formation.

Les roches volcaniques peuvent avoir une intensité d'aimantation de l'ordre de 10^{-3} uém cgs, tandis que les roches sédimentaires ont seulement une intensité de l'ordre de 10^{-6} uém cgs et même moins.

Les énormes progrès réalisés en matière d'appareillage permettent de détecter cette faible aimantation.

II - Les différents phases d'une observation paléomagnétique.

Une étude paléomagnétique comporte deux phases:

- mesure de la direction de l'aimantation de l'échantillon,
- interprétation du résultat obtenu.

La direction de l'aimantation.

Les échantillons utilisés doivent être non seulement bien datés mais encore bien orientés. Je m'empresse de dire que le problème de datation n'est pas de la compétence du Géophysicien, mais soit des Géologues soit d'autres spécialistes.

L'orientation s'obtient soit par un orientation par le soleil soit par l'ombre du fil à plomb. Ce dernier est peut être un peu moins précis mais en tout cas très rapide. Il suffit de matérialiser un plan horizontal sur la surface de l'échantillon à prélever, en coulant du plâtre par exemple, et d'y tracer l'ombre du fil à plomb.

On mesure ensuite en laboratoire, soit le flux provoqué par le retournement de la roche dans un système de bobines, c'est la méthode par induction, soit la déviation provoquée par l'échantillon sur un système de trois aimants de moment résultant nul, c'est la méthode de mesure au magnétomètre astatique.

Les principales précautions à prendre

Effets de surface:

Nous avons dit que les roches fossilisent la direction du champ existant à l'époque de leur formation. On serait alors tenté de dire qu'il suffit de mesurer cette direction pour l'information que l'on désire obtenir sur ce champ. En réalité le phénomène n'est pas tout à fait aussi simple et des précautions sont nécessaires.

En effet depuis sa formation, la roche a pu subir diverses modifications, si bien que l'aimantation que l'on mesure peut être la résultante de plusieurs sortes d'aimantations.

Par suite des modifications dont nous venons de parler, la roche peut donc porter en dehors des aimantations que nous avons définies au début de cet exposé, d'autres aimantations comme l'aimantation rémanente isotherme ou ARI, que la roche a pu acquérir à température ordinaire sous l'effet d'un champ intense: aimantation par coups de foudre par exemple. Elle a pu aussi acquérir une aimantation visqueuse, sous l'effet d'un champ faible agissant pendant un temps très long, c'est précisément le cas du champ magnétique terrestre qui a agi sur la roche depuis sa formation.

Pour éviter par exemple cette ARI il est recommandé de prélever l'échantillon dans des endroits pas trop exposés. L'expérience montre en effet, que les échantillons prélevés trop en surface donnent des directions d'aimantation dispersées, tandis que ceux prélevés dans des galeries souterraines par exemple, donnent des directions groupées.

Les Anglais par exemple, pour ramasser leurs échantillons, utilisent une petite machine à forer à mains, qui leur permet d'avoir des échantillons orientés situés à deux, trois mètres de la surface..

Hétérogénéité de l'aimantation

Sans rentrer dans la complexité de la composition d'une roche, signalons que des auteurs ont montré que deux échantillons

.../...

provenant d'une même formation et prélevés à quelques mètres l'un de l'autre, peuvent donner des directions d'aimantation très différentes. Pour cette raison et aussi à cause des erreurs d'expériences toujours possibles et des erreurs dans l'orientation de la roche, le problème doit être traité statistiquement. Par conséquent il faut plusieurs échantillons de même provenance.

De toute façon toutes les valeurs aberrantes doivent être éliminées.

Stabilité de l'aimantation

La question de la stabilité est très importante. Nous avons déjà signalé la possibilité qu'a une roche de porter plusieurs sortes d'aimantation. En paléomagnétisme une seule sorte d'aimantation nous intéresse, c'est l'aimantation thermorémanente originelle, dans le cas d'une roche volcanique par exemple.

Nous avons dit quelques mots sur la façon d'éviter l'aimantation par courant de foudre et nous n'avons rien dit sur l'ARV et les autres formes d'aimantation que nous qualifions d'accidentelles. Dans tous les cas pour éliminer ces aimantations indésirables, on fait subir aux échantillons des lavages magnétiques par action d'un champ alternatif.

Bien entendu toutes les opérations de lavages doivent être faites dans des conditions telles que les autres éléments indésirables soient éliminés. Par exemple si le champ terrestre n'est pas exactement compensé pendant l'opération de désaimantation par champs alternatifs, l'échantillon prendra une aimantation parasite dite anhystérétique. Cette aimantation est due à la superposition d'un champ continu et d'un champ alternatif.

Phénomène d'inversion

On a souvent rencontré un tel phénomène dans les observations paléomagnétiques. Très brièvement voici de quoi il s'agit:

.../...

on a trouvé dans beaucoup de roches des directions d'aimantation opposées à celle du champ magnétique terrestre actuel. Un tel phénomène peut être dû soit à un changement de signe du champ terrestre, soit à un mécanisme d'aimantation de certaines roches, mécanisme qui dépendrait de leur composition. Ce mécanisme peut être tel que l'aimantation finale de la roche se fait dans la direction opposée du champ aimantant. Les expériences ont montré que les deux phénomènes sont possibles.

Interprétation: pôle géomagnétique

Supposons que nous ayons mesuré la direction de l'aimantation d'un échantillon. Il est nécessaire de savoir quelle information peut-on en déduire, sur le champ terrestre à l'époque de la formation de cette roche.

On sait que le champ magnétique terrestre est la résultante de deux champs: un champ dipolaire dont l'axe fait un petit angle avec l'axe de rotation de la terre et d'un champ non dipolaire plus petit que le précédent. Les points où l'axe du dipôle coupe la surface terrestre sont appelés pôles géomagnétiques. Le pôle Nord géomagnétique actuel se trouve sur le méridien du Canada et le pôle géomagnétique Sud se trouve en terre Adélie.

Plusieurs théories ont été émises pour expliquer l'origine du champ magnétique terrestre. Nous ne passerons pas en revue toutes ces théories dont certaines ont déjà été exposées dans les précédentes émissions. Signalons seulement celle qui semble avoir retenu l'attention actuellement, c'est celle qui attribue l'origine du champ terrestre aux mouvements de convection se produisant dans le noyau, théorie due à l'Anglais RUNCORN. Cet auteur a montré que par suite de la prédominance des forces dues à la rotation de la terre, la partie principale du moment magnétique engendré par les mouvements de matières dans le noyau devait avoir un axe coïncidant avec l'axe de rotation de la terre.

Toujours d'après cet auteur, si l'on pouvait faire la

.../...

moyenne des valeurs du champ magnétique qui seraient observées en un lieu pendant quelques milliers d'années, les composantes secondaires disparaîtraient et seule resterait la partie principale du champ, considérée comme engendrée par un dipôle géocentrique dont l'axe demeure en coïncidence avec l'axe de rotation de la terre.

D'après ce raisonnement tout moyen de calcul de l'orientation du dipôle relativement à l'écorce permet de retrouver l'axe de rotation, donc la position des pôles géographiques pour la période de temps correspondant aux observations dont on a fait la moyenne.

Supposons donc qu'en un lieu donné, nous puissions étudier l'aimantation d'un certain nombre de coulées volcaniques mises en place à une époque géologique donnée, le crétacé par exemple, la direction des aimantations nous permettra de calculer l'orientation d'un dipôle théorique et d'après les hypothèses de RUNCORN, l'axe de ce dipôle devant coïncider avec l'axe de la terre au crétacé, nous pouvons déterminer le déplacement des pôles géographiques depuis le crétacé, ^{l'angle que fait} d'après l'axe du dipôle avec l'axe de rotation actuelle de la terre.

Si nous exécutons la même opération pour des matériaux de même âge pris dans ~~un~~ autres continent, ou bien nous trouvons le même dipôle et dans ce cas nous pouvons affirmer qu'il n'y a pas eu de déplacement relatif des deux continents, ou bien l'orientation trouvée pour le dipôle sera différente et l'angle fait par les axes des deux dipôles nous donnera le déplacement relatif des deux continents considérés.

Quelques résultats.

Pour illustrer ceci, nous allons donner quelques résultats des observations paléomagnétiques dans le monde.

On a déterminé à l'heure actuelle, pour plusieurs ères géologiques, les positions des pôles, à partir des roches prélevées en Europe et en Amérique du Nord. D'après ces résultats en particu-

lier ceux obtenus par l'école anglaise, le pôle a voyagé sur une certaine courbe. Pour expliquer ceci on a émis l'hypothèse du déplacement des pôles (polar wandering). Mais la comparaison des résultats obtenus à partir des roches anglaises et ceux obtenus sur les roches américaines, montre l'existence de deux courbes différentes. La divergence devient considérable si l'on compare les résultats obtenus en Angleterre, aux Amériques, aux Indes et en Tasmanie pour le Jurassique et le Carbonifère.

Il apparaît donc que les résultats ^{paléo} magnétiques actuels ne peuvent pas s'expliquer seulement par un simple déplacement des pôles; il y aurait aussi un mouvement relatif des continents, ce qui rejoindrait la théorie de la dérive des continents.

Pour en terminer avec les résultats ^{paléo} magnétiques actuels voici ce que les premières observations sur Madagascar ont donné. Il ne faut certes pas vous attendre à m'entendre dire que Madagascar a beaucoup voyagé au cours de son histoire. Les observations futures nous le diront peut être.

Le paléomagnétisme à Madagascar est encore très récent. En 1959, des échantillons de basalte provenant des coulées crétacées de l'Est et de l'Ouest de la Grande île ont été prélevés et étudiés dans le laboratoire paléomagnétique du Puy de Dôme. Ils ont permis à leurs auteurs d'aboutir à cette conclusion importante: le champ magnétique terrestre à Madagascar avait vers la fin du Secondaire une direction très analogue à sa direction actuelle, résultats nettement différents de ceux obtenus par ailleurs en Australie et dans l'Inde péninsulaire.

IV Intérêts des observations paléomagnétiques.

-à Madagascar L

Les résultats précédents obtenus à Madagascar appellent une extension des observations, c'est pourquoi nous nous proposons d'étudier sur place des échantillons de roches malgaches d'âges divers. Il est intéressant en effet de savoir si nos roches ont une

.../...

aimantation en accord avec celle observée dans l'hémisphère nord ou au contraire avec celle de l'hémisphère sud, ou simplement enfin avec le champ actuel.

Vous savez qu'on parle d'un rattachement éventuel de notre île avec le continent du Gondwana qui serait composé de l'Inde, de l'Amérique du Sud de l'Afrique australe de l'Australie et de Madagascar. Une comparaison des observations paléomagnétiques dans ces différents pays s'avèrent donc très intéressante.

- dans le monde

A l'échelle mondiale, nous avons déjà fait allusion aux résultats obtenus, l'intérêt d'une étude paléomagnétique à cette échelle en découle. Disons seulement qu'à l'heure actuelle, le paléomagnétisme s'attache à la vérification des théories du déplacement des pôles et de la dérive des continents. Il pourrait aussi apporter une confirmation ou une infirmation à l'hypothèse d'inversion du champ magnétique terrestre.

Je me permets pour terminer de faire mienne le souhait déjà formulé par mon collègue à cette même antenne. La géophysique est une science relativement jeune, aux possibilités que l'on peut qualifier de multiples. En ce qui concerne Madagascar, tout reste à faire et il est souhaitable que les jeunes s'y intéressent en plus grand nombre.