

Zeitschrift: Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 36 (1983)
Heft: 2

Artikel: Étude archéomagnétique d'un moule de cloche de l'église de Sainte-Marie, Disentis (Grisons)
Autor: Hedley, Ian George / Sennhauser, Hans-Rudolf / Wagner, Jean-Jacques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-740225>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Arch. Sc. Genève	Vol. 36	Fasc. 2	pp. 351-360	1983
------------------	---------	---------	-------------	------

Séance du 3 mars 1983

ÉTUDE ARCHÉOMAGNÉTIQUE D'UN MOULE DE CLOCHE DE L'ÉGLISE DE SAINTE-MARIE, DISENTIS (GRISONS)

PAR

Ian George HEDLEY¹, Hans-Rudolf SENNHAUSER² et Jean-Jacques WAGNER¹

RÉSUMÉ

Neuf échantillons orientés prélevés du support d'un moule de cloche dans l'église de Ste-Marie à Disentis (GR) montrent une direction d'aimantation stable avec cependant une dispersion des directions d'aimantation non négligeable.

Un stockage en champ magnétique nul et une désaimantation en champ alternatif ont montré qu'une petite partie de cette dispersion vient d'une légère déformation de la structure après son refroidissement.

Malgré la qualité passable de ce site, la direction moyenne de l'aimantation rémanente (Déclinaison = 3.4°, Inclinaison = 55.7°) donne, à partir d'une courbe étalon de la variation séculaire du champ géomagnétique ancien, un âge qui est en bon accord avec l'âge présumé du site (env. 1400 ans après J.-C.).

SUMMARY

Nine oriented samples taken from the support of a bell mould in St. Mary's Church at Disentis Abbey (Graubünden) Switzerland exhibit a stable magnetization but with an appreciable scatter of the directions of the remanent magnetization.

Storing the samples in zero magnetic field followed by a demagnetization in an alternating magnetic field shows that a small part of the dispersion of the directions is probably due to a slight deformation of the structure after cooling.

Despite the poor quality of this archaeomagnetic site the mean direction of the remanent magnetization after demagnetization (Declination = 3.4°; Inclination = 55.7°) when placed on a standard curve of the secular variation of the geomagnetic field gives an age which is in good agreement with the presumed age of the bell mould (1400 A.D.).

¹ Laboratoire de Péetrophysique, Département de Minéralogie de l'Université, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4.

² Pfauengasse 1, 8437 Zurzach AG.

INTRODUCTION

L'archéomagnétisme est un domaine d'étroite collaboration entre l'archéologie et le géomagnétisme (Aitken, 1978). Il permet de contribuer à la datation des sites préhistoriques et historiques à partir de la connaissance de la variation lente (variation séculaire) du champ magnétique terrestre dans le passé.

La variation continue du champ est enregistrée de façon discrète dans des terres cuites (sols, céramiques, par exemple) de sites archéologiques. En effet, grâce aux minéraux ferromagnétiques (magnétite, hématite), une aimantation thermorémanente (ATR) s'acquiert, durant le refroidissement, dans la direction du champ magnétique terrestre du moment.

Il faut cependant noter que l'aimantation des terres cuites que l'on mesure en laboratoire est une aimantation résultante comprenant, en plus de l'ATR, les aimantations rémanentes isotherme (ARI) et visqueuse (ARV). Pour retrouver l'aimantation du champ magnétique originel (direction et intensité), on tente d'éliminer les composantes non désirables (ARV, ARI) à l'aide de désaimantations sélectives par le champ magnétique alternatif et/ou par effet thermique (Barbetti, 1979).

L'analyse spatiale du champ magnétique terrestre global permet la distinction du champ en une contribution dipolaire et une contribution non-dipolaire. Cette dernière possède un caractère régional; elle est largement responsable de la variation séculaire et ceci implique une validité régionale à son évolution.

CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE

Les fouilles archéologiques systématiques du couvent de Disentis (GR) entreprises pendant les années 1980-1983 ont confirmé la présence des églises de Sainte-Marie, Saint-Martin et Saint-Pierre, signalées dans le testament Tellos de 765.

L'église de Sainte-Marie de Disentis a été rénovée plusieurs fois. Signalons qu'Auguste Hardegger a, dans sa reconstruction de l'église (1895-1899), intégré les restes des absides datant de l'an 1000.

Les fouilles ont permis l'étude de la nef, trouvée sous forme de fondation et de restes de mur, ainsi que l'étude de différents sols. Toutes ces trouvailles s'intègrent de façon satisfaisante dans une reconstitution chronologique.

Le moule de cloche qui fait l'objet de la présente étude a été excavé dans un horizon cuit; un sol plus récent non cuit le recouvre. D'après la stratigraphie, on attribue cet horizon à l'incendie de 1387 qui a endommagé l'église et le clocher. L'abbé Johann von Illanz (1367-1401) a donné des sommes importantes pour la reconstruction des bâtiments et pour de nouvelles cloches (P. Iso Müller, 1971); c'est donc de cette période que date le moule de cloche. Cette nouvelle église a été inaugurée en même temps que la chapelle de Saint-Pierre en 1423 (E. Poeschel, 1943).

DESCRIPTION DU SITE

La structure échantillonnée située dans l'église de Sainte-Marie à Disentis (canton des Grisons) consistait en un anneau d'argile cuite (diamètre env. 76 cm) (fig. 1), qui a très probablement servi de support pour un moule de cloche.

La surface de l'argile d'une couleur brun clair a été marquée par trois grosses taches noires qui cachaient des blocs carrés de calcaire. Il est possible que l'échauffement du moule par le bronze liquide ait produit un dégagement de gaz carbonique du calcaire qui a ensuite réduit les oxydes de fer dans l'argile, et la couleur rouge,

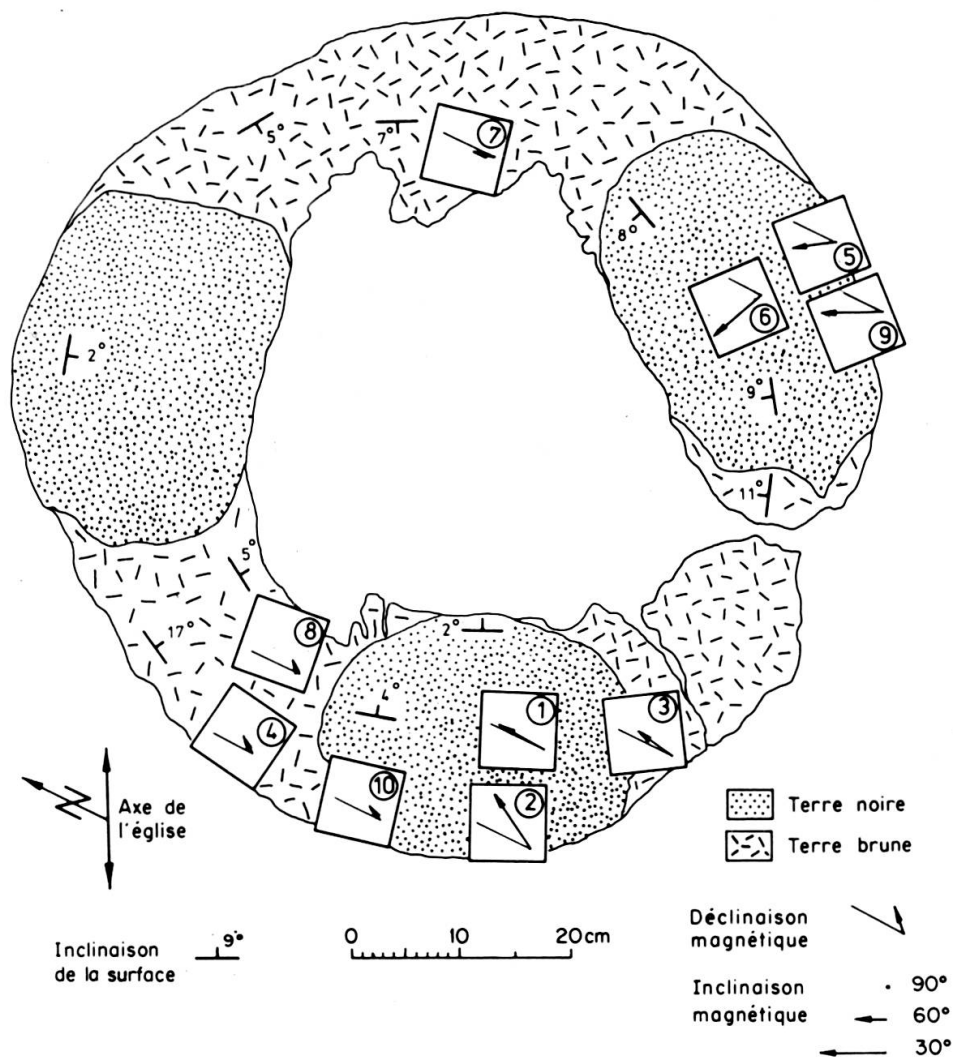


FIG. 1. — Directions d'aimantation des échantillons prélevés sur le moule de cloche.

vraisemblablement de l'hématite, a été remplacée par le noir de la magnétite. Les taches noires étaient minces et tendres. Par contre, la couche d'argile brune était assez dure, mais épaisse de quelques millimètres seulement; en profondeur, on trouve une argile verte et tendre.

ÉCHANTILLONAGE

Les échantillons découpés à l'aide d'une spatule ont été moulés en plâtre de Paris dans des cadres carrés de $6 \times 6 \times 4$ cm en aluminium. L'orientation de chaque échantillon a été repérée avec une boussole de géologue.

Pour réduire l'influence d'un sol aimanté sur l'aiguille de la boussole, on éloigne celle-ci verticalement de 11 cm à l'aide d'un cadre de repérage (Hawley, 1967). L'absence de soleil à l'intérieur de l'église a empêché l'utilisation d'un compas solaire pour vérifier l'orientation. Une fois cette opération faite, l'échantillon fragile protégé par le plâtre a été dégagé du sol.

En tout, dix échantillons orientés répartis sur toute la structure (fig. 1) ont été prélevés pour réduire les erreurs expérimentales.

APPAREILS DE MESURE

L'aimantation rémanente des échantillons a été mesurée à l'aide d'un magnétomètre rotatif à sondes de flux construit à Genève spécialement pour les échantillons archéomagnétiques. Ce magnétomètre basé sur le principe décrit par Foster (1966), a un axe de rotation vertical et quatre sondes de flux du type « Institut Dr Förster, Reutlingen, RFA ». L'instrument a un bruit de fond de 10^{-6} Gauss, ce qui permet de mesurer facilement les terres cuites qui constituent presque tous les échantillons archéomagnétiques.

RÉSULTATS

Une description des échantillons ainsi que la direction et l'intensité de l'aimantation rémanente naturelle (ARN) sont données dans la table 1.

L'intensité de l'ARN montre une forte variation (3 à $517 \cdot 10^{-6}$ Gauss), probablement due aux types de matériau (brun, bien cuit; vert, peu ou pas cuit) et la quantité de matériau incorporé dans chaque échantillon. Malgré la couleur, l'argile noire (voir description du site) ne semble pas être très magnétique.

La variation de direction entre les différents échantillons est bien illustrée par la projection stéréographique (canevas de Wulff) des directions de l'ARN (fig. 2a). La direction moyenne des neuf échantillons (le N° 6 est éliminé de l'analyse à cause de sa faible aimantation et de sa direction trop éloignée de la moyenne) est:

$$\bar{D} = 1,4^\circ; \quad \bar{I} = 59^\circ \quad \begin{array}{l} \bar{D} = \text{Déclinaison moyenne} \\ \bar{I} = \text{Inclinaison moyenne} \end{array}$$

AIMANTATION CARACTERISTIQUE APRES DESAIMANTATION
DANS UN CHAMP ALTERNATIF DE 200 Oersted

No d'éch.	Caractéristique de l'échantillon	Déclinaison [Degré]	Inclinaison [Degré]	Intensité [10 ⁻⁶ Gauss]
1	Mince couche noire	8	43,6	11,5
2	Au bord, brun et noir	26	32,5	92,6
3	Croûte brune, dure; vert dessous	6,9	55,2	187,6
4	Au bord, croûte brune; fortement courbée. Vert et gris dessous	42,2	71,9	127
5	Au bord. Brun au milieu.	325,7	46,5	19,7
6	Mince couche noire, env. 3 mm. épaisseur	290,2	27	3,2
7	Noir et mince	344,3	70,9	29,5
8	Brun et dur, vert dessous	42,9	74,5	517
9	Bande brune au milieu, vert de chaque côté	328,9	32,8	95,8
10	Vert et brun	22,5	76,7	277,3
Direction moyenne		1,4	59,0	
		$\kappa = 12$	$\alpha_{95} = 15,4$	

AIMANTATION RESIDUELLE APRES UN STOCKAGE
DE 155 JOURS DANS UN CHAMP MAGNETIQUE NUL

No d'éch.	Caractéristique de l'échantillon	Déclinaison [Degré]	Inclinaison [Degré]	Intensité [10 ⁻⁶ Gauss]
1	Mince couche noire	8	43,6	11,5
2	Au bord, brun et noir	26	32,5	92,6
3	Croûte brune, dure; vert dessous	6,9	55,2	187,6
4	Au bord, croûte brune; fortement courbée. Vert et gris dessous	42,2	71,9	127
5	Au bord. Brun au milieu.	325,7	46,5	19,7
6	Mince couche noire, env. 3 mm. épaisseur	290,2	27	3,2
7	Noir et mince	344,3	70,9	29,5
8	Brun et dur, vert dessous	42,9	74,5	517
9	Bande brune au milieu, vert de chaque côté	328,9	32,8	95,8
10	Vert et brun	22,5	76,7	277,3
Direction moyenne		1,4	59,0	
		$\kappa = 12$	$\alpha_{95} = 15,4$	

AIMANTATION RESIDUELLE APRES UN STOCKAGE
DE 155 JOURS DANS UN CHAMP MAGNETIQUE NUL

No d'éch.	Caractéristique de l'échantillon	Déclinaison [Degré]	Inclinaison [Degré]	Intensité [10 ⁻⁶ Gauss]
1	Mince couche noire	8	43,6	11,5
2	Au bord, brun et noir	26	32,5	92,6
3	Croûte brune, dure; vert dessous	6,9	55,2	187,6
4	Au bord, croûte brune; fortement courbée. Vert et gris dessous	42,2	71,9	127
5	Au bord. Brun au milieu.	325,7	46,5	19,7
6	Mince couche noire, env. 3 mm. épaisseur	290,2	27	3,2
7	Noir et mince	344,3	70,9	29,5
8	Brun et dur, vert dessous	42,9	74,5	517
9	Bande brune au milieu, vert de chaque côté	328,9	32,8	95,8
10	Vert et brun	22,5	76,7	277,3
Direction moyenne		1,4	59,0	
		$\kappa = 12$	$\alpha_{95} = 15,4$	

AIMANTATION CARACTERISTIQUE APRES DESAIMANTATION
DANS UN CHAMP ALTERNATIF DE 200 Oersted

No d'éch.	Caractéristique de l'échantillon	Déclinaison [Degré]	Inclinaison [Degré]	Intensité [10 ⁻⁶ Gauss]
1	Mince couche noire	8	43,6	11,5
2	Au bord, brun et noir	26	32,5	92,6
3	Croûte brune, dure; vert dessous	6,9	55,2	187,6
4	Au bord, croûte brune; fortement courbée. Vert et gris dessous	42,2	71,9	127
5	Au bord. Brun au milieu.	325,7	46,5	19,7
6	Mince couche noire, env. 3 mm. épaisseur	290,2	27	3,2
7	Noir et mince	344,3	70,9	29,5
8	Brun et dur, vert dessous	42,9	74,5	517
9	Bande brune au milieu, vert de chaque côté	328,9	32,8	95,8
10	Vert et brun	22,5	76,7	277,3
Direction moyenne		1,4	59,0	
		$\kappa = 12$	$\alpha_{95} = 15,4$	

 κ = Paramètre de précision α_{95} = Demi-angle d'ouverture du cône de confiance.

TABLE 1. — Relevé des mesures d'aimantation.

Ce résultat est proche de la direction actuelle du vecteur géomagnétique à Disentis (1981): $D = 1,7^\circ$; $I = 62,3^\circ$.

Si l'on postule que tous nos vecteurs d'aimantation ont une intensité unitaire et que leur distribution statistique sur une sphère répond à une distribution gaussienne, il est possible de définir un cône de confiance (demi-angle α) autour de la position du vecteur moyen.

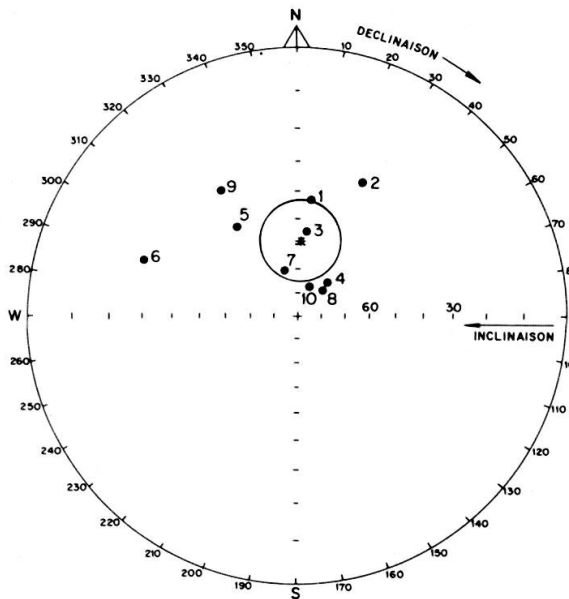


Fig. 2a Projection stéréographique des directions de l'aimantation rémanente naturelle (ARN)

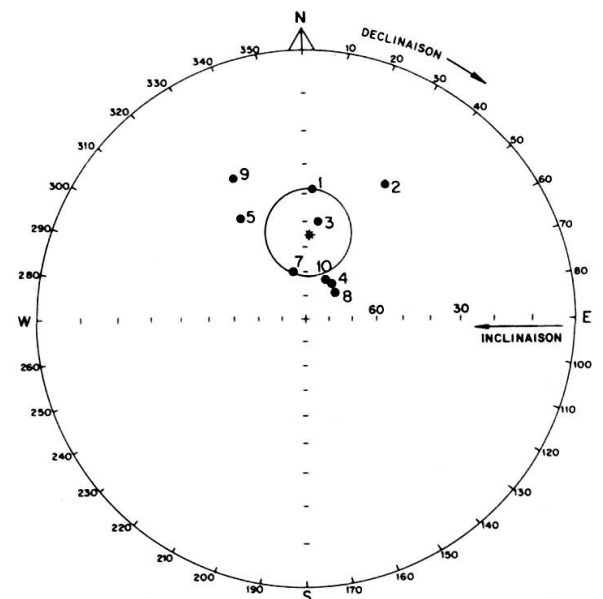


Fig. 2b Projection stéréographique des directions d'aimantation après une désaimantation dans un champ alternatif de 200 Oerstedes.

On utilise un angle α_{95} défini comme un cône dans lequel il y a 95% de chance de trouver la direction moyenne vraie. On admet généralement qu'une valeur de α_{95} de quelques degrés correspond à de bonnes données; avec l'augmentation de α_{95} le résultat est progressivement moins fiable.

Pour cette étude, la distribution des directions de l'ARN donne $\alpha_{95} = 15,4^\circ$. Une telle dispersion peut être due à un mouvement mécanique des différentes parties de la structure ou une instabilité dans l'ARN.

Il est difficile d'estimer la déformation subie par une structure fragile comme un moule de cloche, cependant pour celui de l'église de Sainte-Marie, la présence des trois blocs de calcaire a certainement renforcé la structure. L'inclinaison de la surface du moule qui a été relevée sur place avec un clisimètre, indique une surface qui ressemble à une assiette avec une inclinaison vers le centre pouvant varier d'un angle de 2° à 11° (exceptionnellement 17°) fig. 1); en analysant la forme du moule, il semble que s'il existe une légère déformation, elle n'est pas supérieure à 10° .

Si l'on rapporte les directions de l'ARN *in situ* (fig. 1), les directions indiquent une tendance à s'orienter vers le centre de la structure. Cet effet d'un champ anormalique magnétique dirigé vers le centre du moule a déjà été signalé dans des fours de potiers, sous le terme de « kiln wall fall-out » par Aitken et ses collaborateurs du « Research Laboratory for Archaeology » à Oxford (Harold, 1960). On peut minimiser cet effet grâce à un échantillonnage distribué de manière homogène sur la structure.

TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

a) *Test de stockage.*

La présence d'une aimantation rémanente visqueuse (ARV), parasite, acquise par un échantillon pendant son séjour dans le champ géomagnétique peut être décelé par un changement d'intensité d'aimantation lors du stockage en l'absence d'un champ magnétique. Nos échantillons ont été stockés pendant cinq mois (quelques-uns même pendant onze mois) dans un champ inférieur à 10^{-3} Oe. Après ce test, on observe un changement systématique de la direction de l'aimantation avec une augmentation moyenne en déclinaison de 4° et une diminution d'inclinaison de $4,5^\circ$. La direction moyenne s'éloigne de la direction actuelle à Disentis.

Si le taux de viscosité, défini comme: $[(\vec{A}_{RN} - \vec{A}_R) / \vec{A}_{RN}] \times 100$ est fort, il indique que l'ATR est sérieusement masquée.

Par convention, on détermine l'effet de la viscosité sur quinze jours; si le taux de viscosité est supérieur à 5%, Thellier (1981) recommande le rejet des échantillons concernés. Dans notre cas, seuls les numéros 1 et 4 s'approchent de ce seuil; en moyenne, le taux de viscosité se situe à 2,2%.

b) *Désaimantation.*

Six échantillons ont été désaimantés par étape à l'aide d'un champ magnétique alternatif pour détruire toute aimantation parasite et isoler l'aimantation thermo-rémanente (ATR) acquise pendant le refroidissement du moule de cloche. Il s'agit des n^{os} 2, 3, 4, 8, 9 et 10. Le champ alternatif appliqué a été augmenté progressivement de 30 à plusieurs centaines d'ørsteds. L'évolution de l'aimantation de l'échantillon n^o 9 en fonction du champ de désaimantation est illustré dans la figure 3. Le vecteur aimantation y est représenté par sa composante horizontale (plan NS-WE) et par sa composante verticale (plan NS-verticale).

Dans le cas où il n'y a qu'une aimantation caractéristique, un tel diagramme montre deux droites dirigées vers l'origine. La direction d'aimantation du n^o 9 change progressivement avec l'augmentation du champ alternatif appliqué jusqu'à 150 Oe et reste ensuite sensiblement constante. Ce changement de direction n'est que de quelques degrés; cet échantillon est représentatif des autres.

Pour compléter la désaimantation, le solde des échantillons (1, 5, 7) a été désaimanté en deux étapes à 100 Oe et ensuite 200 Oe. Les directions d'aimantation après traitement à 200 Oe ont été rapportés sur un stéréogramme (fig. 2b).

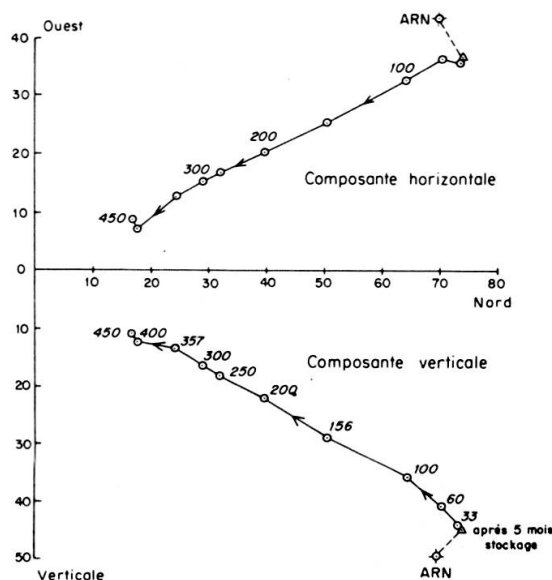


FIG. 3. — Evolution de l'aimantation rémanente de l'échantillon N° 9 en fonction de l'intensité du champ alternatif exprimé en Oersteds. L'intensité de l'aimantation rémanente est en 10^{-6} Gauss.

La moyenne de ces neuf échantillons $\bar{D} = 3,4^\circ$, $\bar{I} = 55,7^\circ$ n'est pas très différente de la moyenne après le stockage $\bar{D} = 5,4^\circ$, $\bar{I} = 54,6^\circ$ et la dispersion (α_{95}) a légèrement augmenté ($16,6^\circ$). Normalement on attend après la désaimantation une distribution de directions plus serrée; il faut donc admettre l'hypothèse que dans notre cas il y a une légère déformation de la structure après son refroidissement.

DISCUSSION

Les seules valeurs de la direction du champ géomagnétique pour l'Europe de l'ouest pendant le passé historique sont celles qui ont été publiées par Thellier (1981); les courbes sont valables pour Paris (fig. 4 et 5). Avant qu'on puisse faire une comparaison, il faut corriger le résultat obtenu ici pour Disentis pour qu'il soit valable à Paris. Notre connaissance du champ ancien ne permettent pas une correction pour la déclinaison, par contre pour l'inclinaison, on peut appliquer une correction basée sur la différence en latitude entre ces deux stations.

Dans l'hypothèse où le champ géomagnétique est dipolaire et axial, il faut ajouter $59'$ d'inclinaison pour chaque degré de latitude méridionale de Paris. Comme Disentis se trouve à $2,17^\circ$ au sud de Paris, il faut ajouter $2,1^\circ$ à l'inclinaison pour « transposer » le résultat de Disentis à Paris.

L'orientation du vecteur magnétique du moule de cloche de Disentis corrigé pour Paris est $D = 3,4^\circ$, $I = 57,8^\circ$.

Si l'on regarde seulement la variation de l'inclinaison en fonction du temps (fig. 4), notre inclinaison donne une fourchette d'âge comprise entre 1250 et 1400. Cependant, sur la courbe Inclinaison-Déclinaison en fonction du temps (fig. 5), l'inclinaison et la déclinaison permettent de mieux préciser l'âge et de situer celui-ci pour le moule de Disentis aux alentours de 1400.

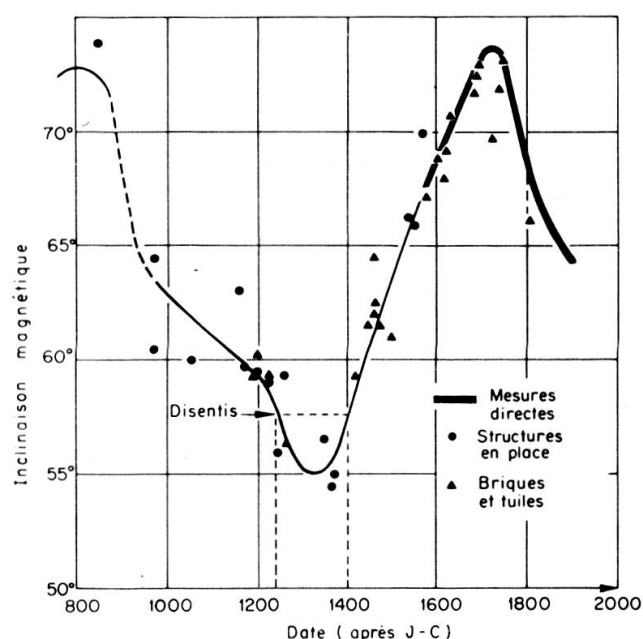


FIG. 4. — Variation de l'Inclinaison magnétique à Paris (d'après Thellier, 1981).

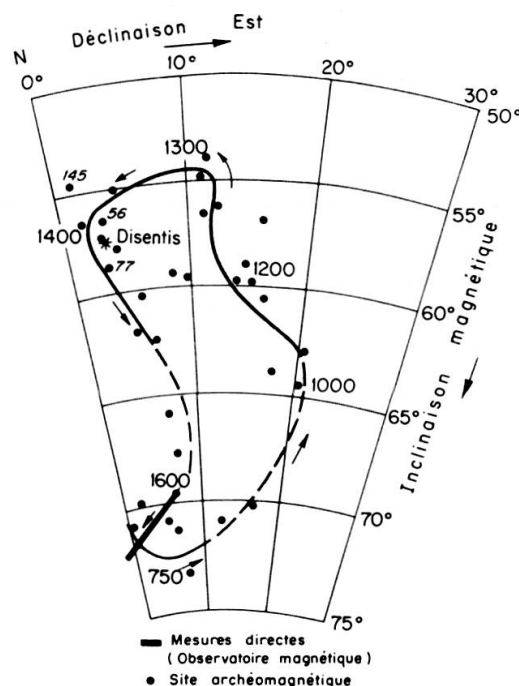


FIG. 5. — Variation de l'Inclinaison et de la Déclinaison magnétique à Paris pour la période allant de 750 à 1600 de notre ère (d'après Thellier, 1981).

De plus, si nous comparons nos résultats avec des sites bien datés, de la même époque, étudiés par Thellier (1981), on note une bonne concordance.

	Site	D	I	Age	α_{95}
N° 56	Amay	$3,25^\circ \pm 4$	$56,5^\circ \pm 2$	1350	$2,1^\circ$
N° 145	Saint-Ursin	$1,25^\circ \pm 4,75$	$54,5^\circ \pm 2,75$	1370	$2,7^\circ$
N° 77	Argentan	$3^\circ \pm 5$	$58,5^\circ \pm 2,75$	1380	$2,7^\circ$

En conclusion, malgré la qualité limitée de nos résultats magnétiques ($\alpha_{95} = 16,7^\circ$), la direction moyenne de l'aimantation caractéristique du moule de cloche de l'église de Sainte-Marie à Disentis suggère un âge d'environ 580 ans. Cet âge s'insère bien dans les données archéologiques puisque le moule de cloche post-date l'incendie de l'église en 1387 et que celle-ci fut réinaugurée en 1423.

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche a pu être entrepris grâce au soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique (projet N° 2.699-0.80). Nous remercions MM.Reicke et Carigiet pour leur aide lors de l'échantillonnage, M. Delaloye pour ses commentaires, M. Zbinden pour la partie graphique et M^{me} Berthoud pour la dactylographie du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- AITKEN, M. J. (1978). Archaeological Involvements of Physics. *Physics Reports (Section C, Physics Letters)* 40, 5, pp. 277-351.
- BARBETTI, M. (1979). Determination of Ancient Geomagnetic Strengths from specimens with multi-component magnetizations. *Journal of Archaeological Science* 6, pp. 195-199.
- FORSTER, J. H. (1966). A palaeomagnetic spinner magnetometer using a fluxgate gradiometer. *Earth and Planetary Science Letters* 1, pp. 463-466.
- HAROLD, M. R. (1960). Magnetic Dating; Kiln Wall Fall-out. *Archaeometry* 3, pp. 45-46.
- HAWLEY, H. N. (1967). Magnetic dating: the use of compass readings for orientation marking. *Archaeometry* 10, pp. 47-50.
- MULLER, P. I. (1971). *Geschichte der Abtei Disentis*, p. 50, Benzeger Verlag, Zürich-Köln, 276 p.
- POESCHEL, E. (1943). *Die Kunstdenkmäler des Kantons Graubünden, V: Die Täler am Vorder-rhein, II. Teil. Schams, Rheinwald, Avers, Münstertal, Bergell*, p. 28, Birkhauser Verlag, Basel, 490 p.
- THELLIER, E. (1981). Sur la direction du champ magnétique terrestre en France, durant les deux derniers millénaires. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 24, pp. 89-132.