



Cadran portatifs et déclinaison magnétique (XVI - XVIIIe siècles).

Eric Mercier

Grâce à l'analyse de traités de gnomonique et d'instruments conservés dans les musées, cet article essaye d'établir comment la déclinaison magnétique (découverte au XVe), et ses variations géographique (découverte à la fin du XVe) et séculaire (découverte au milieu du XVIIe), ont été prises en compte dans la fabrication des cadrans portatifs du XVI au XVIIIe siècle. Il apparaît que cette prise en compte a été très progressive et que, sur cette question, les instruments et les traités semblent avoir en grande partie évolué indépendamment.

Remarque liminaire

Cet article, qui traite de l'orientation des cadrans portatifs du XVI, XVII et XVIIIe siècles, a pour champ potentiel d'investigation toute la production d'instruments et toute la littérature gnomonique de l'époque. Je ne prétends donc pas être exhaustif ! Il ne s'agit ici que d'une première approche. Je serais très reconnaissant à tout lecteur qui me ferait connaître des éléments qui pourraient renforcer, affiner ou remettre en cause les conclusions provisoires de ce travail.... d'avance : Merci !

I) Introduction

Les premiers cadrans solaires portatifs étaient des cadrans de hauteur. On peut citer par exemple : les cadrans de berger, le cadran de Regiomontanus, la navicula, la partie solaire des astrolabes, les quadrants et de nombreux autres (Cowham 2008, Massé 2009). Ces instruments exploitaient le fait que connaître (1) la latitude du lieu, (2) la hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon, (3) la date du jour et (4) la période de la journée (matin ou après midi) ; permet de calculer l'heure.

L'inconvénient majeur de ce type de cadran est qu'au environ de midi, la course du soleil se parallélise à l'horizon si bien que la mesure de l'heure devient très imprécise. Pour augmenter la précision, il est nécessaire de s'intéresser à un autre paramètre de positionnement solaire : l'azimut (ou des valeurs proches comme l'angle horaire ou la longitude écliptique). En dehors de l'avantage de l'augmentation de précision autour de midi, les cadrans basés sur ce(s) paramètre(s) permettent souvent de s'affranchir de la connaissance de la date et toujours du moment de la journée. Mais inversement pour faire la mesure, il faut orienter l'instrument, typiquement selon le méridien local. Pour ce faire, il existe essentiellement deux solutions :

- soit coupler dans le même instrument deux types de cadran (analemme / horizontal ; horizontal / déclinant etc...). L'orientation de l'instrument est correcte quand les deux cadrans indiquent la même heure. Ce genre de solution, jamais très populaire, nécessite un instrument d'une certaine taille qui est plutôt à classer dans la catégorie des

cadrans « de table » que dans celle des cadrans portatifs¹.
 -soit utiliser le magnétisme terrestre et ajouter une boussole au cadran.

Le problème est que la boussole n'indique pas exactement le Nord géographique (et astronomique) : en effet, le Nord magnétique est différent du Nord géographique, la différence entre les directions locales de ces deux pôles s'appelle la « déclinaison magnétique » (Fig. 1). Cette déclinaison n'est pas une constante : elle varie selon le lieu (variation géographique de la déclinaison) et dans le temps (variation séculaire de la déclinaison) et enfin, elle peut prendre une valeur importante

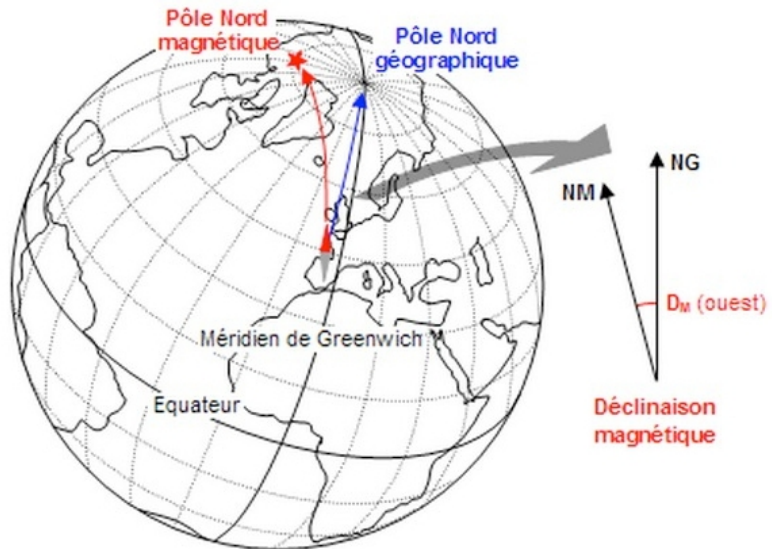


Fig. 1 : La déclinaison magnétique

(22° à Paris en 1800, par exemple, mais il n'y a pas de limite théorique à cette valeur). Dans l'idéal, un cadran solaire portatif à boussole devrait donc être muni d'un dispositif permettant de corriger la déclinaison selon le lieu et selon l'époque.

Du point de vue qui nous intéresse ici (utilisation du magnétisme terrestre pour l'orientation d'un instrument), les découvertes fondamentales ont toutes été faites avant le milieu XVIIe. L'objet de cet article est de discuter la manière dont ces découvertes ont été prises en compte par les gnomonistes du XVIe au XVIIIe en insistant particulièrement sur les gnomonistes français.

II) Histoire des découvertes concernant le magnétisme terrestre

Dans les lignes qui suivent, je vais très succinctement présenter l'histoire des découvertes concernant le magnétisme terrestre. Cette question ne semble pas faire l'unanimité des historiens concernés, je me limiterai donc aux faits admis en renvoyant le lecteur à la bibliographie (notamment Lanza & Meloni, 2006).

C'est en Chine qu'il faut aller chercher les premières mentions de magnétisme terrestre et de boussole. Sans remonter à l'époque de l'empereur Huang Ti, (vers 2632 av JC) qui est censé avoir utilisé une boussole lors d'une bataille, la plus vieille description d'une boussole date de 1088. En Europe, c'est en 1187 qu'un moine anglais (Alexander Neckam) décrit pour la première fois la boussole et son usage, mais la première investigation scientifique et la découverte de la polarité date de 1269 avec les écrits de Pierre Le Pellerin qui ne seront imprimés qu'en 1588 (Crichton 1937). Dans le monde arabo-musulman, les

¹ Les exemples les plus anciens de cadran mixte horizontal/analemme ne semblent dater que de la fin du XVIIe (Higton 2002 p. 230-231 ; Delalande et Delalande 2013, p. 336), par contre, les cadrans à faces multiples sont apparus au XVIe.

premières mentions datent de 1232 et 1282 (Schmidl 1997), soit plus tardivement qu'en Europe si bien que les auteurs admettent généralement que la transmission de cette découverte s'est fait directement de la Chine à l'Europe.

La déclinaison magnétique est mentionnée entre 1111 et 1117 dans un ouvrage chinois (Pen-Thsao-yan). En Europe, les choses sont beaucoup moins claires. On a longtemps attribué à Christophe Colomb cette découverte (lors de son premier voyage à travers l'Atlantique en 1492), mais c'est probablement un gnomoniste qui peut revendiquer la paternité de cette découverte. En 1451, Georg Peurbach a réalisé, en Autriche, un cadran solaire à boussole



Fig. 2 : Le cadran construit en 1451 par Georg Peurbach pour l'Empereur Frédéric III. La photo de droite montre le fond de la boussole où apparaît une ligne oblique par rapport au Nord et qui marque la déclinaison magnétique. Cette ligne est d'origine. (photos de : <http://members.aon.at/sundials/bild2e.htm>)

sur laquelle est porté un repère de déclinaison magnétique (11° vers l'Est : Fig. 2). Les spécialistes qui ont examiné ce cadran considèrent que cette indication est d'origine. En 1510, Hartmann, un jésuite, réalise à Rome les premières investigations scientifiques sur le phénomène et en 1524 est publiée ce qui semble la première illustration (Fig 3).

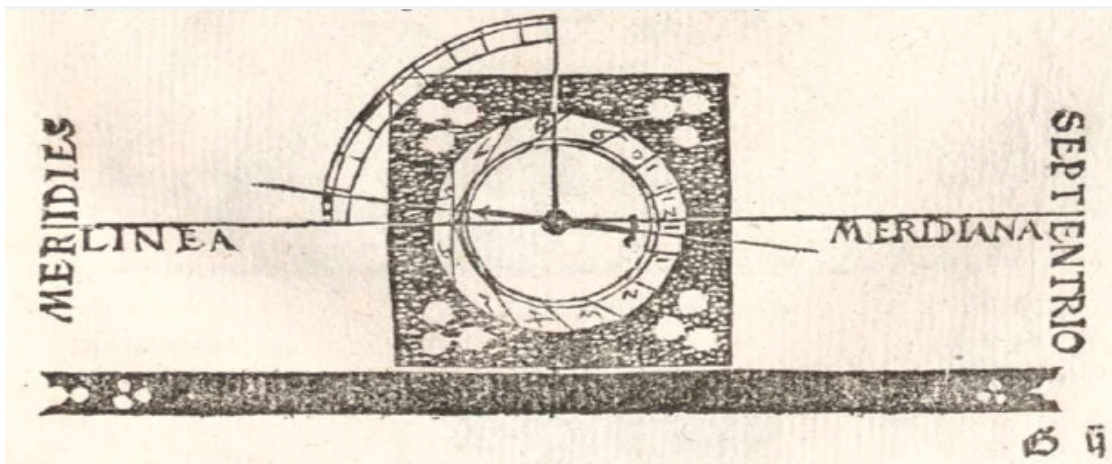


Fig. 3 : Une des plus vieilles illustrations de la déclinaison magnétique, tiré de Apian, Cosmographicus Liber (1524).

Si ce n'est pas Christophe Colomb qui a découvert, en Europe, la déclinaison magnétique, il est probable que ce soit lui qui ait, pour la première fois, noté la variation géographique de ce paramètre (1492). Puis, dès 1536, de Santa Cruz a réalisé en Espagne les premières cartes de déclinaison. À cette époque on espérait déterminer la longitude du lieu, paramètre éminemment critique en navigation, grâce à la déclinaison magnétique locale.

La variation séculaire de la déclinaison n'a été mise en évidence que vers 1633 quand Henry Gellibrand a comparé ses propres mesures avec des mesures anciennes réalisées au même lieu et surtout quand il a attribué les différences constatées à un phénomène géophysique plutôt qu'à des erreurs de mesure (Azpiazu, & Gil 1921).

III) La déclinaison magnétique en Europe du XVI au XVIIIe siècle

A partir de la 1640, les savants vont surveiller systématiquement l'évolution du champ magnétique et notamment de sa déclinaison. Il a été possible de retrouver des mesures antérieures et de reconstituer l'évolution de la déclinaison depuis le milieu du XVIe. La figure 4 synthétise ces mesures (de plus en plus précise avec le temps) à Paris et Londres (voir Cafarella et al. (1992); Barraclough (1995); Soare et al. (1998) ; Korte et al (2009) pour des données, respectivement à : Rome, Edinburgh, la Roumanie, et Munich). Ces données ont permis de caler des modèles numériques qui calculent la déclinaison magnétique en tout lieu du globe pour les périodes historiques (Korte & Constable 2011).

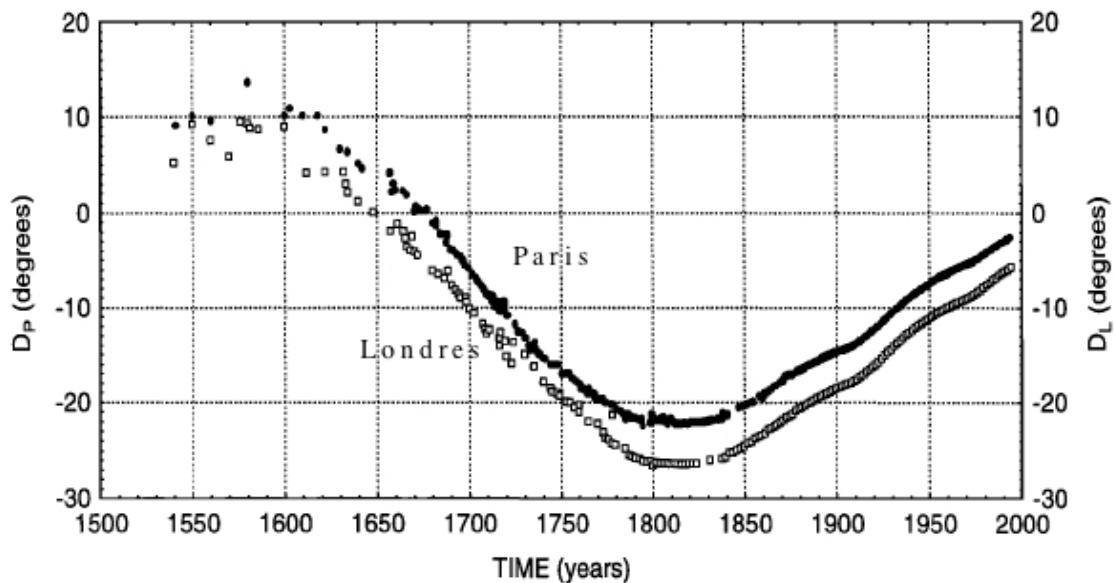


Fig. 4 : Les données historiques de la déclinaison à Paris et Londres (d'après Alexandrescu et al, 1997)

IV) Déclinaison magnétique et cadrans solaires

Au début du XVIe siècle, la notion de déclinaison magnétique et sa variabilité géographique était donc connue. Il faudra attendre le second quart du XVIIe siècle pour que la variation séculaire soit mise en évidence. On devrait donc s'attendre à ce que, dès le début du XVIe siècle, les cadrans portatifs à boussole tiennent compte de la déclinaison magnétique. Dans l'absolu, on devrait même s'attendre à ce que la valeur de cette déclinaison soit modifiable sur les cadrans universels antérieurs au milieu du XVIIe siècle, et sur tous les

cadrans (universels ou non) à partir de cette date !.

Ce n'est évidemment pas si simple et, en dépit du génie de Georg Peurbach (Fig. 2), il a fallu un certain temps pour que les subtilités du magnétisme terrestre soit prises en compte dans la fabrication des cadrans portatifs.

Il y a deux manières de prendre en compte la déclinaison magnétique pour orienter un instrument à boussole (Fig. 5) ; soit :

- positionner un repère vers lequel doit pointer l'aiguille aimantée (Type I, Fig. 5)
- décaler le Nord de la boussole (et les autres indications) de la valeur de la déclinaison (Type II, Fig. 5).

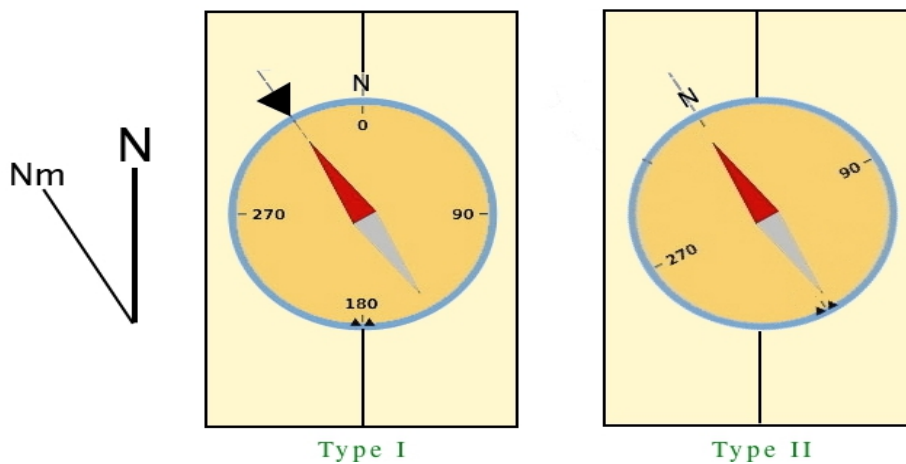


Fig. 5 : Les deux types de corrections de la déclinaison : Type I, la boussole est alignée sur le méridien et un repère indique la déclinaison ; Type II, la boussole est décalée par rotation et son Nord correspond au Nord magnétique.

V) Le XVI^e siècle

A) les traités de gnomonique

Il existe une abondante bibliographie gnomonique datant du XVI^e siècle², mais l'essentiel de ces ouvrages est en latin. Le dépouillement reste à faire ; je ne parlerai ici que d'un des seuls ouvrages en français, qui est le « *Recueil d'horlogiographie, contenant la description, fabrication et usage des Horloges Solaires* » de J. Bullant (1561). Dans le chapitre sur les cadrans équatoriaux, l'auteur signale qu'ils sont universels et qu'ils peuvent être équipés d'une aiguille aimantée (p. 32) pour « *les porter d'une région à l'autre* ». On trouve une autre allusion à l'aiguille aimantée dans le chapitre sur la mesure de l'orientation d'un mur (p. 52). Mais, dans les deux cas, il n'y a aucune mention de la déclinaison magnétique.

B) les instruments

Il existe relativement peu de cadrans portatifs à boussole du XVI^e siècle qui ont été conservés dans les collections privées ou publiques. On ne trouve que quelques dizaines de mentions dans les catalogues classiques (Louvre : Frémontier-Murphy (2002) ; British

² Voir par exemple la « Biblioteca digitale gnomonica » de Nicola Severino ; <http://www.nicolaseverino.it/Siti%20Web/Cinquecentine.htm>

Muséum : Ward (1981) ; Greenwich : Higton (2002) ; Florence : Turner (2007) ...) et dans les synthèses (Higton (2001), Cowham (2011), Delalande & Delalande (2013)). De plus, les instruments préservés datent surtout de la seconde moitié du XVI^e siècle.

Dans de nombreux cas, la photographie ou la description ne donne pas d'information utilisable sur la prise en compte éventuelle de la déclinaison. Quand une photographie existe et que l'angle de prise de vue est favorable, on constate qu'assez généralement la déclinaison magnétique est prise en compte avec une valeur compatible avec l'époque (3 à 15° vers l'Est). Les corrections de Type I ou II semblent globalement aussi fréquentes (Fig. 5).

Certaines boussoles montrent plusieurs repères de déclinaison qui témoignent de correction vers l'Ouest et donc d'une utilisation sur plusieurs décennies (voire largement plus d'un siècle !)³.

Parmi les instruments de ce siècle, l'un d'entre eux paraît remarquable car il est muni d'un repère de déclinaison mobile sous la forme « anneau tournant » (Fig. 6). La date de 1587 est gravée sur l'instrument qui est attribué à Linden sur la base d'homogénéité de forme (R16, Delalande & Delalande 2013, p. 58). Cet instrument est muni d'un cadran horizontal et d'un cadran vertical. Il ne s'agit donc pas d'un instrument « universel » appelé à voyager. Comme la variation séculaire de la déclinaison n'était pas connue à l'époque, on peut s'interroger sur la motivation de ce perfectionnement très en avance sur son temps. Interrogation d'autant plus légitime



Fig. 6 : La boussole du cadran de 1587 à anneau tournant et repère de déclinaison mobile. Ces caractéristiques sont très énigmatiques (extrait d'une photo de Delalande & Delalande (2013) modifiée).

qu'un instrument du même atelier et de même type (R29, Delalande & Delalande 2013, p. 106) ne présente aucun dispositif, même fixe, de correction de la déclinaison.

A ce sujet, il faut en effet noter que si la déclinaison magnétique est prise en compte dans la majorité des instruments du XVI^e siècle, il existe un nombre significatif de cas où aucune correction n'est prévue. Que signifie ce choix du cadranier ? : ignorance ?, acceptation de l'approximatif ?, ou désir du client ? : rien ne permet de trancher.

VI) Le XVII^e siècle

A) les traités de gnomonique

La bibliographie gnomonique est plus abondante au XVII^e siècle qu'au siècle précédent. Mais surtout la proportion d'ouvrage en langues nationales, et donc en français, explose⁴ ! Néanmoins, il apparaît qu'une minorité seulement de ces ouvrages s'intéressent aux

³ Par exemple le cadran R27 de Delalande & Delalande (2013, p. 98) daté de 1599, avec des repères à 10°E (original), 10°W, et 20°W (ajouts tardifs). Autre exemple, le cadran 45 de Higton (2002 p. 87) daté de 1577, avec des repères à 15°E (original) et 15°W (ajout tardif).

⁴ Voir par exemple la « Biblioteca digitale gnomonica » de Nicola Severino ; <http://www.nicolaseverino.it/Siti%20Web/Seicentine.htm> et l'inventaire de Francis Ziegeltrum <http://francis.ziegeltrum.perso.sfr.fr/methododes.html>

cadrans portatifs et évoquent les problèmes de magnétisme. On dispose néanmoins d'un certain nombre de jalons.

Marchant (1616), dans son « *Usage de quelques horloges universels et du cylindre* » évoque certains cadrans à boussole (« *Horloge horizontal universel* » (sic) et « *Horloge universel en forme de croix* ») et comme Bullant (1561), ne fait aucune mention à la déclinaison, ni a fortiori à sa variation géographique ; ce à quoi l'on serait en droit de s'attendre vu le caractère universel des cadrans étudiés.

Par contre Tarde (1621) dans « *Les usages d'un quadrant à l'esguille aymantée* » (Fig. 7) nous dit (p. 13), en parlant de « *la ligne de l'Esguille, qui est peinte au fonds de la boîte* », que « *plusieurs la prennent pour la méridienne & se trompent..* », car « *elle biaise un peu du côté du Levant, ce que les mariniers appellent vulgairement Nordefer. Mais les gens de lettres appellent cela la déclinaison de l'aymant* ». Voilà donc exprimée, pour la première fois dans la littérature gnomonique francophone, la notion de déclinaison magnétique, concept qui ne devait pas être si répandu à cette époque, car l'auteur mentionne le fait que certaines personnes se trompent en ignorant cette notion. Ensuite l'auteur insiste sur le fait qu'il est important de « *sçavoir combien de degrez decline l'aymant en la Province où nous voulons nous servir* (du cadran) ». C'est cette fois-ci la notion de variation géographique qui est affirmée. La suite du texte précise longuement comment établir la méridienne et la déclinaison du lieu selon plusieurs méthodes.

LES VSAGES
DV QVADRANT
A L'ESGVILLE AYMANTEE.
DIVISE EN DEUX LIVRES.

Le premier donne la cognoissance du Quadrant.
Le second, les vsages, vtilitez & seruices qui en peuuent estre tirez; comme de mesurer toutes distances, hauteurs & profondeurs; prendre & rapporter au petit pied toutes sortes de plans; faire la Carte & description d'un pays; & toutes les autres operations de la Bouffole.

Par JEAN TARDE, Chanoine Theologal de Sarlat.



A PARIS,
Chez JEAN GRESSELIN, rue S. Jacques, à l'Aigle d'or,
& au Palais en la Galerie des Prisonniers.
M. D C. X X I.
Avec Privilège du Roy.

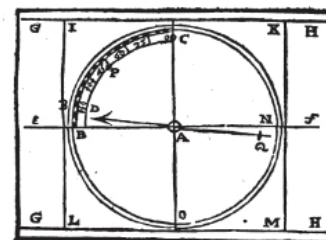
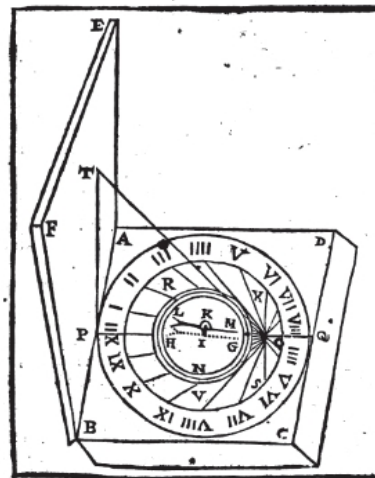


Fig. 7 : Couverture et deux illustrations significatives du traité de Tarde (1621)

Bobyne (1644) dans « *Horographie curieuse contenant diverses méthodes nouvelles et générales...* » (p. 15 et suivantes) dit en gros la même chose dans un style plus concis.

Georges (1660), dans son remarquable ouvrage, sans doute injustement méconnu « *Horologe magnétique elliptique ou ovale nouveau de facile usage...* » , qui fait de lui un des co-inventeur du cadran analemmatique (Mercier 2014), discute également de la déclinaison magnétique et de sa variabilité géographique (p. 180 et suivantes). Il conteste à cette occasion qu’il existe un lien direct entre déclinaison et la longitude (ce qui est vrai), affirme que « *souvent ez lieux voisins d’un mesme Pays distant seulement de 5 ou 6 lieux, on remarque du changement de 2 ou 3 degrez de déclinaison* » (ce qui est faux⁵) et que la déclinaison maximale possible est de 12° (ce qui est également faux). Toujours est-il que George propose de placer un « directoir » sur la face interne du couvercle de ses cadrans qui, dans une certaine mesure, sont universels. Celui-ci est conçu pour être facilement réglable en fonction de la déclinaison magnétique du lieu (Fig. 8)⁶.

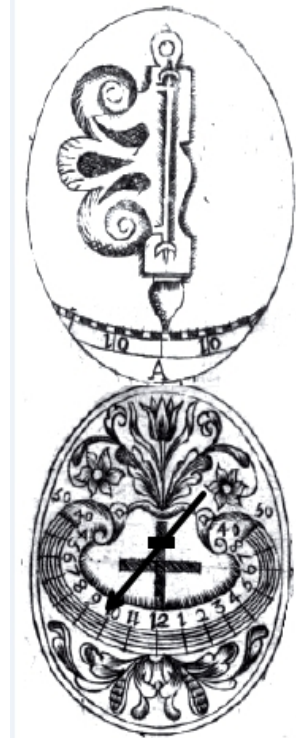


Fig. 8 : Un cadran de Georges (1660) reconstitué à partir des illustrations originales. L’intérieur du couvercle (à droite) accueille un « directoir » qui doit être réglé en fonction de la déclinaison magnétique puis orienté vers le Soleil. L’aiguille du cadran analemmatique préalablement réglé à la date du jour, indique alors l’heure. ►

de Sainte Marie Magdeleine (1665) dans son « *Traité d’horlogiographie, contenant plusieurs manières de construire, sur toutes surfaces, toutes sortes de lignes horaires ...* » nous dit (p. 40) que pour trouver la déclinaison d’un mur, la manière la plus simple est d’utiliser la boussole « *presque seule usitée par les artisans ; cette façon néanmoins est peu assurée, si on ne trouve au préalable la vraye déclinaison de l’aiguille, qui diffère presque en chaque pays* ». La encore on trouve, comme chez Tarde, une dénonciation du fait que certains cadraniers ne tiennent pas compte de la déclinaison magnétique. Ceux-ci dit, en France à cette époque, cette approximation était très acceptable (voir Fig. 4). Plus loin (p. 249) il donne des conseils pour construire un cadran universel (équatorial) portatif ; il évoque la boussole mais ne parle plus du problème de la déclinaison.

La Hire (1698) dans « *La gnomonique ou méthodes universelles pour tracer des horloges solaires ou cadrans sur toutes sortes de surfaces* » est très critique au sujet de l’usage des boussoles sur les cadrans portatifs car « *pour ce qui est des petites boussoles qu’on ajoute à la plupart de ces sortes de cadrans (portatifs), on n’en tire que très peu d’utilité, à cause que l’aiguille aimantée demande une correction continuelle & différente en différents temps.* » (in Préface de l’ouvrage). On notera que l’expression « *correction*

⁵ à moins que Georges ait mené ses investigations au dessus du gisement de fer de Lorraine, très proche de Toul, ville où il résidait et où son ouvrage fut publié. Dans ce cas, de telles anomalies locales sont parfaitement envisageables.

⁶ Les cadrans de Georges partagent avec les diptyques dieppoises la particularité de devoir être orienté vers le Soleil ; c’est l’aiguille de l’aimant qui indique l’heure sur une graduation appropriée. La visée du Soleil parallèlement au « directoir » décale d’autant du cadran en fonction de la déclinaison magnétique et corrige de ce fait la lecture de l’heure.

continue & différente en différents temps » semble être la première prise de conscience de la variation temporaire de la déclinaison dans la littérature gnomonique française. Dans le corps du texte, quand il s'agit de présenter des cadrans universels portatifs (p. 220 et 247), l'auteur utilise, en dépit de ce qu'il dit dans sa Préface, une boussole fixée sur l'instrument pour permettre sa mise en œuvre.

Le XVII^e siècle est donc la période où apparaît dans la littérature, la première mention de déclinaison magnétique et de sa variation géographique (Tarde 1621) et la première mention de la variation séculaire (ou plus exactement de fluctuations temporaires). Voyons maintenant les instruments eux-mêmes. Ceux-ci sont plus fréquemment conservés dans les collections publiques ou privées que ceux du siècle précédent.

B) les instruments

On y trouve des cadrans avec des corrections de Type I ou II (Fig.5), et également des cadrans sans dispositif de correction. Contrairement à ce qui se passait au XVI^e siècle, il est probable qu'une part importante de ces cadrans ne soient pas fautifs. En effet, pendant presque la moitié de ce siècle, la déclinaison est restée très faible (inférieure à 5° pendant la seconde moitié du siècle à Paris par exemple, Fig. 4) ; l'absence de correction était admissible pendant ces périodes.

Je n'insisterai ici que sur trois types de cadrans, les cadrans attribuables à Georges (1660), les diptyques dieppois et les Butterfield. Ces derniers, dont la fabrication est à cheval sur XVII^e et XVIII^e siècle seront envisagés plus loin.

Les cadrans solaires de Georges : aucun cadran actuellement connu n'est signé par cet auteur, mais il existe dans les musées quatre instruments qui sont indiscutablement inspirés par son ouvrage (British Museum, 1896,0411.168, Greenwich Museum ASTO220, Musée de Liège 349, Musée de Genève MHS 1850). Hélas, ils ont tous les quatre perdu le couvercle qui devait accueillir le « directoire ». Fred Sawyer (Président de la NASS) m'a aimablement indiqué un cinquième instrument, vendu en 1997 par Christie's et qui a conservé couvercle et son « directoire ». Il est à noter que le catalogue de la vente parle à son sujet de « clinomètre⁷ » ce qui est, selon l'opinion de F. Sawyer que je partage totalement, une erreur (Fig. 9). Enfin, la collection Greppin (dispersée en 1975) contenait un cadran (N° 3014) assez proche de celui de Christie's, il possédait également un « directoire », mais le cadran est marqué par une date très problématique (1604) peut-être gravée tardivement.

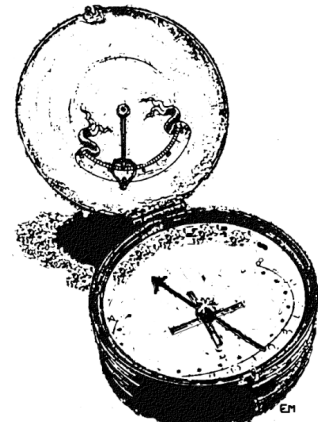


Fig. 9 : Dessin du cadran de Georges vendu en 1997 par Christie's. c'est un des deux cadrans connus qui a conservé son « directoire », clairement visible à l'intérieur du couvercle.

Les diptyques dieppois (le « type Bloud » des catalogues) ont une relation particulière avec la déclinaison magnétique car, selon une opinion largement reprise dans la bibliographie (Rohr 1986, p. 148 ; Turner in Lloyd 1992, p. 102 ; Higon 2001, p. 91 ; Cowham 2011, p. 53 ...etc...), c'est l'augmentation de cette déclinaison à la fin du XVIIe siècle qui a provoqué l'arrêt de leur fabrication⁸.

Comme cela est détaillé dans Mercier (2014) : (1) il était possible de tenir compte de la déclinaison magnétique sur les cadrans dieppois, (2) les cadraniers dieppois étaient conscients de ce fait et l'on connaît au moins 3 instruments qui sont conçus avec une correction (celle-ci est déjà signalée par Lloyd (1992) pour l'un d'entre eux), (3) il y a des hypothèses alternatives beaucoup plus crédibles pour expliquer la fin de la fabrication de ces instruments.

⁷ dispositif permettant de mesurer l'inclinaison d'un instrument par rapport à la verticale (ou à l'horizontale).

⁸ Il semblerait que ce soit Henri Michel, peut être involontairement, qui soit à l'origine de cette fable, c'est en tout cas dans un de ses ouvrages que j'en ai trouvé la première trace (Michel, 1966). On y lit (p. 53) au sujet de cadran de Bloud : « *s'il ne s'est pas répandu autant que le Butterfield ou le cadran d'Ausbourg, c'est peut-être parce qu'il ne pouvait plus être exact quelques temps après son invention ! En effet le principe du cadran de Bloud ne tient pas compte de la déclinaison magnétique, c'est-à-dire de l'angle que l'aiguille aimantée fait avec la direction du Nord vrai. Avant 1666, cette aiguille déviait vers l'Est ; depuis, elle dévie vers l'Ouest* ». Comme on le voit, c'est loin d'être affirmatif (!), d'autant plus que plus loin (p. 56), il signale que les Bloud étaient protestants et qu'après la révocation de l'édit de Nantes, ils durent émigrer. H. Michel précise alors : « *ceci explique peut-être, mieux que mes considérations sur la déclinaison magnétique, la disparition des cadrans de Bloud au XVIIIe siècle* ».

Ceci dit, il serait malhonnête de ne pas remarquer que H. Michel parle très peu de la déclinaison magnétique dans ses ouvrages sur les cadrans portatifs. Dans son article de 1933 (Michel 1933), il fait une discrète allusion à des cycles astronomiques chinois basés sur la déclinaison magnétique ; mais quand (p.164) il évoque le cadran de 1451 illustré à la figure 2 du présent article, il ne mentionne pas la correction de la déclinaison magnétique. Par ailleurs, il n'y a aucune allusion au phénomène dans le catalogue des cadrans portatifs du Musée de Liège de 1952 (réédité sous forme de brochure en 1953 et 1974) ; et une seule mention, retranscrite plus haut dans la présente note, dans l'ouvrage, plus élaboré, sur le même sujet (Michel 1966). Je ne sais comment interpréter un tel silence venant d'un scientifique de premier ordre, ingénieur des mines et auteur de livres scientifiques qui font encore actuellement référence.

Par ailleurs, il faut noter que comme la période de leur fabrication correspond, fortuitement (!), à la période où la déclinaison était très faible ou nulle, il est parfaitement compréhensible de ne trouver que peu d'instruments avec la correction. Enfin, quand elle existe, cette correction est de type II (Fig. 5) et surtout elle est fixe. Cette dernière caractéristique constitue un recul par rapport aux cadrans de Georges (1660), à correction réglable, qui sont les précurseurs des instruments dieppois. Il est vrai que Georges (1660) a conçu un cadran portatif universel, ce qui ne fut jamais l'ambition de Charles Bloud et des cadraniers dieppois (voir Mercier 2014).

VII) Le XVIIIe siècle

Du point de vue qui nous intéresse, ce siècle est particulier car il est caractérisé par une augmentation continue de la déclinaison magnétique qui va atteindre de fortes valeurs en fin de siècle (22° à Paris en 1800).

A) les traités de gnomonique

Comme pour le XVIIe siècle, la bibliographie gnomonique est abondante⁹, mais là encore, ce n'est qu'une partie des ouvrages qui s'intéressent aux cadrans portatifs et donc au géomagnétisme.

Richer (1701), dans « *La gnomonique universelle* » présente (p. 43) la variation de la déclinaison en ces termes « *l'éguille aimantée ne se tourne pas droit aux poles, mais tantost elle décline du septentrion vers l'Occident de quelques degrès, tantost de plusieurs degrès dans le même pays : quelquefois on l'a décliner dans le même endroit & peu de temps après du Septentrion vers l'Orient : en quelques endroits elle ne décline point du tout..* ». Comme dans La Hire (1698), c'est le sentiment d'un phénomène chaotique qui se dégage, mais la variation dans le temps est bien reconnue.

Bion (1709), le célèbre fabricant d'instrument scientifique, a, pour la première fois, dans son « *Traité de la construction et des principaux usages des instruments de mathématique* », une vision lucide de la variation séculaire de la déclinaison (p. 103) : « *en 1610, elle déclinait à Paris de 8 degrez du Septentrion vers l'Orient ; en 1658 elle déclinait point du tout, en 1709, elle décline de 10 degrez 15 minutes vers l'Occident.* ». Dans l'édition de 1725 il actualise ses chiffres (13°W à Paris) et insiste sur la variation géographique. Dans l'édition de 1752, c'est le texte de 1725 que l'on retrouve, mais là encore avec une actualisation des chiffres (17°W à Paris).

Sully, qui était le Maître horloger du Duc d'Orléans, et qui est connu pour son travail sur la première méridienne de l'église Saint Sulpice à Paris, est lumineux de concision quand en 1737, dans « *Règle artificielle du temps* » il écrit (p. 312) : « *la déclinaison de l'aimant est variable en différents temps & en différents lieux* ». Par ailleurs il souligne que chaque année est publié un livre « *Le livre de la connaissance du Temps* » (sorte d'almanach ?) dans lequel est mentionnée la déclinaison observée l'année précédente à Paris. Quelques pages plus tôt (p. 305), dans sa description d'un cadran portatif qui a sa faveur (probablement un cadran équatorial), il insiste sur l'existence, dans la boussole, d'un index réglable pour marquer la

⁹ Encore une fois, voir : la « Biblioteca digitale gnomonica » de Nicola Severino ; <http://www.nicolaseverino.it/Siti%20Web/Settecentine.htm> et l'inventaire de Francis Ziegeltrum <http://francis-ziegeltrum.perso.sfr.fr/methodes.html>

déclinaison. C'est, depuis Georges (1660), la première mention de la nécessité d'un tel repère réglable.

Le cheminement scientifique est maintenant achevé, un siècle après la découverte de la variation séculaire de la déclinaison magnétique, les traités de gnomonique intègrent ce phénomène et recommande l'installation d'un index réglable dans la boussole. Mais je voudrais pousser un peu plus loin l'inventaire pour évoquer le traité de Bedos de Celles qui constitue lui-même une sorte d'achèvement.

Bedos de Celles (1760), dans la première édition de son « *Gnomonique pratique ou l'art de tracer les cadrans solaires avec la plus grande précision* » ne s'appesantit pas longtemps sur le phénomène lui-même, il nous rappelle juste (p. 285) que « *la déclinaison de l'aiman .. change assez souvent, & n'est pas la même dans tous les pays* ». Comme Sully (1737), il décrit longuement le cadran portatif qui a sa préférence, mais contrairement à Sully, il illustre ce cadran (Fig. 10). Il insiste, et on le voit sur la figure, que ce cadran est muni d'un index réglable (aiguille de déclinaison selon la terminologie de Bedos de Celles).

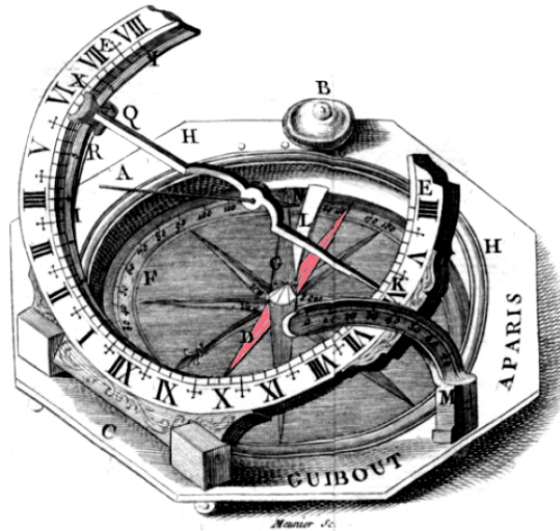


Fig. 10 (page précédente) : Le cadran décrit par Bedos de Celles (1760), il est caractérisé, notamment, par une « aiguille de déclinaison » (D, colorée ici en rose) qui est un index réglable en fonction de la déclinaison magnétique et qui doit s'aligner avec l'aiguille aimantée (G) lors de la mise en œuvre du cadran.

B) les instruments

Contrairement à ce que l'on observe aux siècles précédents, la proportion d'instrument qui ne sont pas munis de dispositif de correction de la déclinaison magnétique est très faible. On peut même se demander si l'absence de ce genre de dispositif ne signe pas une restauration malheureuse. Sans être très fréquents, les index réglables sont bien représentés (exemple : cadrans F13, F14 et H14 de Delalande & Delalande 2013). Des dispositifs originaux sont parfois mis en œuvre, comme ce cadran signé Delure Paris (1/4 du XVIIIe) (Fig. 11) où c'est l'anneau des heures qui tourne autour de la boussole centrale fixe, pour compenser la déclinaison (variante du



Fig. 11 Le cadran ASTO236 de Greenwich, c'est l'anneau des heures (solidaire du style) qu'il faut faire tourner par rapport à la boussole pour corriger la déclinaison (photo : <http://prints.rmg.co.uk/artist/30331/claude-delure>, description dans Higton, 2002).

type II).

J'insisterai particulièrement sur les cadrans Butterfield, qui furent construits en France à partir du dernier quart du XVII^e siècle jusqu'au moins 1760 puisque Bedos de Celles en parle comme d'un sujet d'actualité dans son traité. De nombreux cadraniers qui ont plus ou moins copié le modèle d'origine de Michael Butterfield (1635-1724), sont impliqués dans cette fabrication.

Fig. 12 : Un cadran Butterfield (faces dessus et dessous) privé de sa boussole. On voit clairement la couronne qui sertie la boussole une fois en place. ►



Comme on le constate sur la figure 12, la boussole de ces cadrans est généralement sertie dans une loge grâce à une pièce qui comprend une couronne et qui est fixée par trois vis sur la platine. Il s'agit d'une configuration particulièrement favorable pour positionner de façon décalée, par rapport au Nord, la boussole circulaire, et

de ce fait utiliser une correction de la déclinaison de type II. De fait, cette solution est souvent appliquée sur les Butterfield (A de la Fig. 13). Très curieusement, on va également trouver d'autres mode de correction associés à une boussole réglée sur le Nord géographique. La plus simple est l'ajout d'un simple repère (B, Fig. 13). On va également observer le même genre de repère, mais associé à des graduations limitées à la région septentrionale (C, Fig. 13), ou encore, et c'est le plus rare, on peut noter la présence d'un index réglable (D, Fig. 13)¹⁰. Ces solutions multiples, alors qu'il semble exister une solution évidente (A), posent problème.

¹⁰ L'index réglable semble exister déjà sur les cadrans de la fin du XVII^e siècle : cadran H19 et surtout H18 de Delalande & Delalande (2013), ce dernier étant daté de 1684-1687 par un poinçon.



Fig. 13 : Différents dispositifs de correction de la déclinaison magnétique sur des cadrans Butterfield. A : Rotation de la boussole ; B : présence d'un petit repère ; C : repère + graduation fine à proximité du Nord pour s'adapter à la variation séculaire ; D : Index réglable (« aiguille de déclinaison ») ici en position N-S.

Sans apporter de réponse sur le fond, on remarquera juste que chaque fabricant semble favoriser l'une ou l'autre de ces solutions techniques, c'est du moins ce qui se dégage des écrits de ces fabricants eux-mêmes. Ainsi, Bion (1709), dans sa description du cadran Butterfield (p. 221) parle de « *ligne de déclinaison* ». Lasnier, dans un petit opuscule qui était probablement distribué avec ses cadrans¹¹ et que l'on peut dater de 1735 d'après la déclinaison magnétique contemporaine mentionnée, parle lui de « *ligne qui est au fond de la boussole* ». Baradelle, dans un opuscule¹² du même genre que celui de Lasnier et daté de 1747, parle « *d'une petite flèche qui indique la déclinaison, ou sur un petit index de cuivre que l'on ajoute lorsqu'on veut en payer l'augmentation : cet index s'ajuste sur le degré de déclinaison...* » suggérant ici l'existence d'« option », que le client doit payer en supplément, pour avoir un index réglable¹³ sur les cadrans que l'on achète à ce fabricant.

Au sujet de cet index, Sully (1737) nous précise (p. 317) en parlant des Butterfield que « *..la ligne de déclinaison, étant fixée sur la plupart des anciens cadrans à boussole, elle les rend plus ou moins défectueux, suivant qu'on s'en sert dans les années où la déclinaison est plus ou moins approchante...* ». Cela veut-il dire que les index mobiles ont surtout été utilisés

¹¹ Lasnier : « Description et Usage du cadran au Soleil à boussole », 4 p.

¹² Baradelle : « Description et usage du cadran à boussole universel et portatif » 8p.

¹³ il existe un, ou peut être deux, opuscule du même genre venant de chez Butterfield lui-même, mais je n'ai pas pu m'en procurer de copie.

sur ces cadrans récents par rapport à l'époque où il écrit ? ; il demeure un doute car les Butterfield à index mobile semblent rares dans les collections. Par ailleurs Bedos de Celles (1760 p. 280) nous dit que ces cadrans ont « *une forte petite boussole & (sont) toujours sans aiguille de déclinaison* », ce qui est évidemment abusif, mais doit quand même refléter une certaine rareté de la dite aiguille (ou index réglable).

VIII) Conclusions.

Comme cela a déjà été souligné en introduction, cette étude est préliminaire et les conclusions sont provisoires. Il est manifestement encore nécessaire d'accumuler les données, sur les instruments et les écrits, pour affiner l'analyse. Néanmoins à ce stade, les conclusions suivantes semblent (provisoirement) acceptables.

La déclinaison magnétique, et ses variations géographique et séculaire, ont donc mis un certain temps avant d'être pris en compte dans la fabrication des cadrans portatifs. Plus d'un siècle après la fin de ces découvertes, on est encore loin de voir installé un index réglable sur tous les cadrans portatifs, index pourtant indispensable à la prise en compte des variations de la déclinaison magnétique.

La comparaison entre les conclusions que l'on peut tirer de l'analyse des traités d'époque et des instruments est surprenante :

- d'une part il est clair que les instruments sont en avance sur les traités au niveau :

(1) de la prise en compte de la déclinaison (1451 pour les cadrans (Fig. 2), 1621 pour les traités, du moins en français) ;

(2) de l'intégration d'un dispositif réglable de marquage de la déclinaison (cadrans universels de Georges en 1660 & Butterfield de la fin du XVIIe siècle¹⁴, 1709 pour les traités).

- mais d'autre part :

(1) on a le sentiment que lorsque un progrès est entériné par un ouvrage, les suivants en tiennent compte et il n'y a pas de retour en arrière. Selon cette analyse, les traités de Tarde (1621) et Bion (1709) constituent des étapes importantes.

(2) les progrès n'ont jamais été universels sur les instruments : pendant tout le XVI et XVIIe siècle, on a eut des cadrans sans correction ; et le principe de l'index réglable n'a jamais été adopté sur tous les cadrans, même à la fin du XVIIIe siècle, limite haute de notre étude.

Références bibliographiques

Alexandrescu M., Courtillot V., & Le Mou J.L. (1997) : High-resolution secular variation of the geomagnetic field in western Europe over the last 4 centuries- Comparison and integration of historical data from Paris and London ; Journal of Geophysical Research, 102, B9, p 20245-20258.

de Azpiazu, U. & Gil, R. (1921) : Le magnétisme terrestre ; Journal: Ciel et Terre, Volume 37. Bulletin of the Société Belge d'Astronomie, Brussels, p.84.

Barraclough, D., 1995. Observations of the Earth's magnetic field in Edinburgh, from 1670 to the present day. Tran. R. Soc. Edinburgh Earth Sci. 85, 239-252.

Cafarella, L., DeSantis, A., Meloni, A., (1992) : Secular variation in Italy from historical geomagnetic field measurements. Phys. Earth. Planet. Inter. 73, 206-221.

Crichton M.(1937) : Chapters in the history of terrestrial magnetism, 2, The discovery of the magnetic declination, J. Geophys. Res., 42, 242-280.

¹⁴ Je n'évoque pas ici le cadran de 1587 (Fig. 6) qui demeure mystérieux.

- Korte, M. & Constable, C., (2011) : Improving geomagnetic field reconstructions for 0–3 ka. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 188, 3-4, 247-259.
- Cowham M. (2008) : A study of altitude dials, British Sundial Society, 63 p.
- Cowham M. (2011) : A dial in your poke, 2eme édition, 208 p.
- Delalande D. & Delalande E. (2013) : Cadrans solaires / Sundials ; catalogue d'exposition, Paris, 431 p.
- Frémontier-Murphy C. (2002) : Les instruments de mathématiques XVIIe-XVIIIe siècle. RMN, 368 p.
- Higton H. (2001) : Sundials, an illustrated history of portable dials. Philip Wilson ed., 136 p.
- Higton H. (2002) : Sundials at Greenwich : a catalogue of the sundials, nocturnals and horary quadrants in the national Maritime Museum, Greenwich. Oxford University Press, 463 p.
- Korte M, Manda M, Matzka (2009) : A historical declination curve for Munich from different data sources, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, doi:10.1016/j.pepi.2009.08.005
- Lanza R. & Meloni A. (2006) : The Earth's magnetism, Springer, 278 p.
- Lloyd S.A. (1992) : Ivory diptych sundials 1570-1750, Harvard University Press, 169 p.
- Massé Y. (2009) : De l'analemme aux cadrans de hauteur, édition à compte d'auteur, 96 p.
- Mercier E. (2014) : Cadrans portatifs de Dieppe, *Cadran-Info*, 30, p. 45-65.
- Michel H. (1933) : Les anciens instruments de mathématiques, *Ciel et Terre*, Vol. 49, p. 157-169.
- Michel H. (1952) : Catalogue des montres solaires du Musée de la Vie Wallonne à Liège, *Ciel et Terre*, Vol. 68, p. 253-287.
- Michel H. (1966) : Les Cadrans Solaires de Max Elskamp. 66 p. Musée de vie Wallone, Liège.
- Rohr R. R. J. (1986) : Les cadrans solaires (Histoire, Théorie, Pratique), Ed. Oberlin, 214 p.
- Schmidl P. G. (1997) : Two early arabic sources of the magnetic compass. *Journal of Arabic and Islamic Studies* 1 (1997–98), p.81-132
- Soare, A., Cucu, G., Alexandrescu, M. M., 1998. Historical geomagnetic measurements in Romania. *Annali di Geofisica* 41, 539–554.
- Turner A.J. (2007) : Catalogue of sun-dials, nocturnals and related instruments, Istituto r museo di storia della scienza, Florence, 173 p.
- Ward F.A.B (1981) : A catalogue of european scientific instruments in the departement of medieval and later antiquities of the British Museum. British Museum Publications Limited.

