

---

## Les étoiles des astrolabes maghrébo-andalous

par Éric Mercier

---

*L'étude de la précision de l'implantation des étoiles sur un échantillon de 51 araignées d'astrolabes maghrébo-andalous (X-XIX<sup>e</sup> siècle) montre que la précession des équinoxes est toujours bien prise en compte. Par contre d'autres erreurs, engendrant des mauvaises implantations d'étoiles, sont présentes, mais restent minoritaires. On y reconnaît des erreurs ponctuelles, présentes de façon qui semble aléatoire, et des erreurs récurrentes, historiquement plus intéressantes. En effet celles-ci témoignent d'altération des tables d'étoiles transmises de façon manuscrite de génération en génération, à partir de la table de Maslama (X<sup>e</sup> siècle). Il est probable que les artisans se rendaient assez vite compte de l'existence de ces erreurs, mais qu'ils étaient incapables de les corriger...*

## 1 Introduction

Dans un article précédent (Mercier 2015), j'ai montré que les astrolabes planisphériques maghrébo-andalous présentaient une remarquable homogénéité dans la représentation des prières de l'Islam. Au cours des neuf siècles qui couvrent l'histoire de ces instruments, les conventions de calcul sont restées constantes. Cette constatation pose problème dans la mesure où il semblerait que cette pérennité des conventions de calcul ne reflète pas la réalité historique. En effet, l'étude des cadrans solaires (notamment tunisiens) montre que, en ce qui concerne *Zuhr*, les prières de la nuit (*Ishaa* et *Fajr*), et dans une moindre mesure la prière de l'après-midi (*Asr*), de nombreux modes de calcul différents se sont succédés, ou ont coexisté (Mercier 2014).

Une des réponses possibles à cette anomalie est de supposer que les facteurs d'astrolabes ont perdu très tôt la compréhension mathématique de leur instrument, qu'ils n'ont pas su s'adapter aux différentes demandes religieuses, et qu'ils se sont contentés, au cours de l'histoire, de reproduire une recette unique transmise de génération en génération.

Il est certain, qu'à certains moments et à certains endroits une forme de décadence est apparue<sup>1</sup>. Mais inversement, quand on regarde les quadrants qui sont des instruments astronomiques fort proches des astrolabes, on constate, au contraire, une évidente adaptation de la représentation des prières à des exigences religieuses différentes (Mercier 2016). Le problème n'est donc pas simple!

Une manière différente d'interroger la compétence des astrolabistes maghrébo-andalous est de s'intéresser aux araignées de ces astrolabes et de voir comment ces artisans ont su s'adapter au fil des siècles, à la dérive de la position des étoiles consécutive à la précession des équinoxes. C'est ce problème que je vais, notamment, essayer d'aborder dans cet article.

## 2 Le matériel étudié

La position des étoiles est représentée, sur un astrolabe planisphérique, par des « pointeurs » situés sur l'araignée. Le dessin de cette dernière est indépendant de la latitude du lieu et ne dépend que de la date de fabrication et, bien sur, de la liste d'étoiles choisies. Pour identifier les étoiles sur un astrolabe en langue arabe, il y a fondamentalement deux méthodes :

- lire les noms des étoiles inscrit en regard de chaque pointeur ;
- ou « deviner » le nom, en fonction de la position sur l'araignée.

La seconde méthode apporte un biais, car elle suppose que les implantations ne sont pas trop mauvaises<sup>2</sup>. Or c'est précisément ce que l'on essaye de vérifier ici. Je n'utiliserai donc que la première méthode, c'est-à-dire je vais limiter mon étude à des araignées dont le nom des étoiles à été lu et transcrit par l'auteur de la description de l'instrument.

J'ai donc recherché dans les catalogues de collections, ou dans des publications ponctuelles, des illustrations d'araignées associées à leur liste d'étoiles (*cf.* tableau 1 page 60 ). J'ai pu réunir de telles informations pour 51 astrolabes planisphériques maghrébo-andalous allant du XI au XIX<sup>e</sup> siècle. Ce chiffre est un peu supérieur au nombre d'instrument que j'avais utilisé pour mon étude sur les prières (40 astrolabes correspondant à 176 tympan). Mais il est sans doute significatif de noter que l'effort de prospection, pour la présente étude, a été beaucoup plus important. Les publications sur les astrolabes islamiques qui intègrent une liste d'étoiles sont en fait assez rares<sup>3</sup>.

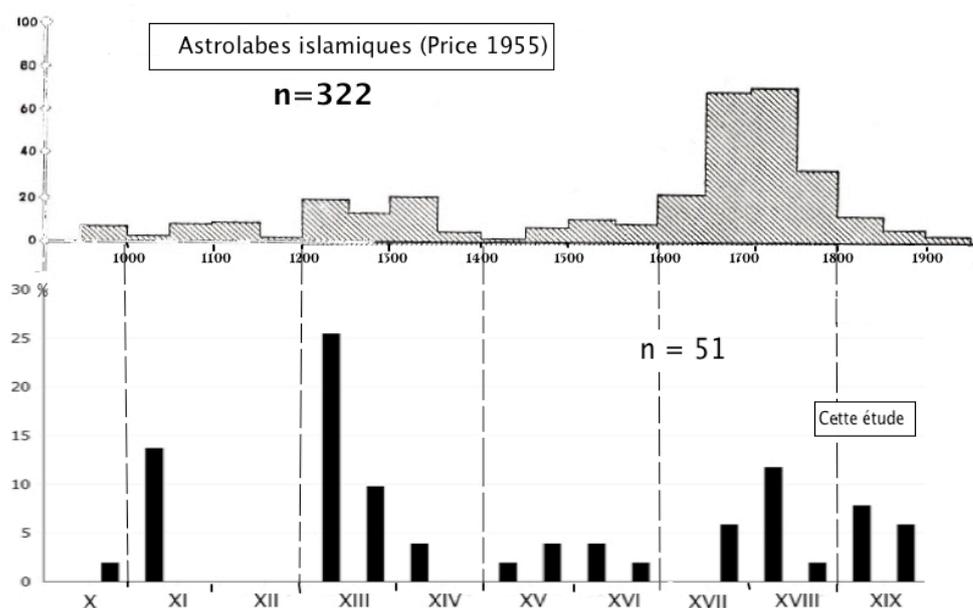
La répartition temporelle de notre échantillon montre une sur-représentation aux XIII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècle dont l'importance relative est significativement différente de la répartition temporelles des astrolabes de l'ensemble du monde musulman (Price 1955) (*cf.* fig. 1 page suivante). Comme cette répartition est aussi différente de celle de l'échantillon que j'avais réuni pour l'étude des prières (Mercier 2015), qui elle-même était assez proche de celle de

1. Ainsi, par exemple, en 1786, S. M. Sidi Mohant'd ben Abdallah, « empereur » (sic) du Maroc, avait été incapable de faire réaliser sur place de nouveaux astrolabes pour la Mosquée des Andalous à Fès ; il a dû confier ce travail au « meilleur artiste (de Paris) en ce genre ». C'est Lenoir, « Ingénieur du Roy » qui réalisa ce travail en 1789, (Hosotte-Reynaud, 1957) c'est à ces circonstances que les astrolabes de la mosquée des Andalous doivent leur pur style Louis XVI!

2. La synthèse que j'ai proposée sur l'astrolabe dit « carolingien » montre, sur un exemple, combien il est délicat d'essayer de deviner le nom des étoiles sur une araignée muette (fig. 5 dans Mercier 2017, par exemple). De plus, nous verrons dans la suite de l'étude que certaines étoiles peuvent être suffisamment mal implantée sur l'araignée, pour être confondues avec une autre... seul le nom indiqué permet dans ce cas, d'éviter une mauvaise interprétation.

3. En fait, comme Dekker (1992) le mentionne déjà, on a (souvent) l'impression que dans l'esprit des spécialistes du patrimoine ou de l'Histoire des Sciences, les étoiles ne sont que des éléments très secondaires dans la description d'un astrolabe!

Price (1955), on doit conclure à l'existence d'un biais dans l'échantillonnage. Mais vu les conclusions qui seront tirées de cette étude, ce biais est, très probablement, anecdotique.



**Figure 1** – Répartition temporelle de l'échantillon étudié ici (par demi-siècle) et comparaison avec la répartition temporelle de l'ensemble des astrolabes islamiques (Price 1955).

Les listes d'étoiles publiées par les auteurs sont sous différentes formes; elles peuvent correspondre soit à une, soit à plusieurs des informations suivantes :

- Nom retranscrit en écriture arabe; ex. : **ذنب قيطس**
- Transcription en écriture latine du nom arabe; ex. : Deneb Kaitos ou Al Dhanab al Kaitos;
- Traduction du nom arabe; ex. : La queue du Monstre Marin
- Nom moderne de l'étoile; ex. : ( $\beta$ Cet ), Diphda.

Du fait de la nécessité d'homogénéiser les données, j'ai constitué un tableau de synthèse utilisant les noms modernes. Il faut bien être conscient que l'attribution d'un équivalent moderne à une information directement tirée de l'arabe ancien (graphie, transcription ou traduction) n'est pas sans risque, qu'elle est été faite par l'auteur de la publication originale<sup>4</sup>, ou par moi-même.

Je ne prendrai que quelques exemples pour illustrer ces incertitudes : Sirius ( $\alpha$ CMa) peut, selon les cas être nommée : Mirza ou Mirzam (celle qui précède), Aschère (la chevelure rayonnante), Alhabor / Alchabor / Alchabar (la traversière), ou encore Kébir. Par ailleurs, certains de ces noms peuvent être appliquées à d'autres étoiles : ainsi, Mirza et Mirzam peuvent parfois se référer à ( $\beta$ CMa), à ( $\gamma$ Ori) ou à ( $\alpha$ CMi). De même le nom Aschère, un des noms de Sirius, peut aussi concerner ( $\alpha$ CMi) ou ( $\alpha$ UMa). Par ailleurs à l'intérieur d'une constellation, des noms peuvent migrer d'une étoile à l'autre, ainsi Gienah (l'aile (du Corbeau) =  $\gamma$ Crv) a pu concerner, à certaines périodes, l'étoile ( $\delta$ Crv). Enfin, certains noms sont peu

4. Cela est particulièrement vrai dans le cas des anciennes références, signées d'auteurs qui ont fait œuvre de pionniers, et qui, inversement, manquant de recul et ont pu facilement tomber dans les pièges inhérents à l'exercice.

précis : par exemple, Deneb Algedi (La queue du Chevreau) s'applique aussi bien à ( $\gamma$ Cap) qu'à ( $\delta$ Cap) qui sont, il est vrai, fort proches dans le ciel.

Pour faire ce travail (ou cet essai) d'homogénéisation j'ai utilisé les références suivantes : Mésnard (1945, 1949), Benhamouda (1972), Kunitzsch & Smart (2006), Laffitte (2001, 2009, 2012).

Notons enfin que certains auteurs semblent plus ou moins fiables, au moins dans le contexte des buts de la présente étude. Ainsi, Stautz (1997) auquel j'emprunte les données de 15 araignées, indique (p. 74) qu'il a remarqué que, sur deux astrolabes, le pointeur de ( $\gamma$ Crv) était dans la position de ( $\alpha$ Crt). Dans les listes d'étoiles correspondantes (p. 228 & 229), il a manifestement fait la correction. Pour ma part, et vu le but de la présente étude j'ai « restauré » l'erreur. Par ailleurs, il est le seul (!) à reconnaître la présence de ( $\beta$ Ser) ; et ce, sur 11 des 15 araignées extraites de son travail. Comme Savage-Smith (1985) signale une confusion entre ( $\alpha$ Ser) et ( $\beta$ Ser) (voir présentation de cette confusion plus loin), et que ( $\alpha$ Ser) est quasi-systématiquement présente sur araignées décrites par les autres auteurs, j'ai supposé une erreur de Stautz (1997), et j'ai modifié, sur ce point ses listes d'étoiles. De la même façon, j'ai un doute sérieux sur ( $\zeta$ Crt) et ( $\xi$ Peg), respectivement, 2 et 4 mentions, qu'il est le seul à mentionner et qui ont une magnitude apparente de, respectivement, 4,7 et 4,2 ; ce qui ne justifie pas vraiment une place sur l'astrolabe.

## Les étoiles des araignées d'astrolabes maghrébo-andalous

Au total 58 noms étoiles différents<sup>5</sup> ont été rapportés sur les 51 araignées étudiées. Cela représente 1262 mentions.

- 26 de ces étoiles sont présentes sur plus de la moitié des araignées ;
- 12 sont présentes entre 2 et 23 fois ;
- 20 ne sont présentes qu'une fois.

Ce dernier groupe est sans doute très intéressant, chacune de ces occurrences uniques serait à discuter ; mais dans cette étude préliminaire, je n'en tiendrai pas compte. Seules les étoiles lues au moins deux fois (soit 38) seront donc prises en considération.

Le tableau 2 page 63 synthétise donc les étoiles dont le nom a été lu au moins deux fois sur les araignées de l'échantillon. Sur ce tableau, on ne reconnaît pas de rupture ni d'évolution brutale dans le choix des étoiles. Le sentiment qui se dégage est celui d'une tradition ancienne qui évolue lentement sans rupture majeure. Indépendamment de ces considérations, il semble y avoir un accord, dans la littérature, pour faire commencer cette tradition avec l'œuvre de Maslama al-Majriti<sup>6</sup> datant de 978 (Traité sur l'astrolabe : cf. Vernet & Catalá, 1965). Cette œuvre a eu une influence très sensible et durable sur les manuscrits de l'occident musulman (Samso 2000), mais aussi sur ceux de monde latin au moins jusqu'au XIV<sup>e</sup> siècle (Poullé 1956, Kunitzsch 1966). Le traité de Maslama al-Majriti est associé à une liste d'étoiles pour astrolabe, mais, entre les différents manuscrits qui nous sont parvenus, des légères différences apparaissent (Vernet & Catala 1965, Poullé 1956, Kunitzsch 1966, Samso 2000, Laffite 2012) (cf. tableau 3 page 65). Par ailleurs Kunitzsch (1966, 1986) a différencié, dans les manuscrits latins inspirés de ce traité (jusqu'au XIV<sup>e</sup> siècle), 17 types différents dont certains sont, selon

5. Sur certaines araignées, il y a des pointeurs non-renseignés (muets), les 1262 mentions ne correspondent qu'aux noms lus sur les instruments.

6. Les auteurs ont longtemps confondu cet auteur avec Messahalla (vers 740-815), important astronome / astrologue qui vivait à Bagdad. Il est maintenant bien établi qu'il s'agit en fait d'un savant andalou (c. 950 Madrid – 1007 Cordou) dont l'importance est de plus en plus soulignée par les spécialistes (voir King 2014, II, p. 587 ; Casulleras 2007).

cet auteur, fortement influencés, voire recopiés, de manuscrits arabes pas forcément clairement identifiés à ce jour.

**Table 1**  
**Liste des instruments étudiés (NB : les numéros grisés indiquent des instruments pour lesquels je n'ai trouvé aucune image exploitable de l'araignée).**

	Auteur	Référence	Conservation	Astrolabiste	Origine	Date
Ast. 1	Stautz 1997	W2	British Museum	?		×
Ast. 2	Stautz 1997	W4	Berlin	Mohammed ibn al Saffar	Tolède	1030
Ast. 3	Stautz 1997	W5	Cracovie	?		1054
Ast. 4	Gunther 1976	GU : 118	Col. Evans	Ibrahim ibn Said Assohii	Tolède	1067
Ast. 5	Stautz 1997	W10	Munich	Mohammed ibn Said al Sabban	Guadalajara	1073
Ast. 6	Stautz 1997	W11	Oxford	Mohammed ibn Said al Sabban	Guadalajara	1081
Ast. 7	Stautz 1997	W12	Nuremberg	Ahmad ibn Muhammed al Naqqash	?	1079
Ast. 8	Stautz 1997	W13	Kassel	Ibrahim al Sahii	?	1085
Ast. 9	Gunther 1976, Sarrus 1852, Debauvais & Befort 2002	GU : 124	Obs. Strasbourg	Abu-Bekr	Marrakcech	1208
Ast. 10	Debauvais & Befort 2002		Madrid	Abu-Bekr	Marrakcech	1210 ?
Ast. 11	Debauvais & Befort 2002		Londres	Abu-Bekr	Marrakcech	1210 ?
Ast. 12	Destombes 1996		Venise	Muhammed B. Futtuh	Seville	1210
Ast. 13	Debauvais & Befort 2002, Stautz 1997		Rabat	Abu-Bekr	Marrakcech	1213
Ast. 14	Debauvais & Befort 2002		Toulouse	Abu-Bekr	Marrakcech	1216
Ast. 15	Gunther 1976, Debauvais & Befort 2002	GU : 125	Col. Larrey	Abu-Bekr	Marrakcech	1218
Ast. 16	Stautz 1997	SM 9	Istanbul	M. ibn Fattuh al Khama'iri	Seville	1221
Ast. 17	mhs.ox.ac.uk	44141	Oxford	M. ibn Fattuh al Khama'iri	Seville	1221
Ast. 18	Stautz 1997	SM10	Istanbul	M. ibn Fattuh al Khama'iri	Seville	1223
Ast. 19	Gunter n° 130	GU : 130		M. ibn Fattuh al Khama'iri	Seville	1224

Suite page suivante

## Suite de la table 1

	Auteur	Référence	Conservation	Astrolabiste	Origine	Date
Ast. 20	Pingree 2009	1	Chicago	M. ibn Fattuh al Khama'ri	Seville	1236
Ast. 21	Pingree 2009	2	Chicago	Muhammed ibn Yusuf ibn Hatim	Espagne	1240
Ast. 22	mhs.ox.ac.uk	41122		?	Afr. du Nord	XIII <sup>e</sup>
Ast. 23	Stautz 1997	SM15	? Vente Drouot	?	?	XIII <sup>e</sup>
Ast. 24	Stautz 1997	SM16	Naples	?	?	XIII <sup>e</sup>
Ast. 25	Stautz 1997	SM13	ex-Time Museum	?	?	XIII <sup>e</sup>
Ast. 26	Destombes 1966		Imola	Muhammed B. Futtuh	Séville	1280
Ast. 27	Stautz 1997	SM18	Point Lookout	Ammad ben husaiin ben Baso		1304
Ast. 28	Gibbs & Saliba 1984	144		Ammad ben husaiin ben Baso		1304
Ast. 29	Cowper 1904				Grenade	XV <sup>e</sup>
Ast. 30	Stautz 1997	SM21	M. Damas	?		1477
Ast. 31	Stautz 1997	SM22	Naples	M. ibn Farag	Grenade	1476
Ast. 32	Gibbs & Saliba 1984	2571		Ali ben Muhammad ben Abdallah ben Faraj		1504
Ast. 33	Gunther 1976	GU : 148		Abul-Hassan Ali & Abdallah M.	?	1543
Ast. 34	Destombes 1963		M. Marine (Paris)		Maroc	milieu XVI <sup>e</sup>
Ast. 35	Pingree 2009	5	Chicago	?	Afr. du Nord	1651
Ast. 36	mhs.ox.ac.uk	45220	Oxford	Abdullah ibn Sasi	Maroc	1687
Ast. 37	Gibbs & Saliba 1984	2568		al-Hasan ben Ahmad al Battuti	Maroc	1691
Ast. 38	Pingree 2009	6	Chicago	Mohammed ibn Ahmad al Battuti	Maroc	1720
Ast. 39	Van Cleempoel 2005	ASTO547	Greenwich	Mohammed ibn Ahmad al Battuti	Maroc	1722
Ast. 40	Pingree 2009	7	Chicago	Mohammed ibn Ahmad al Battuti	Maroc	1723
Ast. 41	mhs.ox.ac.uk	52713	Oxford	Mohammed ibn Ahmad al Battuti	Afr. du Nord	1728
Ast. 42	mhs.ox.ac.uk	51459	Oxford	Mohammed ibn Ahmad al Battuti	Maroc	1733
Ast. 43	Van Cleempoel 2005	ASTO532	Greenwich	Mohammed ibn Ahmad al Battuti	Maroc	1738
Ast. 44	Pingree 2009	8	Chicago	?	Afr. du Nord	1750
Ast. 45	Destombes 1963				Maroc	c. 1800

Suite page suivante

**Suite de la table 1**

	Auteur	Référence	Conservation	Astrolabiste	Origine	Date
Ast. 46	mhs.ox.ac.uk	41460	Oxford		Afr. du Nord	c. 1800
Ast. 47	Laffitte 2002	Louvre OA 10880			Maroc	1800
Ast. 48	Pingree 2009	9	Chicago	Mohammed ibn Mufaddil ibn Kiran	Maroc	1847
Ast. 49	Van Cleempoel 2005	ASTO559	Greenwich		Maroc	1850
Ast. 50	Van Cleempoel 2005	ASTO540	Greenwich		Maroc	1850 ?
Ast. 51	mhs.ox.ac.uk	47714	Oxford	?	Afr. du Nord	XIX <sup>e</sup>

On notera, que les 8 araignées les plus anciennes de l'échantillon étudié (X et XI<sup>e</sup> siècle) possèdent une liste d'étoiles fort proche du « Type IV »<sup>7</sup> de Kunitzsch (1966). Or ce « Type » n'est pas identifié en langue latine avant le milieu du XII<sup>e</sup> siècle (manuscrit de Johannes Hislensis de Tolède : ville qui venait d'être prise aux arabes par les armées chrétiennes). Vu l'âge de ces astrolabes, il est clair que ce « Type » est donc un peu plus précoce, et d'origine arabe ; ce qui était déjà suggéré par Kunitzsch (1966) lui-même qui supposait même, que la liste des étoiles du manuscrit en question avait été rédigée en transcrivant celle d'un astrolabe arabe.

En tout cas, la liste de « Type IV », ou plus exactement la tradition arabe à l'origine de ce « Type » latin, semble constituer la base à partir de laquelle va évoluer le choix des étoiles des astrolabes maghrébo-andalous de l'échantillon étudié<sup>8</sup>.

### 3 Les variations séculaires de magnitude

On constate, sur le tableau 1 page 60, que certaines étoiles sont présentes que sur les astrolabes les plus anciens, puis disparaissent vers le début du XIII<sup>e</sup> siècle : ( $\alpha$ Gem), le début du XIV<sup>e</sup> siècle : ( $\alpha$ Per), ou le milieu du XVI<sup>e</sup> siècle : ( $\tau$ Peg), ( $\alpha$ Crt), ( $\eta$ UMa) et ( $\beta$ Cas).

Cela pose évidemment la question d'une variation de magnitude ; l'hypothèse est que ces étoiles étaient très visibles dans le passé, puis leur éclat aurait faibli ne justifiant plus leur place sur l'instrument. Le problème de la variation séculaire de la magnitude des étoiles a été peu abordé dans l'astronomie moderne. Un des rares astronomes à avoir étudié ce phénomène est Flammarion (1882) qui a compilé l'ensemble des catalogues stellaires anciens disponibles. À partir de ce travail, il a conclu à l'existence du phénomène et a proposé des tableaux de variations pour certaines étoiles. Plus récemment, Las Vergnas (1990) a repris ce problème dans une Thèse de Doctorat en statistiques (et non en astronomie !).

7. Avec notamment la présence de ( $\iota$ UMa) et ( $\alpha$ Hyd) ; et l'absence de ( $\beta$ Leo).

8. Des astrolabes maghrébo-andalous plus anciens, et non intégrés dans l'échantillon étudié ici car dépourvus de listes d'étoiles publiées, semblent néanmoins plus proches des « Types I & II » de Kunitzsch (1966). Ceux-ci correspondent plus ou moins, à la liste originale de Maslama (voir Mercier 2017, fig. 7).

**Table 2**  
**Les étoiles identifiées (au moins 2 fois) sur les 51 araignées étudiées, et répartition selon ces araignées (NB : Les étoiles sont classées par ordre de fréquence).**

Étoiles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Ast. 51	XIX																			
Ast. 50	1850?																			
Ast. 49	1850																			
Ast. 48	1847																			
Ast. 47	1800																			
Ast. 46	c. 1800																			
Ast. 45	c. 1800																			
Ast. 44	1750																			
Ast. 43	1738																			
Ast. 42	1733																			
Ast. 41	1728																			
Ast. 40	1723																			
Ast. 39	1722																			
Ast. 38	1720																			
Ast. 37	1691																			
Ast. 36	1687																			
Ast. 35	1651																			
Ast. 34	m. XVI																			
Ast. 33	1543																			
Ast. 32	1504																			
Ast. 31	1476																			
Ast. 30	1477																			
Ast. 29	XV																			
Ast. 28	1304																			
Ast. 27	1304																			
Ast. 26	1280																			
Ast. 25	XIII																			
Ast. 24	XIII																			
Ast. 23	XIII																			
Ast. 22	XIII																			
Ast. 21	1240																			
Ast. 20	1236																			
Ast. 19	1224																			
Ast. 18	1223																			
Ast. 17	1221																			
Ast. 16	1221																			
Ast. 15	1218																			
Ast. 14	1216																			
Ast. 13	1213																			
Ast. 12	1210																			
Ast. 11	1210?																			
Ast. 10	1210?																			
Ast. 9	1208																			
Ast. 8	1085																			
Ast. 7	1079																			
Ast. 6	1081																			
Ast. 5	1073																			
Ast. 4	1067																			
Ast. 3	1054																			
Ast. 2	1030																			
Ast. 1	X																			

Suite page suivante

Suite de la table 2

		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Ast. 51	XIX																				
Ast. 50	1850 ?																				
Ast. 49	1850																				
Ast. 48	1847																				
Ast. 47	1800																				
Ast. 46	c. 1800																				
Ast. 45	c. 1800																				
Ast. 44	1750																				
Ast. 43	1738																				
Ast. 42	1733																				
Ast. 41	1728																				
Ast. 40	1723																				
Ast. 39	1722																				
Ast. 38	1720																				
Ast. 37	1691																				
Ast. 36	1687																				
Ast. 35	1651																				
Ast. 34	m. XVI																				
Ast. 33	1543																				
Ast. 32	1504																				
Ast. 31	1476																				
Ast. 30	1477																				
Ast. 29	XV																				
Ast. 28	1304																				
Ast. 27	1304																				
Ast. 26	1280																				
Ast. 25	XIII																				
Ast. 24	XIII																				
Ast. 23	XIII																				
Ast. 22	XIII																				
Ast. 21	1240																				
Ast. 20	1236																				
Ast. 19	1224																				
Ast. 18	1223																				
Ast. 17	1221																				
Ast. 16	1221																				
Ast. 15	1218																				
Ast. 14	1216																				
Ast. 13	1213																				
Ast. 12	1210																				
Ast. 11	1210 ?																				
Ast. 10	1210 ?																				
Ast. 9	1208																				
Ast. 8	1085																				
Ast. 7	1079																				
Ast. 6	1081																				
Ast. 5	1073																				
Ast. 4	1067																				
Ast. 3	1054																				
Ast. 2	1030																				
Ast. 1	X																				
Étoiles		ζ Cet	α Hya	β Per	δ Cap	α Ori	α Aur	α Sco	β Ori	α C Mi	α Cr B	α Sco	β Peg	α C Ma	α Tau	α Oph	α Cyg	α Aql	α Boo	α Lyr	

**Table 3**

Les étoiles de différentes versions anciennes de la liste de Maslama al-Majriti, dont les quatre plus anciens « Types » de Kunitzsch (1966). La liste d'étoiles est la même que celle du tableau 1b avec, en compléments et en grisé : (A1 et A2) qui correspondent à des étoiles présentes sur certaines versions de la liste, mais qui n'ont pas été identifiées sur les araignées étudiées.

			Pouille (1956) Vernet & Catala (1965)				Kunitzsch 1966				Samso (2002) Lafitte (2012)							
			I		II		III		IV		I		II		III		IV	
$\beta$	Leo	A1	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Cet	A2	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\tau$	Peg	1	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Per	2	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\pi$	Cet	3	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Gem	4	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Crt	5	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\theta$	U Ma	6	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	U Ma	7	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\nu/\xi$	U Ma	8	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Cnc	9	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\omega$	Cet	10	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\eta$	U Ma	11	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\mu$	U Ma	12	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\beta$	Cas	13	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\iota$	Cet	14	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\iota$	U Ma	15	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\epsilon$	Del	16	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Leo	17	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\gamma$	Crv	18	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Ser	19	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\zeta$	Cet	20	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Hya	21	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\beta$	Per	22	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\delta$	Cap	23	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Ori	24	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Aur	25	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\alpha$	Sco	26	■		■		■		■		■		■		■		■	
$\beta$	Orion	27	■		■		■		■		■		■		■		■	

Suite page suivante

Suite de la table 3

			Pouille (1956)	Vernet & Catala (1965)	Kunitzsch 1966	Samsó (2002)	Laffitte (2012)
			I	II	III	IV	
$\alpha$	C Mi	28					
$\alpha$	Cr B	29					
$\alpha$	Sco	30					
$\beta$	Peg	31					
$\alpha$	C Ma	32					
$\alpha$	Tau	33					
$\alpha$	Oph	34					
$\alpha$	Cyg	35					
$\alpha$	Aql	36					
$\alpha$	Boo	37					
$\alpha$	Lyr	38					

Sans remettre en cause la réalité du phénomène<sup>9</sup>, l’auteur souligne l’importance des biais qui entachent l’étude de Flammarion. Puis, il reprend l’analyse statistique des catalogues anciens et conclut que la réalité est probablement très différente de ce qu’a cru mettre en évidence Flammarion. . . mais ne va pas jusqu’à proposer des exemples d’étoiles dont la magnitude aurait variée de manière certaine sur le long terme.

En ce qui concerne les 5 étoiles pré-citées, une seule est mentionnée par Flammarion (1882). Il s’agit de ( $\beta$ Cas) qui, selon lui, voit sa brillance augmenter à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle (magnitude qui passerait de 3 à 2) . . . ce qui n’est évidemment pas corrélable avec sa disparition des astrolabes 1 ou 2 siècles plus tôt.

On devra donc conclure que, jusqu’à preuve du contraire, le choix des étoiles utilisées sur les astrolabes ne semble pas être influencé par les (éventuelles) fluctuations séculaires de magnitude.

#### 4 Précision des pointés et prise en compte de la précession

Pour juger de la précision du pointé des étoiles sur les astrolabes étudiés, j’ai développé un logiciel qui génère une image de la position attendue des étoiles sur l’araignée selon la période envisagée<sup>10</sup>. La figure 2(a) page 68 est un exemple de ce genre d’image avec la position des

9. « Deux étoiles variables *très lentes*, seulement, sont connues :  $\eta$ Carinae et PCygni, dont les variations au cours des siècles derniers sont indiscutées : l’éclat de  $\eta$ Carinae a par exemple fluctué de la première à la septième magnitude au cours du 19<sup>e</sup> siècle ; PCygni a été découverte en 1600 alors qu’elle était de troisième grandeur ; au cours du 17 et du 18<sup>e</sup> siècle, elle a fluctué au point de ne plus être visible à l’œil nu par période, comme en 1660 ; elle semble maintenant à peu près stabilisée à la magnitude 5.5 » (Las Vergnas 1990, p. 15).

10. En fait, toutes les positions entre 500 J.C. et 2000 J.C., avec un incrément de 100 ans, sont représentées sur l’image, mais une option permet de faire ressortir (cercle en gras) une période particulière.

38 étoiles qui nous intéressent ici, les cercles gras indiquent, sur cet exemple, les positions attendues en 1200 J.C.

Stautz (1996) a déjà réalisé et utilisé un logiciel du même type, mais avec un objectif très différent puisqu'il s'agissait essentiellement de comparer la précision des astrolabes musulmans avec celle des instruments européens.

Cette image est ensuite superposée à une image de l'araignée, ou de l'instrument avec son araignée (fig. 2(b) page suivante), ce qui permet de construire une « carte d'erreur » qui marque, par des traits rouges, les décalages entre le pointé de l'instrument et la position attendue (fig. 2(c) page suivante). Notons que si j'ai pu réunir des listes d'étoiles pour 51 instruments, je n'ai disposé que de 47 images d'araignées exploitables. Ces 47 instruments étudiés selon le critère de précision sont indiqués sur le tableau 1 page 60.

L'opération de superposition du modèle avec le document d'origine présente parfois des difficultés. Les causes en sont diverses :

- la photo est parfois prise de façon légèrement oblique ;
- le cercle de l'écliptique est parfois légèrement ovale (déformation tardive, ou erreur d'origine) ;
- le tropique du capricorne (qui correspond à un repère important lors de la superposition : c'est le cercle externe des cartes d'erreur) n'est pas toujours précisément localisable sur les documents disponibles (photo d'araignée seule ou d'astrolabe complet).

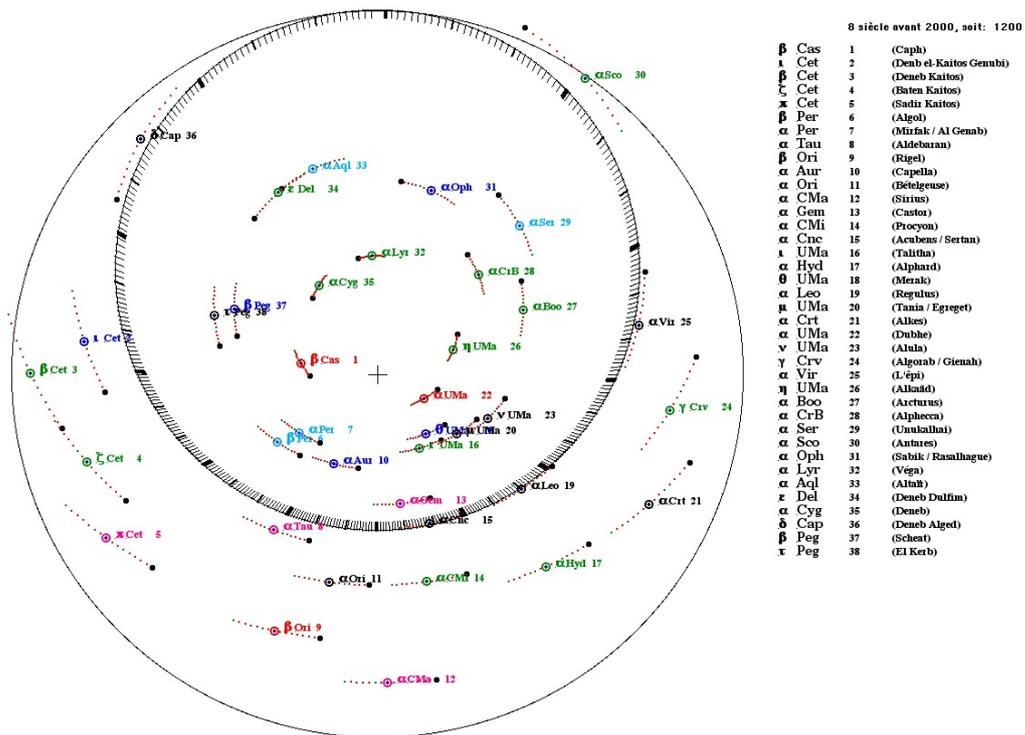
Il faut donc considérer qu'il y a une légère approximation dans la démarche, mais l'expérience montre que cette approximation est facilement identifiable car elle est systématique, de plus, elle est très généralement inférieure aux erreurs de pointé d'étoile.

La figure 3 page 69 permet de présenter d'autres problèmes que l'on peut rencontrer lors de l'établissement des cartes d'erreurs :

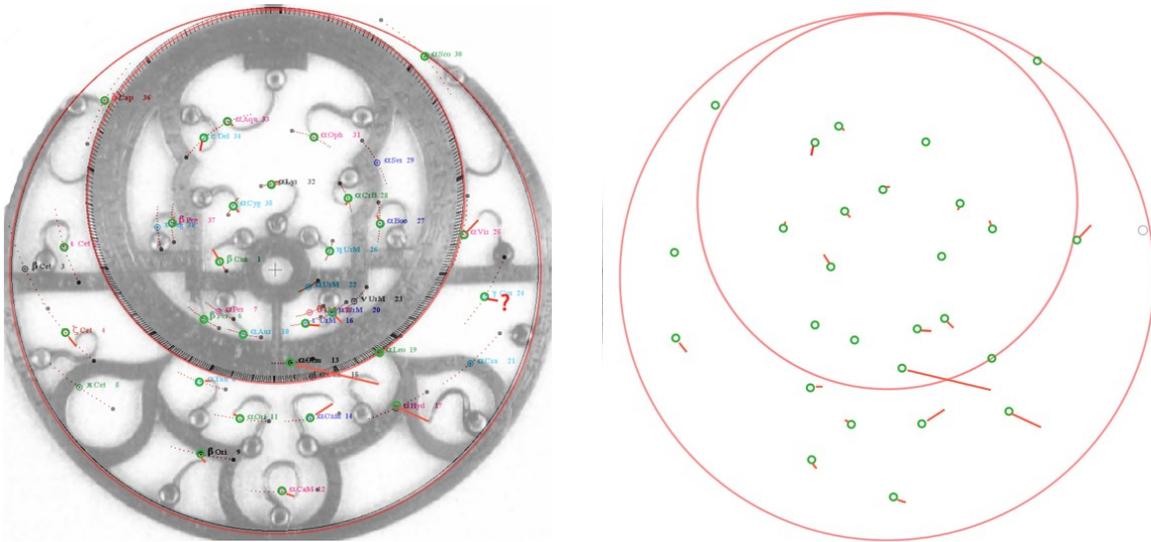
- la flèche 1 indique un pointeur de l'araignée qui a été brisé, dans ce cas l'erreur de pointé ne peut bien sûr pas être établie ;
- la flèche 2 indique un pointeur qui a manifestement été déformé tardivement... dans ce cas particulier, il est facile de se convaincre que la position originale était correcte. Mais souvent la réalité d'une déformation tardive et la position d'origine sont beaucoup moins claires. Pour des raisons d'homogénéité, j'ai, dans tous les cas, retenu la position actuelle du pointeur pour établir la carte d'erreur.
- dans le même ordre d'esprit, il arrive que certains pointeurs soient muets (pas de nom associé), même dans le cas où une attribution pourrait sembler évidente, je me suis abstenu de toute extrapolation.

La non-prise en compte de la précession des équinoxes sur une araignée datée est facilement reconnaissable sur sa carte d'erreur (fig. 4 page 70). Comme nous le verrons, ce cas de figure n'a jamais été observé sur les astrolabes étudiés ici. Au contraire un nombre important d'étoiles (au minimum 40 à 60 % sur les plus « mauvaises » araignées) présentent une bonne adéquation avec les positions attendues. Les étoiles mal positionnées ne présentent pas, quand à elles, le pattern général de la figure 4 page 70. Il est clair que la prise en compte de la précession des équinoxes n'a pas posé de problème aux astrolabistes magrébo-andalous anciens. C'est une donnée nouvelle et assez inattendue.

Cela ne veut pas dire que toutes les étoiles sont correctement implantées, au contraire. Mais les erreurs mises en évidence relèvent d'autres problématiques dont nous allons maintenant discuter.



(a) Exemple d'image générée par le logiciel ; positions attendues des 38 étoiles en 1200 sur un fond comprenant : l'écliptique graduée jours, décades et signes du zodiaque, et la position du tropique du Capricorne.



(b) Superposition de l'image précédente sur une photo de l'araignée de l'astrolabe d'Abu-Bekr daté de 1216 (Musée Paul Dupuy de Toulouse), les cercles en vert indiquent les positions attendues des étoiles listées par D'Hollander (1999) ; les traits rouges joignent les positions indiquées par les pointeurs avec les positions attendues.

(c) La carte d'erreurs résultante.

**Figure 2** – Précision des pointés et prise en compte de la précession.



**Figure 3** – L’astrolabe d’Abu-Bekr daté de 1216 (Musée Paul Dupuy de Toulouse), les flèches indiquent la localisation d’exemples de « problèmes » d’analyse qui sont mentionnés dans le texte.

## 5 Typologie et évolution des erreurs d’implantation des étoiles

### 5.1 Avant le milieu du XIII<sup>e</sup> siècle (16 instruments)

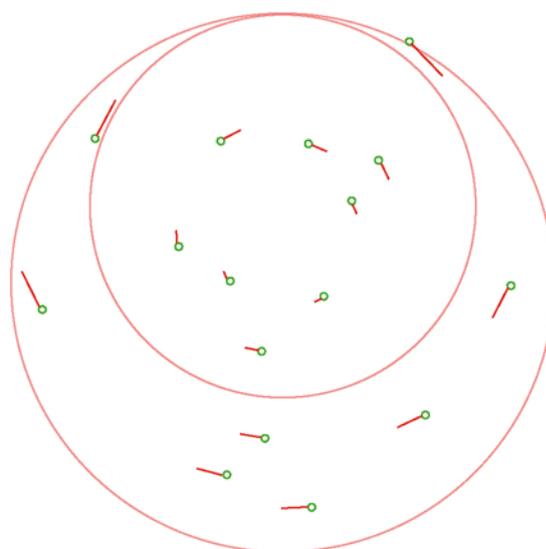
Les 16 araignées de ce groupe présentent des erreurs généralement de faible importance qui se concentrent à l’extérieur de l’écliptique (fig. 5 page suivante). Sur les trois astrolabes signés Abu-Bekr (Astrolabe de l’Observatoire de Strasbourg, Musée de Rabat et de Toulouse), ce sont les mêmes étoiles qui sont fautives, mais curieusement les erreurs ne sont pas les mêmes. On peut faire la même remarque sur les cinq instruments de Ibn-Futtuh (datés de 1221 (×2), 1223, 1224 et 1236). Il est possible que ces différences proviennent d’interventions tardives sur les pointeurs réalisés de façon malhabile par des propriétaires qui se seraient rendu compte de l’erreur initiale, mais une autre hypothèse est envisageable... nous en reparlerons plus loin.

### 5.2 L’instrument de 1240, signé Mohamed Ibn-Yusuf ibn Hatim

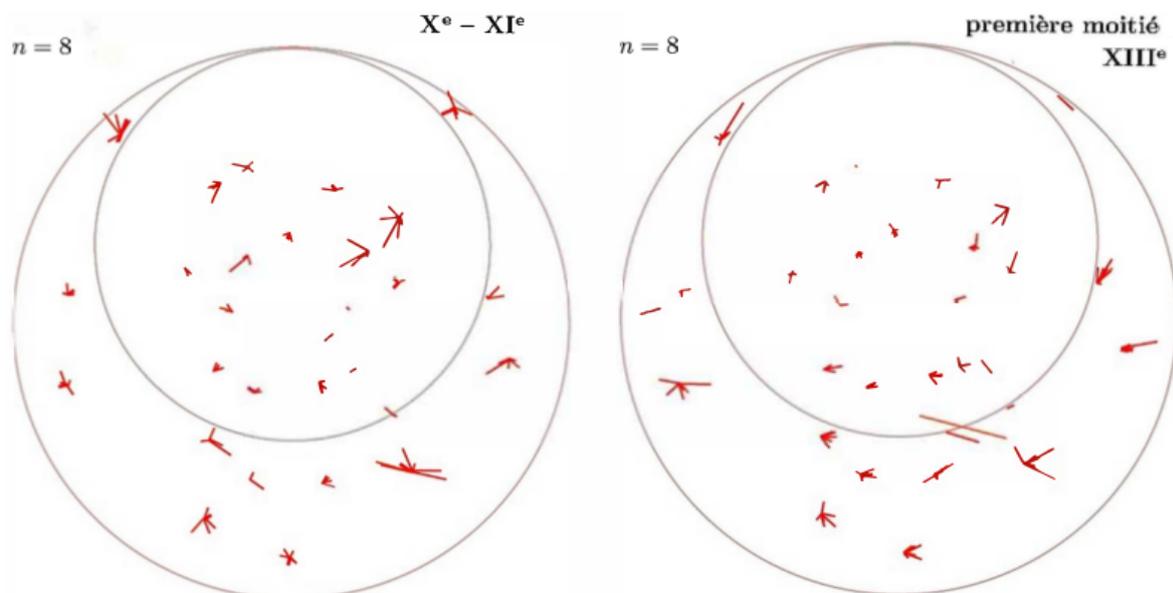
Suite logique de la bonne précision des astrolabes du groupe précédent, l’implantation des étoiles sur cette araignée est quasiment parfaite (fig. 6 page 71). On ne sait que peu de choses de cet astrolabiste, un seul instrument de ses mains est connu ; il vivait et travaillait très probablement à Séville, ville qui apparaît dans la dédicace de l’instrument.

### 5.3 Milieu du XIII<sup>e</sup> siècle au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle (22 instruments)

La typologie des erreurs observées semble constante pendant plus de 5 siècles. Tout d’abord, les erreurs sont réparties de façon plus homogène au-dessus et en-dessous de l’écliptique (fig. 7 page 71). Par ailleurs, bien que des erreurs ponctuelles ne soient jamais exclues on a le sentiment que, au cours des siècles, ce sont toujours les mêmes étoiles qui sont fautives. L’astrolabe de al-Hassan ben Ahmad al Battuti de 1723, très caractéristique, va me permettre d’illustrer ces erreurs récurrentes caractéristiques de cette longue période (fig. 8 page 72).

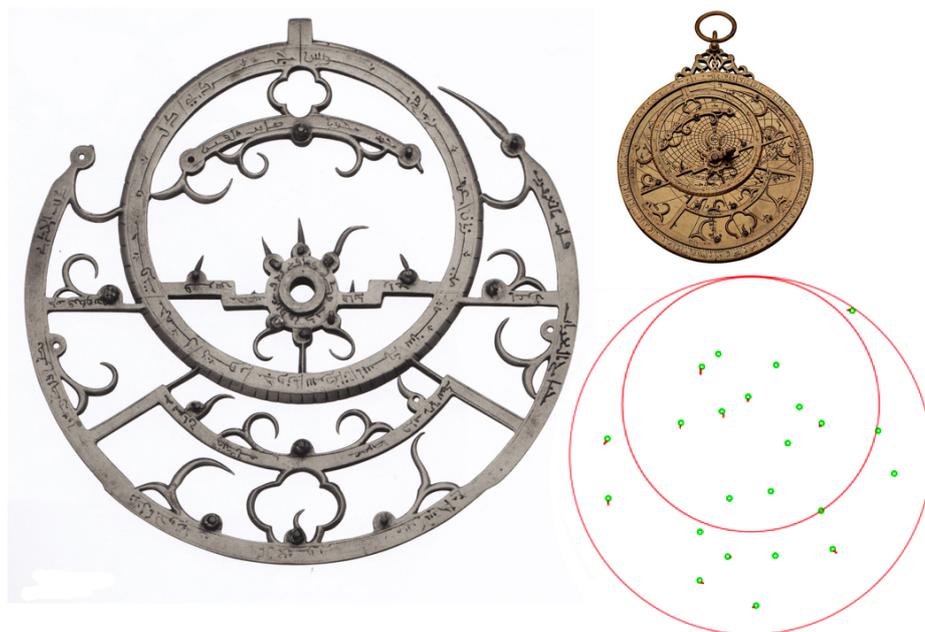


**Figure 4** – « Carte d’erreur » théorique illustrant l’allure qu’aurait ce genre de représentation pour une araignée construite au début du XVI<sup>e</sup> siècle mais dont les coordonnées d’étoiles dateraient de 5 siècles (retard de 500 ans dans la prise en compte de la précession des équinoxes).

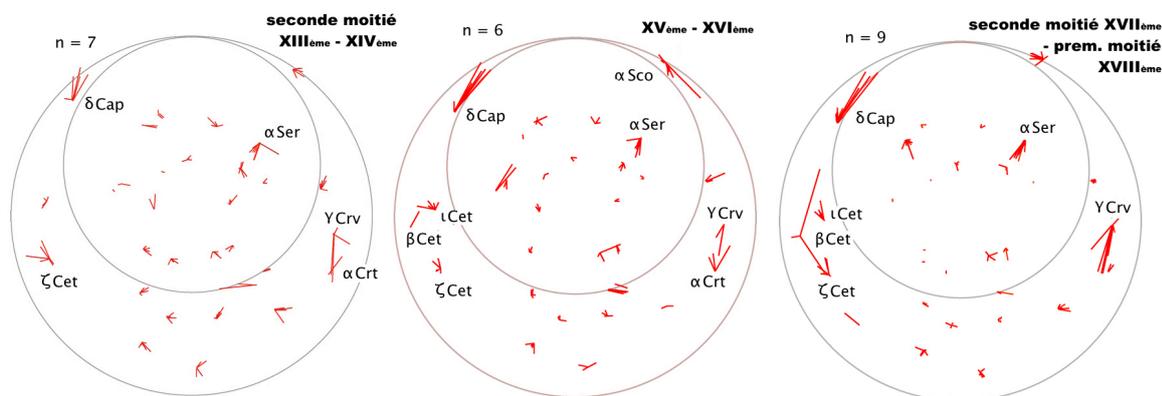


**Figure 5** – Compilation des erreurs des araignées antérieures au milieu du XIII<sup>e</sup> siècle. Cette figure réalisée par superposition des cartes d’erreur des instruments concernés montre que les erreurs les plus importantes (longueur des traits rouges) sont plutôt localisées à l’extérieur de l’écliptique.

1. ( $\delta$ Cap) : c’est de loin l’étoile qui présente les erreurs les plus spectaculaires avec des déplacements jusqu’à la limite de la constellation du Sagittaire. En fait, elle n’est quasiment jamais bien placée sur les araignées de cette période, et occupe les positions de ( $\gamma$ Cap), ce qui est une confusion signalée par les auteurs ayant étudié les noms arabes d’étoiles (voir introduction), mais essentiellement des positions beaucoup plus éloignées.
2. ( $\iota$ Cet), ( $\beta$ Cet), ( $\zeta$ Cet), et ( $\chi$ Cet) : c’est-à-dire les étoiles de la constellation Cetus, sont systématiquement mal placées, seul l’araignée de 1687 (Abdullah ibn Sasi) fait exception avec de bonnes positions pour ( $\iota$ Cet) et ( $\zeta$ Cet).

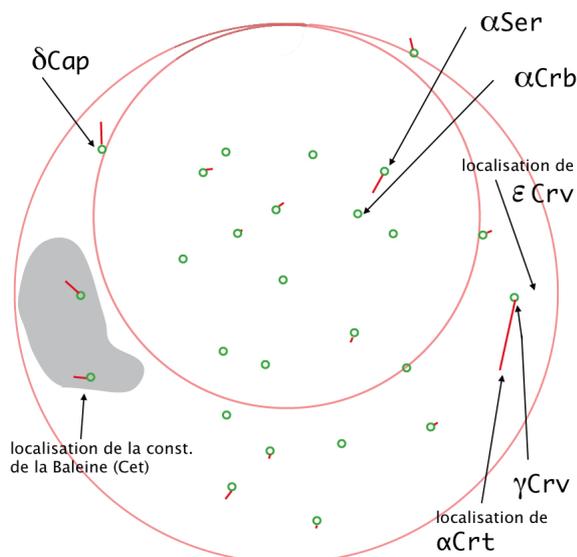


**Figure 6** – L’araignée de l’astrolabe signé Mohamed Ibn-Yusuf ibn Hatim, daté de 1240 à Séville (Alder Planetarium, Chicago), c’est l’araignée la plus exacte de l’échantillon étudié.



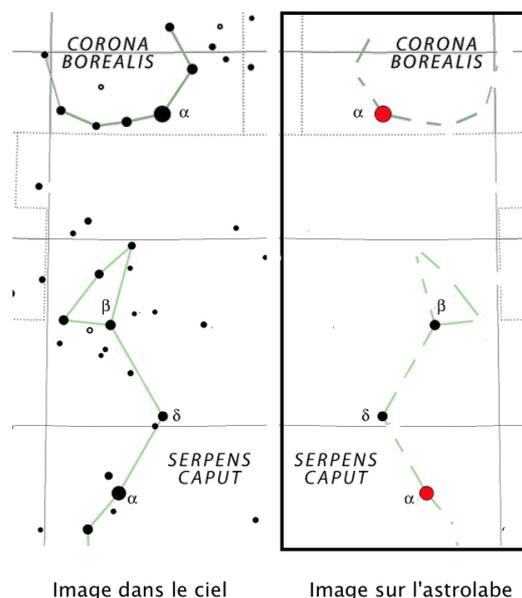
**Figure 7** – Compilation des erreurs des araignées de la seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Cette figure réalisée par superposition des cartes d’erreur des instruments concernés montre que les erreurs les plus importantes (longueur des traits rouges), et les plus fréquentes (nombre de traits rouges), sont localisées sur quelques étoiles seulement (voir figure 6).

3. ( $\alpha$ Crt) : là encore les positions de cette étoile sont très fluctuantes. Cette étoile disparaît des astrolabes au XVI<sup>e</sup> siècle.
4. ( $\gamma$ Crv) : sur les instruments du XII au XVI<sup>e</sup> siècle cette étoile est souvent proche de la position de ( $\epsilon$ Crv). À partir du XVI<sup>e</sup>siècle, l’erreur augmente : alors que ( $\alpha$ Crt) n’est plus représentée, ( $\gamma$ Crv) occupe souvent sa position ou une très position proche.
5. ( $\alpha$ Ser) : c’est encore une étoile dont la position est très fluctuante. C’est souvent la plus « mauvaise » étoile à l’intérieur de l’écliptique. Avant le XVIII<sup>e</sup> siècle, elle semble occuper souvent des positions proches de ( $\delta$ Ser) ou ( $\beta$ Ser). Benhamouda (1972) mentionne



**Figure 8** – Carte d’erreur de l’araignée de l’astrolabe de al-Hassan ben Ahmad al Battuti de 1723 et localisation des constellations et des principales étoiles mentionnées dans le texte.

l’existence de confusion dans les noms de ( $\alpha$ Ser) et de ( $\delta$ Ser). Savage-Smith (1985) signale également une confusion d’appellation, mais entre ( $\alpha$ Ser) et ( $\beta$ Ser) ; selon elle, celle-ci est liée à la grande similitude des formes arabes écrites de « cou (du serpent) » et de « œil (du serpent) » (fig. 9). À partir du début du XVIII<sup>e</sup> siècle, la position sur les araignées de ( $\alpha$ Ser) a tendance à se rapprocher franchement de celle de ( $\alpha$ CrB).

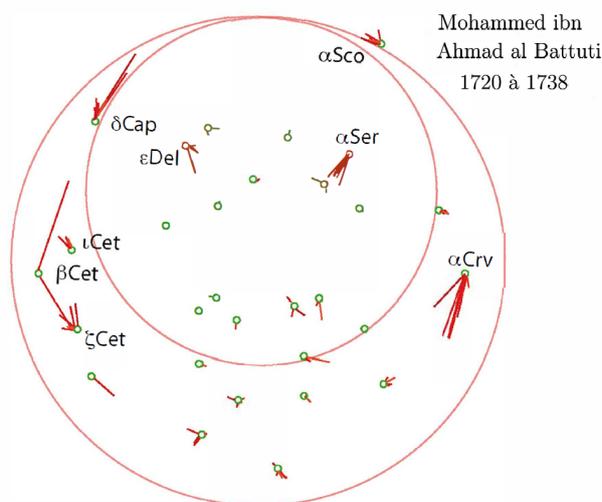


**Figure 9** – Les étoiles de la tête du Serpent et de la Couronne Boréale sur une carte céleste et positions relatives, sur un astrolabe, de celles mentionnées dans le texte.

En dehors de ces erreurs redondantes, les mauvaises positions d’étoiles apparaissent comme des erreurs ponctuelles (parfois relatives à la déformation d’un pointeur ?). Lors du calcul / fabrication d’une araignée, une erreur de positionnement d’une étoile est tout à fait possible (mauvaise lecture de la table astronomique, erreur de calcul, erreur de report...). Sans doute qu’une part importante des erreurs ponctuelles relève de ce processus. Par contre, les erreurs redondantes, voire systématiques, ne peuvent pas s’expliquer de cette façon. Il est très probable

qu'il faille rechercher la cause dans l'altération, copie après copie, des données des tables manuscrites d'étoiles ; et nous avons vu qu'il est probable qu'elles étaient issues des tables de Maslama al-Majriti.

C'est l'occasion de s'interroger sur ce travail de copie, fondamental dans la transmission des connaissances. Nous avons vu que ce processus de copie n'était pas servile mais intégrait également à des modifications, notamment de la liste d'étoiles (*cf.* les 17 types de Kunitzsch (1966)). C'est également au cours de ce processus de copie qu'avait lieu le calcul des modifications de coordonnées stellaires consécutives à la précession des équinoxes (voir exemples dans Kunitzsch (1986)<sup>11</sup>). Mais il est clair que des erreurs de copie avaient lieu, et se transmettaient dans les copies suivantes. Ce qui apparaît dans cette étude, c'est qu'une fois qu'une étoile était affectée par une erreur de position, cette erreur ne demeurait pas constante mais fluctuait fortement au cours du temps. Tout se passe comme si l'existence de l'erreur était détectée assez vite, et que les copistes/astronomes et/ou les astrolabistes essayaient, de façon manifestement imparfaite, de la corriger. De ce point de vue, l'étude des erreurs sur les 6 astrolabes, étudiés ici, qui sont signés par Mohammed ibn Ahmad al Battuti (instruments de 1720 à 1738, originaires du Maroc) est particulièrement démonstrative. Dans le détail, la liste des étoiles change légèrement mais, alors que la majorité des étoiles est bien placée sur toutes les araignées, celles qui présentent une erreur voient leur implantation (et l'erreur) se modifier à chaque nouvelle réalisation (voir exemples sur la figure 10) ! Nous l'avons vu, cette particularité concerne déjà les instruments d'Abu-Bekr (XII<sup>e</sup> siècle) et de Ibn-Futtuh (XIII<sup>e</sup> siècle).



**Figure 10** – Compilation des erreurs des araignées de six araignées réalisées par le même artisan : Mohammed ibn Ahmad al Battuti (Maroc 1720 à 1738).

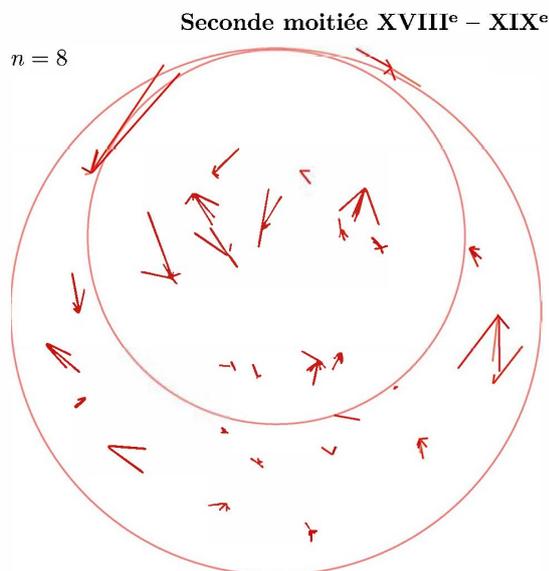
#### 5.4 Milieu du XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècle (8 instruments)

C'est au cours de cette période que s'accumulent les réalisations les moins précises (fig. 11 page suivante). En dépit de quelques araignées qui n'auraient pas dénoté dans la période précédente (ASTO540 du M. de Greenwich, et 47714 du M. d'Oxford), on a le sentiment d'une perte de rigueur, bref d'une nette période de décadence<sup>12</sup>. En pratique de nombreuses

11. Cet auteur insiste sur le fait que les corrections de la précession ne semblent jamais découler d'observation, mais résultent uniquement de calculs.

12. Rappelons ici le fait qu'en 1786, l'« empereur » du Maroc, avait été incapable de faire réaliser sur place les nouveaux astrolabes de la Mosquée des Andalous à Fès et avait dû s'adresser à un artisan parisien : voir note infrapaginale 1.

étoiles sont mal, ou très mal placées, mais certaines autres le sont de façon très correcte. . . là encore la détérioration de la qualité scientifique des manuscrits constitue peut-être la cause principale de la perte de précision des instruments.



**Figure 11** – Compilation des erreurs des araignées de la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle et du XIX<sup>e</sup> siècle. Les erreurs sont généralement importantes.

## 6 Conclusions

La principale conclusion de cette étude est que la précession des équinoxes est prise en compte dans la réalisation des araignées des astrolabes maghrébo-andalous. On ne peut donc pas confirmer une hypothèse de travail que j'avais envisagée un temps selon laquelle les facteurs d'astrolabes avaient perdu très tôt la compréhension mathématique de leur instrument, et qu'ils se sont contentés, au cours de l'histoire, de reproduire une recette empirique transmise de génération en génération (Mercier 2015). La discordance majeure qui existe dans le calcul des prières entre les cadrans solaires et les quadrants d'une part, et les astrolabes d'autre part reste une question ouverte.

Cette étude montre que la plupart des étoiles sont correctement implantées sur les araignées, sauf certaines d'entre elles, toujours les mêmes, si bien qu'il semble que le problème soit surtout un problème qui concerne les tables astronomiques, leur copie et leur transmission. Par ailleurs, il semble qu'une fois ces erreurs commises, elles étaient vite détectées mais que leur correction se soit révélée très difficile. Les astrolabistes n'avaient sans doute pas de compétences dans le domaine de l'observation et de la mesure, ce qui est en accord avec l'opinion de Kunitzsch (1986)<sup>13</sup>.

Du point de vue de la précision et du nombre d'étoiles bien placées, le XIII<sup>e</sup> siècle apparaît comme la période la plus brillante de l'histoire des astrolabes maghrébo-andalous. C'est paradoxalement une période que l'on peut qualifier de primitive pour les cadrans solaires de même origine qui sont, à cette époque, de très mauvaise qualité. Je vois dans cette constatation, un nouvel indice de ce qui ressemble fort au cloisonnement scientifique des différentes corporations qui intervenaient dans le domaine de l'astronomie appliquée.

13. On remarquera par ailleurs qu'aucune nouvelle étoile, par rapport à la liste de Maslama, n'a été ajoutée.

Incidentement cette étude apporte des éléments nouveaux ou en tout cas des pistes de recherches nouvelles ; parmi celles-ci : le problème de la datation des astrolabes. Plusieurs auteurs ont déjà essayé de dater des astrolabes en utilisant la précession des équinoxes. Le principe est de comparer les coordonnées d'étoiles déduites de l'araignée, avec (1) les données du catalogue de Ptolémée corrigées des effets de la précession selon les conceptions d'époque, ou avec (2) les positions actuelles corrigées des effets de la précession selon les conceptions actuelles. Mais la question de la datation des astrolabes à partir des données astronomiques de l'araignée est particulièrement sensible et polémique. Ce sujet sera abordé ailleurs (Mercier, en préparation).

## Références

- [1] Benhamouda A., (1972) : *Étoiles et constellations*, SNED (Alger), 1972, 181 pages.
- [2] Casulleras J. (2007) : *Majriti : Abu al-Qasim Maslama ibn Ahmad al Hasib al Faradi al Majriti*. In Thomas Hockey et al., *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*, New York, Springer, pp. 727–728.
- [3] Cleempoel K.V. (2005) : *Astrolabes at Greenwich*, Oxford University Press, 339 pages.
- [4] Cowper H.S. (1904) : *A Fifteenth Century Planispheric Astrolabe, Made at Granada* ; *Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland*, pp.53-66.
- [5] Debauvais F. & Befort P.A. (2002) : *Cueillir les étoiles ; autour des astrolabes de Strasbourg*, 243 pages.
- [6] Dekker E. (1992) : *Astrolabes and Dates and Dead-ends*, *Annals of Science*, XLIX, pp. 175-184.
- [7] Destombes D. (1963) : *Deux astrolabes marocains du Musée de la Marine*, *Neptunia*, 72, p. 16-18.
- [8] Destombes D. (1966) : *Sur l'astrolabe d'Imola conservé à l'observatoire de Bologne*. *Coelum*, 34, 15 pages.
- [9] D'Hollander R. (1999) : *L'Astrolabe, Histoire, théorie et pratique*. Institut océanographique éd. 383 pages.
- [10] Flammarion C. (1882) : *Les étoiles et les curiosités du Ciel*. Marpon et Flammarion édts, 792 pages.
- [11] Gibbs S. & Saliba G. (1984) : *Planispheric astrolabes from the National Museum of American History* ; Smithsonian Institution Press, 230 pages.
- [12] Gunther R.T. (1976) : *Astrolabes of the world*, vol. 1 & 2, Holland Press ed., 609 pages.
- [13] Hosotte-Reynaud M. (1957) : *Identification d'un des astrolabes de la Mosquée des Andalous*, *Hesperis*, 1957, XLIV, 128 p., 2 pl.

- [14] King D.A. (2014) : *In synchrony with the heavens*, volumes 1 & 2, Brill edt., 930 p. + 1066 p.
- [15] Kunitzsch P. (1966) : *Typen von Sternverzeichnissen* in astronomischen Handschriften des zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts, Otto Harrassowitz, 137 pages.
- [16] Kunitzsch P. (1986) : *Star Catalogues and Star Tables in Mediaeval Oriental and European Astronomy*, Indian Journal of History of Science, 21, p. 113-122.
- [17] Kunitzsch P. & Smart T. (2006) : *A Dictionary of Modern Star names : A Short Guide to 254 Star names and their Derivations*, Cambridge, MA, Second edt. Revised, 66 pages.
- [18] Laffitte R. (2001), *Héritages arabes, Des noms arabes pour les étoiles*, Geuthner, 276 pages (seconde édition 2006).
- [19] Laffitte R. (2002) : *Études des astrolabes du Louvre*, études 03-D01-(10674, 10880, 11144, 11951, 11952). ([http://uranos.fr/ETUDES\\_03\\_D01\\_FR.htm](http://uranos.fr/ETUDES_03_D01_FR.htm))
- [20] Laffitte R. (2009) : *Étymologie de noms arabes d'étoiles*. ([http://uranos.fr/PDF/ETUDES\\_03\\_D02\\_FR.PDF](http://uranos.fr/PDF/ETUDES_03_D02_FR.PDF))
- [21] Laffitte R. (2012) : *Le ciel des Arabes*, Apport de l'uranographie arabe. Geuthner edt. 295 p.
- [22] Las Vergnas O. (1990) : *Contribution a l'étude des estimations historiques des éclats des étoiles brillantes par des analyses multidimensionnelles*. Astrophysique stellaire et solaire. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- [23] Mesnard H. (1945) : *Transcription et signification des noms d'étoiles arabes, et notes d'onomastique stellaire*, Annales de l'Observatoire astronomique et météorologique de Toulouse, 17, 28 pages.
- [24] Mesnard H. (1949) : *Les noms arabes d'étoiles*, Ciel et Terre, Vol. 65, p. 1-19; 70-79 & 104-115.
- [25] Mercier E. (2014) : *Cadrans islamiques anciens de Tunisie*, Cadran Info n° 29, p. 53-65.
- [26] Mercier E. (2015) : *Les heures de prières d'après les astrolabes maghrébo-andalous*. Cadran Info n° 32, p. 77-88.
- [27] Mercier E. (2016) : *Les heures de prières sur les quadrants astrolabiques maghrébo-andalous*, Cadran Info n° 33, p. 122-130.
- [28] Pingree D. (2009) : *Eastern astrolabes* ; Alder Planetarium edt, 268 p.
- [29] Samsó J. (2000) : *Maslama al-Majriti and the star table in the treatise « De mensura astrolabii »*, in Menso Folkerts and Richard Lorch (eds.), *Sic itur ad astra*. Studien zur Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften. Festschrift für den Arabisten Paul Kunitzsch zum 70. Geburtstag, Wiesbaden, 2000, 500-22 [reprinted in : Samsó, *Astronomy and Astrology in al-Andalus and the Maghrib*, Ashgate Variorum, II, Aldershot, 2007].

- [30] Sarrus P.F. (1853) : *Description d'un astrolabe, construit au Maroc en l'an 1208 de notre ère*. Ann. Soc. M.H.N. Strasbourg ; IV, 32 p. + Planches.
- [31] Savage-Smith E. (1985) : *Islamicate Celestial Globes : Their History, Construction, and Use*, Smithsonian Institution Press, 372 pages.
- [32] Stautz B. (1996) : *Untersuchungen von mathematisch-astronomischen Darstellungen auf mittelalterlichen Astrolabien islamischer und europäischer Herkunft* (Étude des représentations mathématiques et astronomiques sur les astrolabes médiévaux d'origine islamique et européenne). (Thèse soutenue le 14 Juin 1996, à l'Université de Frankfurt am Main) GNT Verlag, 287 pages.
- [33] Vernet J. & Catalá M.A. (1965) : *Las obras matemáticas de Maslama de Madrid*, Al-Andalus, 30, 15–45.



## *Cadran au solstice...*

Trouvé sur le WEB, par Pierre-Louis Cambefort, le 21 juin 2017, une photo du cadran de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris à Sophia-Antipolis – 06 560 Valbonne.

Rappelons que ce cadran a obtenu le premier prix sur environ 170 propositions au concours lancé par l'école en 1981.

Ce projet portant le numéro 75, est de monsieur Salins, professeur, 13 004 Marseille.

Astronomy Picture of the day



Image Crédit & Copyright : Jean-Marc Mari.